

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет землевпорядкування

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету

землевпорядкування

к.е.н. доц. Олександр ШЕВЧЕНКО
(підпис) (ПІБ)

“ _____ ” _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

геоінформатики і аерокосмічних
досліджень Землі

к.т.н. доц. Антоніна МОСКАЛЕНКО
(підпис) (ПІБ)

“ _____ ” _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Моніторинг змін екологічної стабільності території
методами дистанційного зондування на прикладі Новгород-Сіверської
громади Чернігівської області»**

Спеціальність – 193 «Геодезія та землеустрій»

Освітня програма – Геодезія та землеустрій

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

доктор економічних наук, професор
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ Андрій МАРТИН
(підпис)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

кандидат економічних наук
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ Богдана ЗАЯЧКІВСЬКА
(підпис)

Виконала

_____ Інна КОВТУН
(підпис)

КИЇВ - 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет землевпорядкування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

геоінформатики і аерокосмічних досліджень Землі

К.Т.Н. доц. _____ Антоніна МОСКАЛЕНКО
(підпис) (ПІБ)

“ _____ ” _____ 2024 року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ
РОБОТИ ЗДОБУВАЧУ
Ковтун Інні Василівні**

Спеціальність – 193 Геодезія та землеустрій.

Освітня програма – Геодезія та землеустрій.

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна.

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Моніторинг змін екологічної стабільності території методами дистанційного зондування на прикладі Новгород-Сіверської громади Чернігівської області», затверджена наказом ректора НУБіП України від 18 листопада 2024 р. № 2062 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру: за десять днів до захисту.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: космознімки, отримані з відкритих джерел даних, OpenStreetMap, Hybrid, графічні і атрибутивні матеріали офіційних відкритих даних.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- теоретико-методологічний аналіз проблематики;
- збір картографічних матеріалів;
- проведення розрахунків екологічної стабільності території станом на 2015 та 2025 роки;
- моніторинг екологічної стабільності території, аналіз отриманих даних, пропозиції за результатами досліджень.

Дата видачі завдання “ _____ ” _____ 2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ **Богдана ЗАЯЧКІВСЬКА**
(підпис)

Завдання прийняла до виконання _____ **Інна КОВТУН**
(підпис)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота складається з списку термінів, вступу, трьох розділів з висновками до кожного з них, висновків до магістерської роботи та додатків.

Актуальність теми: під час воєнного стану країни всі питання екологічного регулювання господарської діяльності людини відходять на другий план оскільки нагальнішими постають проблеми безпеки, збереження життя і здоров'я населення, забезпечення продуктами харчування та першої необхідності. Послаблення громадського контролю та прогалини в законодавстві призводить до багатьох негативних наслідків у сфері природокористування та охорони навколишнього природного середовища. Надмірне навантаження на агроландшафти призводить до порушення природної рівноваги та як наслідок до порушення стабільності функціонування і розвитку території загалом. Саме тому предметом дослідження обрано відслідкування змін екологічної стабільності території більшою мірою внаслідок трансформування аграрних землекористувань, умов дотримання водоохоронних зон, функціонування полезахисних лісонасаджень, лісів, чагарників тощо.

Мета відслідкувати зміни факторів, які впливають на екологічну стабільність території за допомогою методів дистанційного зондування.

Об'єкт дослідження – територія Новгород-Сіверської громади Чернігівської області.

Предмет дослідження – моніторинг змін екологічної стабільності території.

Завдання:

- 1) аналіз нормативно-правових засад забезпечення екологічної стабільності України;
- 2) аналіз природно-кліматичні умови території дослідження, типи покриття, земельний фонд;
- 3) збір вихідних матеріалів;

- 4) застосування методики визначення екологічної стабільності території;
- 5) здійснення моніторингу змін екологічної стабільності території за допомогою ГІТ технологій;
- 6) підготовка картографічних матеріалів;
- 7) пропозиції щодо покращення екологічної стабільності території.

Головним результатом досліджень відслідкування факторів, які впливають на зміну екологічної стабільності території.

Ключові слова: екологічна стабільність території, машинне навчання, керована класифікація космознімків, моніторинг змін екологічної стабільності, Google Earth Engine.

За темою магістерської роботи опубліковано тези:

Ковтун І.В. Аналіз поточного стану та основних проблем моніторингу екологічної стабільності території методами дистанційного зондування Землі / Збірник тез міжнародної науково-практичної конференції «GEOPOINT» 6-7 березня 2025 року, стор. 168-169.

Подана наукова робота для участі в I турі Всеукраїнського науковго конкурсу студентських робіт на тему: «Геопросторовий аналіз і моделювання моніторингу змін типів покриття за допомогою програмного модуля ModelBuilder в ArcGIS Pro».

ЗМІСТ

Основні терміни.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЕКОЛОГІЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ТЕРИТОРІЇ.....	10
1.1 Поняття екологічної стабільності території та методичні засади.....	10
1.2 Принципи та підходи до екологічного моніторингу територій в сучасних умовах.....	15
1.3 Нормативно-правове забезпечення питання екологічної стабільності території.....	21
Висновок до розділу 1.....	24
РОЗДІЛ 2. ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОНІТОРИНГУ ЕКОЛОГІЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ТЕРИТОРІЇ.....	25
2.1 Геоінформаційні технології ДЗЗ.....	25
2.2 Хмарні ГІТ ДЗЗ.....	35
2.3 Характеристика території дослідження.....	39
2.4. Існуючі проблеми екологічної стабільності території громади.....	53
Висновки до Розділу 2.....	59
РОЗДІЛ 3. МОНІТОРИНГ ЗМІН ЕКОЛОГІЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ТЕРИТОРІЇ МЕТОДАМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ НА ПРИКЛАДІ НОВГОРОД-СІВЕРСЬКОЇ ГРОМАДИ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	61
3.1 Геопросторовий аналіз і моделювання моніторингу змін типів покриття за допомогою програмного модуля ModelBuilder в ArcGIS Pro.....	61
3.2 Моніторинг змін екологічної стабільності території методами дистанційного зондування за допомогою Google Earth Engine.....	66
3.3 Аналіз результатів дослідження та пропозиції.....	89
Висновки до розділу 3.....	90
ВИСНОВКИ:.....	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	93
Додатки.....	98

ОСНОВНІ ТЕРМІНИ

GEE — Google Earth Engine

ГІС – географічні інформаційні системи

АОІ — Area of Interest — зацікавлена територія

SR — Surface Reflectance — поверхнева відбивна здатність

PEBLDS — Pan-European Biological and Landscape Diversity Strategy

PEEN — Pan-European Ecological Network

НЕМ — Національна екологічна мережа

СЕО — стратегічна екологічна оцінка

TSETS — територіальні системи екологічної стабільності

ID – унікальний ідентифікатор

ЗУ — Закон України

ГІТ — геоінформаційні технології

ДЗЗ — дистанційне зондування Землі

ВСТУП

Поява негативних чинників аграрного походження, що впливають на екологічну безпеку, пояснюється недосконалим обґрунтуванням індустріалізації сільськогосподарського виробництва і його інтенсифікації. Поглиблюються ці процеси надмірним використанням мінеральних добрив і отрутохімікатів, концентрацією відходів великих промислових тваринницьких комплексів при відсутності в них очисних споруд тощо. Внаслідок цього посилюється забрудненість продуктів харчування шкідливими речовинами, погіршується природне середовище життя людини.

Екологічна стабільність земельної території є базовим показником для розробки коефіцієнт у інтегрованого екологічного стану землекористування. У сучасних умовах економіко-соціальні досягнення будь-якого регіону країни, не можна повноцінно оцінити без урахування впливу війни та антропогенного тиску на довкілля. Екологічний індекс має враховувати ступінь цілісності й ефективного функціонування екосистем, ступінь екологічного добробуту населення промислових та прифронтових регіонів, підтримку на державному рівні, роботу і підтримку спеціалізованих організацій і формувань різних рівнів. З метою екологічної стабілізації територій необхідно знизити антропогенний вплив на природні системи, що не перевищував би гранично допустимого рівня навантаження на ресурси навколишнього середовища.

Забезпеченню збалансованого розвитку аграрного сектору має передувати впровадження екологізації виробництва продуктів харчування, проведення інвентаризації та екологічної паспортизації екологічно небезпечних (тобто екологічно нестабільних) територій з умовою подальшої координації екологічних заходів у досліджуваному регіоні. Методологічною основою екологічної стратегії має стати концепція сталого розвитку продуктивних сил продовольчого підкомплексу. До еколого-економічних пропорцій між місткістю аграрного природно-ресурсного потенціалу та рівнем соціально-економічного розвитку регіонів належать наступні

пропорції: між сировинним потенціалом та виробничими можливостями щодо його використання, потенційними ресурсними можливостями та гранично допустимим виробничо-господарським навантаженням, експлуатацією та розширеним відтворенням аграрних ресурсів довкілля продовольчого призначення [28].

Інтенсифікація виробництва продовольства за умов еколого-економічної кризи не повинна руйнувати екологічну стабільність довкілля. Вартісний вираз природного капіталу враховує крім господарського значення також ресурсну та екологічну цінність. Природні екосистеми є значно складнішими у порівнянні з традиційними факторами виробництва продовольства (засоби виробництва, фінансовий капітал, праця). Основними причинами низької віддачі земельно-ресурсного потенціалу у продовольчому виразі є відсутність реального власника та мотивації, недосконала цінова та інвестиційно-кредитна політика. Раціональність природокористування характеризується показниками структури використання території, якістю екологічного потенціалу землі. На думку вчених, для оцінки впливу якісного складу угідь на екологічну стабільність території необхідно провести розрахунок коефіцієнтів екологічної стабільності території.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЕКОЛОГІЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ТЕРИТОРІЇ

1.1 Поняття екологічної стабільності території та методичні засади

Якщо розглядати поняття екологічна стабільність територій то під ним більшість розуміє здатність екосистем підтримувати екологічний баланс і зберігати природні ресурси, протистояти негативному впливу. Основні фактори, що впливають на стабільність, включають: природні фактори (клімат, рельєф, біорізноманіття) та антропогенні фактори (забруднення, надмірне використання ресурсів, хімізація, зниження екологічної культури).

Таблиця 1.1

Чинники, які формують поняття екологічної стабільності територій

Фактори	Його складові компоненти
Природні фактори	<ul style="list-style-type: none"> • Біорізноманіття (Різноманітність видів та середовищ існування підвищує стійкість екосистеми до змін) • Клімат та погодні умови (Стабільні кліматичні умови сприяють сталості екосистем, тоді як екстремальні явища (потепління, кислотні опади) можуть порушувати баланс) • Рельєф: (Гірський ландшафт, наприклад, може перешкоджати розповсюдженню забруднень)
Антропогенні фактори	<ul style="list-style-type: none"> • Забруднення (Викиди шкідливих речовин в атмосферу, воду та ґрунт, включаючи промислові та побутові відходи, руйнують екосистеми) • Надмірне використання природних ресурсів: (Нераціональне природокористування виснажує природні ресурси, що призводить до деградації довкілля) • Хімізація (Надмірне застосування хімічних речовин у сільському господарстві та промисловості забруднює довкілля та шкодить здоров'ю живих організмів) • Проблеми з утилізацією відходів (Неправильне поводження з відходами, зокрема їх накопичення на звалищах, створює значні екологічні ризики) • Низька екологічна культура (Недостатній рівень обізнаності населення та відповідальності перед природою призводить до поширення негативних екологічних практик)

Аналізуючи ці всі фактори можна узагальнити що поняття екологічної

стабільності об'єднує декілька аспектів включаючи економічний, екологічний та соціальний (рис. 1)

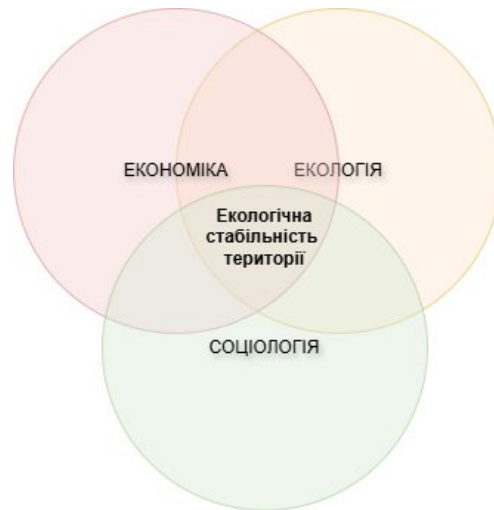


Рис.1.1. Екологічна стабільність території на діаграмі Венна

Рівень інтенсивного використання земельних ресурсів є показником аналогічним фондооснащеності. Результативність господарювання на землі характеризується розміром валової продукції та урожайністю. Коефіцієнт інтенсивності використання землі розраховується відношенням площі орних земель та інших видів угідь до загальної площі сільськогосподарських угідь.

Далеко не завжди сприятливі погодні умови та подорожчання освоєння нових земель забезпечують достатньою мірою відтворення родючості ґрунтів, збереження землі як природного ресурсу.

Збільшення сільськогосподарського освоєння земельних ресурсів, що супроводжується зростанням розораності угідь, свідчить про підвищення антропогенного навантаження на одиницю земельної площі. Безумовно, це не може не вплинути на екологічний стан навколишнього середовища. Критерієм екологічної ефективності землекористування є відновлення природного стану ґрунтів, тобто темпи відтворення їх родючості. Охорона навколишнього середовища, зростання природно-ресурсного потенціалу земельного регіону є похідними від екологізації землекористування.

Розуміння підходу до оцінки екологічної стабільності закладений в загальну концепцію Екологічної мережі (Econet), яка широко застосовується в Європі та Східній Європі. Питання екологічної стабільності території надзвичайно важливе, особливо в адаптації до вимог ЄС та загальноєвропейських ініціатив, наприклад, Pan-European Biological and Landscape Diversity Strategy (PEBLDS).

Концепція екологічної мережі (Econet) спрямована на забезпечення зв'язності (непреривності) природних територій, що є критично важливим для міграції видів та підтримки біорізноманіття. Ці території мають свою певну класифікацію.

Таблиця 1.2

Класифікація території за концепцією Екологічної мережі

Компонент	Функціональне призначення
Природні Ядра (Core Areas)	Території з найвищою екологічною цінністю та біорізноманіттям (заповідники, ліси високого рівня збереження)
Екологічні Коридори (Corridors)	Зв'язні елементи (лісосмуги, річки, прибережні зони), що дозволяють видам мігрувати між ядрами
Буферні Зони (Buffer Zones)	Території навколо ядер та коридорів, які зменшують негативний вплив господарської діяльності
Екологічно-трансформаційні зони (Матриця)	Домінуюча територія (с/г угіддя, забудова), де стабільність найнижча; тут фокусуються на сталому землекористуванні

Методика екологічної стабільності території ґрунтується на ранжуванні типів земного покриву за їхньою екологічною цінністю або коефіцієнтом стабільності.

Щоб застосувати геоінформаційні технології для визначення змін екологічної стабільності території, потрібно дотримуватися певного алгоритму дій. Для початку використати супутникові знімки (наприклад, через GEE) для класифікації земного покриття (ліси, болота, поля, забудова). Присвоїти кожному класу типів покриття числові коефіцієнт стабільності (наприклад, від 0 до 1, де 1 — висока стабільність, 0 — низька). Саме на основі цих коефіцієнтів та аналізу зв'язності виділяються ядра, коридори та буферні зони. Ідентифікувати елементи, визначити їх площі та розрахувати зважені значення:

З метою досягнення екологічної стабільності території на міжнародному рівні (Європа) розроблена REBLDS — стратегія збереження біологічного та ландшафтного різноманіття. Прийнята у 1995 році, заклала основи для створення загальноєвропейської екологічної мережі (Pan-European Ecological Network, PEEN). Концепція Econet є центральною. Так, прийнята Директива ЄС Natura 2000 (Пташина директива та Директива про оселища) є правовою базою ЄС, що вимагає створення та підтримки зв'язної мережі охоронних територій, та фактично є реалізацією Econet.

В Україні концепція Національної екологічної мережі (НЕМ) затверджена на законодавчому рівні (Закон України «Про екологічну мережу України»). Національна Екологічна Мережа України забезпечується шляхом регіонального планування та Схеми формування екологічної мережі на рівні областей та районів, а також при розробці документів Стратегічної екологічної оцінки (СЕО).

Google Earth Engine (GEE) ідеально підходить для картографування та класифікації. Через використання керованої класифікації можна отримати карти типів покриття (ліс, вода, с/г угіддя, забудова тощо). На основі класифікованої карти GEE дозволяє обчислити загальну площу кожного класу та його частку у межах досліджуваної громади. Класифіковані та визначені

площі дають кількісну оцінку екологічної стабільності території, виходячи з ваги (коефіцієнтів), присвоєної кожному класу.

Поняття екологічної стабільності території розвивалося поступово з кількох незалежних наукових шкіл у середині ХХ століття. Концепція бере початок у двох великих наукових напрямках: Екології стійкості (Resilience Ecology) та Ландшафтному плануванні. Ідеї про стійкість та рівновагу систем розвивали такі вчені, як Юджин Одум (Eugene Odum), котрий популяризував концепцію екосистем, а також К. С. Холлінг (C. S. Holling), який розробив концепцію екологічної стійкості (resilience) у 1970-х роках. Роботи Роберта Г. МакАртура та Едварда О. Вілсона (MacArthur & Wilson) 1960-х років про те, як розмір та ізоляція природних "островів" впливають на біорізноманіття, безпосередньо підштовхнули до необхідності створення екологічних коридорів для забезпечення стабільності.

Ідея стабільності території як інструменту планування зародилася у 1970–1980-х роках, переважно в Європі. Зденек Вагнер (Zdeněk Hrnčíř): У Чехії та Словаччині (тоді Чехословаччина) активно розвивалася ідея територіальних систем екологічної стабільності (TSETS). Зденек Вагнер та його колеги були одними з перших, хто перетворив цю концепцію на інструмент просторового планування. У Німеччині активно розроблялися методики екологічних мереж, інтегруючи просторовий аналіз з плануванням землекористування.

Для виконання класифікації та розрахунку екологічної стабільності в Google Earth Engine доступний перелік коефіцієнтів, що базується на розрахунках І. Риторського та Е. Гойке. Науковцями розроблена система коефіцієнтів екологічної стабільності (K_e), які будуть використані.

Таблиця 1.3

Значення коефіцієнтів екологічних властивостей різних типів угідь (K)

Угіддя	K_i
Рілля	0,14
Виноградники	0,29
Лісосмуги	0,38

Багаторічні насадження, чагарники	0,43
Городи	0,50
Сіножаття	0,62
Пасовища	0,68
Ставки і болота природного походження	0,79
Ліси природного походження	1,00
Забудована територія і дороги	0,00

Коефіцієнт екологічної стабільності території землекористування (Кек.ст.) розраховується за формулою:

$$K_{ec} = \frac{\sum K_i P_i}{\sum P_i} K_p, \quad (1)$$

де P_i – площа угіддя i -го виду;

K_i – коефіцієнт екологічної стабільності угіддя i -го виду.

K_p – коефіцієнт морфологічної стабільності рельєфу ($K_p=1$ для стабільних і $K_p=0,7$ для нестабільних територій).

Вага впливу угідь на навколишні землі визначається за формулою:

$$D = 100 \ln P / \ln (10/K_2) \quad (2)$$

де P – площа угідь;

K_2 – коефіцієнт екологічного впливу території на навколишні землі.

Величина прибутку з 1 га земельної площі характеризує економічну ефективність використання землі. Значення земельних ресурсів як джерела продовольства дедалі зростає.

Затверджені коефіцієнти дають можливість інтегрувати їх у GEE-скрипт після завершення машинного навчання (керованої класифікації).

1.2 Принципи та підходи до екологічного моніторингу територій в сучасних умовах

В останні роки відбулися значні зміни як в законодавчих актах щодо роботи державної системи моніторингу навколишнього середовища, так і в її переоснащенні. Кабінетом міністрів затверджено Державну цільову екологічну програму технічного переоснащення гідрометеорологічної

служби. Держводагентством вжито організаційно-розпорядчих дій з метою проведення оперативного державного моніторингу поверхневих вод в умовах воєнного часу, в тому числі на деокупованих територіях.

У березні 2023 року прийнято Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо державної системи моніторингу довкілля, інформації про стан довкілля (екологічної інформації) та інформаційного забезпечення управління у сфері довкілля», який набирає чинності через 6 місяців з дня скасування чи припинення воєнного стану в країні. Він закладає основу для вдосконалення державної системи моніторингу, що ґрунтується на комплексному підході до його здійснення та взаємодії його суб'єктів та зацікавлених сторін з використанням сучасних інформаційних технологій. В той же період часу прийнято Постанову КМУ щодо порядку запровадження обов'язкових автоматизованих систем контролю викидів забруднюючих речовин, згідно якої вона представляє собою інформаційно-вимірювальну систему, що складається із засобів вимірювань, інших пристроїв і призначена для безперервного вимірювання параметрів відхідних газів та вмісту в них забруднюючих речовин та для розрахунку обсягу викидів і передачі даних вимірювань до Міндовкілля. Платформа «Екосистема» покликана надавати актуальну достовірну інформацію про стан навколишнього середовища та природні ресурси.

Затверджено Постанову КМУ «Деякі питання функціонування сервісу фіксації фактів заподіяння шкоди навколишньому природному середовищу внаслідок надзвичайних ситуацій, подій, збройної агресії РФ «ЕкоЗагроза», якою затверджені положення про деякі питання функціонування сервісу фіксації фактів заподіяння шкоди навколишньому природному середовищу внаслідок надзвичайних ситуацій, подій, збройної агресії РФ «ЕкоЗагроза»; порядок фіксації фактів заподіяння шкоди навколишньому природному середовищу внаслідок надзвичайних ситуацій, подій, збройної агресії російської федерації; порядок організації та проведення огляду (обстеження)

місця заподіяння шкоди навколишньому природному середовищу внаслідок надзвичайних ситуацій, подій, збройної агресії рф. У липні 2023 року схвалена Концепція Державної цільової екологічної програми моніторингу довкілля, яка має на меті вирішення наступних проблем: застарілість нормативного, технічного та організаційного забезпечення системи моніторингу довкілля; відсутність цілісної мережі спостережень або брак окремих її компонентів; застаріле методичне забезпечення спостережень, відбору та аналізу проб; відсутність єдиних вимог до збору, обробки, зберігання екологічних даних; необхідність забезпечення відкритості інформації про стан довкілля [24].

Таким чином, йде активний процес впровадження нового підходу до функціонування державної системи моніторингу довкілля, а саме: оновлення законодавчої бази, наближення до європейських принципів організації та здійснення моніторингу довкілля, модернізація обладнання системи моніторингу довкілля. Ці дії стануть запорукою оновлення усіх підсистем державного моніторингу довкілля, що будуть відповідати законодавству та підходам ЄС, визначити інформаційні потреби природоохоронного управління, забезпечувати ефективну координацію роботи усіх суб'єктів державної системи моніторингу довкілля, забезпечувати інтеграцію інформаційно-аналітичних систем кожної підсистеми моніторингу довкілля до Єдиної екологічної платформи «ЕкоСистема», яка узагальнюватиме отриманні дані від усіх суб'єктів державної системи моніторингу довкілля, оброблятиме їх та забезпечуватиме належне та оперативне інформування населення [24].

Для досягнення ефективного управління земельними ресурсами в нашій країні на сьогоднішній день необхідно розв'язати проблему створення системи безперервного моніторингу земель. У сучасних умовах це можливо лише шляхом наступних заходів: створення єдиної мережі спостережень, використання геоінформаційних технологій, утворення регіональних центрів системи моніторингу з сучасним технічним й інформаційним забезпеченням,

узгодження елементів інформаційних технологій, що використовуються різними суб'єктами системи моніторингу, оновлення нормативно-технічного та нормативно-правового забезпечення системи моніторингу з урахуванням сучасних вимог [25].

Для раціональної організації територій необхідно розробити довгострокову стратегію природокористування, впровадити функціональне зонування та комплексний екологічний моніторинг. Моніторинг має базуватися на детальному великомасштабному екологічному дослідженні території, включаючи складання кадастру ландшафтних та ландшафтно-історичних комплексів, оцінку їх екологічного стану та виявлення основних джерел забруднення довкілля.

Об'єкти, визначені для комплексного екологічного моніторингу, повинні давати комплексне уявлення про природні та культурно-історичні особливості таких територій і охоплювати весь спектр типових ландшафтних комплексів та весь спектр ландшафтно-історичних комплексів.

Однак побудова систем моніторингу та оцінки різних аспектів фізичного середовища - це більше, ніж технічне завдання. Це соціотехнологічні системи, які формуються різними зацікавленими сторонами - науковцями, інженерами, політиками, юристами та багатьма іншими - кожен з яких має свій власний набір цінностей та уявленнями про те, що слід контролювати і чим слід керувати. Ці системи також формуються більші соціальні, політичні та економічні інституції, які мають значний вплив на все - від екологічних норм і схем землекористування до енергетичної політики та національної безпеки на них мають значний вплив, починаючи від екологічних норм і закінчуючи енергетичною політикою та національною безпекою. І такі системи продовжують розвиватися в умовах зміни законів, політики, наукових знань, технологій і судових рішень. Дійсно, для того, щоб зрозуміти, чому суспільство контролює те, що воно робить, потрібне певне розуміння історії, що стоїть за цим вибором.

Враховуючи, що те, що суспільство контролює, відображає те, чим воно управляє, а отже, і те, що воно що воно цінує, розуміння того, як розвивалися пов'язані з цим інструменти, методи та системи може бути корисним у наукових дискусіях, пов'язаних зі сталим розвитком. Серед іншого, це може забезпечити контекст, необхідний для постановки обґрунтованих запитань, визначення тенденцій та встановлення зв'язків, які можуть бути неочевидними. Наприклад, один з важливих моментів, є те, що дані, надані різними системами моніторингу часто слугують декільком цілям, таким як: допомога дослідникам у розумінні проблеми, забезпечення основи для встановлення стандартів, визначення дотримання цих стандартів, відстеження змін у якості навколишнього середовища, забезпечення розуміння динаміки природних систем, слугують юридичним доказом та забезпечують зв'язок з громадськістю.

Зусилля з моніторингу довкілля та його використання не є феноменом двадцятого століття. Доаграрні та аграрні суспільства навчилися керувати своєю взаємодією з природою протягом тривалих періодів часу, а знання, які люди поступово формували їхнє повсякденне життя та практики. Ритуали та соціальні норми, на противагу чітко визначеним механізмам контролю, регулювали взаємодію громади з природними системами, особливо взаємодію, що впливала на ресурси критично важливі для виживання громади. Люди в доаграрних суспільствах стежили за численні аспекти навколишнього світу - рух стад, зміну тривалості дня, появу тривалістю дня, появою бруньок - і цінність цих знань була інтегрована в культурні системи, які керували поведінкою.

Доіндустріальні суспільства також могли суттєво змінювати навколишнє середовище, і вогонь був одним із найпотужніших інструментів для цього. Незалежно від того, чи використовували його для підтримки прерій, видалення лісового підліску чи полегшення землеробства, вогонь міг кардинально змінити екосистему, населену людьми. Поява великих

сільськогосподарських суспільств також призвела до важливих змін в екосистемах. Густонаселені суспільства вже не могли відмовитися від землі, які перестали бути продуктивними, і громади поступово розробили схеми управління, які дозволяли довгострокове використання землі, яку вони займали.

З великими сільськогосподарськими товариствами також з'явилися стимули контролювати землю та ресурси як власність. Крім того, скрізь, де виникали сильні держави, сільськогосподарські товариства породжували інституції, здатні збирати знання, корисні для держави.

Лише тоді, коли виникали конфлікти через надмірне використання лісу, струмка чи пасовища, на державу чинився тиск, щоб вона керувала природними системами у більш досконалий спосіб.

Дійсно, в національних державах Західної Європи одними з перших інституцій, що з'явилися установи, створені для управління лісами та збору доходів від тих, хто ними користувався. До вісімнадцятого століття деякі регіони розробили відносно складні методи управління лісами, і ця практика незабаром поширилася Західною Європою та іншими частинами світу. Мотивація, однак, була суто утилітарною, оскільки держави "бачили" ліс як ресурс, яким потрібно управляти для конкретних цілей.

Починаючи з 1960-х років, індустріальні суспільства створили більш досконалі способи моніторингу природних систем, що дозволило дослідникам дізнатися більше про вплив людської діяльності на фізичне середовище. Такому зростанню обізнаності сприяло значне збільшення фінансування наукових досліджень та інструментів для їх проведення. За іронією долі, значна частина фінансування фундаментальних досліджень надходила від військових організацій, що робило її доступність чутливою до мінливих потреб та інтересів військових. Тим не менш, ці зусилля спонукали людей глибше замислитися над тим, що означає для індустріального суспільства стале управління взаємодією з навколишнім середовищем. Що ж це таке? Ми

хочемо підтримувати, і що ми повинні вимірювати, контролювати і управляти? Іншими словами, що суспільство повинно "бачити" у своїх зусиллях розумно взаємодіяти з екологічними, геофізичними та геохімічними системами?

Зрештою, дослідження вчених також говорять про взаємозв'язок між тим, що ми обираємо для моніторингу - чи то концентрацію хімічних речовин, чи то індекс забруднення повітря, чи потік супутникових даних - та інструментами, необхідними для здійснення цього моніторингу. Розвиток інструментів для вимірювання та моніторингу певного аспекту докілья припускає, що люди вже визначили, що вони хочуть "бачити". Однак досягти консенсусу щодо того, що саме потрібно моніторити, важко без певних інструментів і методів. На практиці, розробка інструментів і методів для моніторингу та визначення того, що саме потрібно моніторити, важко відокремити один від одного.

Насправді, це циклічний процес, в якому різноманітні учасники з різними цілями впливають на цей процес, чітко визначаючи, що те, що ми моніторимо, і навіть те, як ми вимірюємо те, що ми моніторимо, є складним завданням, яке включає в себе більше ніж просто технічні рішення [26].

1.3 Нормативно-правове забезпечення питання екологічної стабільності території

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва в останні десятиліття, зумовлена економічними потребами та розвитком технологій, спричинила підвищене навантаження на земельні ресурси. Суб'єкти аграрного підприємництва, зокрема сільськогосподарські кооперативи та фермерські господарства, у прагненні до підвищення продуктивності та прибутковості нерідко вдаються до практик, що негативно впливають на стан довкілля.

Наслідком цього є деградація ґрунтів, зменшення біорізноманіття та забруднення навколишнього природного середовища, що становить серйозну загрозу екологічній безпеці. Незважаючи на наявність нормативно-правової

бази, яка регулює екологічно безпечне землекористування, чинне законодавство часто є несистемним, нечітким і не має ефективних механізмів реалізації. Правові прогалини, недостатній контроль та відсутність стимулів до впровадження сталих практик стримують досягнення цілей екологічної безпеки у сфері аграрного виробництва.

Система державного контролю за використанням земель сільськогосподарського призначення є недостатньо ефективною. В Україні відсутні дієві стимули для аграрних підприємств, які б мотивували їх до впровадження екологічно безпечних технологій. Законодавчі акти часто чітко не визначають рівень відповідальності за порушення екологічних норм у галузі землекористування, що знижує ефективність правового впливу. Система санкцій за екологічні порушення в сільському господарстві є недостатньо розвиненою, а штрафи не завжди стимулюють аграріїв дотримуватися вимог. Питання екологічної безпеки часто розглядаються фрагментарно, без комплексного підходу до всіх природних ресурсів, таких як вода, повітря, біорізноманіття, а не тільки земельних [Масін, В. М. (2025). Правове регулювання забезпечення екологічної безпеки у процесі використання земель суб'єктами аграрного підприємництва. Український політико-правовий дискурс, (10). <https://doi.org/10.5281/zenodo.15202659>].

Питання, які тісно пов'язані з моніторингом екологічної стабільності територій регулюється низкою нормативно-правових актів, серед яких ключовими є Земельний кодекс України та Закон України «Про охорону земель». Однак на практиці ці документи часто не забезпечують достатньої правової визначеності механізмів екологічної безпеки при землекористуванні. Основною проблемою є відсутність комплексного підходу до екологічної безпеки, який охоплював би не лише землеволодіння, а й захист водних ресурсів, біорізноманіття та атмосферного повітря. Законодавство часто не бере до уваги зміни кліматичних умов, що призводить до неефективності чинних норм. Однією з найбільших проблем є деградація ґрунтів, що виникає

через нераціональне землекористування та надмірне використання хімічних добрив і пестицидів. Вплив воєнних дій, забруднення ґрунтів і водних ресурсів токсичними речовинами, а також дефіцит органічних матеріалів для підтримки родючості ґрунтів стали одними з основних екологічних викликів. Систематичне порушення екологічних вимог призводить до зниження врожайності та загрози для здоров'я людей, що сприяє зниженню продуктивності аграрного сектору.

Екологічні ризики в контексті економічних розглядаються з погляду можливих фінансово-економічних втрат, що виникають у процесі аграрного землекористування, як на рівні окремого землекористувача, так і на рівні сільськогосподарських підприємств або їхніх об'єднань. Це здійснюється через призму ефективності управлінських систем в організації превентивних заходів.

Також чинні екологічні стандарти в Україні часто не відповідають сучасним вимогам сталого розвитку та екологічної безпеки. Стандарти екологічної безпеки на землях сільськогосподарського призначення не враховують новітніх технологій та методів, які можуть значно зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

В свою чергу Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991 р. № 1264-ХІІ визначає правові, економічні та соціальні основи організації охорони навколишнього природного середовища в інтересах нинішнього і майбутніх поколінь. А охорона навколишнього природного середовища, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини - невід'ємна умова сталого економічного та соціального розвитку України.

З цією метою Україна здійснює на своїй території екологічну політику, спрямовану на збереження безпечного для існування живої і неживої природи навколишнього середовища, захисту життя і здоров'я населення від негативного впливу, зумовленого забрудненням навколишнього природного

середовища, досягнення гармонійної взаємодії суспільства і природи, охорону, раціональне використання і відтворення природних ресурсів.

Завданням законодавства про охорону навколишнього природного середовища є регулювання відносин у галузі охорони, використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки, запобігання і ліквідації негативного впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище у сфері зміни клімату, збереження природних ресурсів, генетичного фонду живої природи, ландшафтів та інших природних комплексів, унікальних територій та природних об'єктів, пов'язаних з історико-культурною спадщиною.

Висновок до розділу 1

Розглянуто теоретико-методологічні основи моніторингу екологічної стабільності територій та проаналізовано сучасні підходи до її оцінювання. З'ясовано, що екологічна стабільність території є інтегральною характеристикою, яка відображає здатність природних систем підтримувати екологічну рівновагу під впливом антропогенних і природних факторів.

Визначено, що ефективний екологічний моніторинг базується на системному, ландшафтно-екологічному та геоінформаційному підходах, які забезпечують комплексність аналізу, просторову узгодженість даних і можливість виявлення динаміки змін. Особливе значення має використання даних дистанційного зондування Землі, що дозволяє здійснювати оперативне та масштабне спостереження за станом навколишнього середовища.

Узагальнено нормативно-правові засади моніторингу довкілля в Україні, що регулюють порядок отримання, аналізу та використання екологічної інформації. Законодавче забезпечення визначає правові рамки для створення єдиної державної системи екологічного моніторингу та забезпечує відкритість і доступність екологічних даних.

РОЗДІЛ 2. ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОНІТОРИНГУ ЕКОЛОГІЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ТЕРИТОРІЇ

2.1 Геоінформаційні технології ДЗЗ

У поєднанні з доступністю історичних даних дистанційного зондування, зниженням вартості даних і збільшенням роздільної здатності супутникових платформ, технологія дистанційного зондування може мати ще більший вплив на агентства з планування та управління земельними ресурсами, які займаються моніторингом змін ґрунтового покриву і змін у землекористуванні на різноманітних просторових масштабах. Сучасні технології дистанційного зондування дозволяють збирати і аналізувати дані з наземних, атмосферних і навколоземних платформ, у зв'язку з даними GPS, шарами і функціями ГІС-даних, а також з новими можливостями моделювання (Франклін, 2001). Це зробило дистанційне зондування цінним джерелом інформації про земний покрив і землекористування. Оскільки попит на збільшення обсягів та якості інформації зростає, а технологія продовжує вдосконалюватися, дистанційне зондування стає все більш важливим у майбутньому [27].

З розвитком технологій дистанційне зондування стало важливим інструментом у різних галузях, від сільського господарства до екології та урбаністики. Сучасні програми дистанційного зондування дозволяють збирати, аналізувати та інтерпретувати дані з супутників, дронів та інших джерел, відкриваючи нові можливості для досліджень та управління ресурсами.

Сучасні засоби пропонують потужні функції та інноваційні рішення для професіоналів і дослідників у сфері дистанційного зондування. Від аналітики даних до створення карт і моделювання — ці програми допоможуть ефективно працювати з геопросторовою інформацією та приймати обґрунтовані рішення.

Лідерами ринку обробки даних дистанційного зондування є наступні:

1. ERDAS Imagine – розроблений Hexagon Geospatial, цей продукт може обробляти практично будь-які типи геопросторових даних. Включає

супутникові зображення, аерофотознімки, хмари точок LiDAR, цифрові моделі рельєфу та інші дані ГІС.

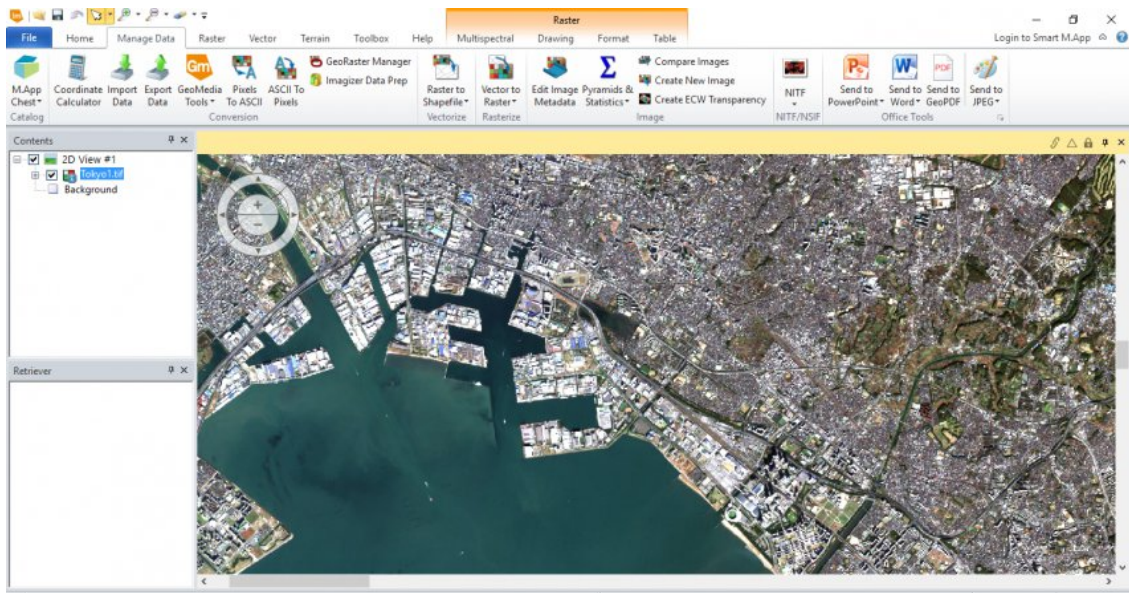


Рис. 2.1. Інтерфейс програми ERDAS Imagine

ERDAS Imagine є потужним центр дистанційного зондування. Він дозволяє користувачам виконувати розширену обробку зображень, 3D-візуалізацію та виявлення особливостей. Крім того, він забезпечує інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, щоб знайти правильний інструмент для роботи. Деякі з ключових функцій включають редактор просторових моделей, обробку хмари точок та інструменти фотограмметрії. Ось чому це завжди одне з найкращих програм для дистанційного зондування в таких галузях, як землевпорядкування, сільське господарство, лісове господарство, гірничодобувна промисловість, машинобудування, міське планування та оборона.

2. **ENVI** – це передова програмна платформа дистанційного зондування від NV5 Geospatial . За допомогою ENVI користувачі можуть швидко отримувати інформацію з супутникових, бортових та інших типів зображень, використовуючи новітню технологію обробки зображень.

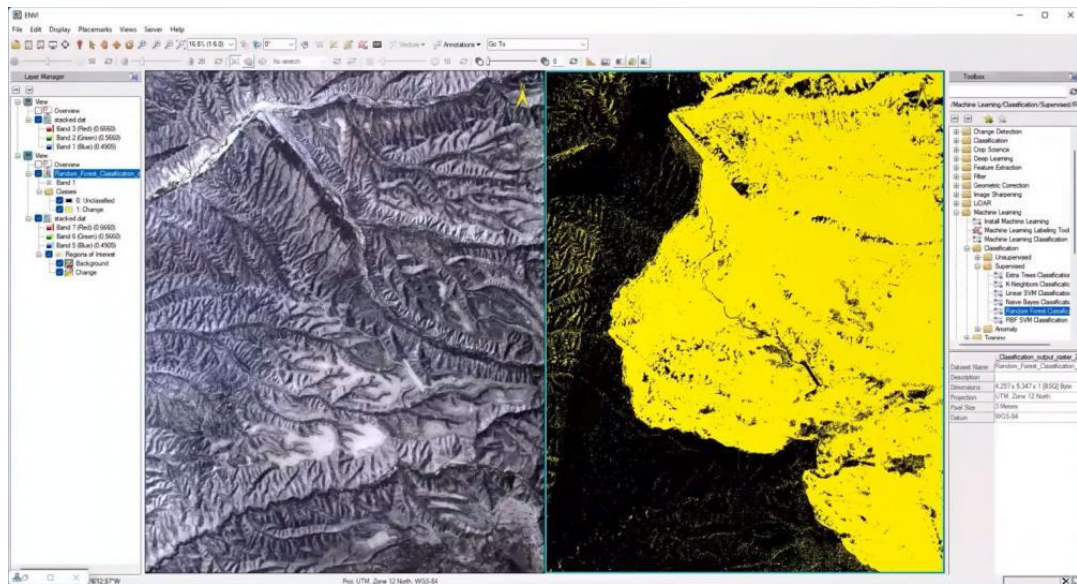


Рис. 2.2. Інтерфейс програми ENVI

Широкий набір функцій і можливостей ENVI дозволяє користувачам виконувати різноманітні завдання обробки зображень. Наприклад, покращення зображення, виділення функцій, сегментацію зображення, статистичний аналіз, виявлення змін і візуалізацію.

Це програмне забезпечення дає можливість підтримувати широкий діапазон форматів даних, у тому числі з комерційних джерел, таких як Махаг, Airbus і Planet. ENVI також пропонує потужні можливості автоматизації через ENVI Modeler для автоматизації повторюваних завдань.

3. PCI Geomatica — це передовий пакет програмного забезпечення для дистанційного зондування, який використовується вченими, дослідниками та фахівцями з ГІС у всьому світі. Розроблений канадською компанією PCI Geomatics, користувачі можуть переглядати та аналізувати супутникові зображення, аерофотознімки та інші типи даних дистанційного зондування.

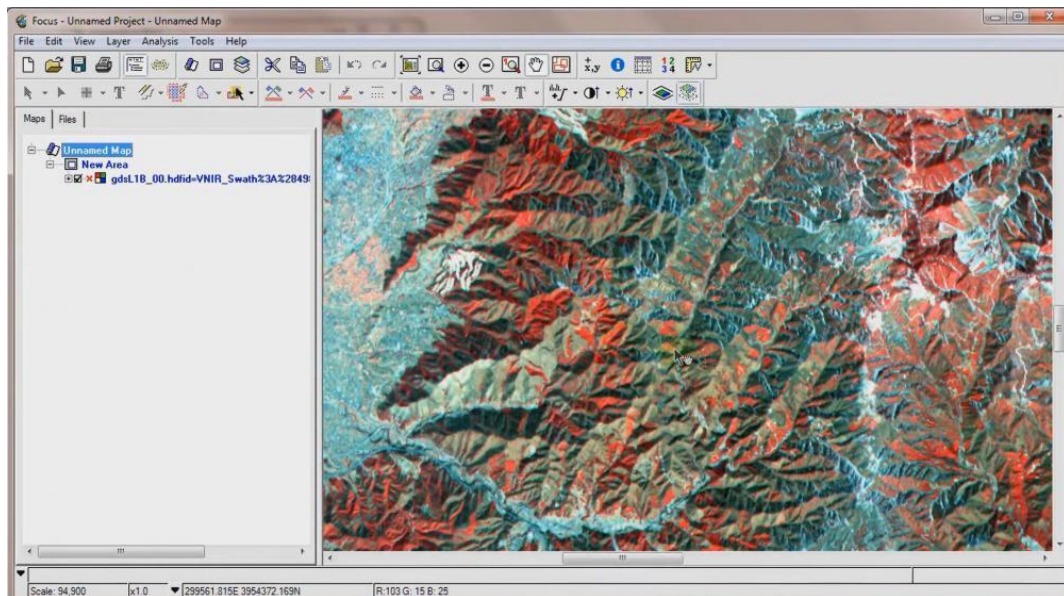


Рис. 2.3. Інтерфейс програми PCI Geomatica

З 1982 року PCI Geomatica забезпечує міцну основу для обробки даних із різноманітних джерел. Це включає аерофотознімки, супутникові зображення, цифрові моделі рельєфу та дані SAR та InSAR . Хоча інтерфейс трохи застарів, проте набір основних інструментів, залишається незмінним – мозаїка, фотограмметрія та аналіз рельєфу.

Дає можливості розпізнавання об'єктів за принципом «підключи і працюй», яка дозволяє легко виявляти об'єкти на цифрових зображеннях. Алгоритми включають OBIA, контрольовану та неконтрольовану класифікацію. Це означає, що користувачі можуть отримувати інформацію про дороги, будівлі та рослинність із аерофотознімків або супутникових знімків.

4. ArcGIS Pro це багатофункціональна ГІС платформа, в якій більшість інструментів дистанційного зондування знаходяться у наборі інструментів, як “Image Analysis” – надає доступ до набору інструментів для розширеного аналізу зображень.

Наприклад, це дозволяє користувачам створювати та змінювати растрові набори даних, візуалізувати та досліджувати зображення. Ви також можете виконувати більш складний аналіз, включаючи аналіз рельєфу, класифікацію зображень і спектральний аналіз .

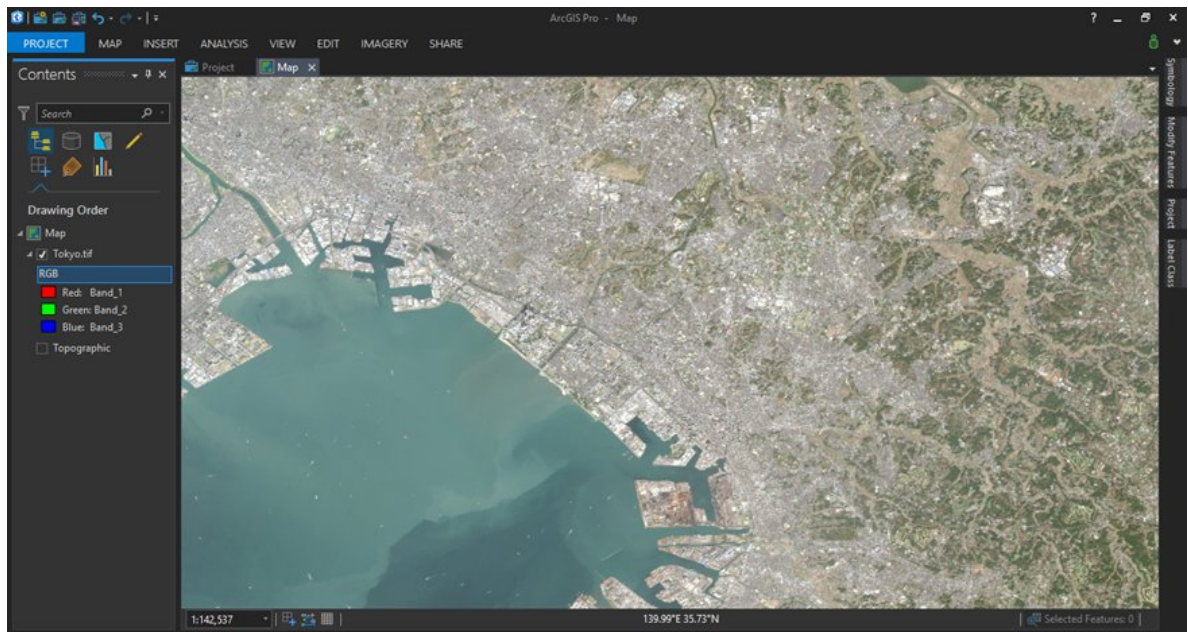


Рис. 2.4. Інтерфейс набору інструментів “Image Analysis” в програмі ArcGIS Pro

За допомогою розширення “Image Analysis” ви можете швидко обробляти великі обсяги зображень і отримувати з них цінну інформацію. Ви також можете використовувати цей робочий простір із зображеннями для виконання ряду завдань, таких як аналіз часових рядів і виявлення змін за допомогою глибокого навчання.

5. QGIS 3 за замовчуванням завантажується з інструментами дистанційного зондування, такими як растровий аналіз, аналіз рельєфу та інструменти інтерпретації. Але QGIS 3 не обмежується лише власними наборами інструментів, ви можете використовувати безліч можливостей, використовуючи набори інструментів із SAGA GIS, GDAL та GRASS GIS.

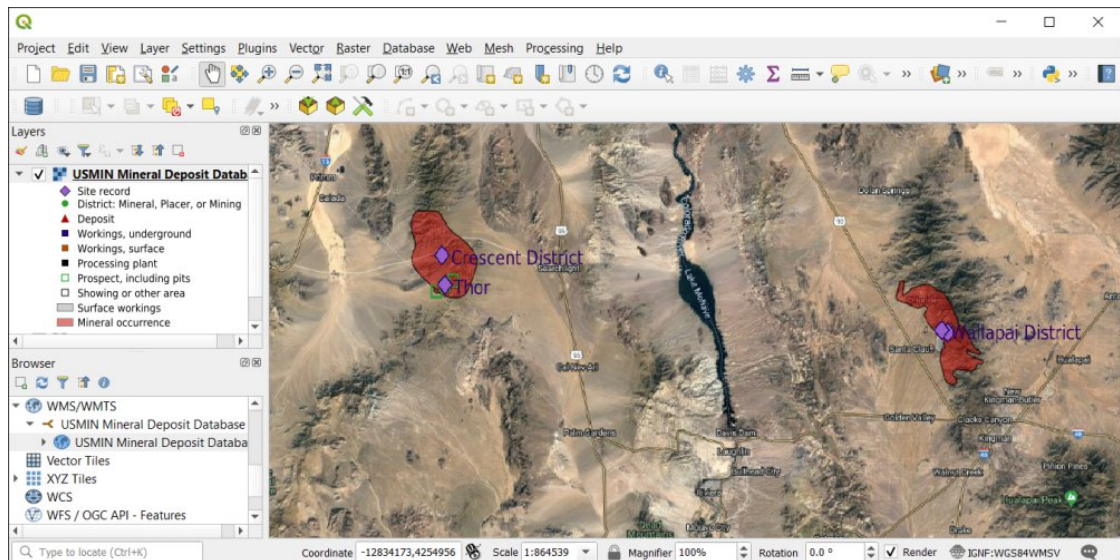


Рис. 2.5. Інтерфейс програми QGIS3

QGIS дає можливість розширити його функціонал за допомогою плагінів. Одним із найпопулярніших плагінів дистанційного зондування є безкоштовний плагін напівавтоматичної класифікації (SCP) з відкритим кодом. Плагін SCP надає багато можливостей і функцій, наприклад дозволяє користувачам швидко та легко завантажувати та класифікувати супутникові зображення. Також є алгоритми попередньої обробки, покращення після класифікації, оцінки точності та багато іншого.

6. **Trimble eCognition** це програмний продукт спеціалізується на виділенні ознак за допомогою об'єктно-орієнтованого аналізу зображень (OBIA), він використовує алгоритми розпізнавання образів для поділу зображень на повноцінні об'єкти (а не лише пікселі).

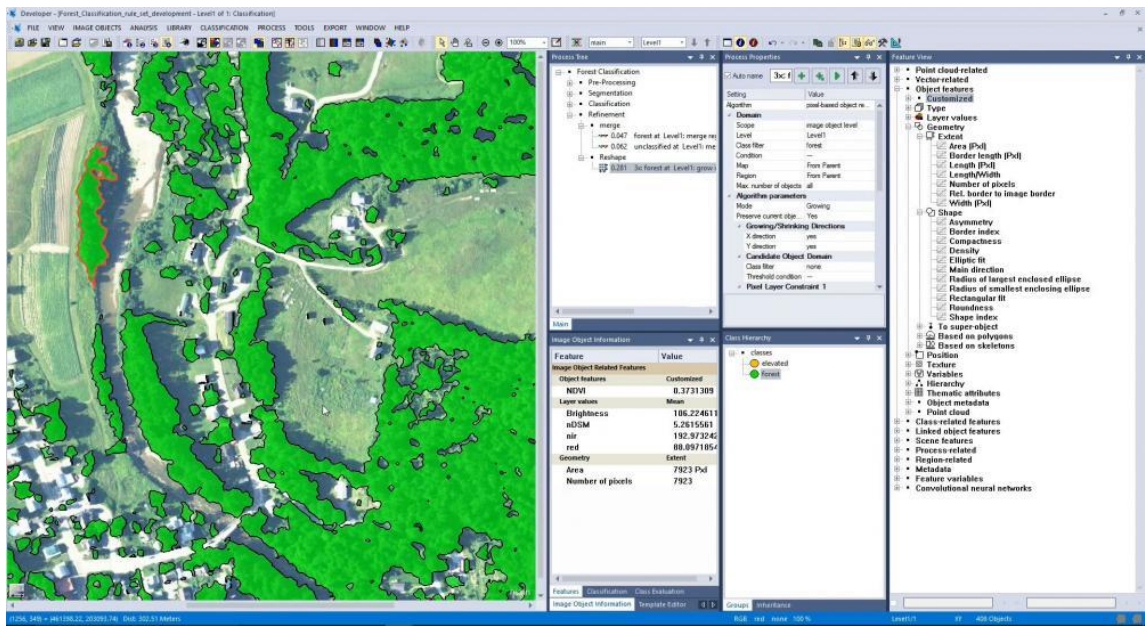


Рис. 2.6. Інтерфейс програми Trimble eCognition

Після виконання алгоритму сегментації з різною роздільною здатністю кожен об'єкт має пов'язану з ним статистику. Використовуючи спектральні та просторові характеристики, це дає можливість створити найдосконалішу сьогоденні класифікацію земельного покриття. На додаток до цього є можливість створювати набори правил для автоматизації створення земельного покриття та застосовувати їх до різних типів зображень.

Trimble eCognition приймає різноманітні вхідні дані, такі як хмари точок LiDAR, зображення з повітря, супутника та БПЛА. Незважаючи на те, що він дуже успішний у розвитку ґрунтового покриття, це не повний пакет дистанційного зондування. Оскільки йому не вистачає звичайних інструментів, таких як географічна прив'язка, 3D-візуалізація чи можливості SAR.

7. Whitebox GAT (Geospatial Analysis Toolbox) – це інструмент геопросторового аналізу з відкритим кодом для різних цілей. Він доступний як окрема програма, а також як бібліотека для використання в іншому програмному забезпеченні. Whitebox GAT містить розширений набір інструментів для роботи з даними дистанційного зондування. Велика бібліотека функцій робить його чудовим вибором для тих, кому потрібно виконувати різноманітні завдання зі своїми даними.

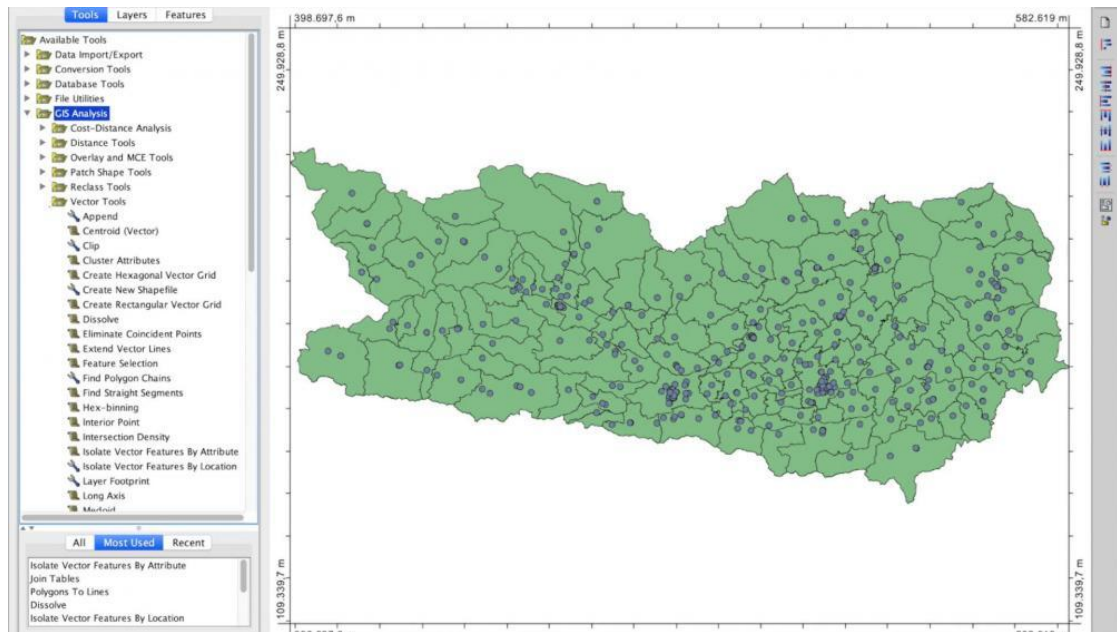


Рис. 2.7. Інтерфейс програми Whitebox GAT

Незважаючи на те, що Whitebox GAT спеціалізується на гідрологічних інструментах, він надає ряд функцій, які роблять його придатним для програм дистанційного зондування. Наприклад, це включає можливість працювати як з растровими, так і з векторними даними, підтримує різні методи просторової інтерполяції та повний набір інструментів аналізу рельєфу. Whitebox GAT має чудові можливості LiDAR.

8. **SAGA GIS** це застаріле програмне забезпечення дистанційного зондування, тому воно точно не таке досконале, як інші у цьому списку. GIS SAGA має широкий набір функцій, які дозволяють користувачам виконувати основні завдання з обробки та аналізу даних, пов'язані з дистанційним зондуванням. Наприклад, ви можете використовувати його для створення мозаїки, вирізання та розділення зображень, а також для трансформації проєкцій зображення. Він також пропонує інструменти для аналізу індексів рослинності, обчислення площі поверхні та вилучення характеристик із цифрових моделей висоти.

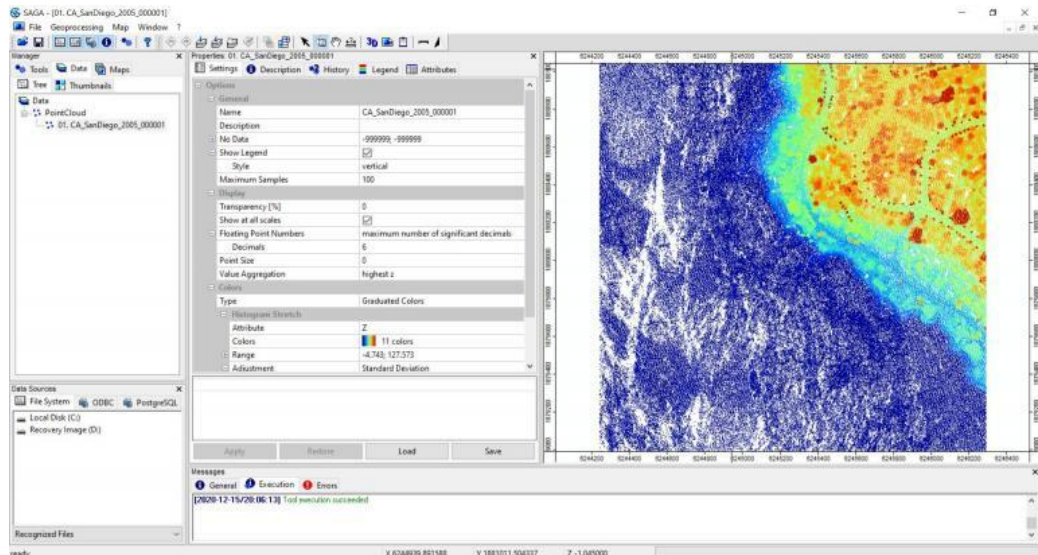


Рис. 2.8. Інтерфейс програми SAGA GIS

Для програмного забезпечення дистанційного зондування з відкритим кодом ви отримуєте масу інструментів. Також є можливість використовувати інструментарій SAGA GIS у QGIS 3.

9. **PolSARpro** (Polarimetric SAR Data Processing and Education Toolbox) програмне забезпечення, що спеціалізується на радіолокаційних зображеннях. Це включає такі типи супутникових датчиків:

АЛОС-1

КОСМО-СкайМед

RADARSAT-2

TerraSAR-X і TanDEM-X

PolSARPro — це розширений програмний пакет, призначений для аналізу та візуалізації поляриметричних радарів із синтетичною апертурою (PolSAR). Він здатний надавати детальну інформацію про особливості поверхні, вологість ґрунту та інші характеристики земної поверхні за допомогою радіолокаційних вимірювань.

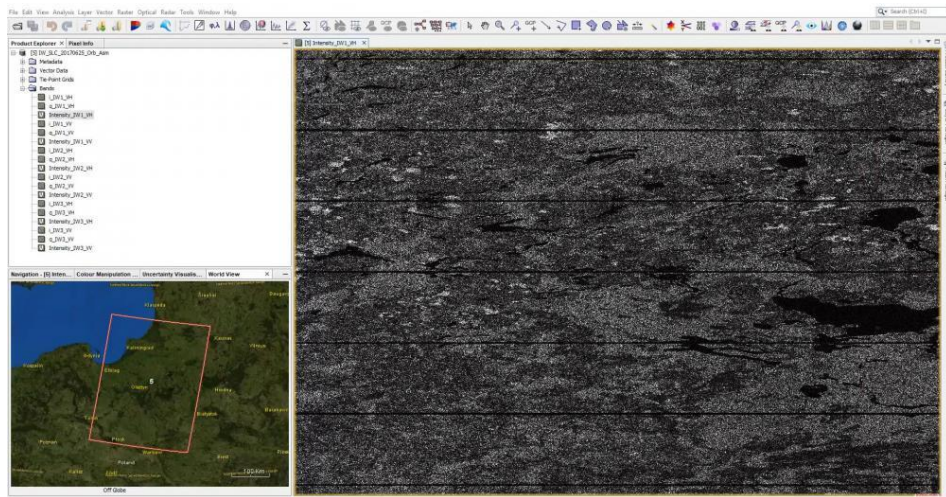


Рис. 2.9. Інтерфейс програми PolSARpro

10. **GRASS GIS** це програмне забезпечення з відкритим кодом у світі ГІС. GRASS GIS добре підходить для програм дистанційного зондування. Пропонує набір удосконалених інструментів для роботи з даними LiDAR, таких як класифікація хмар точок, фільтрація та інтерполяція. Подібно до SAGA GIS, ви можете використовувати його в QGIS 3 або використовувати як окрему програму.

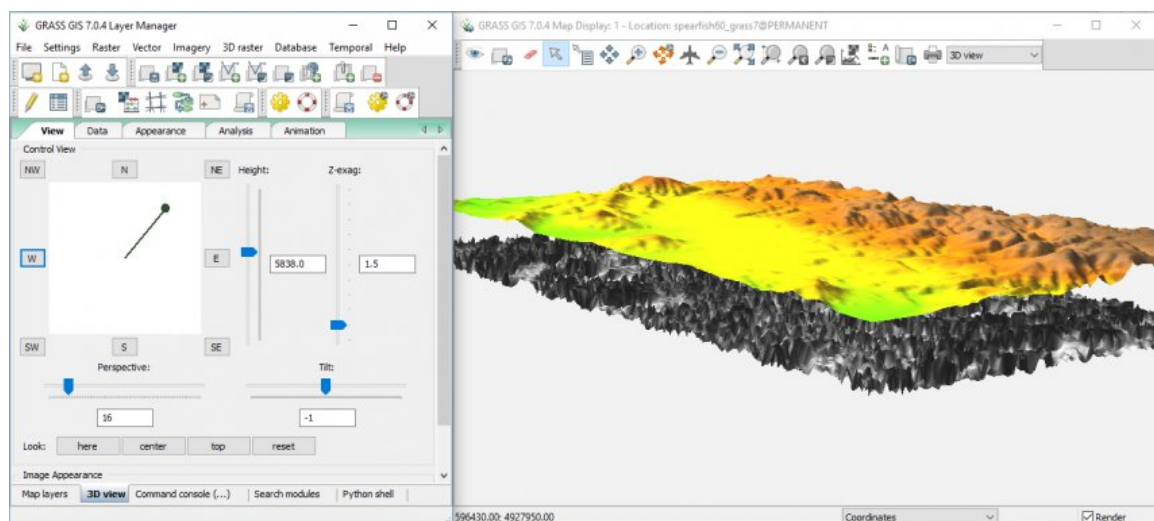


Рис. 2.10. Інтерфейс програми GRASS GIS

Загалом програмне забезпечення має набір функцій, спеціально розроблених для аналізу дистанційного зондування, включаючи класифікацію, покращення та реєстрацію зображень. Крім того, GRASS GIS надає цікавий набір інструментів для візуалізації даних, що дозволяє користувачам швидко створювати карти та проводити 3D-аналіз даних.

Кожен із цих видів програмного забезпечення має свої переваги та особливості, що робить їх незамінними для професіоналів у сфері дистанційного зондування. Обираючи програму для своїх потреб, важливо враховувати специфіку завдань, вимоги до функціональності та зручність використання, що ставляться для цілей проведення моніторингу екологічної стабільності територій.

2.2 Хмарні ГІТ ДЗЗ

Google Earth Engine (GEE) – це потужний геоінформаційний інструмент обробки растрових зображень та який містить власні каталоги космічних багатоспектральних знімків (рис. 2.1). Сервіс знаходиться за веб-адресою <https://code.earthengine.google.com/>.

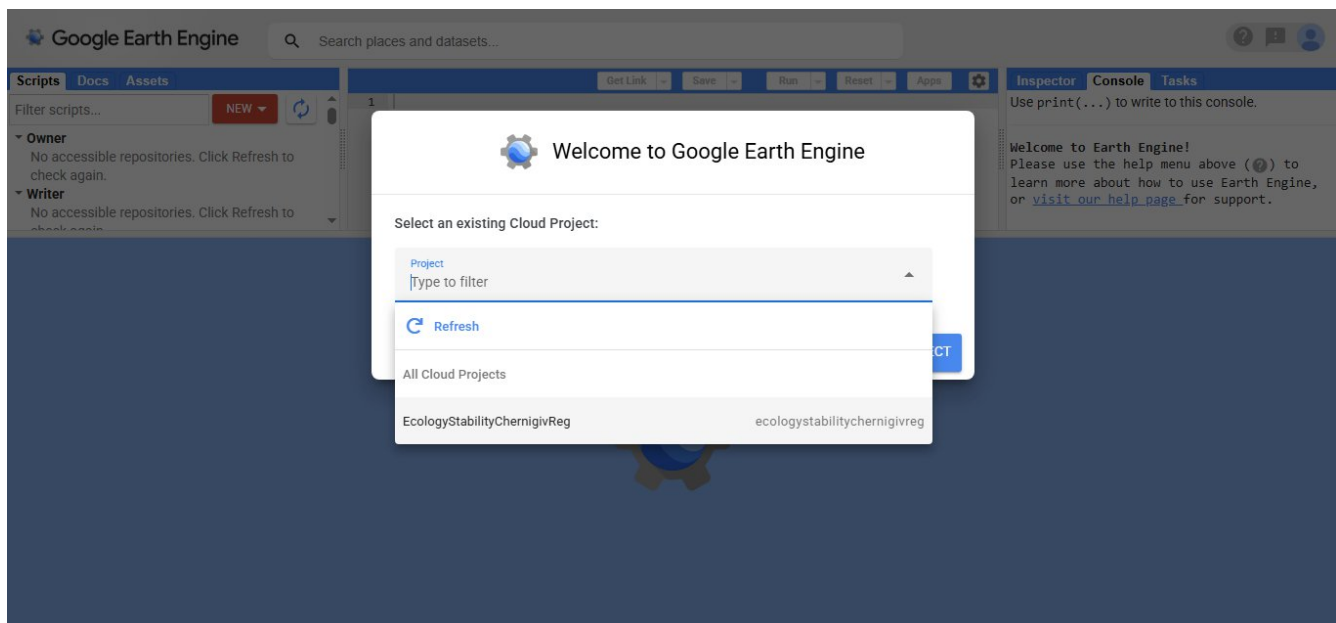


Рис. 2.11. Вікно програми Google Earth Engine (GEE)

Щоб використовувати даний сервіс компанії Google потрібно авторизуватися на gmail.com та створити новий проект. Наприклад, ecologystabilitychernigivreg (рис. 2.2).

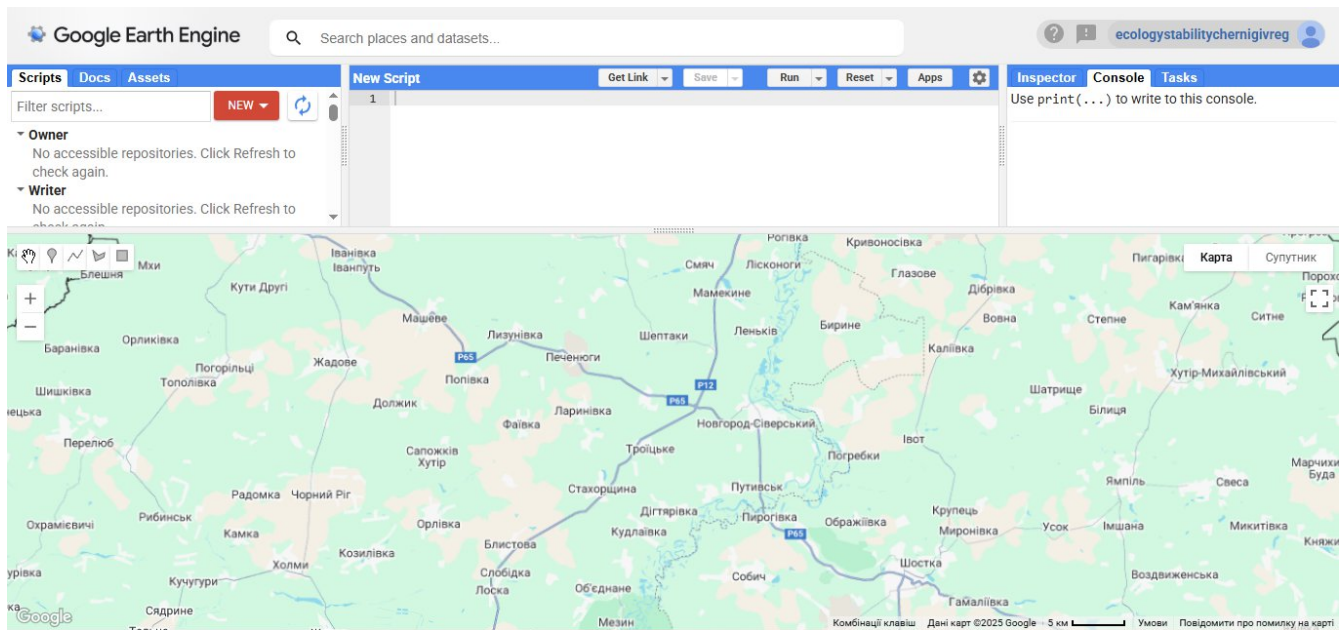


Рис. 2.12. Початок роботи з новим проектом в Google Earth Engine

Google Earth Engine використовується для картографування та розрахунку площ на основі різних методик (за заданим алгоритмом). Для того щоб використати безкоштовну хмарну геоінформаційну технологію Google Earth Engine для класифікації знімків на певну територію (AOI) станом на вибрані дати, а також для виконання розрахунків екологічної стабільності території, потрібно виконати такі 5 етапів.

Етап 1. Визначення межі дослідження. Перед початком будь-якого дослідження потрібно визначити територію, яка цікавить (Area of Interest, AOI). Це можна зробити такими кількома способами:

Окреслення геометрії інструментами Google Earth Engine. Можна намалювати полігон безпосередньо в інтерфейсі GEE (Code Editor).

Завантаження готового шару межі, створеного в іншому програмному засобі або використання готового файлу. Можна імпортувати файл у форматі Shapefile, KML, GeoJSON тощо як табличний об'єкт (FeatureCollection), через вкладку Assets.

Використання існуючих в каталозі Google Earth Engine наборів даних. Можна використати наявні межі (наприклад, межі країн, областей).

Етап 2. Фільтрація космознімків за датою та територією.

Використовуючи функції та мові високого програмування JavaScript створюється вибірка знімків з колекції супутникових знімків Google Earth Engine (наприклад, Landsat, Sentinel-2 тощо). Далі застосуються такі фільтри:

Фільтр за датою. Функція, яка задає початкову та кінцеву дати космознімків:

```
ee.ImageCollection.filterDate('YYYY-MM-DD', 'YYYY-MM-DD')
```

Фільтр за територією AOI. Функція – обмежує територію колекцію конкретної:

```
ee.ImageCollection.filterBounds(aoi)
```

Фільтр за хмарністю. Часто необхідне використання функції для відбору найменш хмарних знімків (встановлюється відсоток хмарності, що не має фіксованого значення та може відрізнятися для різних колекцій). Наприклад, 10%:

```
ee.ImageCollection.filterMetadata('CLOUD_COVER',  
                                'less_than', 10)
```

Етап 3. Передобробка та складання зображень. Зазвичай космознімки потребують передобробки (сюди відноситься перетворення до значень відбивної здатності на поверхні, маскування хмар, тіней та води). Томуц для отримання єдиного "чистого" зображення (без перешкод для проглядання поверхні) станом на певний періоду часу часто створюють композит (Composite), застосовуючи перетворення в медіанне або мінімальне значення пікселів за вибраний часовий діапазон. Код JavaScript має вигляд:

```
var composite = imageCollection.median(); // або .min(), .mean()
```

Етап 4. Класифікація космознімків. Це основний етап для визначення різних типів покриття. Для класифікації на типи земного покриття, такі як ліс, вода, забудова, с/г угіддя тощо, потрібно:

Підібрати еталонні ділянки та зібрати тренувальні дані (Training Data). Для цього необхідно позначити переглянути досліджувану територію, визнати класи об'єктів (типи покриття), які будуть ідентифіковуватися. Далі потрібно створити точки або полігони. За допомогою інструментів

оцифрування намалювати невеликі полігони або точки на обраному раніше композиті, які якнайточніше будуть репрезентувати кожен клас. На основі оцифрованих еталонних полігончиків використовується функція `image.sampleRegions()` для вилучення значень спектральних каналів та індексів (наприклад, NDVI) з космонімків у місцях тренувальних полігонів.

2) Вибір методу та навчання класифікатора. В GEE передбачені різні алгоритми класифікації зображень, зокрема Random Forest, Support Vector Machine (SVM), CART. Із них Random Forest є одним з найпопулярніших.

Для ініціалізації (виклику) методу класифікації використовується наступна функція:

```
var classifier =
  ee.Classifier.smileRandomForest(numberOfTrees)
```

Саме навчання за прикладом еталонів забезпечується такою функцією як:

```
var trained = classifier.train(trainingData, 'classProperty',
  inputBands)
```

де `classProperty` – назва колонки з ID класу у тренувальних даних, а `inputBands` – канали, які використовуються для класифікації).

3) Застосування класифікатора. Щоб застосувати навчений у попередньому пункті класифікатор до всього зображення (композиту), використовується функція JavaScript:

```
var classifiedImage =
  composite.select(inputBands).classify(trained)
```

Етап 5. Розрахунок та аналіз зважених значень.

Після отримання класифікованого зображення можна виконати розрахунки. Для вирахування коефіцієнту екологічної стабільності потрібні такі розрахунки як обчислення площі кожного класу. Площа кожного класу має свою послідовність вирахування. Починається з визначення геометрії за АОІ (областю інтересів, межею). За допомогою функції можна розрахувати

піксельні площі, тобто за кількістю перекласифікованих пікселів до кожного з типів покриття, приклад:

функція `image.reduceRegion()` із редуктором `ee.Reducer.sum()`.

Спочатку створюється зображення, де значення пікселя дорівнює його площі за допомогою функції:

```
image.pixelArea().
```

Після цього виокремлюється кожен клас окремо (наприклад, створюється маска, де кожен окремий клас площу якого треба визначити клас = 1, тоді як решта = 0).

GEE виводить результат у вигляді об'єкта, з якого можна отримати площу в квадратних метрах (m^2), а потім переконвертувати в гектари (га) чи в квадратні кілометри (km^2). До консолі за допомогою функції `print()` виводяться результати з отриманими площами.

Якщо потрібна зміна показників екологічної стабільності території, за допомогою GEE можна порівняти площі типів покриття на різні дати.

Щоб класифікувати космознімки на кілька дат, потрібно повторити етапи 2-4 для кожного часового періоду. Потім порівняти отримані площі, щоб відстежити зміни (наприклад, динаміку площі лісів чи забудови). Або вирахувати коефіцієнти екологічної стабільності території і порівняти отримані зважені значення.

Для GEE зазвичай використовують мову JavaScript у Code Editor.

2.3 Характеристика території дослідження

Сьогодні Новгород-Сіверський є містом обласного значення та районним центром Чернігівської області, розташованим на берегах річки Десна. Відстань до обласного центру м. Чернігів — 176 км, до м. Київ — 321 км.

Новгород-Сіверська міська територіальна громада була утворена у 2018 році шляхом добровільного приєднання Горбівської сільської ради.

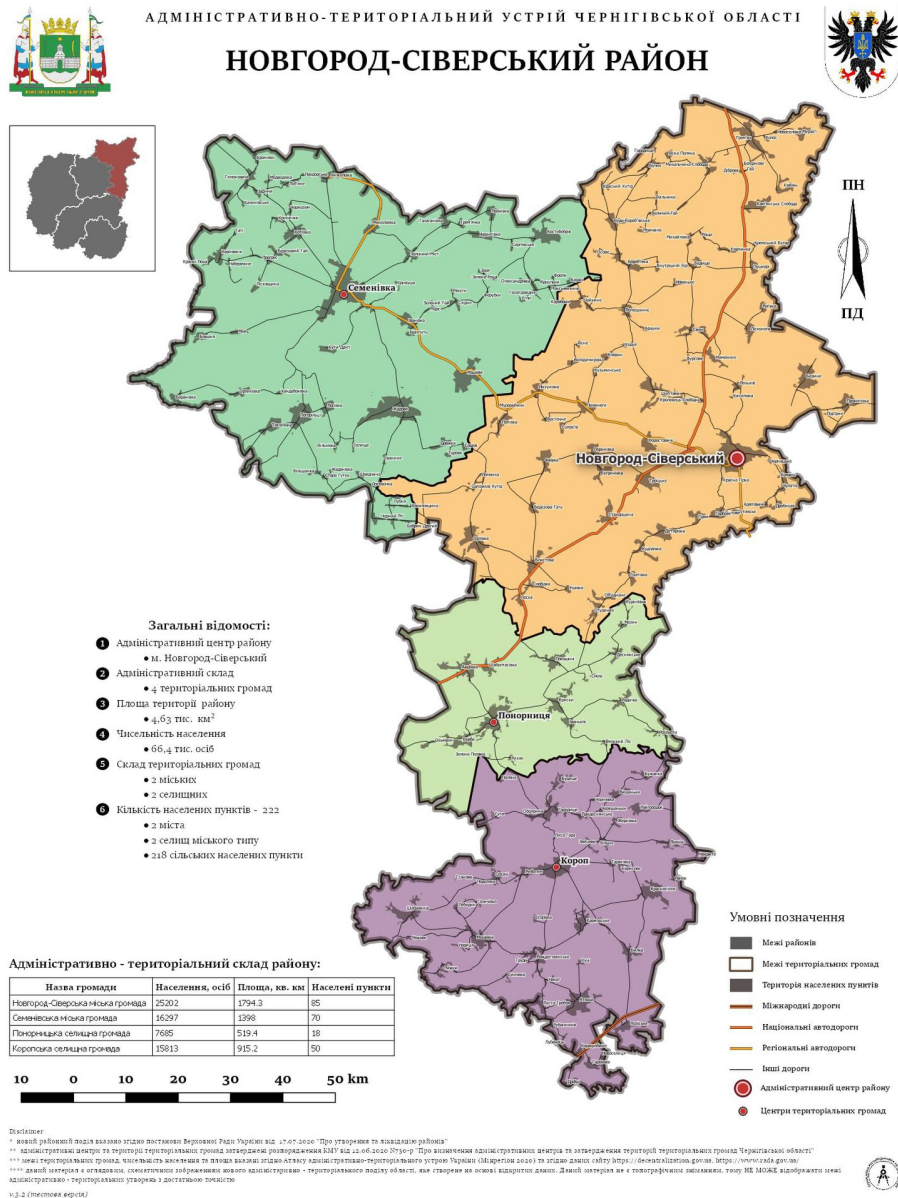


Рис. 2.13. Географічне розташування Новгород-Сіверської громади

25 жовтня 2020 року після завершення етапу добровільного об'єднання до громади було приєднано ще 23 сільські ради. До складу громади входять 85 населених пунктів, у яких зареєстровано 22 168 осіб, з них у місті — 11 440. Характерними рисами громади є значна площа — 1 803,56 км² (четверта за величиною в Україні) та дуже низька щільність населення — 12 осіб на км².

Новгород-Сіверська міська територіальна громада розташована у північносхідній частині Чернігівської області та межує з російською федерацією (на півночі), Сумською областю (на сході), Понорницькою ТГ (на півдні), Холминською та Семенівською ТГ (на заході).

На території громади багато природних ресурсів – ліси, річки, озера, крейда, пісок, глина, торф. Орні землі займають 40,6% площі громади і використовуються на 100%. Лісові зони займають 32,4% території громади, тобто понад 2 рази більше, ніж середній показник по країні.

Сільськогосподарські монокультури негативно впливають на якість ґрунтів. Вода забруднена добривами і нітратами, які потрапляють у ґрунт. Вода у сільських криницях тільки «технічна», пити можна лише воду з глибинних артезіанських колодязів або з водопроводу.

Річка Десна засмічена. Забруднення негативно впливає на бджільництво. Роздільне збирання побутових відходів здійснюється тільки у місті (і то частково).

Ще одна проблема полягає у дуже низькому ступені покриття території громади каналізаційною мережею, що призводить до зливання стічних вод у землю і забруднення вод.

На території громади є багато природоохоронних територій та об'єктів, пам'яток архітектури та історії, а також понад 120 пам'яток археології з різних історичних періодів.

Із рекреаційних зон у місті є тільки центральний пляж, але він не впорядкований. Альтернативний варіант відпочинку – виїзд на берег Десни, однак тут немає жодних розваг. Ні у місті, ні в лісах немає облаштованих зон відпочинку. Влітку мешканці проводять час над річкою. Нею організовують сплави на плотах, можна взяти в оренду човна, «банана», байдарку.

Біорізноманіття (у т. ч. флора і фауна) громада має досить розвинений сировинний потенціал для розвитку деревообробної промисловості. Загальна площа земель лісового фонду становить 58,5 тис. га, з яких 52,5 тис. га вкриті лісовою рослинністю (переважно сосновими насадженнями), що складає близько 30 % площі громади. Основними деревними породами є сосна, дуб та береза. За даними регіональної доповіді про стан навколишнього природного середовища Чернігівської області, флора регіону налічує близько 1000 видів

вищих і нижчих рослин, серед яких 84 види занесені до Червоної книги України, 105 видів – до переліку регіонально рідкісних, а також 24 види охороняються Конвенцією CITES. На території області зростає 19 рослинних угруповань, занесених до Зеленої книги України. Фауна області також є багатою та різноманітною: налічується близько 400 видів наземних хребетних тварин, з яких понад 40 видів занесені до Червоної книги України. Серед них: видра річкова (*Lutra lutra*), горностай (*Mustela erminea*), чорний лелека (*Ciconia nigra*), орлан-білохвіст (*Haliaeetus albicilla*), пугач (*Bubo bubo*). Ліси громади є важливим ресурсом, які займають 32 % площі громади. Найбільшим за виробничими потужностями є Філія Північний лісовий Офіс ДП «Ліси України» Новгород-Сіверське лісництво, у підпорядкування якого знаходиться майже 64,0 тис. га лісу Новгород-Сіверської та Семенівської громад. У громаді також працюють 7 підприємств, які спеціалізуються на лісопереробці. Таким чином, територія Новгород-Сіверської громади поєднує лісові, заплавні та болотні екосистеми, які формують оселища для рідкісних видів флори і фауни, що мають важливе значення для збереження біорізноманіття на регіональному та національному рівні.

Ґрунти. Для опису характеристик ґрунтів громади у звіті використовувалися регіональні джерела: Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області та Екологічний паспорт Чернігівської області. За даними регіональної доповіді про стан навколишнього природного середовища Чернігівської області, ґрунти області характеризуються різноманітністю, що зумовлено природно-географічними особливостями території. У північній частині поширені дерново-підзолисті, сірі та світло-сірі опідзолені, а також торф'яно-болотні ґрунти, тоді як у південній частині області переважають чорноземи. Агрохімічна паспортизація свідчить, що за вмістом гумусу найбільшу частку становлять ґрунти із середнім рівнем (30,9 %), тоді як 29,3 % мають низький рівень, а лише 9,2 % характеризуються високим вмістом гумусу.

Середньозважений показник становить 2,71 %. За вмістом азоту 93,3 % ґрунтів мають дуже низький і низький рівень забезпеченості, тоді як лише 0,8 % – підвищений. За вмістом рухомих сполук фосфору 49,4 % ґрунтів віднесено до середнього рівня, 35,4 % – до підвищеного, середньозважений показник становить 108,6 мг/кг. Забезпеченість калієм також переважно на середньому та підвищеному рівнях. Серед основних чинників деградації ґрунтів у регіоні виділяються високий рівень розораності земель, ерозійні процеси, порушення сівозмін, а також надмірне використання мінеральних добрив і пестицидів. Для підтримання родючості у 2023 році застосовувались органічні добрива (575,3 тис. т), мінеральні добрива (246,7 тис. т), а також проводилось вапнування кислих ґрунтів на площі 3,0 тис. га. Таким чином, ґрунти території Новгород-Сіверської громади, як частини Чернігівщини, є різноманітними за типами та родючістю, однак характеризуються низькою забезпеченістю азотом. Це потребує раціонального використання добрив і впровадження природоохоронних агротехнологій для збереження родючості та зменшення деградаційних процесів. Оскільки, одним із основних ресурсів громади є земля, а основою економіки – сільське господарство (58% території), в оренді аграріїв знаходиться близько 60 тис. га сільськогосподарських угідь, а це 60% від сільськогосподарських угідь. На території громади діє кілька значних сільськогосподарських виробників, а також невеликі індивідуальні фермерські господарства. Більшість з них традиційно спеціалізується на вирощуванні зернових та олійних культур, а тваринництво розвивається лише у дрібних господарствах. З початком повномасштабного вторгнення загострились проблеми з ринками збуту сільськогосподарської продукції, особливо проблеми з експортом. На економічну активність також негативно впливають високі ціни на енергоносії, паливо, низька купівельна спроможність громадян, погіршення логістики.

Надра. За даними Стратегії розвитку Новгород-Сіверської міської територіальної громади, надра громади характеризуються наявністю

мінерально-сировинної бази, яка використовується передусім у будівельній індустрії. Балансові запаси крейди становлять близько 240 млн тонн. Крім того, на території громади наявні запаси глини, піску та мергелю. У межах громади розвідано 16 родовищ корисних копалин, з яких на сьогодні розробляється лише третина. Це створює потенціал для розвитку будівельних матеріалів та пов'язаних виробництв.

За даними регіональної доповіді про стан навколишнього природного середовища Чернігівської області (2023 р.), мінерально-сировинна база регіону включає родовища нафти, природного газу, торфу, крейди, суглинків, пісків, бішофіту, сапропелю та глин. В області обліковано 73 спеціальні дозволи на користування надрами, серед яких дозволи на видобуток нафти і газу, торфу, піску, суглинку та підземних вод. Найбільш поширеними у північній частині області, включно з територією Новгород-Сіверської громади, є крейдиані відклади, поклади піску, глини та торфу, що активно використовуються у будівництві та промисловості. Також значний потенціал мають 17 родовищ підземних питних і технічних вод та 3 родовища мінеральних вод, що мають стратегічне значення для забезпечення населення та розвитку рекреаційного комплексу. Таким чином, надра Новгород-Сіверської громади становлять цінний ресурсний потенціал, основою якого є крейда, глина, пісок і мергель. Їх використання має важливе економічне значення, проте потребує раціонального природокористування та дотримання екологічних вимог, аби уникнути деградації довкілля.

Клімат. За даними екологічного паспорта та регіональної доповіді про стан довкілля Чернігівської області, клімат регіону є помірно-континентальним, м'яким та достатньо вологим. Зима зазвичай малосніжна, у більшості років стійка та порівняно тепла, літо тепле й помірно вологе. Середньорічна температура повітря за багаторічний період становить +6...+8 °С. Найхолодніший місяць року – січень із середньою температурою –6...–7 °С, найтепліший – липень з температурою +19...+20 °С. Абсолютний

максимум температури (+41,4 °C) було зафіксовано у серпні 2010 року, абсолютний мінімум (-40,2 °C) – у січні 1987 року. Тривалість періоду з середньодобовою температурою нижче 0 °C у середньому становить 104–119 днів, а вище 0 °C – 246–261 день. Стійкий сніговий покрив формується наприкінці листопада – на початку грудня, середня висота якого коливається у межах 8–16 см. Річна кількість опадів становить у середньому 594–676 мм, причому більша їх частина припадає на літній період. За останні десятиріччя спостерігається тенденція до підвищення середньорічної температури, головним чином за рахунок зимових місяців. Це є свідченням проявів глобальної зміни клімату на території регіону, що може посилювати кліматичні ризики, пов'язані з посухами, сильними зливами та іншими екстремальними погодними явищами. Для оцінки вологості території Новгород-Сіверської громади було використано нормалізований індекс вологозабезпечення рослинності (NDMI –Normalized Difference Moisture Index). Для обробки було використано супутникові зображення програми Copernicus вебпортал Copernicus Open AccessHub, що надає відкриті дані з високою просторовою та сезонною роздільністю. NDMI дозволяє визначити рівень вологозапасів у рослинності та ґрунті, де значення вище 0,2 вказують на добрий гідрологічний стан, а значення нижче 0 –на водний стрес. Обробка даних і візуалізація результатів здійснювалися у ГІС-середовищі з використанням публічно доступних інструментів. Зокрема було проаналізовано індекс вологості за чотирима сезонами року:- літо станом на 21.07.2024 р.;- осінь станом на 20.10.2024 р.;- зима станом на 25.02.2025 р.;- весна станом на 20.04.2025 р.; Результати представлені на малюнку 2.1–2.4. Для оцінки сезонної динаміки вологості земельних угідь громади було використано супутникові дані Sentinel-2 та індекс NDMI (нормалізований індекс різниці вологості). NDMI є показником вмісту вологи в рослинності та ґрунті. Значення індексу менше -0,2 свідчить про наявність водного стресу (посухи), тоді як значення понад 0,2 вказує на достатній рівень вологості або її

надлишок. На основі супутникових даних за 2024–2025 роки встановлено, що кліматичні умови Новгород-Сіверської громади супроводжуються суттєвими сезонними коливаннями вологозабезпечення. Аналіз NDMI (Normalized Difference Moisture Index) за чотири сезони показав виражену варіацію показників залежно від пори року. У літній період спостерігалось переважання позитивних значень NDMI (вище 0), що свідчить про достатнє насичення ґрунту вологою завдяки літнім зливам. Восени ситуація погіршувалася: значення індексу в межах громади було нерівномірним, що пояснюється особливостями рельєфу та просторовою неоднорідністю розподілу опадів. У зимовий період NDMI суттєво підвищувався, що відображає наявність значних запасів вологи у ґрунті та сніговому покриві. Проте вже у квітні індекс вологості різко знижувався до негативних значень (близько $-0,2...0$), що є індикатором водного стресу. Це свідчить про несприятливі умови для відновлення рослинного покриву на початку вегетаційного періоду, а також про зростання ризику зниження врожайності сільськогосподарських культур. Тривалий водний дефіцит у весняний період підвищує вразливість природних екосистем та агроландшафтів громади до кліматичних змін. Така ситуація може призводити до деградації ґрунтового покриву, зменшення біопродуктивності лісових і лучних угідь, а також до загострення ризиків ерозійних процесів. У довгостроковій перспективі громада потребує впровадження адаптаційних заходів у сфері водозбереження та екологічного менеджменту. До пріоритетних напрямів можна віднести: оптимізацію сівозмін із включенням культур, стійких до посухи; розширення площ полезахисних і водоохоронних лісових смуг; модернізацію системи моніторингу вологості ґрунтів; впровадження технологій збереження вологи в агровиробництві. Це дозволить мінімізувати негативні наслідки водного дефіциту та підвищити кліматичну стійкість громади.

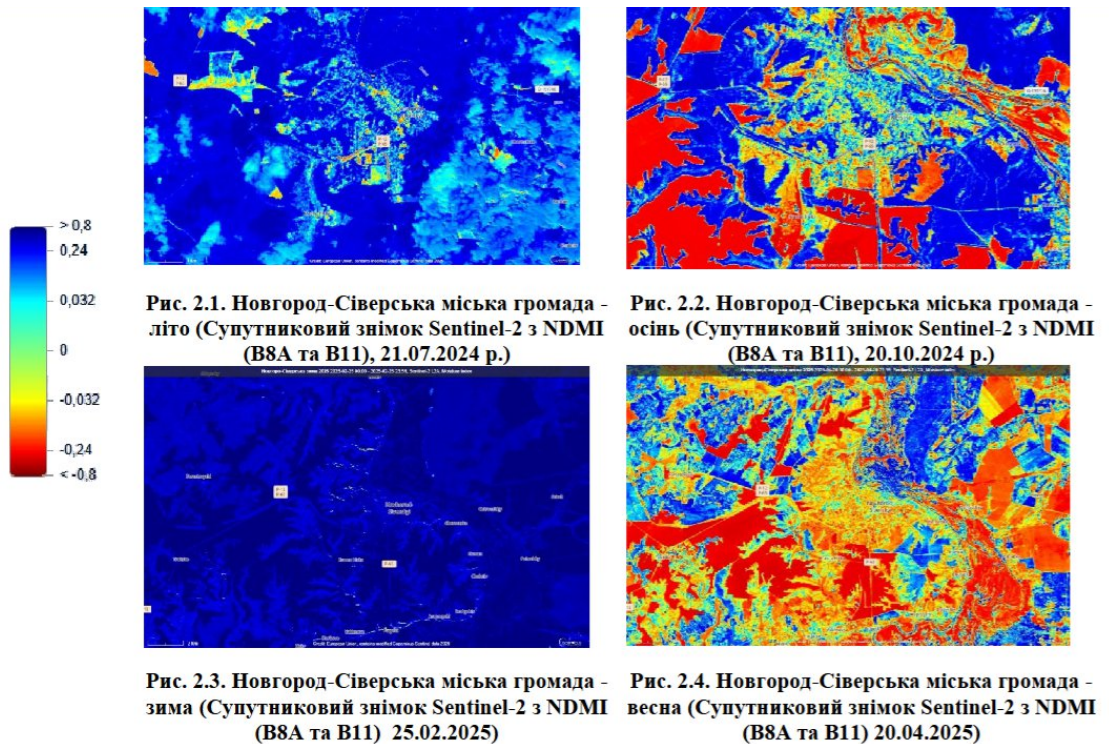


Рис. 2.14. Новгород-Сіверська міська громада в різних порах року на знімках Sentinel-2

Атмосферне повітря. За даними регіональної доповіді про стан довкілля Чернігівської області, у 2023 році обсяг викидів від стаціонарних джерел становив 14,9 тис. т, що на 1 % менше, ніж у 2022 році. Зменшення пов'язане з призупиненням роботи частини підприємств через воєнні дії та руйнування виробничих потужностей. У розрахунку на одну особу це становило 15,5 кг, а на 1 км² – 467,3 кг. Основними забруднювачами атмосферного повітря в області є підприємства сільського господарства, лісового господарства та рибного господарства (56,6 % усіх викидів), переробна промисловість (13,1 %), виробництво та постачання електроенергії, газу і тепла (11,0 %), а також сфера поводження з відходами та водопостачання (9,5 %). Вагомий внесок у забруднення роблять також транспортні засоби, особливо автомобільний транспорт, який є джерелом канцерогенних сполук і дрібнодисперсного пилу. Ситуацію у прикордонних районах, включно з Новгород-Сіверською громадою, додатково можуть ускладнювати пожежі на полях і в лісових масивах внаслідок обстрілів, які призводять до викидів

значних обсягів продуктів горіння та забруднюючих речовин у повітря. Моніторинг у м. Чернігові у 2023 році здійснювався на двох стаціонарних постах. В атмосферному повітрі визначали вміст завислих речовин, діоксиду сірки, діоксиду азоту, оксиду вуглецю та важких металів. Зафіксовані перевищення середньодобових концентрацій пилу та діоксиду азоту в окремі періоди року, що створює потенційні ризики для здоров'я населення. Таким чином, стан атмосферного повітря в Новгород-Сіверській громаді загалом відповідає середньообласним тенденціям, проте відчутний вплив справляють аграрна діяльність, транспорт, локальні джерела викидів та воєнні фактори. Це підвищує вразливість населення до хвороб органів дихання та серцево-судинної системи, що вимагає посилення моніторингу та впровадження природоохоронних заходів.

Водні ресурси. Новгород-Сіверська міська територіальна громада має вигідне розташування на річці Десна, яка є важливим фактором розвитку рекреаційного потенціалу та туристичних проєктів. У громаді протікає 16 річок, найбільша з них є р. Десна. Навколо річок значні площі займають заливні луки. Площа водного дзеркала річок, озер, ставків складає 3,7 тис. га. За даними регіональної доповіді про стан довкілля Чернігівської області, територія області розташована в басейні Дніпра, головною водною артерією є річка Десна та її притоки (Сейм, Снов, Остер, Білоус, Мена). Загальна протяжність річкової мережі області становить 5799,8 км, з яких 657,6 км припадає на великі річки, 767,4 км – на середні та 4374,8 км – на малі. Річка Десна формує близько 22 % поверхневого стоку Дніпра та 15 % стоку всіх річок України. Живлення річок є переважно атмосферним: снігове – 50 %, дощове – 30 %, підземне – 20 %. Для регіону характерні весняні повені, літня межень та підйоми рівня води восени і взимку під час відлиг.

Важливою проблемою є руйнування берегів річки Десна внаслідок меандрування та водної ерозії, що призводить до втрати прибережних земель, загрози інфраструктурним об'єктам та житловій забудові. На окремих

ділянках фіксуються прориви меандр, які супроводжуються зміною русла та втратою цінних заплавних територій. За даними водогосподарського балансу, у 2023 році в області було забрано 67,55 млн м³ води, з них на побутово-питні потреби – 21,48 млн м³, на виробничі – 30,79 млн м³, на сільське господарство – 4,78 млн м³. Втрати води при транспортуванні становили майже 3,9 млн м³. Централізованим водопостачанням охоплено близько 59,8 % населення області, решта користується децентралізованими системами. Якість вод у річках регіону погіршується через антропогенне навантаження: скиди стічних вод, розораність земель, тваринницькі комплекси, вплив побутових відходів, а також внаслідок воєнних дій (пошкодження інфраструктури, забруднення пально-мастильними матеріалами). Таким чином, громада має вигідне розташування на річці Десна, яка є стратегічним водним ресурсом, однак ключовими викликами залишаються ерозія берегів, забруднення вод та обмежений доступ населення до якісного питного водопостачання.

Ландшафт. За даними регіональної доповіді про стан довкілля та екологічного паспорта Чернігівської області, територія громади розташована у межах Поліської низовини та характеризується поєднанням заплавних і терасових ландшафтів річки Десна, хвилястих рівнин та ділянок підвищеного рельєфу з крейдяними відслоненнями. Значну роль у формуванні природного середовища відіграють лісові масиви, заплавні луки та болотні комплекси, які створюють основу екологічного каркасу території (Рис.2.5). Рельєф громади виражено контрастний. Центральна та західна частина характеризується підвищеннями (червоні та рожеві тони на карті) – це височинні ділянки із глибокими ярами та балками, висотою до 200–220 м над рівнем моря. Вони формують хвилястий рельєф із розвиненими ерозійними процесами. Річка Десна проходить через громаду, утворюючи широку заплаву (блакитні та зелені тони на карті) з висотами 115–130 м. Це низинні заплавні ландшафти злуками, болотами та численними старицями, які мають високу екологічну цінність і виконують роль водорегулюючих територій. На сході та південному

сході громади ландшафт більш рівнинний, і з перевагою зелених і жовтих тонів (135–160 м). Тут домінують рівнинні сільськогосподарські землі та лісові масиви. Важливою особливістю є поєднання крейдових відслонень, підвищених плато та долин річок, що формує унікальний природний комплекс громади.

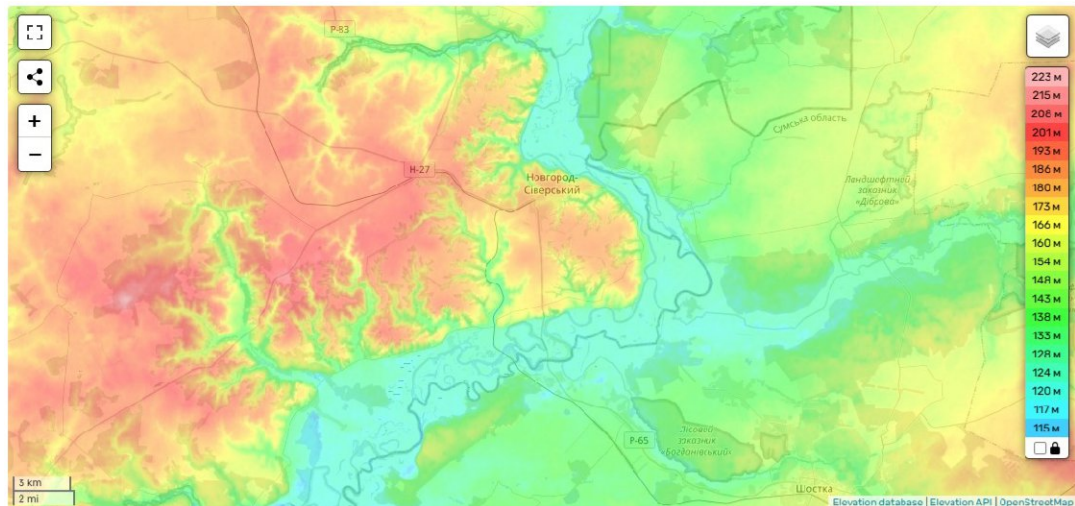


Рис. 2.15. Рельєф Новгород-Сіверської міської територіальної громади

Джерело: знімок екрану з карти рельєфу ресурсу «Topographic Map»

Загалом, ландшафт Новгород-Сіверської громади можна охарактеризувати як поєднання хвилястих височин із глибокими ерозійними формами та широкої заплави Десни з багатими лучно-болотними угіддями. Це створює високу біотичну різноманітність і визначає рекреаційний потенціал громади.

Природно-заповідний фонд. На території Новгород-Сіверської міської територіальної громади розташовано 47 об'єктів природно-заповідного фонду місцевого значення та 4 об'єкти загальнодержавного значення. Вони формують основу екологічного каркасу громади, забезпечують збереження біорізноманіття та виконують важливі водоохоронні й кліматорегулюючі функції. Серед об'єктів загальнодержавного значення

слід відзначити Путивський ботанічний заказник, розташований у межах Новгород-Сіверського району Чернігівської області, на південь від села Путивськ і на схід від села Дігтярівка. Він охороняє унікальні природні комплекси та рідкісні види флори. Серед об'єктів місцевого значення вирізняється Михальчино-Слобідський гідрологічний заказник, який розташований на північний захід від села Михальчина-Слобода Новгород-Сіверського району. Він зберігає важливі водно-болотні угіддя та слугує середовищем існування для багатьох видів птахів і водної рослинності. Крім того, місто Новгород-Сіверський знаходиться поблизу південної межі біосферного резервату «Деснянський», створеного рішенням 21-ї сесії Міжнародної координаційної ради з Програми ЮНЕСКО «Людина і біосфера» 26 травня 2009 року. Включення цих територій до міжнародної мережі біосферних резерватів підкреслює їхню глобальну цінність та необхідність збереження. Таким чином, природно-заповідний фонд громади є різноманітним за структурою та рівнем охорони, поєднує як національні, так і міжнародні об'єкти, що робить територію громади важливою для збереження екосистем і розвитку екологічного туризму. Елементи Смарагдової мережі. За даними Emerald Network важливим елементом природоохоронної системи громади є включення її територій до Смарагдової мережі Європи. У межах Новгород-Сіверської міської територіальної громади розташована ділянка Verhnie Podesennia (код UA0000147) загальною площею 45 071 га. Це один із найбільших природних масивів регіону, що охоплює унікальні комплекси верхньої частини басейну Десни (Рис. 2.3).

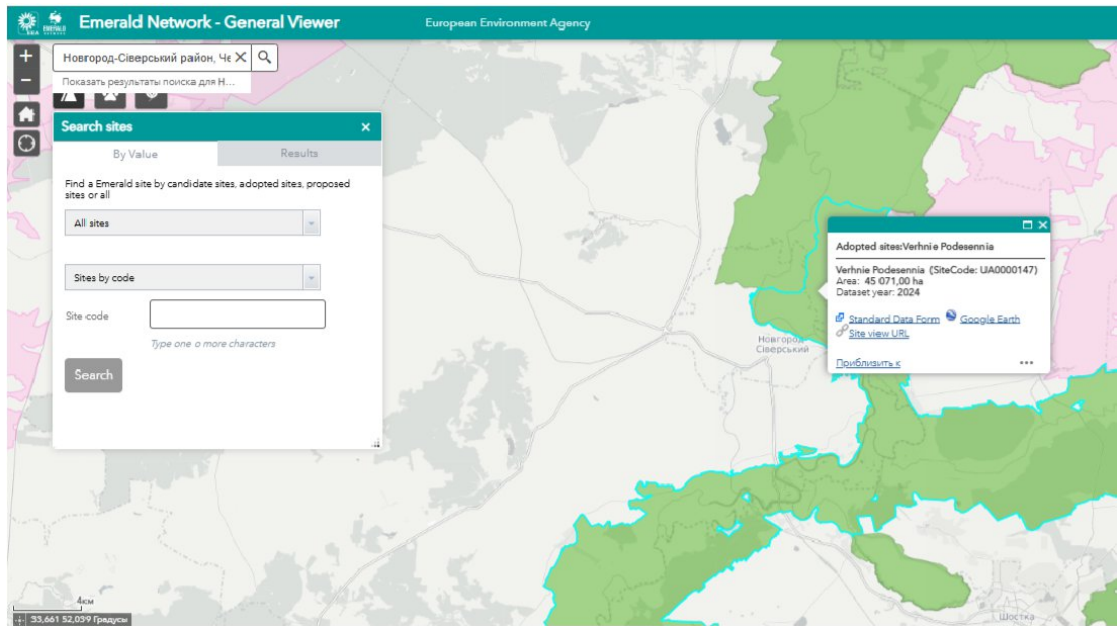


Рис. 2.16. Розташування елемента Смарагдової Verhnie Podessennia, SiteCode: UA0000147 на території громади за даними територій Смарагдової мережі

Джерело: <https://www.coe.int/en/web/bern-convention/emerald-viewer>

Ділянка вирізняється високою цінністю для збереження рідкісних видів флори та фауни, а також підтримання природних заплавних і лісових екосистем. Її роль є ключовою у підтримці екологічної рівноваги та збереженні регіонального біорізноманіття, що відповідає міжнародним зобов'язанням України у сфері охорони природи.

Управління відходами. За даними регіональної доповіді про стан навколишнього природного середовища Чернігівської області, основну частку відходів складають тверді побутові та виробничі відходи IV класу небезпеки. Станом на 01.01.2023 в обласному реєстрі місць видалення відходів обліковувалося 552 об'єкти, серед яких 11 полігонів, 2 шламонакопичувачі, 2 ставки-накопичувачі, 3 золовідвали, 7 мулових майданчиків, 25 полів фільтрації та 502 сміттєзвалища. Надавачем послуг зі збору та вивезення твердих побутових відходів є комунальне підприємство "Добробут". Проведиться упорядкування сертифікованого полігону ТПВ площею 5 га в м.

Новгород-Сіверський. Комунальне підприємство має у своєму розпорядженні три сміттєзбиральні автомобілі. На території усіх старостинських округів є свої сміттєзвалища. Існує велика проблема зі стихійними сміттєзвалищами – навіть у місті, а особливо поселах. Таким чином, система управління відходами у Новгород-Сіверській громаді потребує модернізації та впровадження комплексного підходу, що включає створення інфраструктури для сортування, переробки та утилізації відходів, а також посилення контролю за ліквідацією стихійних звалищ.

2.4. Існуючі проблеми екологічної стабільності території громади

Інфраструктура

Головна проблема, на яку звертають увагу мешканці, стан доріг на території громади (80% треба ремонтувати). Тротуари є тільки у центральній частині міста, 95% з них треба ремонтувати, а наявну мережу – розширити. У громаді немає велосипедних доріжок, хоч багато мешканців користуються велосипедом. Не всі громадські об'єкти загального користування відповідають вимогам доступності для осіб з інвалідністю. У селах потреби у вуличному освітленні задоволено ледве на рівні 8%.

Пасажирський громадський транспорт діє тільки у місті та в його околицях і то не в достатньому обсязі. Для багатьох мешканців, особливо в часи пандемії і дистанційного навчання, ключовим питанням став доступ до швидкісного інтернету. З огляду на низьку щільність населення і близькість державного кордону, розширення інтернет-мережі – дуже складне завдання.

Наступне місце займає водно-каналізаційне господарство – ступінь покриття громади водопровідною та каналізаційною мережами незначний. Щоб забезпечити усім мешканцям доступ до мережі, потрібно значні кошти, враховуючи розпорошені сільські території.

Ще одна проблема стосується системи управління твердими побутовими відходами – фактично відсутнє сортування (діє тільки в місті і

тільки пластик). Існує значна проблема зі стихійними сміттєзвалищами. Розв'язання цих питань – одне з найбільш термінових завдань.

Економіка

Головна проблема полягає у надто малій кількості оплачуваних належним чином робочих місць. Рівень фактичного безробіття у селах високий. Великі міста України та інші країни забирають найбільш ефективних працівників. З іншого боку, у деяких сферах бракує фахівців. Досить поширене явище – тіньова зайнятість. Багато мешканців ведуть господарську діяльність без офіційної реєстрації.

Землі у громаді не такі родючі, як в інших громадах області. Попри великі обсяги рослинництва, переробна галузь розвинена слабо. Виробляється мало товарів з високою доданою вартістю. На території громади немає великих підприємств, які пропонували б багато робочих місць.

Відсутні будь-які форми підтримки бізнесу. У селах дуже слабо розвинений сфера послуг. Не використовується туристичний потенціал, позаяк відсутня належна інфраструктура і послуги з обслуговування гостей. Особливо бракує місць відпочинку. Відсутня туристична промоція.

Серед місцевих потреб економіки, на які має вплив громада і мешканці, – створення робочих місць, здебільшого завдяки залученню інвесторів. Має відбутися поступова диверсифікація зайнятості за рахунок розвитку сфери послуг і сільського господарства, а також переробної галузі. Дуже важливо налагодити співпрацю між аграріями та кооперування.

Навколишнє природне середовище

Суттєву проблему для довкілля створює сільське господарство, у якому використовують велику кількість добрив і пестицидів, що призводить до погіршення якості ґрунтів і води у колодязях. Наступна проблема полягає у низькому рівні покриття території громади каналізацією, внаслідок чого стічні води зливають у ґрунт і забруднюють води. Руйнівне господарювання і кліматичні зміни призводять до висихання малих річок або зменшення рівня

води у них. Водойми на території громади забруднені.

Все ще слабо розвинена система вивезення і сортування твердих побутових відходів спричиняє забруднення довкілля. Відходи викидають на стихійні сміттєзвалища. Багато людей спалюють.

Екологічна свідомість мешканців низька, а екологічно-просвітницькі заходи проводять нечасто. Найважливіша потреба, яку називали співрозмовники, – запровадження повноцінної системи управління твердими побутовими відходами і розвиток водно-каналізаційної мережі.

Соціальні питання

Найбільша проблема соціального характеру полягає у відсутності перспектив життя на задовільному рівні у багатьох мешканців (особливо в молоді). До цього призводить недостатня кількість робочих місць, безробіття, низький рівень заробітної плати, незадовільні житлові умови, обмежений діапазон послуг і можливостей для цікавого проведення вільного часу.

Мешканці скаржаться на погану якість доріг, проблеми з медичною допомогою у селах, проблеми з доступом до Інтернету (у селах), обмежений сектор послуг. Багато застережень стосувалися питань освіти – нестача вчителів, дуже обмежена можливість здобуття професійної освіти. Молодь хотіла б мати місця для цікавого проведення вільного часу, особливо за несприятливих погодних умов.

Наслідком усіх цих проблем стає еміграція. Від'ємне сальдо міграції з від'ємним природним приростом призводять до різкого скорочення і старіння населення (понад 28% – особи віком старше 60 років). У 7 з 85 населених пунктів взагалі немає мешканців, а в 19 селах проживає менше 20 осіб.

Низький рівень громадської активності. Мешканці беруть участь тільки у заходах, які організовує громада. На конкурс бюджету участі 2021 р. не подали жодного проекту! У громаді дуже слабкий рівень внутрішньої інтеграції.

Розташування у прикордонній зоні з Росією та Білоруссю призвело до

поступового вимирання автентичних народних обрядів, традицій та звичаїв і, навіть, української мови у чистому вигляді.

Важливою соціальною проблемою стало надмірне вживання алкоголю. Алкогольні напої і цигарки легко доступні для молоді. Додають проблем небезпечні місця гуртування осіб, які розпивають алкогольні напої, тут трапляються бійки і руйнування майна. Реакція поліції бажає бути кращою.

Найважливішою потребою, задоволення якої матиме вирішальний вплив на ситуацію, однозначно можна вважати економічний розвиток громади. Варто подбати ще й про підвищення активності місцевої спільноти, підтримуючи ініціативи знизу і громадські організації. Ще одна потреба полягає у створенні умов для активного дозвілля мешканців.

Ключовим, можливо й найважливішим, питанням є формування української ідентичності і докладання зусиль для інтеграції мешканців у межах нової громади.

Порушення земельних ресурсів

На території громади спостерігається інтенсивне сільськогосподарське використання земель, що призводить до деградації ґрунтів, розвитку ерозійних процесів та зниження родючості. Негативним фактором також є самовільне розорювання захисних лісосмуг і балкових схилів, які виконують важливі екологічні функції. З метою зменшення цих ризиків Стратегією передбачено підтримку інноваційного екологічного сільського господарства, розвиток кооперативів та навчання фермерів, що сприятиме впровадженню ґрунтозахисних технологій та раціональному використанню земельних ресурсів. Зміни клімату. У громаді фіксується зростання середньорічних температур, часті посухи та екстремальні погодні явища, що створює ризики для агроландшафтів і водних ресурсів. Також відмічаються локальні підтоплення та зниження вологості ґрунтів. Для адаптації до змін клімату передбачено комплекс заходів з енергоефективності – утеплення будівель, впровадження сучасних систем опалення та модульних котелень, що

дозволить скоротити викиди та зменшити залежність від традиційних видів палива. Це сприятиме зниженню антропогенного навантаження на довкілля та підвищить стійкість громади до кліматичних ризиків. Забруднення атмосферного повітря. Основними джерелами забруднення повітря є викиди автотранспорту, пил від ґрунтових доріг та локальне спалювання сміття в домогосподарствах. Це створює серйозні ризики для здоров'я населення, особливо у населених пунктах і придорожніх зонах. Стратегією заплановано заходи з розвитку дорожньої інфраструктури, що передбачає модернізацію доріг і тротуарів, впровадження енергоефективних систем опалення у закладах освіти та культури, а також впровадження системи поводження з відходами. Такі проекти сприятимуть зменшенню пилового навантаження та скороченню викидів від спалювання твердого палива.

Водні ресурси

Проблемою є недостатня очистка стічних вод та локальне забруднення вигрібними ямами, що створює ризики для джерел питного водопостачання. Це негативно впливає на якість питної води та може спричинити поширення інфекційних захворювань. Згідно з міжнародною класифікацією лише Закарпатська область належить до категорії середньої забезпеченості місцевим стоком – 6,3 тис.м³ на одну людину. Чернігівська область, згідно класифікації відноситься до проміжної забезпеченості – 2,5–6,0 тис.м³

Відходи

Однією з ключових проблем є наявність стихійних сміттєзвалищ, відсутність системи сортування та практика спалювання відходів, що створює загрози для довкілля і здоров'я людей. Для вирішення цієї проблеми Стратегією передбачено проєкт «Перетвори пластик на ресурс» – створення системи переробки пластикових відходів у громаді. Це дозволить зменшити кількість відходів, що потрапляють у навколишнє середовище, та сприятиме розвитку культури повторного використання ресурсів.

Зниження біорізноманіття

Вирубка лісосмуг, скорочення зелених насаджень і деградація природних середовищ існування негативно впливають на стан біорізноманіття. Для протидії цьому громада планує розвиток мережі активних парків, облаштування громадських просторів та створення нових рекреаційних локацій. Це не лише покращить стан зелених зон, а й забезпечить їх збереження як важливого елементу природної рівноваги.

Вплив на об'єкти природно-заповідного фонду

Природно-заповідні території громади зазнають ризиків через відсутність буферних зон та вплив господарської діяльності поблизу. Це може призвести до порушення унікальних екосистем та зменшення природної цінності таких об'єктів, як Вільхівщинський заказник і елементи Смарагдової мережі. У Стратегії передбачено розробку комплексного плану просторового розвитку з проведенням стратегічної екологічної оцінки, що дасть змогу врахувати природоохоронні пріоритети при плануванні територій.

Рекреаційні ресурси

Населення громади має обмежений доступ до облаштованих зон відпочинку, водойм та зелених територій. Це знижує можливості для розвитку туризму і збереження здорового способу життя мешканців. Для покращення ситуації у Плані заходів передбачено облаштування громадських просторів на центральних площах і розвиток рекреаційної інфраструктури, зокрема встановлення громадських вбиралень і зон відпочинку.

Вразливість матеріальних активів

Соціальна інфраструктура громади характеризується високим рівнем зношеності, а дефіцит укриттів під час воєнних дій створює додаткові ризики для безпеки населення. Стратегією передбачено облаштування укриттів, встановлення пожежної та блискавкозахисної безпеки у закладах освіти і культури, а також модернізацію матеріально-технічної бази комунальних підприємств. Це сприятиме підвищенню рівня захисту населення в умовах воєнних ризиків.

Стан здоров'я населення

Населення громади стикається з обмеженим доступом до медичних послуг та потребує розширення можливостей у сфері реабілітації військових і вразливих груп. Для цього у Плані заходів передбачено придбання мобільної амбулаторії, розширення спектра медичних послуг у лікарні та створення реабілітаційного відділення. Це дозволить покращити якість медичної допомоги, підвищити рівень профілактики та забезпечити своєчасну реабілітацію.

Висновки до Розділу 2

Проведено аналіз природно-географічних, соціально-економічних та екологічних умов Новгород-Сіверської міської територіальної громади Чернігівської області. Встановлено, що громада характеризується переважно лісостеповими та поліськими ландшафтами з високим природним потенціалом, значною часткою лісових масивів і річкових екосистем. Її територія має сприятливі умови для сталого природокористування, проте зазнає істотного впливу від військових дій, антропогенного впливу, зумовленого господарською діяльністю, агровикористанням земель та транспортним навантаженням.

Проаналізовано екологічний стан основних природних компонентів — земельних, водних, лісових ресурсів та атмосферного повітря. Виявлено, що основними проблемами є деградація ґрунтів унаслідок інтенсивного сільськогосподарського використання, забруднення водних об'єктів побутовими та агрохімічними стоками, зменшення лісистості окремих ділянок, а також локальні джерела забруднення повітря.

Визначено ключові чинники, що негативно впливають на екологічну стабільність території: бойові дії, нераціональне землекористування, недостатній рівень утилізації відходів, ерозійні процеси та зменшення біорізноманіття. Також встановлено, що сучасна система моніторингу стану довкілля в межах громади потребує вдосконалення через обмеженість

актуальних просторових даних і відсутність інтегрованої геоінформаційної бази.

Результати проведеного аналізу свідчать про необхідність запровадження сучасних методів дистанційного зондування та ГІС-технологій для підвищення ефективності екологічного моніторингу, оцінки динаміки змін стану природних комплексів і розроблення рекомендацій щодо підвищення екологічної стабільності території громади.

РОЗДІЛ 3. МОНІТОРИНГ ЗМІН ЕКОЛОГІЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ТЕРИТОРІЇ МЕТОДАМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ НА ПРИКЛАДІ НОВГОРОД-СІВЕРСЬКОЇ ГРОМАДИ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1 Геопросторовий аналіз і моделювання моніторингу змін типів покриття за допомогою програмного модуля ModelBuilder в ArcGIS Pro

ModelBuilder в ArcGIS Pro надає можливість налаштування автоматизації складних розрахунків за допомогою побудови комп'ютерних моделей обробки геопросторових даних. Їх перевага поряд з іншими можливостями ГІС полягає в повторному застосуванні, що важливо для забезпечення моніторингу просторових процесів та змін.

Copernicus Browser (<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>) надає можливість для безкоштовного доступу до бази даних мультиспектральних знімків. Щоб розрахувати коефіцієнт екологічної стабільності території потрібно отримати інформацію, які типи покриття (земельні угіддя) можна виділити в межах досліджуваної території. Для цього групу спектральних каналів потрібно об'єднати в композицію природніх кольорів (4-3-2), рис. 3.1, 3.2.

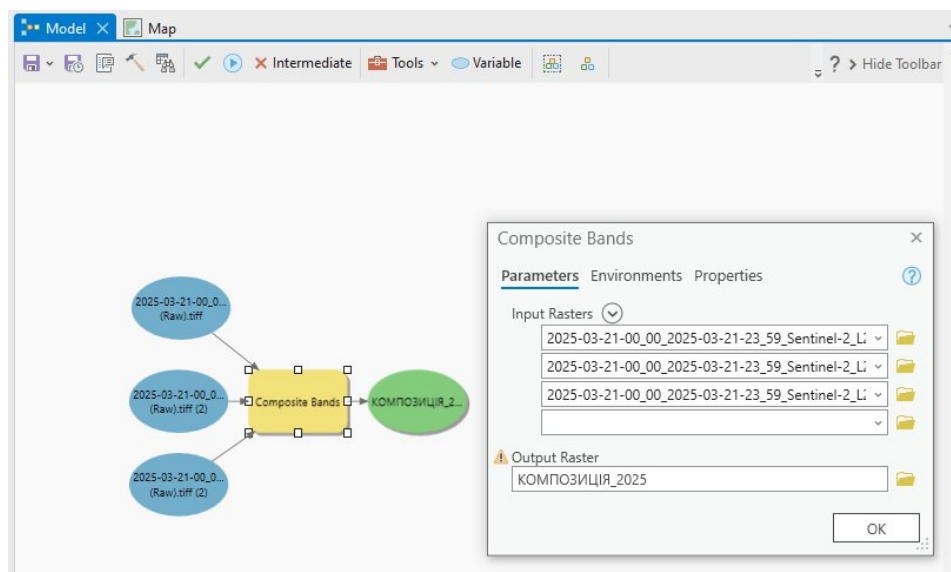


Рис. 3.1. Виконання команди об'єднання спектральних каналів в композицію природніх кольорів (4-3-2)

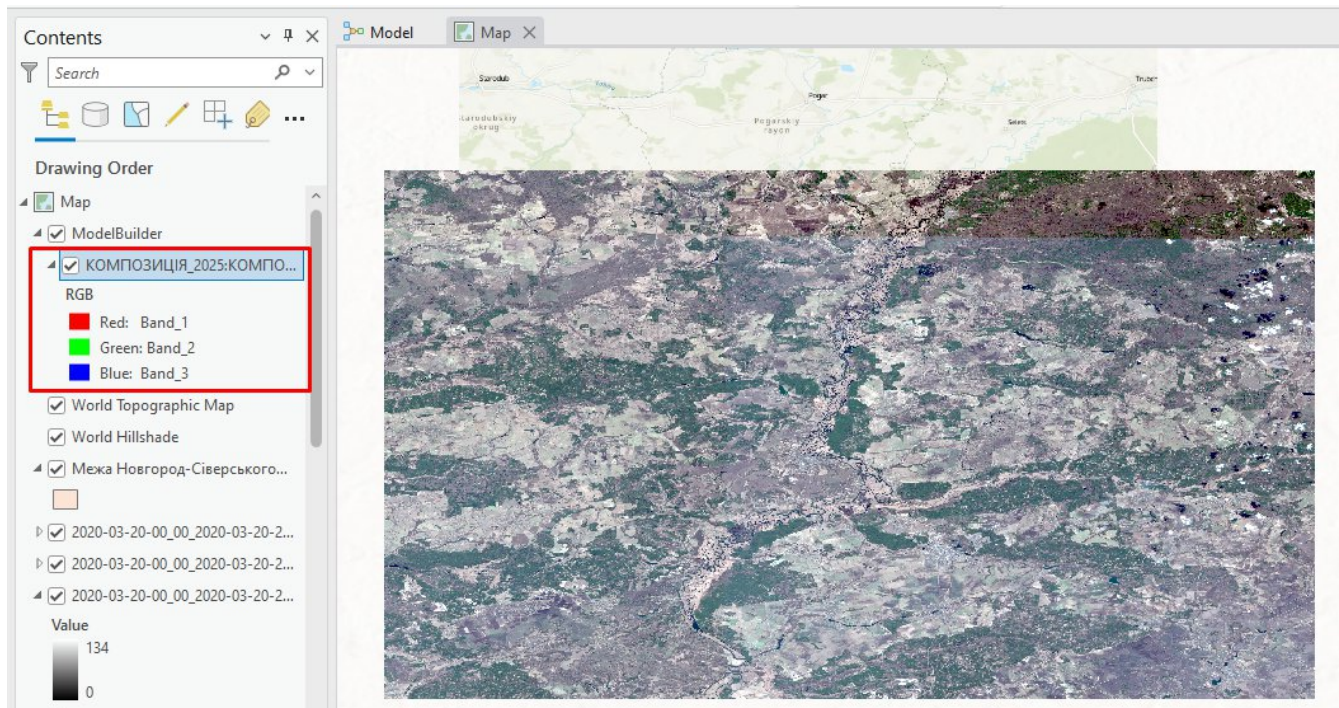


Рис. 3.2. Результат об'єднання спектральних каналів в композицію природніх кольорів (4-3-2)

Коли композиція виконана, її можна обрізати по межі досліджуваної Новгород-Сіверської громади за допомогою інструменту Extract by mask, рис. 3.3.

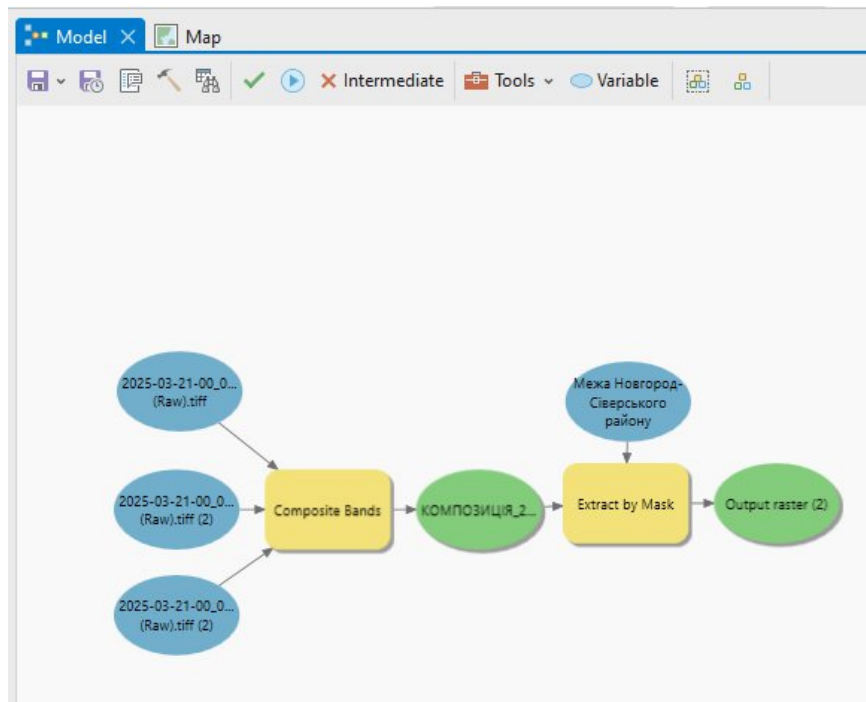


Рис. 3.3. Обрізакця спектральної композиції за маскою межі досліджуваної території

Отримаємо композиції «True color», обрізану по межі району (рис.).

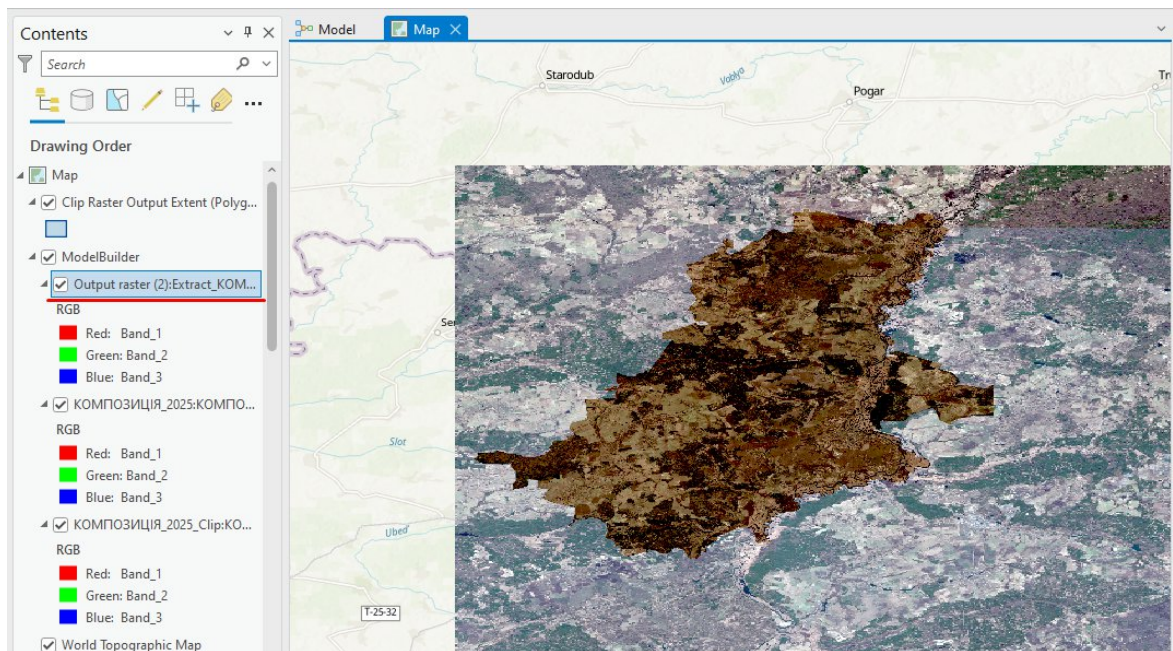


Рис. 3.4. Ккомпозиція «True color», обрізана по межі громади

Ті ж самі дії варто виконати для спектральних каналів космозйомки, виконаної раніше, для прикладу, у 2020 році. Таким чином, маючи космозйомку території станом на 2 дати можна їх порівняти та розрахувати як змінилися коефіцієнти екологічної стабільності території за 5 років.

Щоб класифікувати знімок за типом покриття потрібно обрати ділянки території які будуть репрезентативними для всієї території для певного угіддя. В даній роботі виконана некерована класифікація космознімків з виділенням шести класів покриття. Кількість типів покриття визначено шляхом тестування результатів класифікації в діапазоні від 5 до 10 класів. Така кількість класів некерованої класифікації давала найкращий розподіл пікселів по групах (найкраще відповідала вихідному космознімку). Див. рис. 3.4 та 3.5.

За допомогою інструментів ArcGIS Pro визначені площі кожного типу покриття, за якими визнано зміни трансформації типів покриття в позитивну чи негативну сторони, які безпосередньо впливають на екологічну стабільність Новгород-Сіверської громади Чернігівської області.

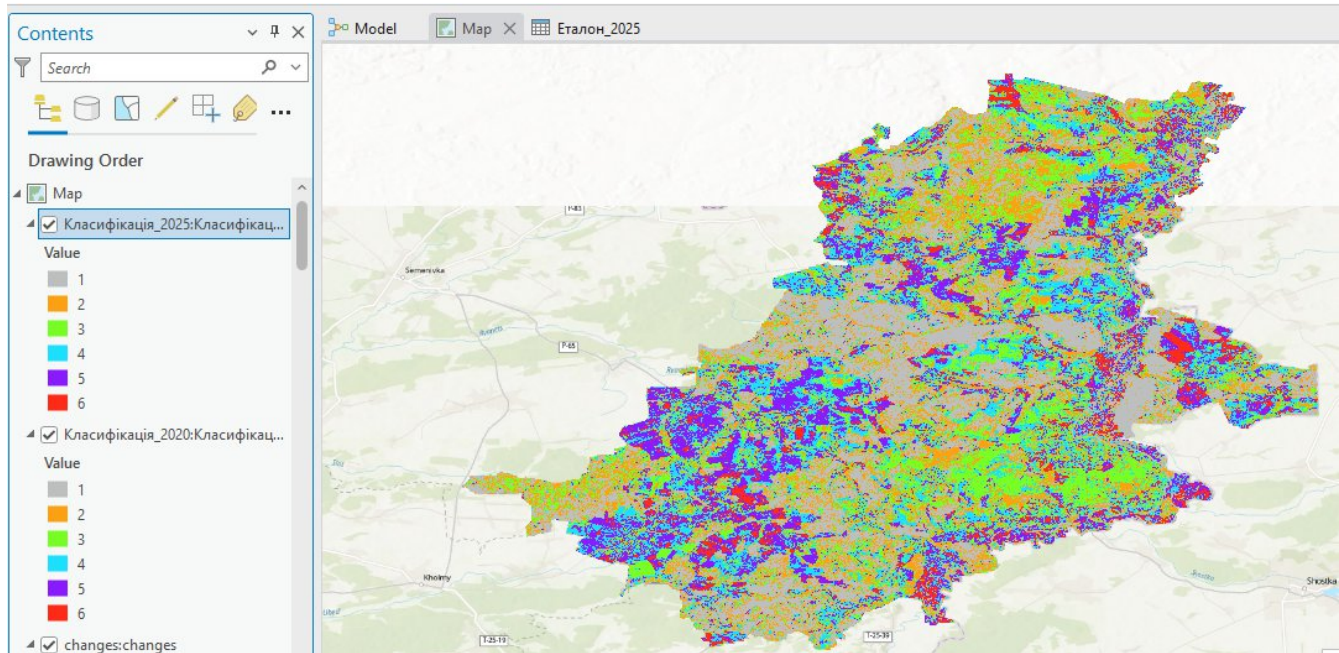


Рис. 3.5. Класифікація растру станом на 2025 рік

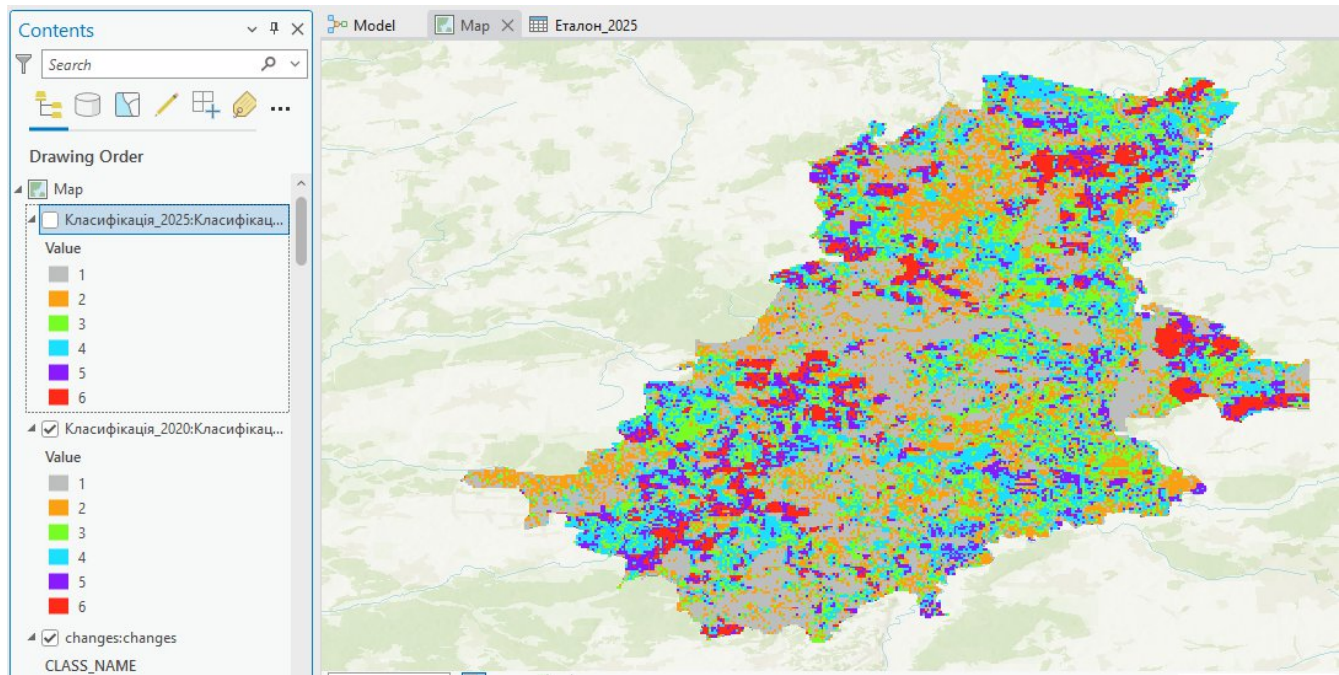


Рис. 3.6. Класифікація растру станом на 2020 рік

Результати розрахунків наведено в таблиці 3.1. В основному ми бачимо позитивні зміни в трансформації угідь проте в цілому вони майже не помітні.

Таблиця 3.1

Трансформація типів покриття в межах Новгород-Сіверської громади за період 2020-2025 роки

Номер угіддя	Назва типу покриття	Count	%	Count	%	Різниця %
1	Ліси і води	157974	21,9	10797	24,6	-2,7
2	Тверде покриття	136186	18,8	8781	20,0	-1,2
3	Орні землі виорано	140778	19,5	8139	18,5	0,9
4	Чагарник	129009	17,8	9681	22,1	-4,2
5	Орні землі з рослинним покривом	113928	15,8	3248	7,4	8,4
6	Орні землі стерня	45050	6,2	3248	7,4	-1,2

Кінцева автоматизована геопросторова модель некерованої класифікації космознімків в ArcGIS Pro має вигляд рис. 3.6.

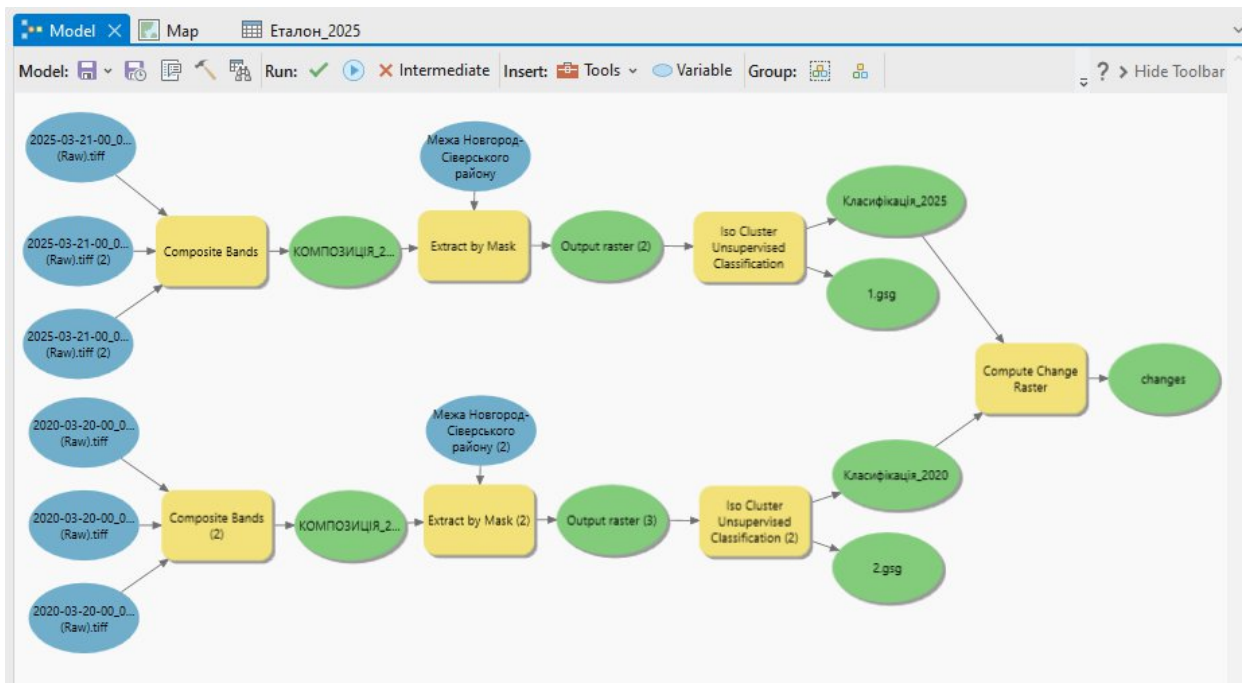


Рис. 3.7. Автоматизована модель некерованої класифікації за допомогою програмного модуля ModelBuilder в в ArcGIS Pro

Геопросторове моделювання дає можливість на основі просторових даних як у векторному так і растровому форматах здійснювати аналіз просторових змін, проводити аналітичні дослідження та здійснювати моніторинг типів покриття. ArcGIS Pro має великий арсенал професійних інструментів для автоматичного налаштування розрахунків. Основними критеріями, які мають найбільший вплив на кінцевий результат, - це якість космознімків та їх доступність як вхідних в ГІС даних.

3.2 Моніторинг змін екологічної стабільності території методами дистанційного зондування за допомогою Google Earth Engine

Початок кожного проекту в GEE розпочинається з визначення території дослідження. Існують помилки при завантаженні файлів формату Shapefile (шейп-файлу) в Google Earth Engine, тому що GEE вимагає завантаження Shapefile як єдиного набору файлів. Щоб не допускати помилок, потрібно одночасно та обов'язково завантажити такі файли як:

- .shp — головний файл, що містить геометрію об'єктів (точки, лінії, полігони);
- .shx — індексний файл, що зберігає позиції записів геометрії;
- .dbf — файл бази даних, що містить атрибутивну інформацію (таблицю даних) про об'єкти.

Через вкладку Assets імпортуємо Shapefile з межею Новгород-Сіверської громади (рис. 3.7).

На даному етапі доступний функціонал вибору початкової та кінцевої дат космознімків, які будуть застосовані для класифікації (рис. 3.8).

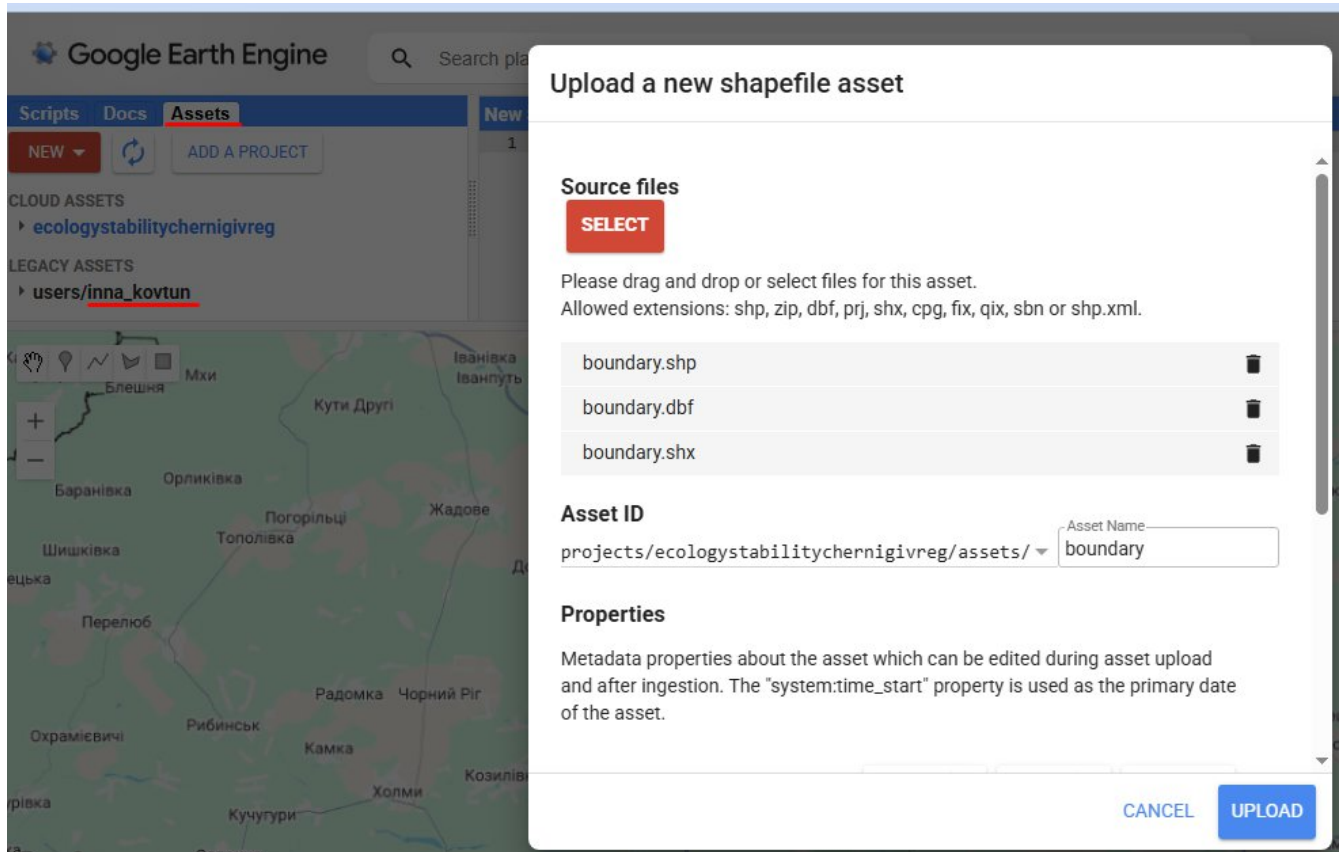


Рис. 3.8. Імпорт Shapefile межі через вкладку Assets

Properties

Property	Value
system:time_start	2015-01-01 <input type="text" value="0: [calendar icon]"/> <input type="text" value="trash icon"/>
system:time_end	2025-10-01 <input type="text" value="0: [calendar icon]"/> <input type="text" value="trash icon"/>

Рис. 3.9. Вибір початкової та кінцевої дат космознімків

Завантажена межа до проекту (Shapefile) розташовується у вкладці Assets (активи) в інтерфейсі Google Earth Engine Code Editor. Вкладка "Assets" розташована у верхній лівій панелі, поруч із вкладками "Scripts" та "Docs".

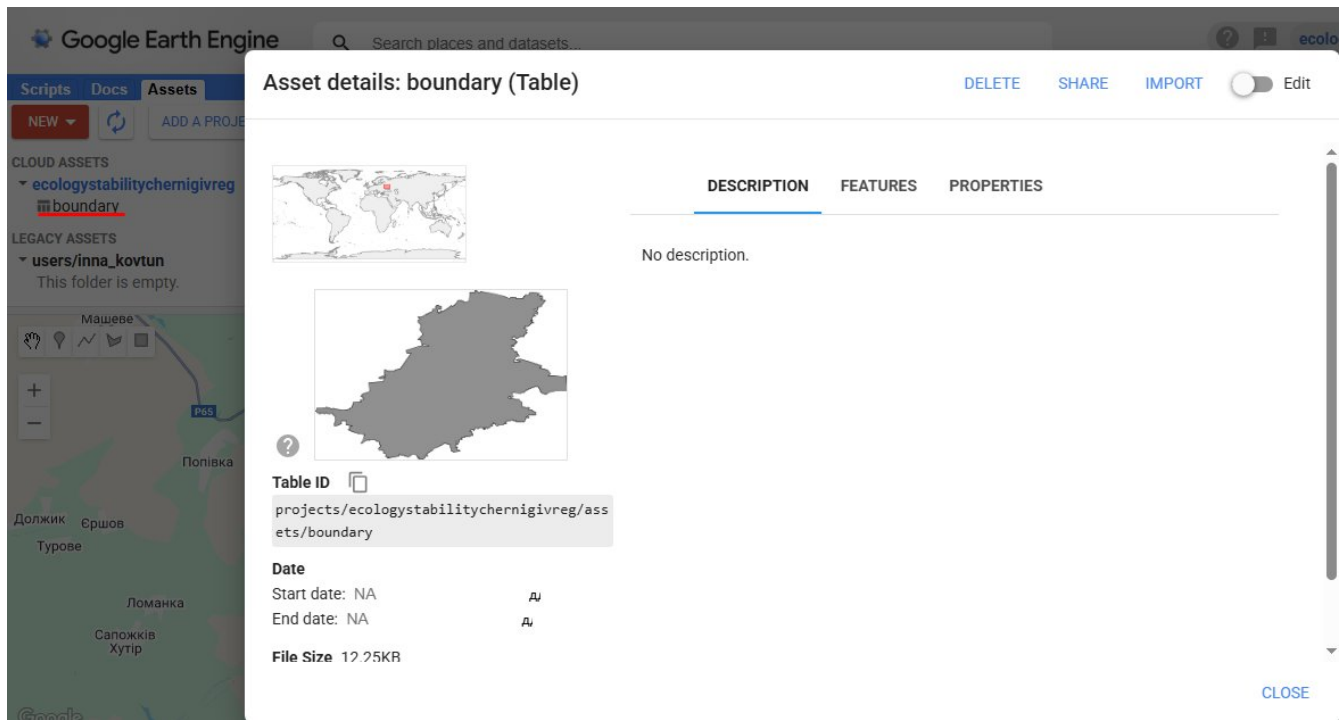


Рис. 3.10. Перегляд доданої межі у вкладці Assets

Щоб межу імпортувати у скрипт (код) та застосувати для фільтрування за територією інтересу потрібно знайти завантажений файл. Клікнути на назву файлу у списку, після чого праворуч з'явиться панель з інформацією про актив. Залишається лише клікнути на кнопку "Import" (Імпортувати). GEE автоматично додає у скрипт рядок коду, який імпортує цю межу як змінну (зазвичай `var table = ...` або `var aoi = ...`). Саме цю змінну (`table` або `aoi`) потрібно застосовувати в подальшому скрипті для фільтрації колекцій знімків. JavaScript:

```
// Змінна з меєюю називається 'aoi'
var l8 = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR')
  .filterBounds(aoi) // Фільтрація за заданою межею
  .filterDate('2015-09-01', '2015-11-01');
```

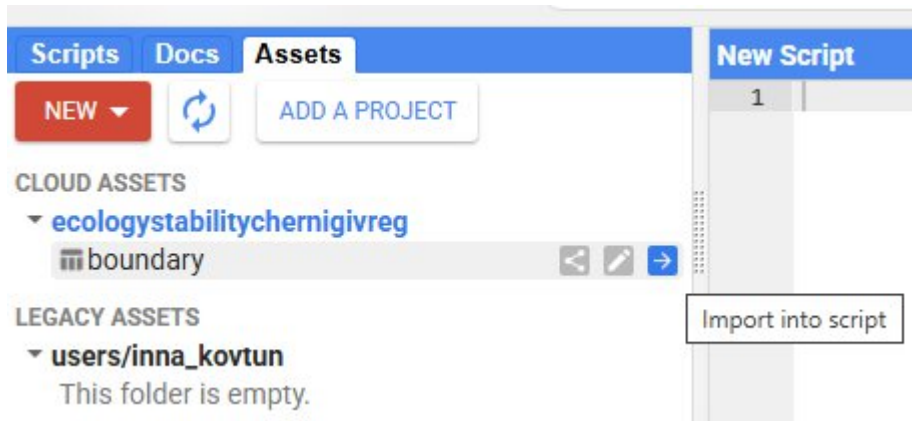


Рис. 3.11. Імпортування межі у скрипт

У вікні скриптів з'явився наступний запис (рис. 3.11):

```
var table: Table
  projects/ecologystabilitychernigivreg/assets/boundary
```

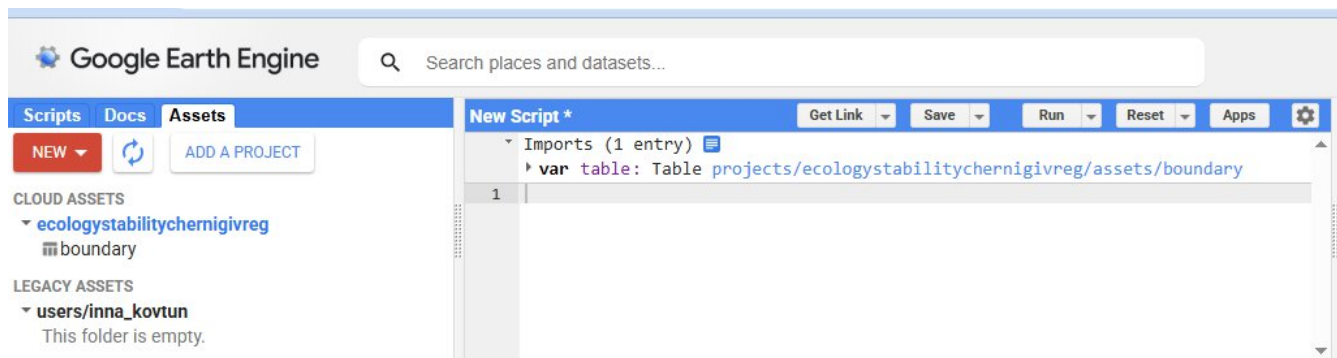


Рис. 3.12. Автоматичне додавання запису про імпорт межі у вікні скриптів

Для початку щоб побачити саму межу на карті, вам потрібно явно викликати функцію відображення карти (`Map.addLayer`). Таким чином отримуємо межу Новгород-Сіверської громади червоною заливкою.

Після фільтрування за межею потрібно фільтрувати колекцію знімків. Для цього використаємо фільтр знімків LANDSAT за наступним скриптом:

```
var landsatCollection =
ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR')
  .filterBounds(table) // фільтр за межею
  .filterDate('2015-01-01', '2015-10-01'); // фільтр за
періодом спостереження
// Додатковий крок: відфільтрувати хмарність (не
обов'язково, але рекомендовано)
```

```
landsatCollection = collection =
collection.filterMetadata('CLOUD_COVER_LAND', 'less_than', 10);
```

Фільтрування за метаданими не видаляє хмари з пікселів, але лише відбирає знімки, на яких загальна хмарність нижче певного порогу. Для чистого композиту завжди рекомендується застосовувати функцію маскування хмар на основі QA-смуги (Quality Assessment), яка вже включена у знімки Level 2. Для цього JavaScript код має наступний вигляд:

```
// 1. ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІЇ, ЩО ПРИЙМАЄ ЗОБРАЖЕННЯ (image)
function maskL8sr(image) {
// Зчитуємо QA-смугу
var qa = image.select('QA_PIXEL');
// Біти, які позначають хмари та тіні хмар
var cloud = 3;
var cloudShadow = 4;
// Перевіряємо, чи піксель має хмари або тіні
var mask = qa.bitwiseAnd(1 << cloud).eq(0)
                .and(qa.bitwiseAnd(1 << cloudShadow).eq(0));
// Повертаємо знімок з оновленою маскою
return image.updateMask(mask).select(['B2', 'B3', 'B4',
'B5', 'B6', 'B7']);
}
```

Щоб запустити і виконати скрипт потрібно натиснути кнопку "Run" (Запуск). Межа з'явилася на карті червоним кольором, і карта автоматично перемістилася до межі громади.

Після того як отримано колекцію знімків, що відфільтрована за АОІ та датами, потрібно вибрати одне зображення (наприклад, медіанний композит за обраний період) та відобразити його на карті за допомогою функції:

```
// Створення медіанного композиту
var composite = collection.median();
// Параметри відображення (канали 4, 3, 2 — для природних
кольорів)
var visParams = {
    bands: ['B4', 'B3', 'B2'],
```

```

    min: 0.0,
    max: 3000 // для Landsat Surface Reflectance
  };
  // Відображення композиту
  Map.addLayer(composite.clip(table), visParams, 'Landsat
Composite');

```

У зображеннях Google Earth Engine доступні також канали з префіксом SR_ (Surface Reflectance, поверхнева відбивна здатність), наприклад: SR_B4, SR_B3, SR_B2. Тому скрипт може бути адаптований для таких каналів як:

```

var visParams = {
  // Використовуємо SR_B4, SR_B3, SR_B2 для природних
кольорів
  bands: ['SR_B4', 'SR_B3', 'SR_B2'],
  min: 0.0,
  max: 3000 //
};
// Відображення композиту
Map.addLayer(composite.clip(table), visParams, 'Landsat
Composite');

```

Коли застосували фільтрування знімків можна також перевірити скільки зображень залишилися доступними, що відповідають заданим нашим параметрам. Для цього потрібно виконати наступний код:

```

// ... (Колекція з фільтрами)
print('Загальна кількість знімків у колекції:',
collection.size());

```

За результатом запиту, наприклад, як на рис. отримано результат, виведений до консолі — загальна кількість знімків у колекції 192 (рис. 3.12).

The screenshot shows the Google Earth Engine console interface. On the left, a code editor displays a JavaScript script with the following content:

```

37 // Використовуємо SR_B4, SR_B3, SR_B2 для природних кольорів
38 bands: ['SR_B4', 'SR_B3', 'SR_B2'],
39 min: 0.0,
40 max: 3000 // Це значення, ймовірно, правильне для Landsat L2
41 };
42
43 // ...
44 // Відображення композиту
45 Map.addLayer(composite.clip(table), visParams, 'Landsat Composite');
46
47 // ... (Ваша колекція з фільтрами)
48 print('Загальна кількість знімків у колекції:', collection.size());

```

On the right, the console output shows the result of the print statement:

```

Use print(...) to write to this console.

Загальна кількість знімків у колекції... JSON
192

```

Рис. 3.13. Результат про загальну кількість знімків, виведений до консолі

Композиція спектральних каналів 4-3-2 для супутників Landsat відома як композиція природних кольорів (True Color Composite). Ця композиція створює найбільш звичне для сприйняття людським зором зображення, яке відображає поверхню Землі максимально наближено до того, як ми бачимо її на власні очі.

Таблиця 3.2

Характеристики композиції природних кольорів для Landsat 8/9 (Collection 2 Level 2)

Канал (Band)	Назва GEE (Landsat 8/9 C2 L2)	Спектральний діапазон	Колір, що відображається
SR_B4	Червоний (Red)	0.64 – 0.67	Червоний
SR_B3	Зелений (Green)	0.53 – 0.59	Зелений
SR_B2	Синій (Blue)	0.45 – 0.51	Синій

В природній композиції типи покриття розпізнаються за наступними особливостями:

здорова рослинність відображається зеленим кольором;

чисті водойми виглядають темно-синіми або чорними, каламутна вода може мати зеленуватий або коричневий відтінок;

голий ґрунт, пісок або міські території можуть мати відтінки коричневого, сірого або бежевого.

Композиція спектральних каналів 4-3-2 природних кольорів на території Новгород-Сіверської громади показана на рис. 3.13.

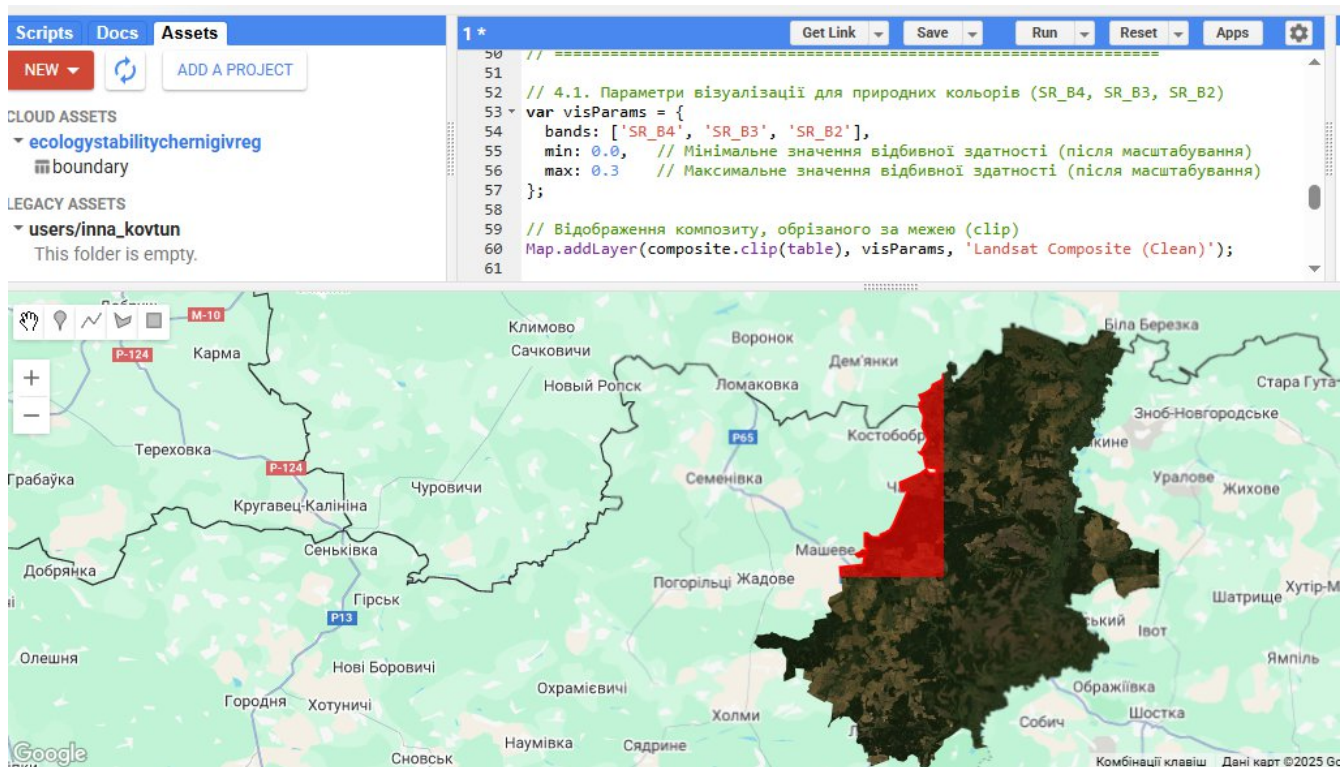


Рис. 3.14. Композиція природніх кольорів на територію Новгород-Сіверської громади

Для реалізації розрахунку коефіцієнтів екологічної стабільності території виконані наступні кроки:

проаналізувавши територію Новгород-Сіверської територіальної громади визначили класи GEE відповідно до визначених класів для яких передбачені зважені коефіцієнти екологічної стабільності;

оцифрувати еталонні ділянки та присвоїти виокремленим класам, які розпізнані на супутниковому знімку значення класу (наприклад, "Ліси природного походження" = Клас 1; "Рілля" = Клас 2 і т.д.);

виконати керовану класифікацію (Random Forest);

обчислити площу кожного класу (P_i) за допомогою `reduceRegion` та `ee.Reducer.sum().group()`;

виконати фінальний розрахунок ($K_{екст}$) на основі отриманих площ та коефіцієнтів K_i шляхом застосування формули, щойно автоматично визначені дані будуть визначені в консолі GEE.

На основі таблиці коефіцієнтів і відфільтрованого композиту, наступним і найважливішим кроком є керована класифікація. Це вимагає ручного оцифрування тренувальних (еталонних) ділянок для кожного класу та використання їх для машинного навчання заданому алгоритму.

Щоб в Google Earth Engine (GEE) оцифрувати ділянки та зберегти їх для подальшого використання, потрібно:

1) визначити класи та коефіцієнти. В GEE кожен рядок таблиці має бути окремим класом, проте на практиці використовуючи Landsat роздільною здатністю 30 м, класи з подібною спектральною сигнатурою (наприклад, такі як "Пасовища" та "Сіножаті") варто об'єднувати у зв'язку з обмеженою можливістю розпізнання;

2) оцифрування тренувальних ділянок (створення еталонних зразків). Для створення FeatureCollection (змінних) у верхній частині скрипту, під Imports, створюємо нову змінну для тренувальних даних. Код JavaScript для цього:

3) `var training_data = ee.FeatureCollection([]);`

4) після виконання попереднього пункту можна використовувати інструменти малювання для того щоб додати геометрії до неї). Коли на карті відображається композит природніх кольорів (канали 4-3-2), тоді легко можна бачити, що саме цифрується. Оцифрування забезпечується інструментом "Draw a polygon" (або "Draw a marker" для точок), що розміщений на панелі інструментів карти (ліворуч від карти);

5) після векторизації полігонів, у вікні "Geometry Imports" (під Imports), можна побачити нову геометрію (наприклад, geometry). Для цієї геометрії легко змінити назву геометрії, що відповідає класу покриття, наприклад, Forest. При режимі Import as - FeatureCollection потрібно додати властивість (Property) до цієї геометрії, а саме Property Name: class, Value: 0 (wt для класу "Ліси природного походження"). Звичайно, ідеально якщо на кожен клас оцифрувати 20-50 полігонів/точок.

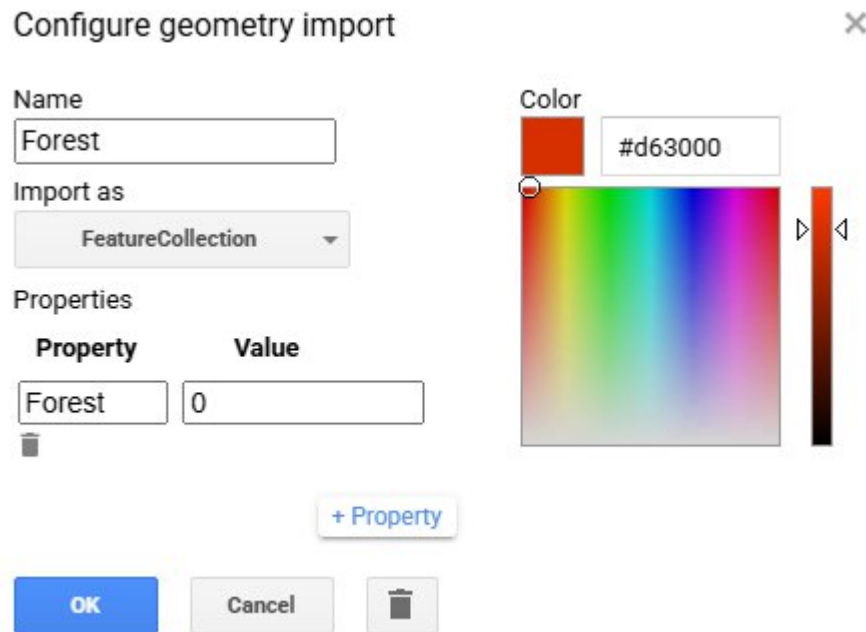


Рис. 3.15. Додавання властивостей тестовим даним

Якщо всі зразки оцифровані полігони/точки з властивістю `class` об'єднані в один об'єкт `FeatureCollection`, їх можна експортувати до `Assets`. Код для цього:

```
Export.table.toAsset({
  collection: trainingSamples,
  description: 'Training_Data_Chernihiv',
  assetId: 'users/InnsKovtun/Training_Data_Chernihiv' });
```

У вкладці "Tasks" з'являється нове завдання. Щоб запустити його потрібно натиснути "Run". Після завершення обробки дій тренувальні дані з'являються у вкладці `Assets`.

Після імпорту до скрипту всіх тренувальних даних, можна застосувати алгоритм `Random Forest`. Для цього потрібно використати канали, які найкраще підходять для розділення спектрального відбиття поверхні, а саме канали `SR_B2`, `SR_B3`, `SR_B4` (видимий), `SR_B5` (NIR), `SR_B6`, `SR_B7` (SWIR). Код JavaScript:

```
var inputBands = ['SR_B2', 'SR_B3', 'SR_B4', 'SR_B5',
  'SR_B6', 'SR_B7'];
```

```

var trainingData =
composite.select(inputBands).sampleRegions({
  collection: training_data, // імпортований Asset зі
зразками
  properties: ['class'], // унікальне значення, яке
надано кожному класу (0, 1, 2, 3, 4)
  scale: 30 // Просторова розрізненість, максимальна для
Landsat
});

```

Наступний крок — навчання та класифікація. Код JavaScript:
// Ініціалізація та навчання Random Forest

```

var classifier = ee.Classifier.smileRandomForest(100);
var trained = classifier.train({
  features: trainingData,
  classProperty: 'class',
  inputProperties: inputBands
});
// Застосування класифікатора до всього композиту
var classifiedImage =
composite.select(inputBands).classify(trained);

```

Остаточний етап — створення тематичного зображення, де кожному класу буде присвоєний свій певний колір, це забезпечить якісну візуалізацію класифікації. Код JavaScript:

```

// Створення палітри, де кожен колір відповідає ID класу
var palette = [
  '006400', // 0: Ліси (Темно-зелений)
  'FFD700', // 1: Рілля (Жовтий)
  '90EE90', // 2: Трав'яний Покрив (Світло-зелений)
  '0000FF', // 3: Вода (Синій)
  'FF0000' // 4: Забудова (Червоний)
];
Map.addLayer(classifiedImage.clip(table),
  {min: 0, max: 4, palette: palette},
  'Land Cover Classification');

```

```
var trainingSamples =
Forest.merge(backyard).merge(urban).merge(Water).merge(Forest);
```

Під час дослідження території Новгород-Сіверської громади отриманий скрипт розрахунку екологічної стабільності території, який включає:

1. завантаження колекції спектральних каналів знімків Landsat 8;
2. функцію маскування хмар;
3. класифікацію Random Forest;
4. обчислення площі для кожного класу, що необхідно для розрахунку фінальної формули.

Імпортовані файли показано на рис. 3.15.

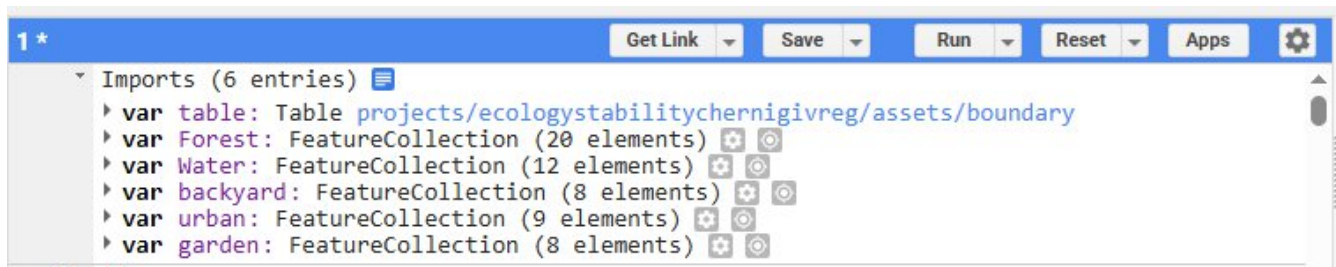


Рис. 3.16. Імпортовані вхідні файли

Остаточний JavaScript набув наступного вигляду:

```
// Опис імпортованих файлів
=====
=
// 1. ІМПОРТ АКТИВІВ (Ваші межі та тренувальні дані)
=====
=
// var table: Table projects/.../boundary
//      var      training_data:      FeatureCollection
users/.../training_data_asset
// * змінні 'table' та 'training_data' імпортовані*
=====
=
// 2. ФУНКЦІЯ МАСКУВАННЯ ХМАР
function maskL8sr(image) {
  var qa = image.select('QA_PIXEL');
  var cloud = 1 << 3;
```

```

var cloudShadow = 1 << 4;

// Перевірка, чи піксель має хмари або тіні
var mask = qa.bitwiseAnd(cloud).eq(0)
           .and(qa.bitwiseAnd(cloudShadow).eq(0));

// Повернення знімка з оновленою маскою (Рядок 18)
return image.updateMask(mask)
           .select(['SR_B2', 'SR_B3', 'SR_B4', 'SR_B5',
'SR_B6', 'SR_B7'])
           .multiply(0.0000275).add(-0.2);
}
//
=====
=
// 3. СТВОРЕННЯ КОМПОЗИТУ
//
=====
=
// Визначення колекції, фільтрація за АОІ та датами.
var collection =
ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C02/T1_L2') // ВИПРАВЛЕНИЙ ШЛЯХ
  .filterBounds(table)
  .filterDate('2025-01-01', '2025-10-01')
  .filterMetadata('CLOUD_COVER_LAND', 'less_than', 50)
  .map(maskL8sr);
// Створення медіанного композиту
var composite = collection.median();
// Візуалізація композиту для перевірки
var visParams = {
  bands: ['SR_B4', 'SR_B3', 'SR_B2'],
  min: 0.0,
  max: 0.3
};

```

```

    Map.addLayer(composite.clip(table), visParams, 'Landsat
Composite (True Color)');
    Map.addLayer(table, {color: 'FF0000'}, 'AOI Boundary');
    Map.centerObject(table, 10);
    //
=====
=
    // 4. КЕРОВАНА КЛАСИФІКАЦІЯ
    //
=====
=
    var inputBands = ['SR_B2', 'SR_B3', 'SR_B4', 'SR_B5',
'SR_B6', 'SR_B7'];
    //
=====
=
    // 4.1. ВИЗНАЧЕННЯ ТА ОБ'ЄДНАННЯ ТРЕНУВАЛЬНИХ ДАНИХ
    //
=====
=
    // Forest, urban, Water – назви оцифрованих полігонів
    var Forest_samples = Forest; // Присвоєний клас 0
    var backyard_samples = backyard; // Присвоєний клас 1
    var urban_samples = urban; // Присвоєний клас 2
    var Water_samples = Water; // Присвоєний клас 3
    var garden_samples = garden; // Присвоєний клас 4
    // При виявленні нових класів можна сюди додавати всі інші
класи
    // Об'єднання всіх окремих різних типів об'єктів
Feature/Geometry в єдину FeatureCollection за допомогою функції
ee.FeatureCollection(ee.List(...))
    var training_data = ee.FeatureCollection(ee.List([
        Forest_samples,
        backyard_samples,
        urban_samples,

```

```

    Water_samples,
    garden_samples
    // .. При виявленні нових класів можна сюди додавати всі
інші класи оголошені вище змінні samples
  })).flatten();
  // -----
  ----
  var inputBands = ['SR_B2', 'SR_B3', 'SR_B4', 'SR_B5',
'SR_B6', 'SR_B7'];
  // Вилучення значень пікселів з композиту за об'єднаною
колекцією
  var trainingData =
composite.select(inputBands).sampleRegions({
  collection: training_data, // Отримали визначену і об'єднану
колекцію
  properties: ['class'], // Столпчик (поле, колонка), де
зберігається ID класу
  scale: 400 // Масштаб довелося коригувати починаючи з
базовоно 30 так як обробка детального масштабу виходить за ліміт
користувача GEE
  });
  // Навчання класифікатора Random Forest
var classifier = ee.Classifier.smileRandomForest(100);
var trained = classifier.train({
  features: trainingData,
  classProperty: 'class',
  inputProperties: inputBands
  });
  // Класифікація композиту
var classifiedImage =
composite.select(inputBands).classify(trained);
  //
=====
=
  // 5. ВІЗУАЛІЗАЦІЯ КЛАСИФІКАЦІЇ

```

```

//
=====
=
// Важливо налаштувати кольори відповідно до типів класів
var palette = [
    '006400', // 0: Ліси природного походження (Темно-зелений,
висока стабільність)
    '0000ff', // 1: Водні об'єкти (Синій)
    'FFD700', // 2: Рілля (Жовтий)
    'FF0000', // 3: Забудова (Червоний, низька стабільність)
    '008001', // 4: Багаторічні насадження/Чагарники (Світло-
зелений, середня стабільність)
];
Map.addLayer(classifiedImage.clip(table),
              {min: 0, max: 4, palette: palette},
              'Land Cover Classification');
//
=====
=
// 6. РОЗРАХУНОК ПЛОЩІ ТА КОЕФІЦІЄНТА СТАБІЛЬНОСТІ
//
=====
=
// Обчислення площі для кожного класу (у метрах квадратних)
var areaImage = ee.Image(
ee.Image.pixelArea().addBands(classifiedImage);
var classAreas = areaImage.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum().group({
    groupField: 1,
    groupName: 'class',
  }),
  geometry: table,
  scale: 400, // Збільшено масштаб, щоб уникнути помилки User
Memory Limit Exceeded
  maxPixels: 1e13
});

```

```

});
// Переведення площі в гектари та обчислення зваженої площі
за формулою  $K_i \cdot P_i$ 
var classAreaList = ee.List(classAreas.get('groups'));
var totalAreaHa = ee.Number(0);
var weightedSum = ee.Number(0); // Sum  $P_i \cdot K_i$ 
// Створення словника з коефіцієнтами  $K_i$  відповідно до
таблиці коефіцієнтів Риторського/Гойке
// Ці значення повинні відповідати ID класів (0, 1, 2, 3, 4)
var stabilityCoefficients = ee.Dictionary({
  '0': 1.00, // Ліс природного походження
  '1': 0.79, // Водні поверхні
  '2': 0.14, // Рілля
  '3': 0.00, // Забудова)
  '4': 0.64, // Багаторічні насадження/чагарники
});
// Функція для обчислення загальної площі та зваженої суми
var calculateFinalMetrics = classAreaList.map(function(item)
{
  var dict = ee.Dictionary(item);
  var area_sq_m = dict.getNumber('sum');
  var area_ha = area_sq_m.divide(10000);

  // Отримуємо ID класу як число
  var class_id_number = dict.getNumber('class');
  // Перетворюємо ID класу на рядок для пошуку в словнику
  (ключ)
  var class_id_string = class_id_number.format(); //
Форматування перетворює число на рядок
  // Отримання коефіцієнта  $K_i$  для поточного класу
  var  $K_i$  = stabilityCoefficients.getNumber(class_id_string);
// Використовуємо рядок
  // Обчислення зваженого значення  $P_i \cdot K_i$ 
  var weighted_area = area_ha.multiply( $K_i$ );
  // Повернення об'єкта для друку

```

```

return ee.String('Клас ID ').cat(class_id_number.format())
// Використовуємо формат для друку
.cat(' (K=)').cat(K_i.format('%0.2f')).cat(': ')
.cat(area_ha.format('%0.2f')).cat(' Га. Зважена
площа: ')

.cat(weighted_area.format('%0.2f'));

});
// Для простоти, виведено лише площі, а далі виконаємо
фінальну суму/ділення.
print('--- РОЗРАХУНОК ПЛОЩІ ТА СТАБІЛЬНОСТІ (га) ---');
print('Площа кожного класу та зважена площа (P_i * K_i):',
calculateFinalMetrics);

```

Виконання класифікація композиції на основі машинного навчання показано на рис. 3.16.

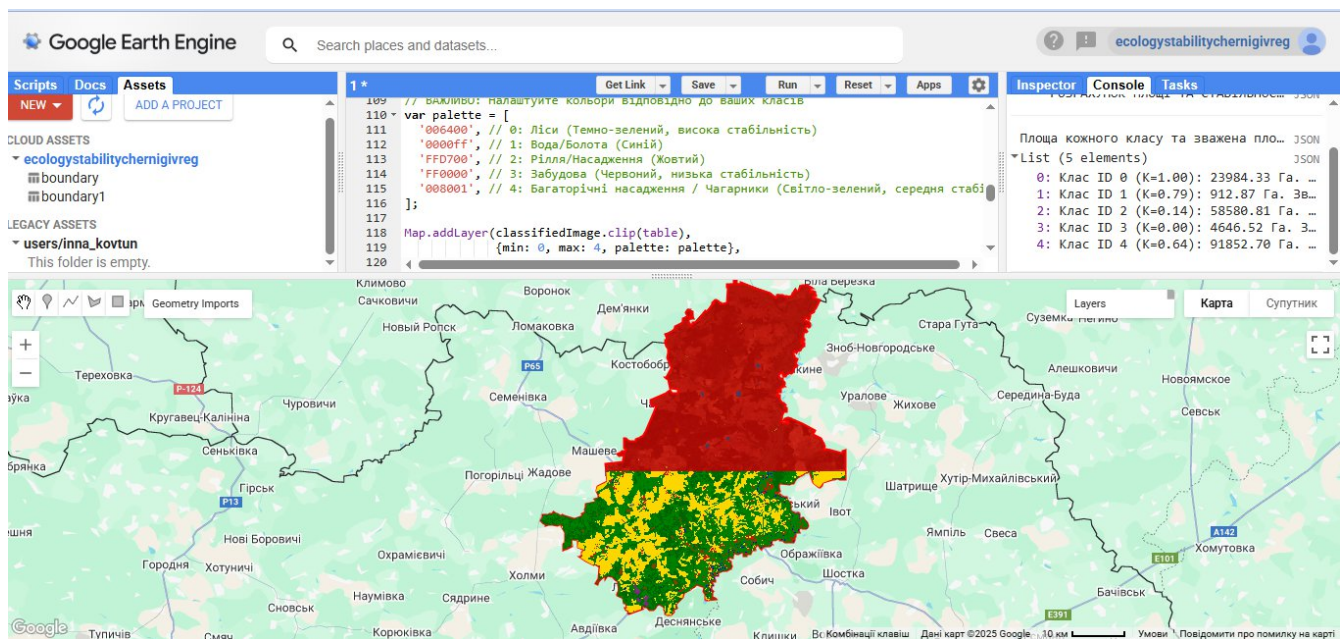


Рис.3.17. Візуалізація виконання класифікація композиції на основі машинного навчання

Класифіковані 5 типів покриття визначені візуально за допомогою присвоєних їм кольорам (рис.)

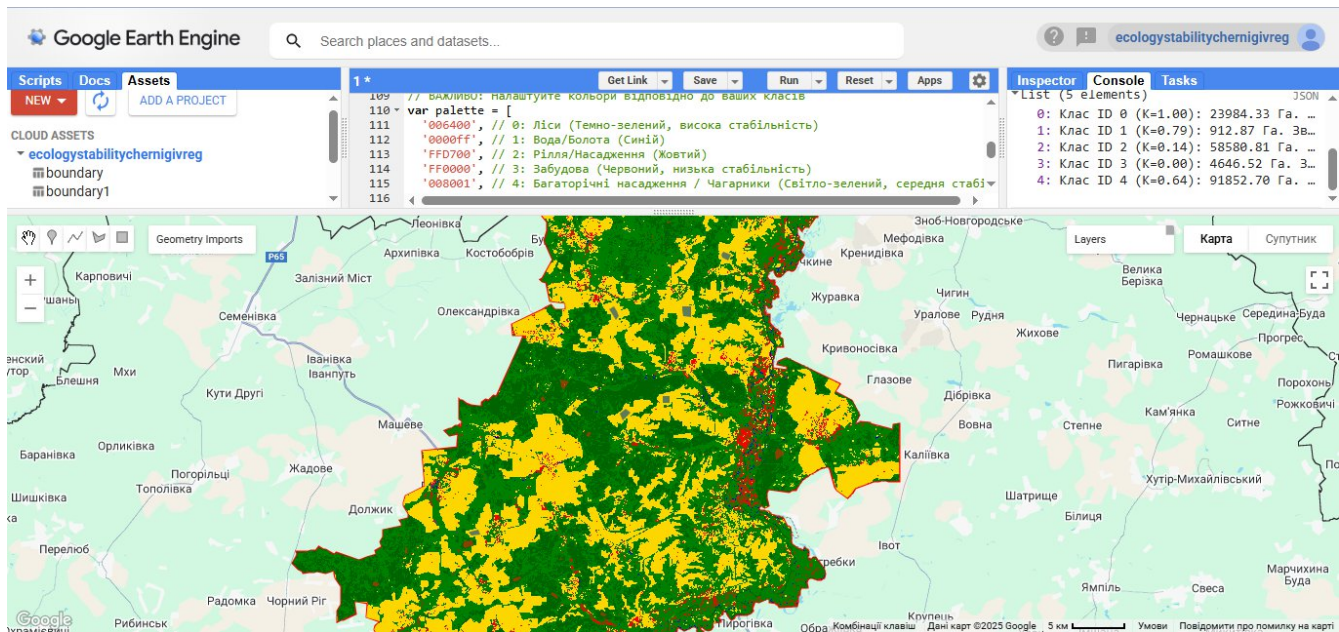


Рис. 3.18. Класифіковані типи покриття (ліси, води, рілля, збудова, багаторічні насадження/чагарники)

Після запуску фінального скрипта отримано результати у консолі, які згенеровані у два ключові значення для кожного класу: площа в га та зважена площа (теж в га).

Для отримання розрахованого остаточного коефіцієнту екологічної стабільності території можна і легше вручну або в GEE (якщо доопрацювати даний код). Залишилося обчислити суму зважених площ та обчислити загальну площу всіх класів, що відповідатиме загальній площі АОІ та розділити суму зважених площ на загальну площу.

Помилка `User memory limit exceeded` — перевищено ліміт пам'яті користувача в Google Earth Engine дуже поширена і означає, що користувач не може завершити обчислення чи класифікацію зображення через те, що для обробки потрібно занадто багато пікселів або занадто багато оперативної пам'яті (пам'яті клієнта GEE обмежує надмірну точність або складність обчислень). Щоб код зміг виконатися, потрібно зменшити обчислювальне навантаження або зменшити територію дослідження (наприклад, території окремих колишніх сільських рад). В іншому випадку потрібно збільшити масштаб (`scale`) у `reduceRegion`.

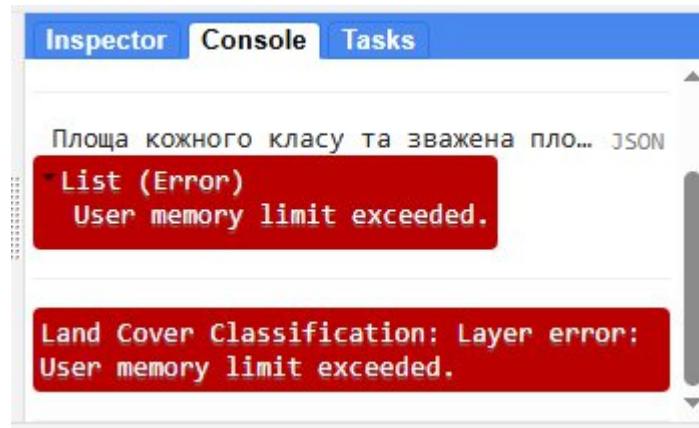


Рис. 3.19. Помилка `User memory limit exceeded` — перевищено ліміт пам'яті користувача в Google Earth Engine

Нами прийнято рішення зменшення роздільної здатності (`scale`) та з значення 30 зменшено до 400, що допомогло зменшити навантаження та виконати класифікацію до кінця. При `scale` 30 метрів або менше в обробку залучаються мільйони пікселів.

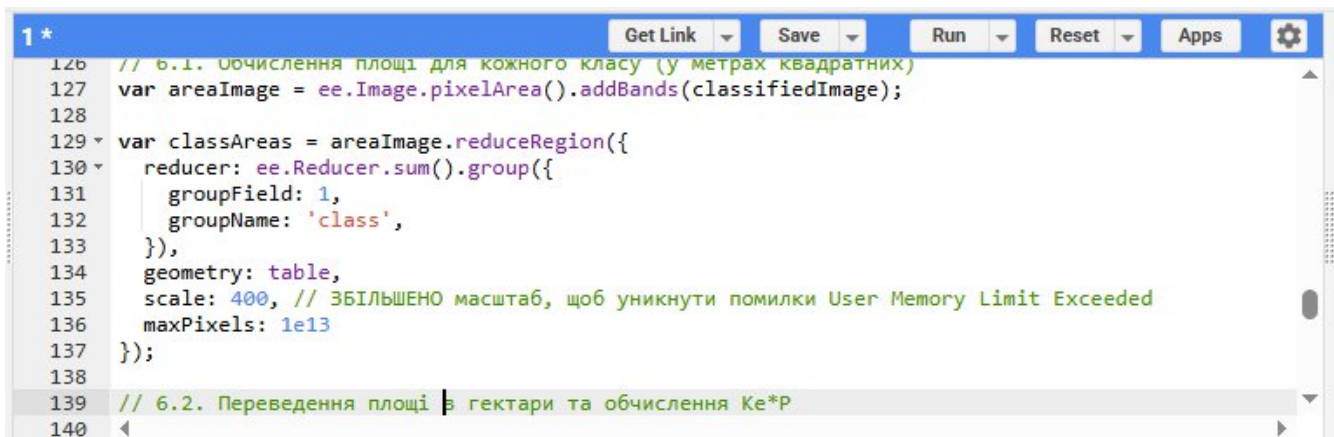


Рис. 3.20. Зменшення роздільної здатності (`scale`)

Не зважаючи на зменшення роздільної здатності більше ніж в 20 разів саме можливості Google Earth Engine, а саме велика база космознімків та залучення великої їх кількості після фільтрування через медіанний композит за рисунками 3.20 та 3.21 бачимо чітку класифікацію композиції, чіткий перерозподіл значень спектральної яскравості пікселів за визначеними класами типів покриття. Отримані класифікації композицій, площі та зважені площі класів покриття станом на 2015 (рис. 3.22) та на 2025 рік (рис. 3.23).

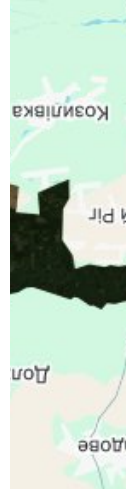
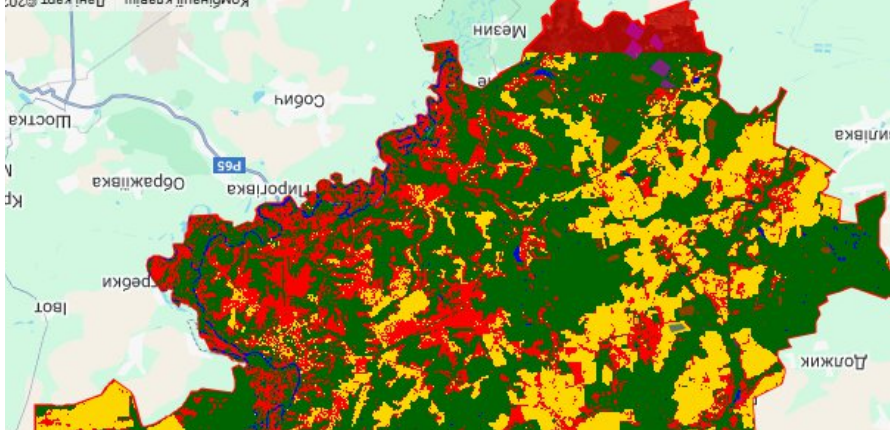


Рис.3.21. Природна комбінація спектральних каналі 4-3-2 з тренувальними даними

Рис.3.22. Класифікована комбінація на основі

машинного навчання

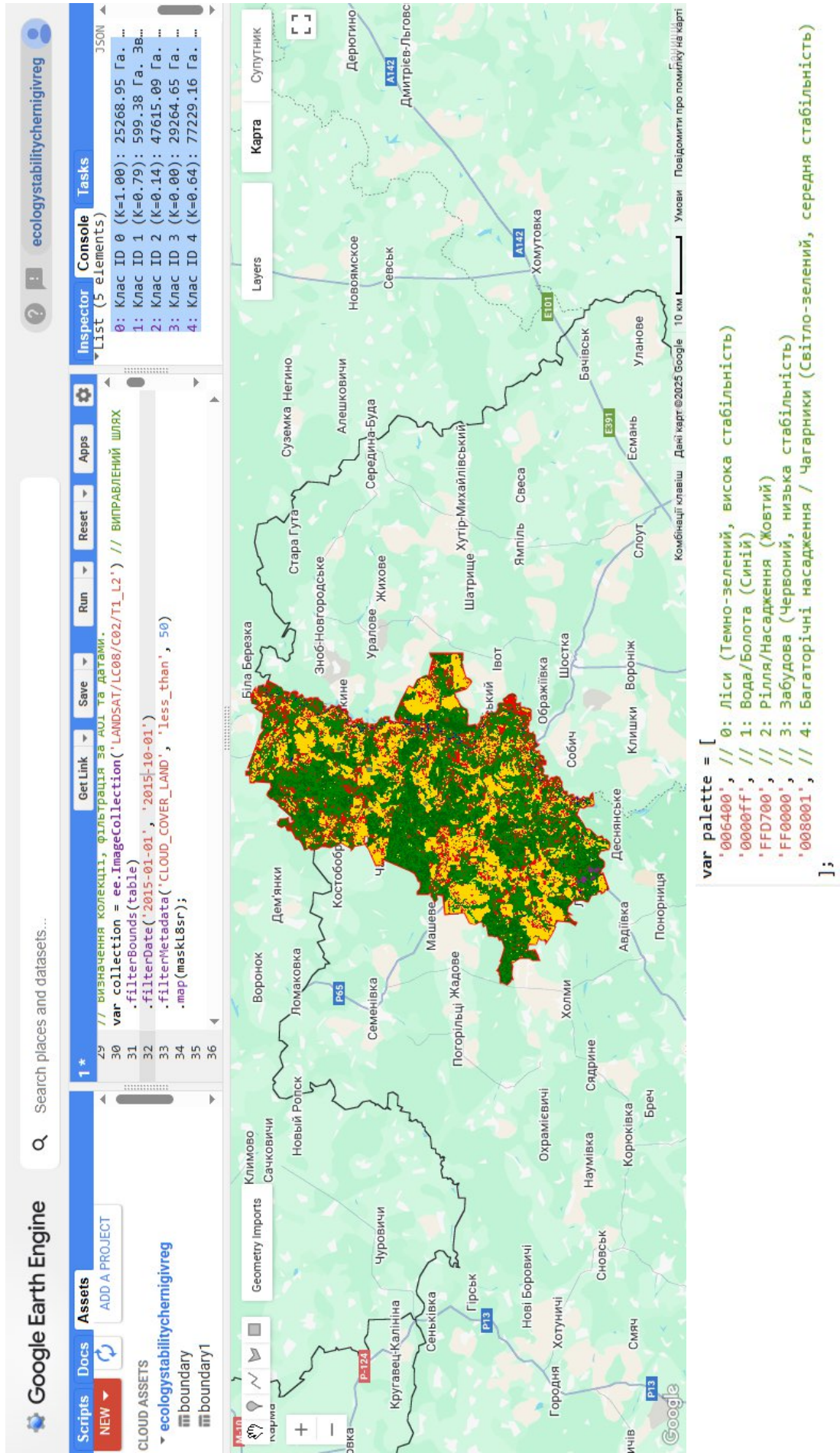


Рис. 3.23. Класифікована композиція на основі знімків Landsat8 за період 01.01.2015-01.10.2015

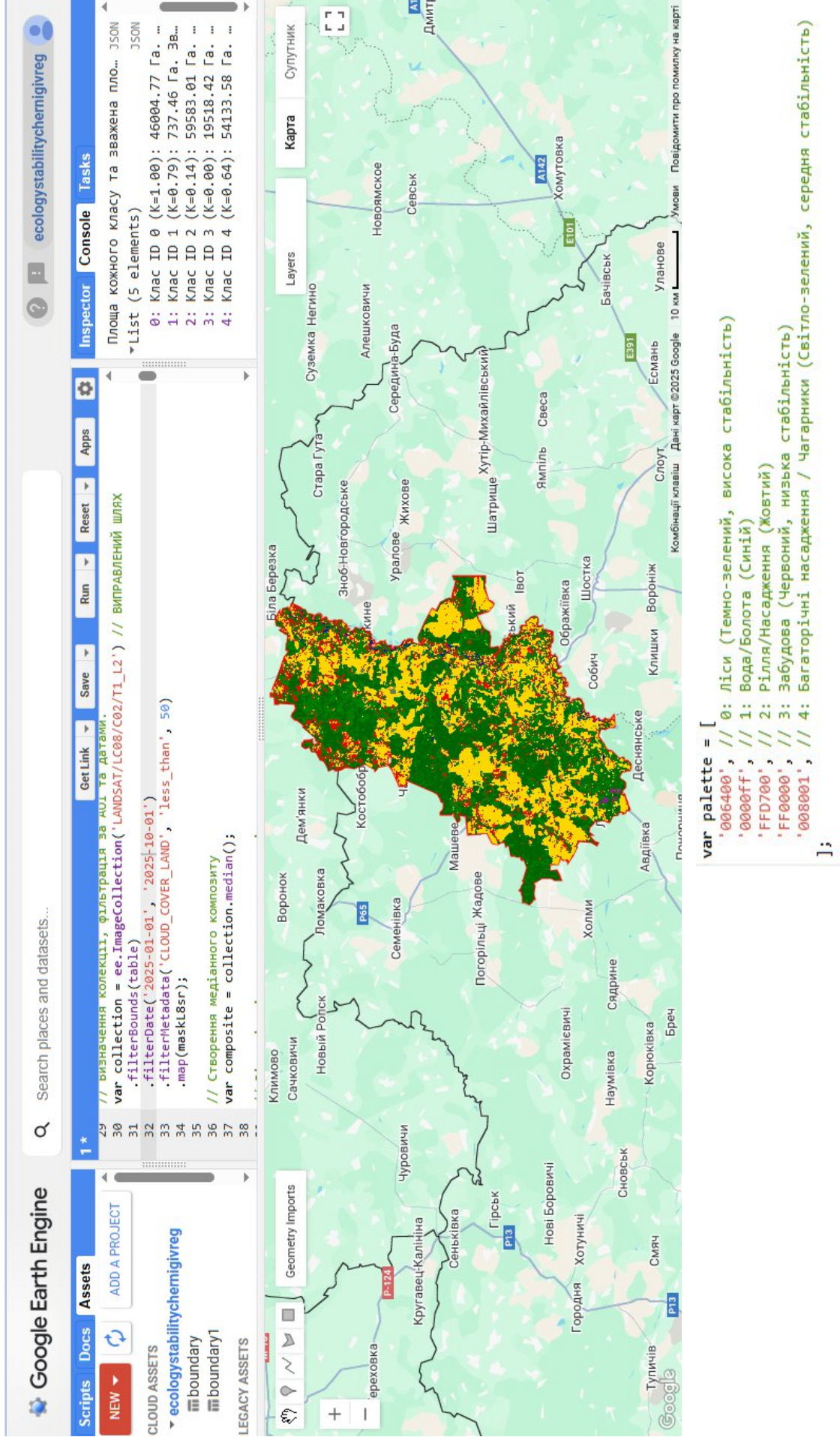


Рис. 3.24. Класифікована композиція на основі знімків Landsat8 за період 01.01.2025-01.10.2025

Результат розрахунків коефіцієнтів екологічної стабільності території наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Моніторинг екологічної стабільності території

Клас	ID	K	2015		2025		Різниця площ, га 2025-2015
			Площа, га	Зважена площа, га	Площа, га	Зважена площа, га	
Ліси	0	1.00	25268.95	25268,95	46004,77	46004,77	20735,82
Води	1	0.79	599.38	473,5102	737,46	582,5934	138,08
Рілля	2	0.14	47615.09	6666,1126	59583,01	8341,6214	11967,92
Забудовані	3	0.00	29264.65	0	19518,42	0	-9746,23
Багаторічні/чагарники	4	0.64	77229.16	49426,6624	54133,58	34645,4912	-23095,6
Всього			179977,23	81835,2352	179977,23	89574,476	-
Коефіцієнт екологічної стабільності			0,45		0,49		+0,04

Загалом розрахунки показали позитивну динаміку в екологічній ситуації досліджуваної території, зокрема значення коефіцієнта екологічної стабільності зросло на 0,04.

3.3 Аналіз результатів дослідження та пропозиції

На основі некерованої класифікації, здійсненої за допомогою ModelBuilder в ArcGIS Pro станом на 2020 та на 2025 роки отримали незначні, але позитивні результати змін типів покриття. Так, площа лісів зросла на 2,7%, забудованих – на 1,2%, чагарників збільшилося на 4,2%. В той же час зменшилося орних земель з покривом та без загалом на 8,1%.

На основі керованої класифікації, виконаної за допомогою Google Earth Engine станом на 2015 та 2025 роки класифіковано типи покриття та проведений аналіз змін їх площ. Керована класифікація на основі ручного оцифрування тренувальних даних для забезпечення якісного машинного навчання та чіткої класифікації композиції за класами дала можливість переконатися, що за обраний навіть більш тривалий період площа лісів збільшилася. Проте площа орних земель також зросла. Зменшилася кількість забудованих земель та багаторічних насаджень чи чагарників. Отримані

протилежні результати зміни площ ріллі та забудованих земель можна пояснити тим, що здорова рослинність відображається зеленим кольором, як ліси так і чагарники. Чисті водойми виглядають темно-синіми або дуже часто чорними, а каламутна вода може мати зеленуватий чи коричневий відтінок;

Голий ґрунт, пісок як і міські території (збудовані, дороги) однаково можуть мати відтінки коричневого, сірого або бежевого.

Однією з вагомих причин зниження якості отриманих результатів є безсумнівно зменшення роздільної здатності космоснімків з 30 м на піксель до 400 м у зв'язку з помилками обробки класифікації композиції.

Проте загалом обидва підходи дали схожі результати, а саме незначну зміну в тому числі в позитивну сторону.

Значення Кек.ст. може бути менше 0,33, тоді землекористування - екологічно нестабільне, якщо змінюється від 0,34 до 0,50, то - стабільно нестійке, якщо знаходиться в межах від 0,51 до 0,66, то - середньо стабільне, якщо перевищує 0,67, то - екологічно стабільне.

Порівнявши отримані значення з нормативними можна зробити висновок про те, що землекористування Новгород-Сіверської громади у 2015 було стабільно нестійким (Кек.ст=0,45) та залишалось стабільно нестійким і у 2025 році з значенням Кек.ст=0,49. Однак почало значення коефіцієнту екологічної стабільності території наближатися до середньо-стабільного значення.

Висновки до розділу 3

Здійнено геопросторовий аналіз і моделювання моніторингу змін типів покриття за допомогою програмного модуля ModelBuilder в ArcGIS Pro. В результаті автоматичних розрахунків отримали результати, що свідчать про позитивні зміни в трансформації угідь, проте загалом вони майже не помітні. Розроблена автоматизована геопросторова модель створення природної

композиції спектральних каналів (4-3-2), її некерованої класифікації, визначення площ та відслідкування змін для досліджуваної території.

За допомогою хмарного он-лайн геотехнологічного сервісу Google Earth Engine виконано керовану класифікацію космознімків Landsat8 станом на 2015 та 2025 роки та визначено типи покриття, їх площі на визначені роки, розраховані коефіцієнти екологічної стабільності території та порівняні їх значення. Загалом розрахунки показали позитивну динаміку в екологічній ситуації досліджуваної території, зокрема значення коефіцієнта зросло на 0,04.

Землекористування Новгород-Сіверської громади у 2015 було стабільно нестійким (Кек.ст=0,45) та залишалось стабільно нестійким і у 2025 році з значенням Кек.ст=0,49. Однак почало значення коефіцієнту екологічної стабільності території наближатися до середньо-стабільного значення.

ВИСНОВКИ:

У магістерській кваліфікаційній роботі здійснено комплексне дослідження моніторингу змін екологічної стабільності території Новгород-Сіверської громади Чернігівської області з використанням сучасних геоінформаційних технологій та методів дистанційного зондування Землі.

Проаналізовано теоретико-методологічні засади екологічної стабільності територій, визначено її сутність як інтегральної властивості природних систем підтримувати екологічну рівновагу під впливом природних та антропогенних чинників. Встановлено, що ефективний моніторинг екологічної стабільності неможливий без застосування сучасних геоінформаційних технологій, які забезпечують високу точність, масштабність та оперативність обробки екологічних даних.

Виконано геоінформаційний аналіз території Новгород-Сіверської громади, зокрема досліджено природно-кліматичні умови, структуру земельного фонду, особливості рельєфу та сучасний екологічний стан території.

Під час дослідження території Новгород-Сіверської громади за допомогою геоотриманий скрипт розрахунку екологічної стабільності території, який включає:

1. завантаження колекції спектральних каналів знімків Landsat 8;
2. функцію маскуванню хмар;
3. класифікацію Random Forest;
4. обчислення площі для кожного класу, що необхідно для розрахунку фінальної формули.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Natura 2000 URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Natura_2000/
2. [Natura 2000 Viewer https://natura2000.eea.europa.eu/](https://natura2000.eea.europa.eu/)
3. Rewilding Europe
https://rewildingeuropa.com/history/?_gl=1*zavoj0*_up*MQ..*_gs*MQ..&gclid=Cj0KCQjwsPzHBhDCARIsALiWNG01I0qa1zcvIWhxoNy2M7dOJrv3_ftkgncMKctAky86UFQwPEVfjm4aAsmPEALw_wcB&gbraid=0AAAAACxv6GegAxX_CigA92lZZiYjuxA6F
4. Google Earth Engine <https://code.earthengine.google.com/>
5. Google Earth Engine <https://developers.google.com/earth-engine>
6. Sonia Kéfi (1) , Virginia Domínguez-García , Ian Donohue , Colin Fontaine (2) , Elisa Thébault (3) , Vasilis Dakos (1) Advancing our understanding of ecological stability <https://inria.hal.science/hal-02322003/>
7. Vitaly Zatserkovnyi and etc. Development of GIS for assessment of ecological stability of land <https://openreviewhub.org/geoterrace/paper-2020/development-gis-assessment-ecological-stability-land>
8. Закон України «Про екологічну мережу України» Відомості Верховної Ради України 1864-IV, від 31.03.2023 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1864-15#Text>
9. Постанова Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2015 р. № 1196 Про затвердження Порядку включення територій та об'єктів до переліків територій та об'єктів екологічної мережі <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1196-2015-%D0%BF#n8>
10. Закон України Про Генеральну схему планування території України 3059-III, від 18.11.2012 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3059-14#Text>
11. Закон України Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000-2015 роки №1989-III, від 10.06.2012 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1989-14#Text>

12. Департамент екології та природних ресурсів Чернігівської облдержадміністрації <https://eco.cg.gov.ua/index.php?id=15770&tp=2&pg=>
13. Самойленко В.М., Діброва І.О. Природничо-географічне моделювання: підручник. Київ : Ніка-Центр, 2019. – 320 с.
14. Г. М. Жолобак ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ АГРОРЕСУРСІВ УКРАЇНИ *Космічна наука і технологія*. 2010. Т. 16. № 6. С. 16–23 <https://www.mao.kiev.ua/biblio/jscans/knit/2010-16/knit-2010-16-6-03.pdf>
15. Google Cloud
<https://console.cloud.google.com/run/create?enableapi=true&runtimeType=python&deploymentType=function&project=ecologystabilitychernigivreg>
16. Булигін, С. Ю. (2005). Формування екологічно сталих агроландшафтів: Підручник (для підготов. профес. зі спец. «Землеустрій та кадастр», «Агрохімія і ґрунтознавство» в аграр. вищ. навч. закл. III–IV рівнів акредитації). Урожай.
17. Данилишин, Б. (2009). Земельні відносини як чинник розвитку. *Урядовий кур'єр*, (91), 6.
18. Добряк, Д. О., Канаш, А. П., Бабміндра, Д. І., & Розумний, І. А. (2009). Класифікація сільськогосподарських угідь як наукова передумова їх екологічного використання. *Урожай*, 248–455.
19. Фурдичко, О. І., & Стадник, А. П. (2010). *Методологія управління агроландшафтами лісомеліоративними методами [Науково-методичне забезпечення]*. Аграрна наука.
20. Медведєв, В. В. (2002). *Моніторинг ґрунтів України. Концепція, попередні результати, проблеми*. ПФ "Антиква".
21. Звіт про стан навколишнього природного середовища Чернігівської області за 2017 рік. (2018). (С. 89–91). [Видавець не вказано, припускається, що це офіційний звіт].

22. Третяк, А. М., Третяк, Р. А., & Шквар, М. І. (2001). Методичні рекомендації оцінки екологічної стабільності агроландшафтів та сільськогосподарського землекористування. Ін-т землеустрою УААН.
23. Третяк, А. М., & Другак, В. М. (2005). Методологія і методика наукових досліджень із землеустрою: Навчальний посібник. Аграрна наука.
24. ВАСЕНКО, О. Г.; КАРЛЮК, А. А.; ЧЕРБА, О. В. Сучасний стан системи моніторингу довкілля в Україні. Екологічні науки, 2023, 6: 51.
25. РОМАНЧУК, Максим Олександрович. Моніторинг земель прикордонних територій. 2024. Кваліфікаційна робота. Тернопіль, ЗУНУ.
26. Gorman, H.S., Conway, E.M. Monitoring the Environment: Taking a Historical Perspective. Environ Monit Assess 106, 1–10 (2005). <https://doi.org/10.1007/s10661-005-0755-0>
27. John Rogan, DongMei Chen, Remote sensing technology for mapping and monitoring land-cover and land-use change, Progress in Planning, Volume 61, Issue 4, 2004, Pages 301-325, [https://doi.org/10.1016/S0305-9006\(03\)00066-7](https://doi.org/10.1016/S0305-9006(03)00066-7).
28. Ласло, О. О., Диченко, О. Ю., & Нагорна, С. В. (2018). Методологічні основи агроекологічної оптимізації та визначення інтегрального показника екологічного стану Полтавської області у системі стійкого розвитку сільських територій. Вісник Полтавської державної аграрної академії, (2), 106-112.
29. Kolb I., Kolodii П., Ryzhov Є., & Urbanavičius, V. (2024). LAND USAGE MONITORING UTILIZING REMOTE SENSING TOOLS. Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Architecture and Construction, (25), 188–197. <https://doi.org/10.31734/architecture2024.25.188>
30. Лялько В. І., Федоровський О. Д., Попов М. О. [та ін.]. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування. К.: Наукова думка, 2006. 352 с.

31. GISS Surface Temperature Analysis (v4). (2021). National Aeronautics and Space Administration. Goddard Institute for Space Studies. URL: https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v4/
32. Лей, Ж. (2023). Оцінка змін якості навколишнього природного середовища Львівської області на основі екологічних індексів дистанційного зондування Землі. Містобудування та територіальне планування, (84), 132–144. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.84.132-144>
33. Ali, S., Rahman, M. M. Remote Sensing for Sustainable Management of National Parks and Protected Areas: Preprint. - Preprints.org, 2023. - DOI: 10.20944/preprints202309.1381.v1. (20)
34. Brown, C. F., Brumby, S. P., Guzder-Williams, B., та ін. Dynamic World, Near real-time global 10 m land use land cover mapping. Scientific Data 2022 9:1. 2022. Vol. 9, No. 1. С. 1–17. (21)
35. Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., та ін. Google Earth Engine: Planetaryscale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment. 2017. Vol. 202. С. 18–27. (10)
36. Дець, Т., Безлатня, Л., Рожі, Т. (2025). Екологічне планування та землеустрій: застосування ГІС для збереження природних ландшафтів. Містобудування та територіальне планування, (89), 503–518. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2025.89.503-518>
37. Beng, K. C., & Corlett, R. T. (2020). Applications of environmental DNA (eDNA) in ecology and conservation: Opportunities, challenges and prospects. Biodiversity and Conservation, 29(7), 2089–2121. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-020-01980-0>
38. Браславська, О., Нестеренко, С., Герасимчук, О. (2025). Дистанційний геодезичний моніторинг: ключовий інструмент сталого управління земельними ресурсами. Містобудування та територіальне планування, (89), 488–502. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2025.89.488-502>

39. Бондар, О. І., Тафтай, В. В., Фінін, Г. С., Шевченко, Р. Ю. (2023). Сучасні технології моніторингу довкілля: на прикладі Київської агломерації: монографія.

40. Ільєнко, Т. В., & Васільєв, Д. П. (2025). Порівняльний аналіз спектральних індексів для виявлення забудови на основі супутникових знімків Sentinel-2. Збалансоване природокористування, (2), 64-78.

ДОДАТКИ

ПАСПОРТ
НОВГОРОД-СІВЕРСЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ
Станом на 01.01.2025

Адміністративний центр громади (назва)	Новгород-Сіверська міська рада Чернігівської області
Дата утворення громади (рік)	2018
Площа території територіальної громади, км ²	1803,56
Відстань до обласного центру:	
залізницею, км	287
шосейними шляхами, км	178
Кількість населених пунктів (од.)	85
Міст	1
Селищ	1
Сіл	83
Населення	
Чисельність населення, осіб	22898
з них тимчасово переміщених осіб	2658
Депутати місцевої ради (од.)	26
Заклади, установи, що утримуються за рахунок бюджету органів місцевого самоврядування, у тому числі (од.):	
гімназій	1
загальноосвітніх навчальних закладів I-III ступеня	3
загальноосвітніх навчальних закладів I-II	2+1 філія

ступеня	
загальноосвітніх навчальних закладів I ступеня	1
навчально-виховних комплексів (НВК)	5
інклюзивно-ресурсних центрів (ІРЦ)	1
центрів професійного розвитку педагогічних працівників (ЦПРПП)	1
дошкільних навчальних закладів	4
закладів позашкільної освіти	2, в т.ч. заклад фізичної культури
закладів культури	Всього закладів культури – 69. З них: 1 міський будинок культури, 1 мистецька школа, 1 міська бібліотека та 30 сільських бібліотек-філій, 24 сільські будинки культури, 12 сільських клубів
закладів фізичної культури	0
закладів оздоровлення та відпочинку	1
центрів надання соціальних послуг	1
фельдшерсько-акушерських пунктів	24
амбулаторій, поліклінік	3
лікарень	1
станцій швидкої допомоги	0
ЦНАПів	1
Руйнування об'єктів внаслідок збройної агресії РФ та їх відновлення	
Кількість	- 8/3 закладів

пошкоджених/зруйнованих об'єктів	освіти - 5 закладів охорони здоров'я - 8/1 установ культури - 1 гуртожиток - 7/1 адміністративних будівель - 4 об'єкти торгівлі - 2 об'єкти критичної інфраструкту
з них житло	- 251/20 приватних житлових будинків - 155 квартир в багатоквартирних житлових будинках, де зафіксовані пошкодження
Кількість відновлених об'єктів	- 2 заклади культури - 2 адміністративні будівлі - 2 заклади охорони здоров'я - 1 заклад освіти - 2 заклади торгівлі
з них житло	- 35 приватних житлових будинків - 30 багатоквартирних житлових будинків - 45 - квартир