

**Міністерство освіти і науки України
Поліський національний університет**

ОСНОВИ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ В АГРОНОМІЇ

ПРАКТИКУМ

Житомир 2026

УДК 631.5:004.9:528.8

О – 75

Затверджено на засіданні Вченої ради Поліського національного університету, протокол № 10 від 27 травня 2026 року.

Рецензенти:

**Дмитро
ІВАНОВ**

доктор технічних наук, доцент, професор кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій Житомирського державного університету імені Івана Франка

**Микола
ЛІСОВИЙ**

доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри екобіотехнології та біорізноманіття НУБіП України, академік АН ВШ України

**Анатолій
КУДРИК**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри геодезії та землеустрою Поліського національного університету

О – 75 Основи ГІС-технологій в агрономії : практикум

Л.П. Пивовар, П. Топольницький, О. Трембіцька, О. Андреев, С. Столяр, О. Рожков. Житомир : Поліський національний університет, 2026. 102 с.

ISBN 978-617-8410-34-6

Матеріали практикуму будуть корисними для фахівців аграрних підприємств, науковців, а також здобувачів вищої освіти, які займаються розробкою, дослідженням та впровадженням геоінформаційних технологій у наукову діяльність і практику сучасного сільського господарства.

ISBN 978-617-8410-34-6

© Пивовар П.П., Топольницький П.П., Трембіцька О.І., Андреев О.В, Столяр С.Г., Рожков О.О., 2026
© Поліський національний університет, 2026

ЗМІСТ

| | |
|---|-----|
| Вступ | 3 |
| Дистанційне зондування землі, супутникові знімки та їх використання у ГІС | 5 |
| Заняття №1. Векторизація фермерського господарства | 24 |
| Заняття №2. Робота з векторними об'єктами | 31 |
| Заняття №3. Робота з атрибутивними даними | 38 |
| Заняття №4. Знайомство з растровими даними. Прив'язка ґрунтових карт | 45 |
| Заняття №5. Первинна робота з растровими даними | 52 |
| Заняття №6. Первинна робота зі знімками оптичного діапазону | 60 |
| Заняття №7. Робота з індексами | 73 |
| Заняття №8. Побудова карти придатності | 82 |
| Заняття №9. Компоновка | 90 |
| Приклад звіту | 99 |
| Перелік джерел посилання | 102 |

ВСТУП

На теперішній час суттєво збільшується технологічність ведення сільського господарства. Для підвищення ефективності виконання робіт необхідно використовувати засоби автоматизації управління технологічними процесами та обробки інформації. Одним з напрямків вирішення вказаних завдань є втілення геоінформаційних технологій в аграрну галузь.

З появою, розвитком, збільшенням кількості та покращенням характеристик засобів отримання просторової інформації, таких як космічні системи, безпілотні літальні апарати з'явилась необхідність вдосконалення засобів обробки просторових даних.

Одним з потужних засобів в даній галузі є розроблений та впроваджений компанією ESRI програмний комплекс ArcGIS Pro. Методичні рекомендації призначені для надання методичної допомоги в оволодінні основами роботи в даному комплексі здобувачам вищої освіти агрономічних спеціальностей.

Представлені методичні рекомендації для виконання дев'яти основних етапів роботи з геопросторовими даними.

ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ, СУПУТНИКОВІ ЗНІМКИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У ГІС

Загальні положення про дистанційне зондування Землі

Дистанційне зондування Землі розглядають як сукупність методів спостереження за земною поверхнею з авіаційних і космічних носіїв. Носій лише доставляє апаратуру в потрібну точку простору; основну інформаційну роботу виконують сенсори, які фіксують енергію, випромінєну або відбиту різними типами поверхонь. Саме тому ДЗЗ стало одним із головних джерел оперативного наповнення геоінформаційних систем. Без регулярного оновлення просторових даних карта швидко перетворюється на статичну схему, тоді як сучасна ГІС має відображати реальний стан території, динаміку процесів і просторові відмінності між об'єктами [6, 8].

Космічне знімання можливе завдяки тому, що природні й антропогенні об'єкти по-різному взаємодіють з електромагнітним випромінюванням. Вода, ґрунт, рослинність, забудова, сніг, згарища або відкриті гірські породи мають неоднакові спектральні властивості. Частина енергії поглинається, частина відбивається, а частина випромінюється самими об'єктами. Сенсор реєструє ці відмінності, після чого вони можуть бути подані у вигляді цифрового зображення.

Космічний знімок – це двовимірне зображення земної поверхні, отримане внаслідок дистанційної реєстрації власного або відбитого випромінювання технічними засобами. У знімку закладено не лише візуальне уявлення про територію, а й кількісні відомості про спектральне відбиття різних типів земної поверхні. За допомогою дешифрування, вимірювання та картографування такі матеріали використовують для виявлення об'єктів, аналізу явищ і просторової інтерпретації процесів [6, 10].

Для аграрної сфери такі дані мають особливу практичну цінність. Вони дають змогу оцінювати стан посівів, виявляти ділянки з неоднорідним розвитком рослинності, контролювати наслідки посухи, підтоплення, ерозії, пожеж, а також уточнювати межі полів і структуру

землекористування. Тобто космічний знімок стає не просто ілюстрацією, а вхідним матеріалом для прийняття управлінських рішень.

Оглядовість і цифрове подання знімків

Оглядовість характеризує площу території, яку охоплює один знімок. За цим показником матеріали космічного знімання поділяють на глобальні, регіональні та локальні. Поділ умовний, але для практичної роботи він зручний: одні системи краще підходять для спостереження за великими просторами, інші – для детального аналізу локальних ділянок.

- глобальні знімки охоплюють освітлену частину однієї півкулі. Їх отримують із геостаціонарних супутників або міжпланетних космічних апаратів; територіальне охоплення може становити десятки й сотні мільйонів квадратних кілометрів;

- регіональні знімки відображають частину материка або великий природно-господарський регіон. Їх часто отримують із метеорологічних і ресурсних супутників; ширина смуги знімання може змінюватися приблизно від 500 до 3000 км;

- локальні знімки охоплюють окремі частини великих регіонів. Їх отримують із ресурсних і картографічних супутників, орбітальних станцій або пілотованих кораблів; площа охоплення зазвичай становить кілька тисяч квадратних кілометрів.

Цифрове зображення подається у вигляді файла, найчастіше растрового. Воно може бути отримане безпосередньо з повітряного чи космічного апарата або створене шляхом цифрування аналогових матеріалів за допомогою сканера, телевізійної чи відеокамери. Растрова модель описує зображення як прямокутну матрицю елементів – пікселів (рис.1.1).

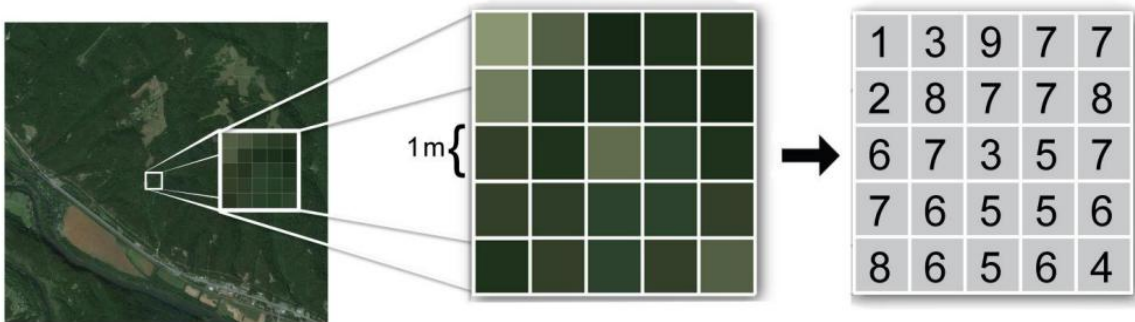


Рис. 1.1. Структура растра

Піксель є найменшим елементом цифрового зображення. У більшості випадків його умовно подають як квадрат, розмір якого на земній поверхні пов'язаний із просторовою розрізненістю знімка. Чим менший піксель, тим дрібніші об'єкти можуть бути розпізнані. Для досліджень полів, лісосмуг, водойм або елементів інфраструктури ця характеристика має вирішальне значення.

Перед використанням космічних знімків у дослідженні необхідно розуміти властивості сенсорної системи. Саме вони визначають, чи придатні отримані дані для конкретного завдання. Найчастіше аналізують чотири типи розрізненості: спектральну, просторову, радіометричну та темпоральну.

Спектральна розрізненість і діапазони електромагнітного випромінювання

Спектральна розрізненість показує, у яких частинах електромагнітного спектра сенсор здатний реєструвати випромінювання. Її визначають кількістю каналів і шириною спектральних інтервалів, до яких чутлива знімальна система. Для дослідника це означає просту річ: що більше змістовно підібраних каналів має знімок, то ширші можливості розпізнавання об'єктів і станів земної поверхні.

У дистанційному зондуванні використовують оптичний, мікрохвильовий та радіодіапазон. Оптичний діапазон охоплює інтервал 0,001–1000 мкм і поділяється на ультрафіолетову, видиму та

інфрачервону частини. Ультрафіолетовий діапазон, приблизно 0,1–0,38 мкм, застосовують для оцінювання стану рослинності й водойм, а також для виявлення малих концентрацій газових домішок та озону в атмосфері.

Видима частина спектра – це діапазон, у межах якого людське око розрізняє кольори. Він охоплює фіолетову, синю, блакитну, зелену, жовто-зелену, жовту, жовтогарячу та червону ділянки. Орієнтовні межі становлять: фіолетова зона – 390–450 нм, синя – 450–480 нм, блакитна – 480–510 нм, зелена – 510–550 нм, жовто-зелена – 550–575 нм, жовта – 575–585 нм, жовтогаряча – 585–620 нм, червона – 620–740 нм. Інфрачервоний діапазон поділяють на ближній – 0,75–1,5 мкм, середній – 1,5–3 мкм, і далекий, або тепловий, – 3–1000 мкм.

Для аналізу рослинності особливо інформативними є видимий і ближній інфрачервоний діапазони. Хлорофіл у листі активно поглинає синє та червоне випромінювання, тоді як зелене переважно відбивається. У ближній інфрачервоній ділянці здорова рослинність, навпаки, демонструє високі значення відбиття. Ця особливість лежить в основі багатьох методів оцінювання стану посівів, лісових насаджень і природного рослинного покриву.

Під час аналізу лісів доцільними є знімки у так званій крайній червоній зоні видимого спектра з довжиною хвилі 0,7–0,75 мкм, а також у ближньому інфрачервоному діапазоні – 0,78–0,88 і 0,9–1,05 мкм. Теплова зйомка використовується для виявлення хворих, пошкоджених або сухостійних дерев, оскільки такі об'єкти за температурною яскравістю відрізняються від здорової рослинності. Вона також ефективна для виявлення лісових пожеж.

Мікрохвильовий діапазон, від 1 мм до 1 м, дає змогу отримувати інформацію про топографічні особливості територій і акваторій, запаси вологи у ґрунті та листках рослин, а також про вплив промислових викидів на рослинність. Радіодіапазон, від 1 м до понад 10 км, застосовується для дослідження підстильної поверхні, аналізу рельєфу та виявлення небезпечних природних процесів. Радіолокаційне знімання має суттєву перевагу: воно може виконуватися незалежно від хмарності та часу доби.

За спектральним діапазоном космічні знімки доцільно об'єднувати у три групи: знімки у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах, знімки у тепловому інфрачервоному діапазоні та знімки у радіодіапазоні. Кожна група має свою сферу застосування й не замінює іншу повністю.

Панхроматичні зображення формуються в одному широкому діапазоні, здебільшого у видимій частині спектра. Багато- та мультиспектральні знімки мають від 2 до 12 каналів і можуть охоплювати видимий, інфрачервоний, мікрохвильовий або радіодіапазон. Гіперспектральні системи реєструють 13 і більше каналів, часто сотні вузьких діапазонів, завдяки чому точніше розрізняють об'єкти за фізико-хімічними властивостями, видовим складом рослинності, геологічними ознаками або складом води.

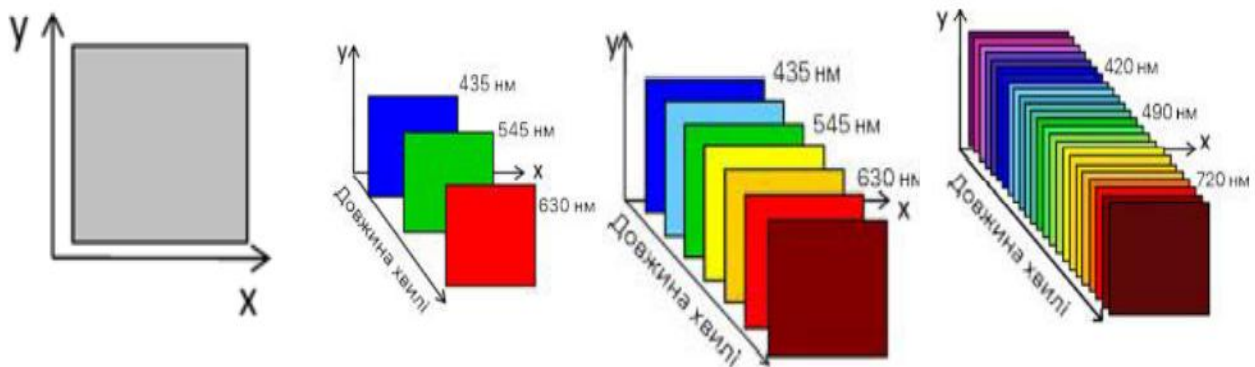


Рис. 1.2. Схема панхроматичних, мульти- та гіперспектральних космічних зображень

Просторова, радіометрична та темпоральна розрізненість

Просторова розрізненість показує мінімальний розмір об'єкта земної поверхні, який ще може бути розпізнаний на знімку. У практичному розумінні це розмір пікселя на місцевості. Для аграрного моніторингу різниця між 30 м і 10 м є відчутною: у першому випадку піксель може охоплювати значну частину неоднорідного поля, у другому – краще передає внутрішню структуру посіву.

✓ дуже низька просторова розрізненість – 10 000–1 000 м;

- ✓ низька – 30–1 000 м;
- ✓ середня – 10–30 м;
- ✓ висока – 1–10 м;
- ✓ дуже висока – 0,3–1 м.

Серед комерційно доступних космічних знімків однією з найкращих вважають просторову розрізненість близько 30 см, яку забезпечують окремі сучасні супутникові системи. Висока деталізація корисна для уточнення меж об'єктів, роботи з інфраструктурою, лісосмугами, садовими насадженнями та дрібними елементами землекористування. (рис. 1. 3, в).

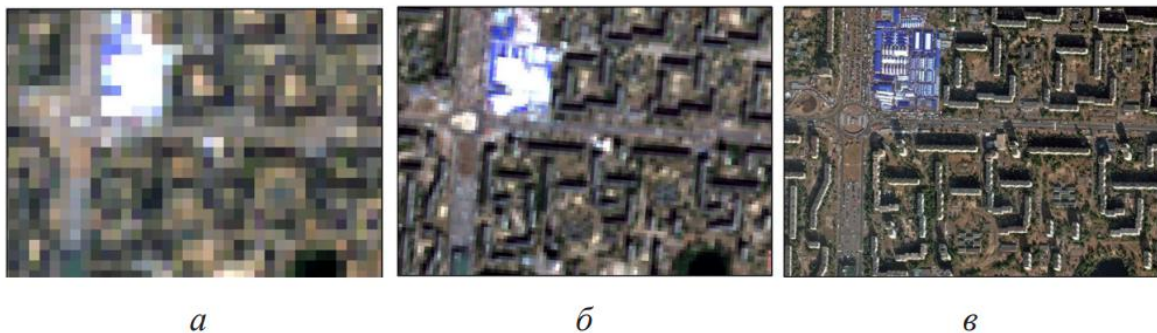


Рис. 1.3. Просторова розрізненість 30 м – Landsat 8 (а), 10 м – Sentinel2 (б), 1,24 м – WorldView 3 (в)

Радіометрична розрізненість описує кількість можливих закодованих значень спектральної яскравості для кожної зони спектра. Вона виражається числом біт на піксель. Якщо використовується 6 біт, зображення має 64 градації яскравості; за 8 біт – 256 градацій; за 16 біт – 65 536. Що більша кількість градацій, то тонші відмінності у відбитті може зафіксувати сенсор. (рис. 1.4).



Рис.1.4. Приклад градації кольорів восьми бітного зображення

Більшість сучасних супутникових систем мають радіометричну розрізненість не нижче 12 біт на піксель. Наприклад, Landsat 8 працює з 12-бітними даними, а Sentinel-2 – з 16-бітними. Це збільшує обсяг файлів, але водночас підвищує точність оцінювання коефіцієнтів спектрального відбиття і зменшує вплив шумів.

Темпоральна розрізненість – це проміжок часу між повторними зніманнями тієї самої території. Чим частіше супутник повертається над об’єктом, тим вища можливість спостерігати динаміку. Для агровиробництва це важливо: фаза розвитку культури, наслідки посухи або підтоплення можуть змінюватися дуже швидко. Темпоральна розрізненість залежить від параметрів орбіти, кількості супутників у системі та ширини смуги знімання.

Під час вибору даних для аналізу динаміки слід враховувати погодні умови. Пасивні оптичні сенсори реєструють відбите сонячне випромінювання, яке не проходить крізь хмари. Тому у весняно-осінній період, коли хмарність часто висока, пошук якісного безхмарного знімка може стати окремою проблемою. (табл. 1. 1).

Таблиця 1.1. Приклади періодичності знімання різних супутників

| Супутник | Час | Ширина смуги зйомки, км |
|-----------------|----------|-------------------------|
| NOAA | 30 хв | 2900 |
| Aqua/MODIS | 0,5 доби | 2300 |
| Landsat 8 | 16 діб | 185 |
| Sentinel 2A, 2B | 5 діб | 290 |
| RapidEye | 5 діб | 77 |
| PlanetScope | 1 доба | 24 |
| WorldView-3 | 1 доба | 13,1 |

Носії ДЗЗ, растрові та векторні дані у ГІС

За типом носіїв системи дистанційного зондування поділяють на авіаційні й космічні. До авіаційних належать літаки, гелікоптери, планери, безпілотні літальні апарати та аеростати. Космічні носії представлені штучними супутниками Землі та орбітальними станціями. Вибір носія залежить від площі дослідження, потрібної деталізації, вартості робіт і періодичності спостережень.

У ГІС растрові зображення часто мають розділення в межах 200–600 dpi, хоча для аеро- та космічних матеріалів цей показник може бути значно більшим. Головний недолік растрової моделі — великий обсяг

даних. Через це застосовують алгоритми стиснення. Натомість перевага растра полягає в тому, що позиційна й змістова інформація поєднані в єдиній матриці. Космічний знімок є типовим прикладом такого подання.

Кожен піксель супутникового знімка містить не лише відомості про спектральні властивості об'єкта, а й інформацію про його просторове положення. У цифровій картографії дані організують у тематичні шари. Кожен шар об'єднує об'єкти спільної тематики й одного типу геометрії: точки, лінії або полігони. Це можуть бути шари водойм, лісів, доріг, полів, вирубок, населених пунктів, сміттєзвалищ чи інших об'єктів.

Пошарова організація робить карту гнучкою. Користувач може вмикати або вимикати потрібні шари, змінювати символіку, налаштовувати підписи, виконувати просторові запити та поєднувати різні джерела даних. Супутниковий знімок у такій системі виступає растровим шаром, а об'єкти, виділені за результатами дешифрування, часто оформлюються як векторні шари.

Одним із найпоширеніших форматів векторних географічних даних залишається Shapefile, або шейп-файл. Його було запроваджено у середовищі ArcView GIS, і формат досі широко використовується завдяки простоті та сумісності з багатьма програмами. Водночас шейп-файл не є одним файлом (рис. 1.5). Це набір пов'язаних файлів з однаковою назвою і різними розширеннями, у яких зберігаються геометрія, атрибути, індекси та просторова прив'язка.

Під час копіювання шейп-файлу потрібно переносити весь комплект пов'язаних файлів. Якщо залишити лише один компонент, шар може не відкритися або втратити частину інформації. Важлива особливість формату полягає ще й у тому, що в одному шейп-файлі можуть міститися об'єкти лише одного геометричного типу: або точки, або лінії, або полігони. (рис. 1.6).

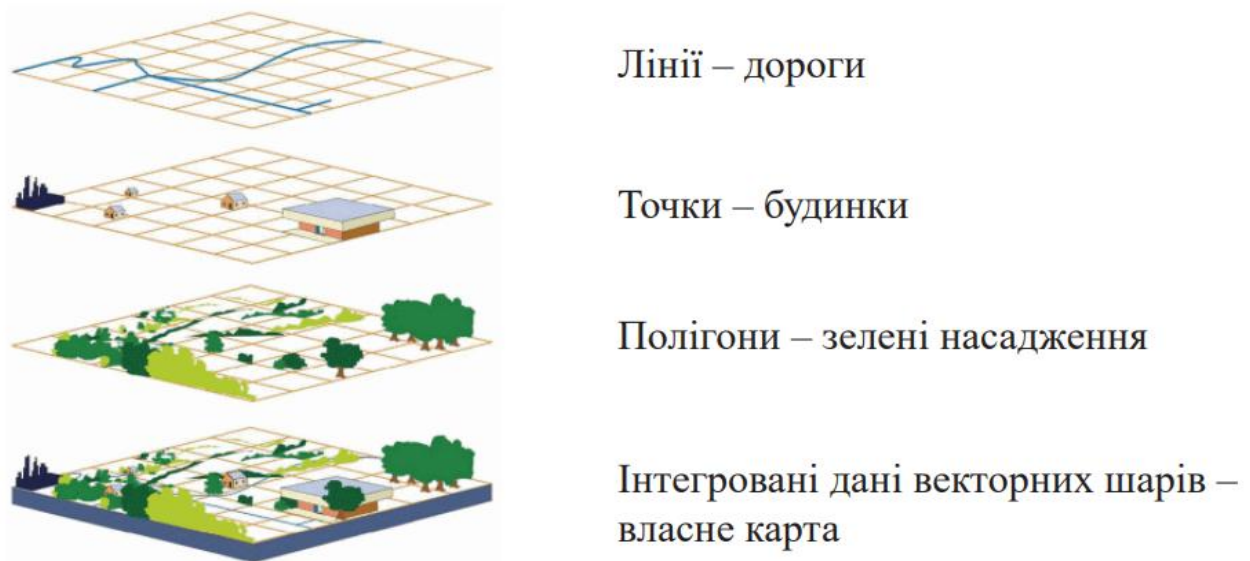


Рис. 1.5. Схема представлення векторних шарів електронної карти

| ▼ c:\Users\visua\База\РН_ГИС\2022\Ліс.zip\Ліс*.* | | | | | * | ▼ |
|---|-----|-----------|------------------|--------|---|---|
| ↑ [Авто] Имя | Тип | Размер | Дата | Атрибу | | |
| 🏠 [..] | | <Папка> | 19.09.2022 23:02 | ---- | | |
| <input type="checkbox"/> ЛісЖитОбл | cpg | 5 | 24.02.2020 05:35 | -a-- | | |
| <input type="checkbox"/> ЛісЖитОбл | dbf | 136 022 | 24.02.2020 05:35 | -a-- | | |
| <input type="checkbox"/> ЛісЖитОбл | prj | 151 | 24.02.2020 05:35 | -a-- | | |
| <input type="checkbox"/> ЛісЖитОбл | sbn | 17 708 | 24.02.2020 05:35 | -a-- | | |
| <input type="checkbox"/> ЛісЖитОбл | sbx | 1 588 | 24.02.2020 05:35 | -a-- | | |
| <input type="checkbox"/> ЛісЖитОбл | shp | 4 961 828 | 24.02.2020 05:35 | -a-- | | |
| <input type="checkbox"/> ЛісЖитОбл | shx | 14 212 | 24.02.2020 05:35 | -a-- | | |

Рис. 1.6. Структура шейп-файлу

Приклад накладання шару лісового покриву Житомирської області на космічний знімок з осередками пожежі демонструє аналітичну цінність поєднання растрових і векторних даних (рис. 1.7). Такий підхід дає змогу не лише побачити факт займання, а й уточнити, яка частина лісового масиву потрапила до зони впливу, де розміщені осередки відкритого вогню та які території потребують першочергової уваги [5, 9, 10].

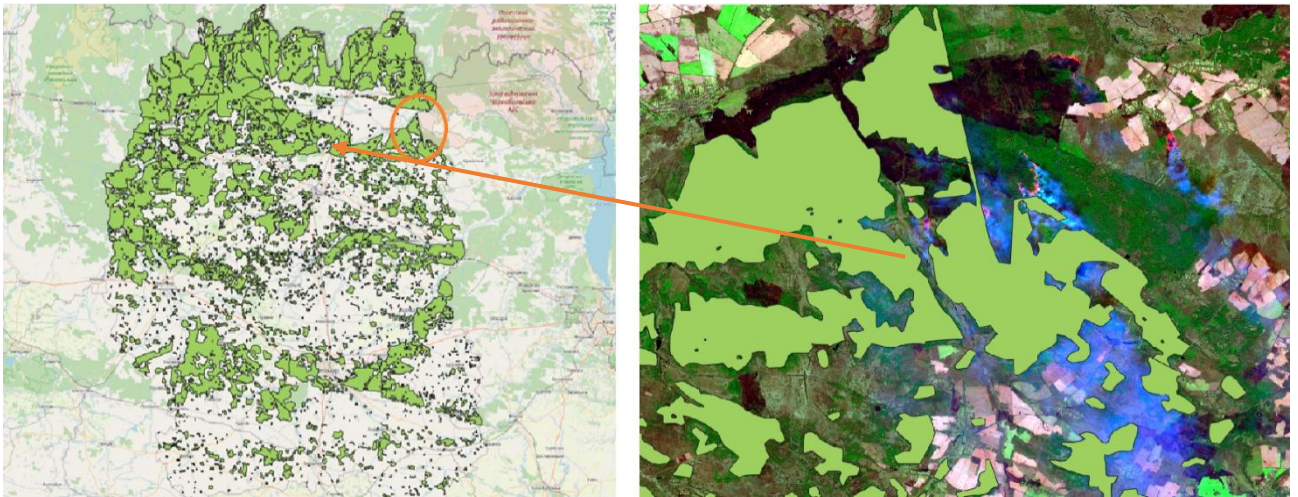


Рис. 1.7. Фрагмент шару лісового покриття Житомирської області з лісовою пожежею

Дешифрування та тематична обробка супутникових знімків

Космічний знімок містить великий обсяг інформації, але ця інформація не завжди читається безпосередньо. Щоб перетворити зображення на карту, застосовують інструменти геоінформаційних систем і спеціалізованого програмного забезпечення. Програмні рішення можуть бути комерційними або відкритими, однак логіка роботи залишається подібною: знімок потрібно підготувати, проаналізувати, інтерпретувати й подати у вигляді тематичного результату.

Опрацювання даних ДЗЗ охоплює багато методів. Їхня спільна мета – отримати на основі космічного знімка карту або набір просторових даних, що відображають важливі для дослідника об’єкти та явища. Цей процес називають дешифруванням знімка [4, 8].

Тематична обробка полягає в розпізнаванні об’єктів і процесів за дешифрувальними ознаками. До таких ознак належать властивості об’єктів, їхні просторові взаємозв’язки, характер прояву на зображенні, а також певні закономірності розміщення. Найуживанішими методами тематичної обробки є комбінування каналів, класифікація зображень і створення спектральних індексів.

Папка супутникового знімка зазвичай містить набір файлів, кожен із яких відповідає окремому спектральному каналу. У найпростішому вигляді канал можна відкрити як чорно-біле

зображення: світліші ділянки означають вищу інтенсивність відбиття в певному діапазоні, темніші – нижчу. Один і той самий об’єкт у різних каналах може виглядати по-різному, і саме ця відмінність є основою тематичного аналізу. (рис. 1.8).

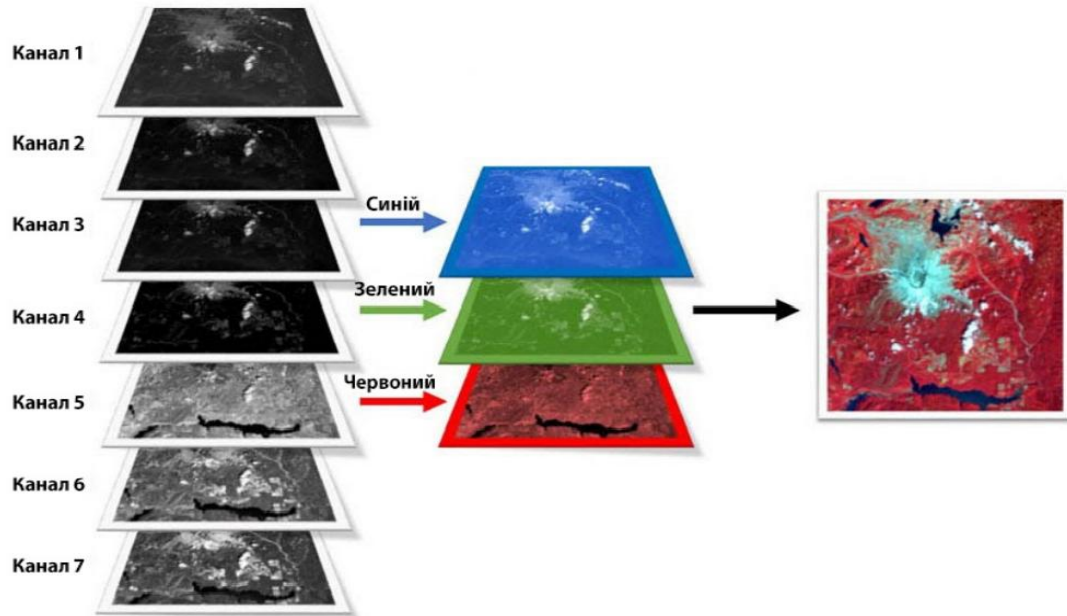


Рис. 1.8 Синтез каналів супутника

Назви файлів каналів часто відрізняються лише порядковим номером після літери В, що походить від англійського band – канал. Наприклад, В01 позначає перший канал. Кожна супутникова система має власну специфікацію каналів, тому їхній склад і просторова розріненість можуть істотно відрізнятись. У Sentinel-2, наприклад, канал В01 має просторову розріненість 60 м, тоді як В03 – 10 м.

Для створення зображення у природних кольорах обирають три канали, що відповідають червоному, зеленому і синьому діапазнам видимої частини спектра. Для Sentinel-2 такою комбінацією є В04, В03, В02. У ній здорова рослинність має зелений колір, відкриті або нещодавно очищені поля – світлі тони, ослаблена рослинність – коричневі й жовті відтінки, дороги – сірий колір, а берегова лінія часто виглядає світлою.

| Sentinel 2 | | | | | | | | |
|---|---------------------|---------------------------|--|---------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| Спектральні канали | Довжина хвилі (мкм) | Просторова розрізність, м | Спектральні канали | Довжина хвилі (мкм) | Просторова розрізність, м | Спектральні канали | Довжина хвилі (мкм) | Просторова розрізність, м |
| Канал 1 (<i>Ultra Blue</i>) | 0,433–0,453 | 60 | Канал 6 (<i>Vegetation Red Edge</i>) | 0,733–0,747 | 20 | Канал 9 (<i>Water vapour</i>) | 0,935–0,955 | 60 |
| Канал 2 (<i>Blue</i>) | 0,458–0,522 | 10 | Канал 7 (<i>Vegetation Red Edge</i>) | 0,773–0,793 | 20 | Канал 11 (<i>SWIR1</i>) | 1,565–1,655 | 20 |
| Канал 3 (<i>Green</i>) | 0,543–0,577 | 10 | | | | Канал 10 (<i>SWIR, Cirrus</i>) | 1,360–1,390 | 60 |
| Канал 4 (<i>Red</i>) | 0,650–0,680 | 10 | Канал 8 (<i>NIR</i>) | 0,784–0,899 | 10 | Канал 12 (<i>SWIR2</i>) | 2,100–2,280 | 20 |
| Канал 5 (<i>Vegetation Red Edge</i>) | 0,698–0,712 | 20 | Канал 8a (<i>Vegetation Red Edge</i>) | 0,855–0,875 | 20 | | | |

Рис. 1.9. Спектральні канали Sentinel 2

Комбінація природних кольорів є зручною для загального огляду території, але вона приховує частину інформації. Водні об'єкти можуть виглядати надто темними, а відмінності у стані рослинності не завжди виявляються достатньо чітко. Тому для аналізу посівів, ґрунтів, пожеж, вологи або снігового покриву використовують псевдокольорові комбінації з участю ближнього, середнього чи короткохвильового інфрачервоного діапазонів.

Приклади комбінацій каналів Sentinel-2

B08, B04, B03 (NIR, Red, Green) – комбінація «штучні кольори». Рослинність у ній відображається червоними тонами, забудова – блакитними, а ґрунти – від темно- до світло-коричневих. Насичений червоний колір часто відповідає добре розвиненій широколистяній рослинності, тоді як світліші червоні відтінки можуть указувати на луки або розріджений рослинний покрив. Комбінація зручна для аналізу стану посівів і моніторингу ґрунтового покриву.

B12, B11, B04 (SWIR2, SWIR1, Red) – комбінація «штучні кольори – урбо». Вона добре підкреслює межі води, льоду й снігу, оскільки ці об'єкти сильно поглинають випромінювання у середньому

інфрачервоному діапазоні. Гарячі поверхні, зокрема лісові пожежі, можуть відображатися червоними або жовтими тонами. Тому ця комбінація корисна для аналізу пожеж і просторового розмежування забудови, рослинності та відкритих поверхонь.

B11, B8A, B02 (SWIR1, Red Edge 8A, Blue) часто використовують як аграрну комбінацію. Яскраво-зелений колір відповідає активній і здоровій рослинності, темно-зелений – хвойним насадженням, а коричневі та лілові відтінки – відкритим ґрунтам або ділянкам із розрідженим покривом. Для моніторингу сільськогосподарських культур це одна з найбільш практичних комбінацій.

B8A, B11, B02 (Red Edge 8A, SWIR1, Blue) використовують для виявлення здорової рослинності. Рослинний покрив відображається червоними, коричневими, помаранчевими та жовтими тонами; ґрунти можуть бути зеленими або коричневими, а міська забудова – білою, блакитною чи сірою. Чиста глибока вода зазвичай виглядає дуже темною, тоді як мілка або насичена завислими речовинами вода набуває світло-блакитних відтінків.

B11, B8A, B04 (SWIR1, Red Edge 8A, Red) застосовують для вегетаційного аналізу. Вона створює виразні колірні контрасти: здорова рослинність має яскраво-зелений вигляд, а ґрунти – ліловий. Комбінація зручна для лісового господарства, зокрема для виявлення ділянок, уражених шкідниками або іншими факторами ослаблення.

B12, B8A, B04 (SWIR2, Red Edge 8A, Red) є комбінацією короткохвильового інфрачервоного діапазону. Вона чутлива до вмісту вологи у листі та ґрунті, тому придатна для оцінювання зволоженості території, стану рослинності, порушень ґрунтового покриву й попереднього розпізнавання типів ґрунтів.

B12, B8A, B03 (SWIR2, Red Edge 8A, Green) іноді використовують для зменшення атмосферного впливу. Здорова рослинність виглядає яскраво-зеленою, суха – помаранчевою, вода – синьою, а міська забудова – пурпурною. Комбінація корисна для геологічних, сільськогосподарських і водно-болотних досліджень, а також для аналізу згарищ.

B02, B11, B12 (Blue, SWIR1, SWIR2) придатна для розпізнавання снігу та хмар. Сніг і лід активно відбивають випромінювання у видимій частині спектра, але сильно поглинають його у короткохвильовому інфрачервоному діапазоні. На такому зображенні сніг і лід часто мають яскраво-червоний або червоно-помаранчевий вигляд, вода є дуже темною, а хмари можуть залишатися білими.

Класифікація зображень і дешифрувальні ознаки

Космічні знімки є важливим джерелом тематичної інформації про землекористування і наземний покрив. Коли така інформація отримується за допомогою автоматизованих методів обробки зображень, говорять про автоматичну тематичну класифікацію. Її сутність полягає у зіставленні пікселя з певним класом об'єктів на основі його положення у просторі спектральних ознак.

Тут важливо розрізнити спектральні й тематичні класи. Спектральні класи – це групи пікселів із близькими значеннями відбиття. Тематичні класи – це реальні типи об'єктів, які потрібно отримати на карті: вода, відкритий ґрунт, хвойна або листяна рослинність, рілля, забудова тощо [6, 8]. Завдання класифікації полягає у встановленні зв'язку між цими двома рівнями.

Залежно від наявності вихідних даних і ролі користувача застосовують ручне, напівавтоматичне та автоматизоване дешифрування. Автоматизовані алгоритми поділяють на некеровані та керовані. Некерована класифікація не потребує попередніх еталонних ділянок: програма групує пікселі за подібністю спектральних характеристик. Цей підхід доречний, коли наземна інформація обмежена або тематичні класи ще не визначені.

Керована класифікація передбачає використання навчальних вибірок, або сигнатур. Користувач задає еталонні ділянки, які добре представляють певні тематичні класи, а алгоритм порівнює з ними всі пікселі знімка. Якість такого результату значною мірою залежить від правильності вибору сигнатур, знання території та наявності перевірочних матеріалів.

Під час візуального дешифрування застосовують систему прямих і непрямих ознак. Прямі ознаки безпосередньо спостерігаються на знімку: форма, розмір, колір, фототон, тінь і структура. Непрямі ознаки виявляють взаємозв'язки між об'єктами, особливості їхнього розміщення або наслідки функціонування.

Форма передає обриси, характер меж і об'єм об'єкта. Геометрично визначені форми властиві спорудам, дорогам, мостам та іншим антропогенним елементам. Невизначені форми частіше характерні для природних об'єктів – лісів, луків, боліт. Витягнуті об'єкти можна розпізнавати навіть на знімках дрібнішого масштабу; за характером звивистості, наприклад, відрізняють дорогу від річки.

Розмір охоплює довжину, ширину і, за наявності стереоскопічної інформації, висоту об'єкта. Він залежить від масштабу зображення, але допомагає відрізнити подібні об'єкти між собою. Фототон важливий для чорно-білих матеріалів, хоча він нестійкий: на нього впливають освітлення, стан поверхні, вологість, кут знімання та інші чинники. На практиці часто застосовують спрощену шкалу від білого до чорного.

Тінь буває власною і падаючою. Власна тінь підкреслює об'ємність об'єкта, падаюча – проектує його форму на поверхню. На космічних знімках тіні не завжди виразні, однак для окремих вертикальних об'єктів вони можуть бути єдиною надійною ознакою. Колір істотно розширює можливості дешифрування, особливо у літній період, коли природні й антропогенні поверхні мають різноманітну кольорову гаму.

Структура зображення є комплексною ознакою. Вона відображає співвідношення площ, форм, розмірів, тонів і кількості елементів у межах контуру. Саме структура часто допомагає розпізнати ліс, чагарники, ріллю, сади, населені пункти або дорожню мережу. Непрямі ознаки особливо корисні тоді, коли прямі прояви недостатні. Дорога або стежка, що підходить до річки і продовжується на іншому березі, може вказувати на брід або переправу. Пересохла водойма може бути виявлена за котловиноподібним пониженням. Кар'єр,

гідровузол чи інший техногенний об'єкт іноді дешифрується не за формою, а за слідами діяльності довкола нього.

Особливості дешифрування окремих типів об'єктів

Гідрографічні об'єкти зазвичай розпізнаються порівняно легко, оскільки водна поверхня відрізняється від суходолу, а берегові лінії часто мають чіткі обриси. Водночас тон води залежить від глибини, прозорості, кольору дна, каламутності, хвилювання та наявності водної рослинності. Глибші водойми з мулистим або торф'янистим дном виглядають темнішими, тоді як мілкі річки й озера з піщаним або кам'янистим дном можуть мати світліший тон [8].

Малі річки й струмки, приховані під пологом лісу або чагарників, дешифруються складніше. У таких випадках використовують непрямі ознаки: зміну фототону крон, лінійність зволжених ділянок, рослинність уздовж русла. Пересихаючі водойми часто мають кілька смуг різного тону, що відповідають поступовому зниженню рівня води.

Рельєф на знімках проявляється через лінії перегину, тіні, зміну тону і характер просторового малюнка. Найкраще дешифруються форми з різкими перегинами, оголеними або незадернованими схилами: обриви, зсуви, осипи, скелі, яри. Частина рельєфних форм може бути прихована рослинністю, тому їх часто уточнюють за цифровими моделями висот.

Ліси та чагарники мають характерний зернистий рисунок. У деревостанів зернистість більша, у чагарників – дрібніша. Чергування округлих проєкцій крон і тіней формує нерівномірну структуру, за якою можна оцінювати склад, вік і щільність насаджень. Ялинники зазвичай темніші, змішані ліси світліші, а соснові ліси й діброви можуть виглядати строкато через розрідженість деревостану.

Рілля добре вирізняється чіткими межами, переважно прямокутними або чотирикутними контурами, а також смугастим рисунком, пов'язаним із борознами оранки чи іншими агротехнічними

операціями. Городи відрізняються меншими розмірами, близькістю до будівель і дрібнішою внутрішньою структурою.

Луки поділяються на заливні та суходільні. Заливні луки часто пов'язані з річковими долинами і мають безструктурний або розріджено-точковий рисунок. Сінокісні угіддя можуть містити сліди косіння: рядки скошеної трави, стоги, світлі зигзагоподібні лінії. Суходільні луки частіше мають невизначені контури і розміщуються серед лісів або ріллі.

Болота вирізняються неправильними, плавними обрисами. Якщо болото заліснене, на знімку з'являється зерниста структура; за відсутності дерев зображення має щільний тональний рисунок, що залежить від типу рослинності та ступеня зволоження.

Населені пункти розпізнаються за геометризованою формою будівель, регулярністю або напіврегулярністю планувальної структури, наявністю вулиць, дворів, господарських споруд. Дороги мають лінійний рисунок. Залізниці вирізняються прямолінійністю та плавними поворотами; ґрунтові дороги, навпаки, часто звивисті, неоднакові за шириною і мають світліший тон.

Спектральні індекси та індексні зображення

Індексні зображення є одним із найпоширеніших результатів опрацювання супутникових даних. На відміну від звичайного комбінування каналів, тут виконується математична операція з кількома спектральними каналами. У результаті кожен піксель отримує числове значення в певному діапазоні. Це дає змогу порівнювати різні території або одну територію в різні дати.

Спектральні індекси описують співвідношення відбиття електромагнітного випромінювання в різних каналах супутникової зйомки. Спершу вони активно застосовувалися для оцінювання стану рослинності, тому багато з них називають вегетаційними. Проте нині індексні підходи використовують також для дослідження водних об'єктів, згарищ, ґрунтів, снігу, урбанізованих поверхонь і вологості.

NDVI = (B08 – B04) / (B08 + B04) – нормалізований різницевий індекс рослинності. Його застосовують для моніторингу посух, аналізу стану посівів і загальної оцінки рослинного покриву. Розрахунок ґрунтується на різниці між сильним поглинанням червоного випромінювання хлорофілом і високим відбиттям здорової рослинності у ближньому інфрачервоному діапазоні.

У теоретичному наближенні вищі значення NDVI відповідають інтенсивнішій зеленій біомасі. Проте у реальних ландшафтах ця залежність не завжди проста. Сільськогосподарські культури, заболочена рослинність, пожежі, пошкодження шкідниками або фаза розвитку рослин можуть істотно змінювати значення індексу. Саме тому NDVI бажано інтерпретувати разом із польовими даними, відомостями про культуру, фазу вегетації та погодні умови.

SIP1 = (B08 – B02) / (B08 – B04) використовують для виявлення ранніх ознак фізіологічного стресу рослин. Його доцільно аналізувати разом із NDVI, особливо на територіях зі складною структурою рослинного покриву. Для аграрного моніторингу цей індекс може бути допоміжним показником під час оцінювання неоднорідності посівів.

NBR = (B8A – B12) / (B8A + B12) – нормалізований індекс горіння. Він поєднує ближній та короткохвильовий інфрачервоні канали й дає змогу виділяти вигорілі ділянки. Перед його використанням знімки бажано коригувати за значеннями спектрального відбиття, щоб зменшити вплив освітлення й атмосферних умов.

NDWI = (B03 – B08) / (B03 + B08) – нормалізований різницевий водний індекс. Він використовує співвідношення зеленого каналу та ближнього інфрачервоного випромінювання і застосовується для виокремлення водних об'єктів, аналізу їхніх меж, просторової динаміки та окремих характеристик водної поверхні. У практиці ГІС такі індекси допомагають швидко переходити від знімка до тематичної карти.

Висновок

Дані дистанційного зондування Землі є одним із ключових інформаційних ресурсів сучасних ГІС. Вони забезпечують оперативне

спостереження за станом земної поверхні, дозволяють поєднувати растрові та векторні шари, виконувати тематичне дешифрування, класифікацію і розрахунок спектральних індексів. Для аграрних досліджень це особливо важливо, оскільки супутникові знімки дають змогу оцінювати стан рослинності, структуру землекористування, вологість, наслідки пожеж, посухи або інших небажаних процесів. ГІС у цьому випадку виступає не лише середовищем візуалізації, а й інструментом просторового мислення, аналізу та прийняття рішень.

Заняття №1

ВЕКТОРИЗАЦІЯ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Тривалість заняття:

- 2 години

Мета: побудова та редагування векторних об'єктів.

✓ вміння будувати векторні об'єкти;

Навички: ✓ вміння редагувати векторні об'єкти;

✓ вміння експортувати об'єкти.

Завдання:

1) Побудувати 5 сільськогосподарських полів у вигляді полігональних об'єктів.

2) Побудувати офіс господарства.

3) Побудувати МТП.

4) Побудувати елеватор.

5) Відредагувати поля, офіс, МТП, елеватор.

6) Ознайомлення з атрибутивною інформацією.

7) Експорт створених векторних об'єктів.



Методичні рекомендації до виконання



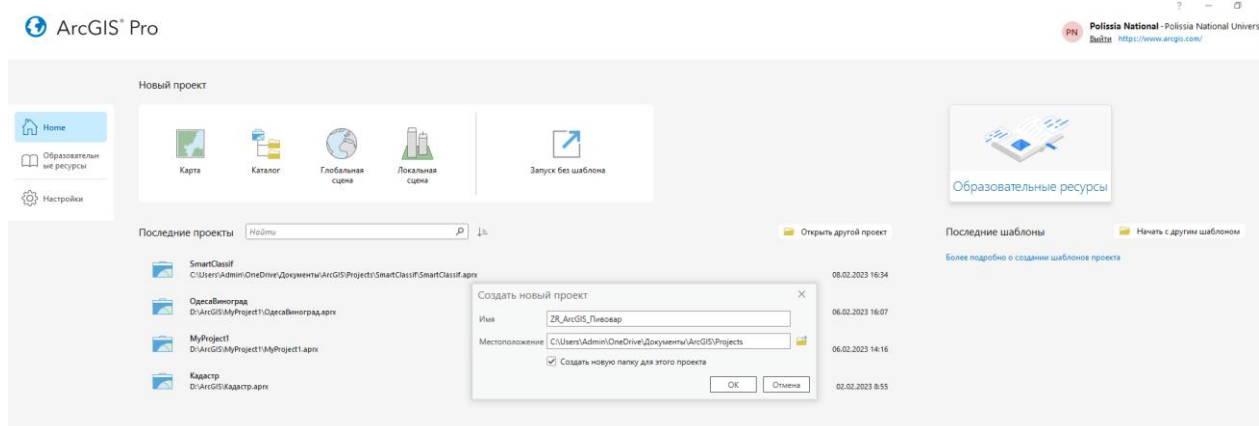
Перед початком виконання потрібно створити новий проект та карту.



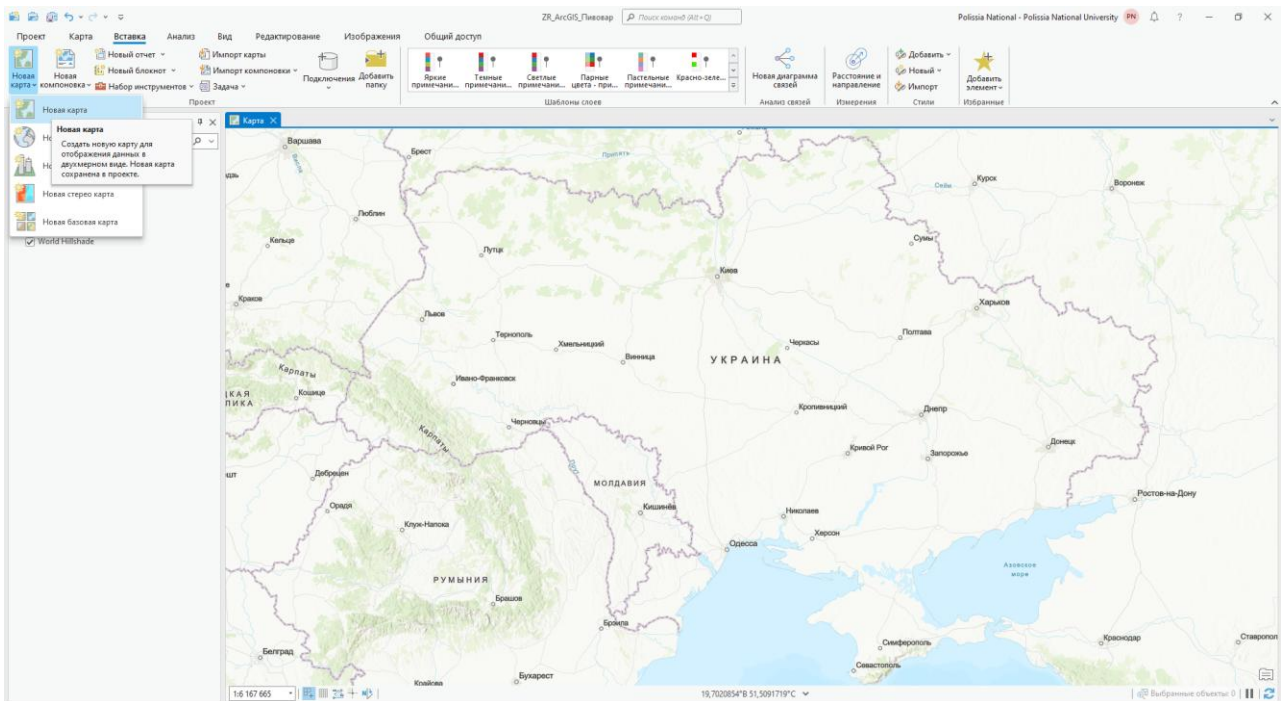
Заходимо ArcGIS Pro.  Іконка на робочому столі.



Створюємо новий проект – натискаємо **Карта**, даємо назву «ZR_ArcGIS_Прізвище»

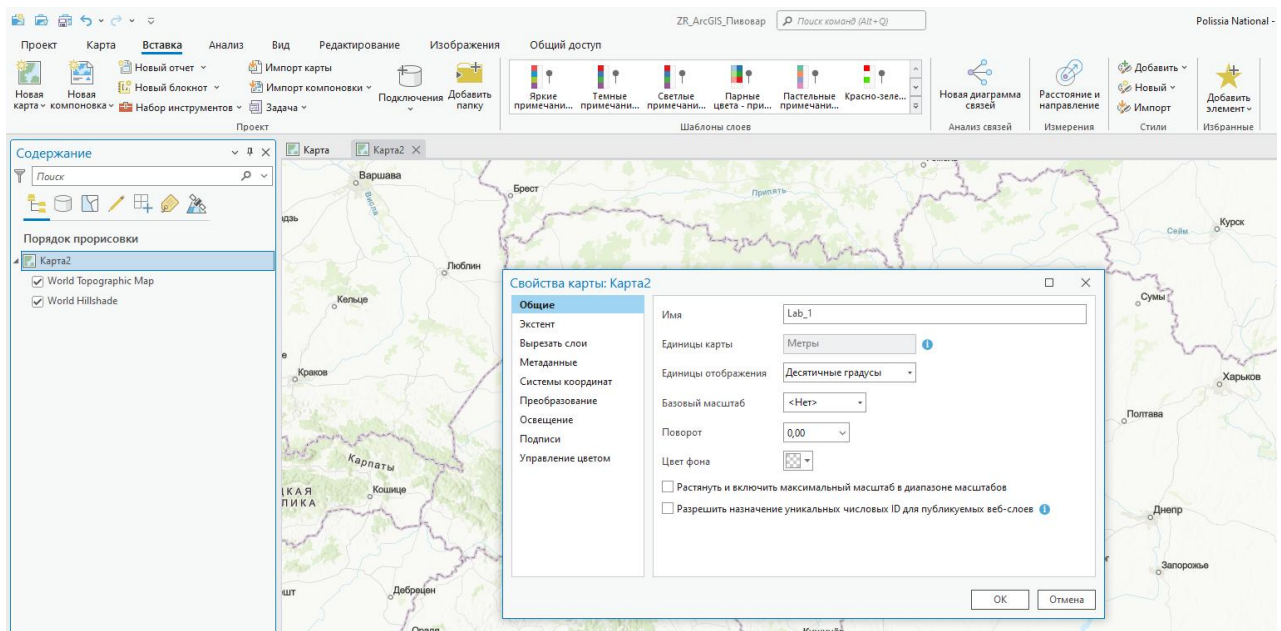


0.1. Створюємо нову карту Вкладка Вставка – Нова карта



0.2. Перейменовуємо її (Карту) на «Lab_1»

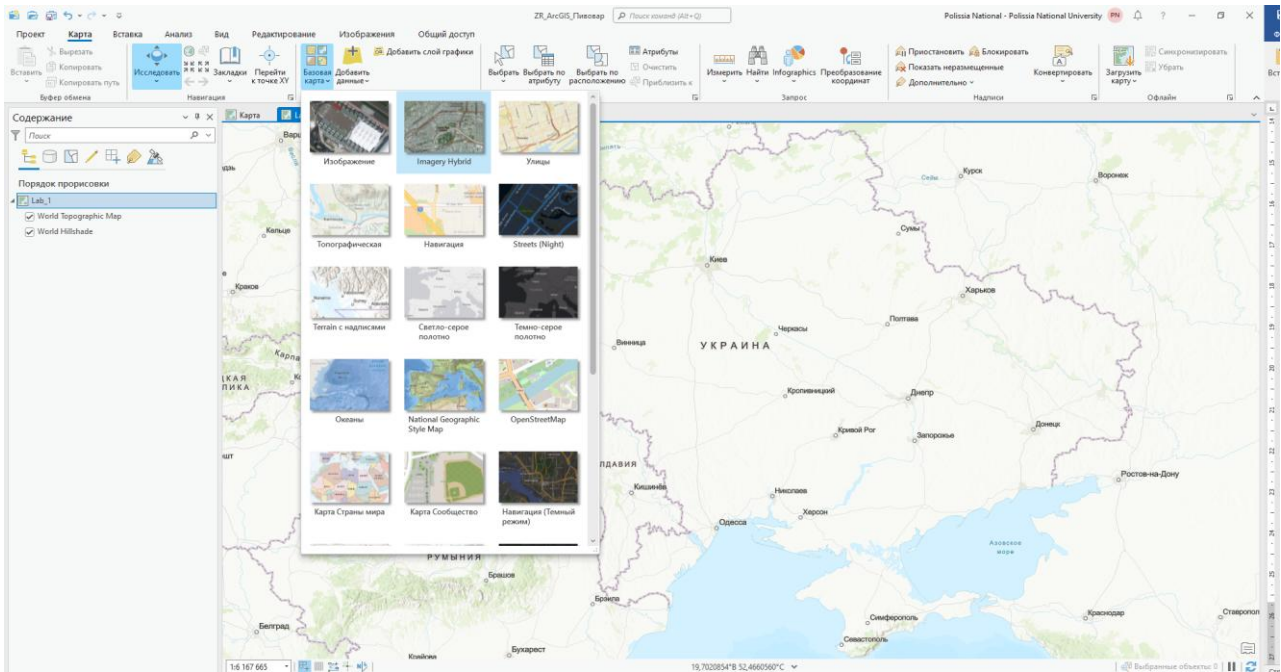
Правою кнопкою миші клацнути по новій карті – вибрати **Свойства** – вибрати вкладку **Общие** – в полі ім'я ввести Lab_1



1) Побудувати 5 сільськогосподарських полів у вигляді полігональних об'єктів (Полігон)

1.1. Змінюємо базову карту

Вкладка **Карта** – кнопка **Базова карта** – вибрати **Imagery Hybrid**

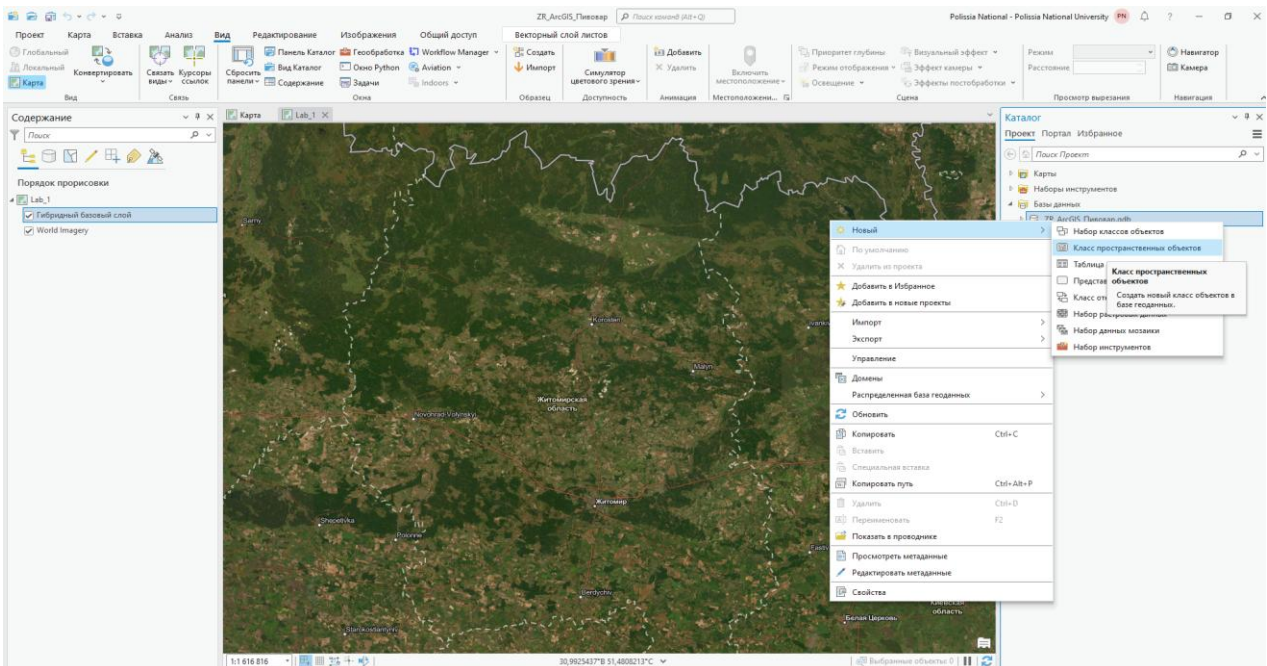


1.2. Знаходимо область інтересу.

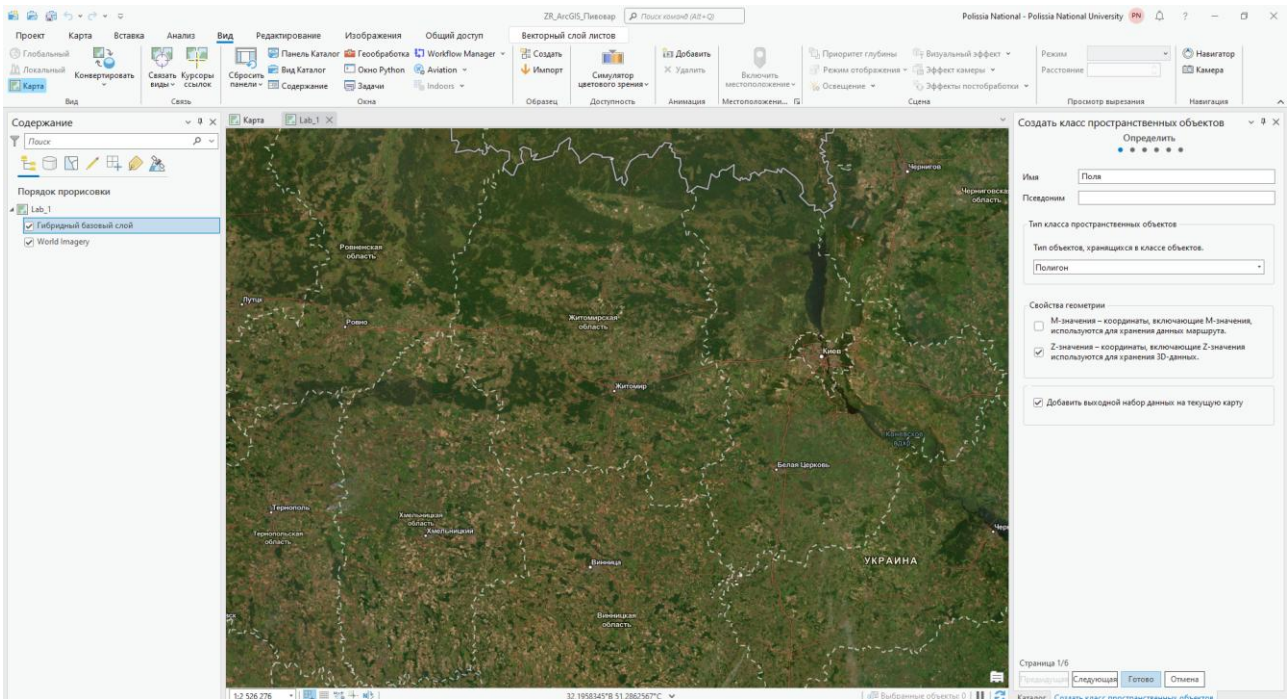
Використовуємо ліву кнопку миші для переміщення по площині карти та скрол миші для збільшення або зменшення.

1.3. Будуємо векторний об'єкт в базі даних.

Заходимо у вкладку **Вид** – **Панель каталог** – **Бази даних** – (правою кнопкою миші по базі даних) – **Новий** – **Клас просторових об'єктів**.



1.4. В полі Ім'я вводимо назву «Поля» - в полі Тип просторового об'єкту перевіряємо щоб в розділі Тип класу просторового об'єкту було вибрано **Полігон** – натискаємо кнопку **Готово**.



2) Побудувати офіс господарства (Точка).

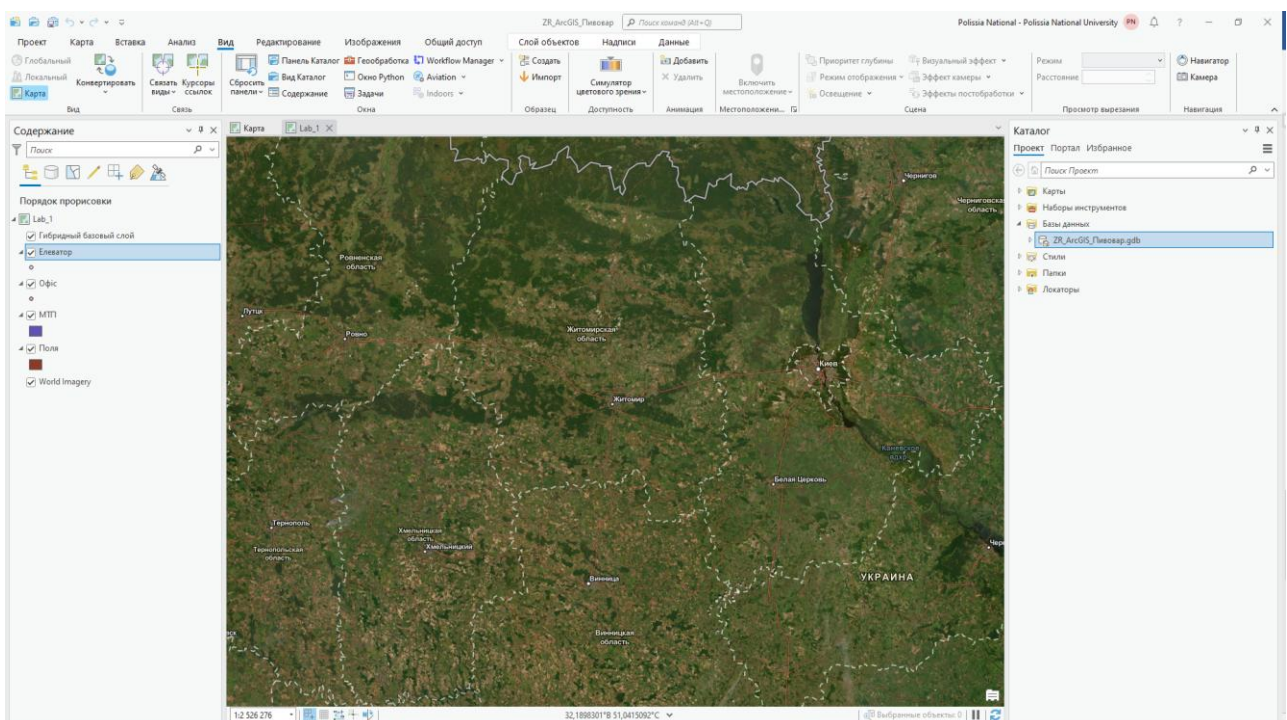
2.1. Все робимо так само як в пунктах 1.2. – 1.4. окрім в полі Тип просторового об'єкту вибираємо Точка.

3) Побудувати МТП (Полігон).

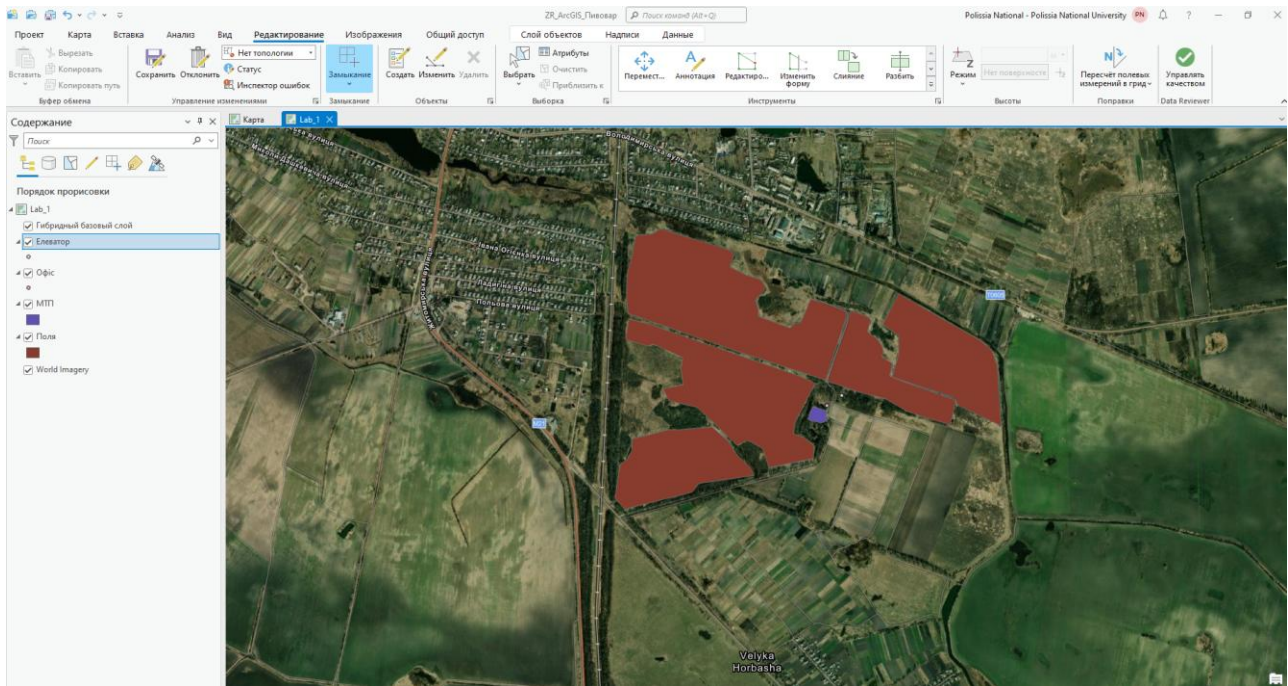
Все робимо так само як в пунктах 1.2. – 1.4.

4) Побудувати елеватор (Точка).

Все робимо так само як в пунктах 1.2. – 1.4.



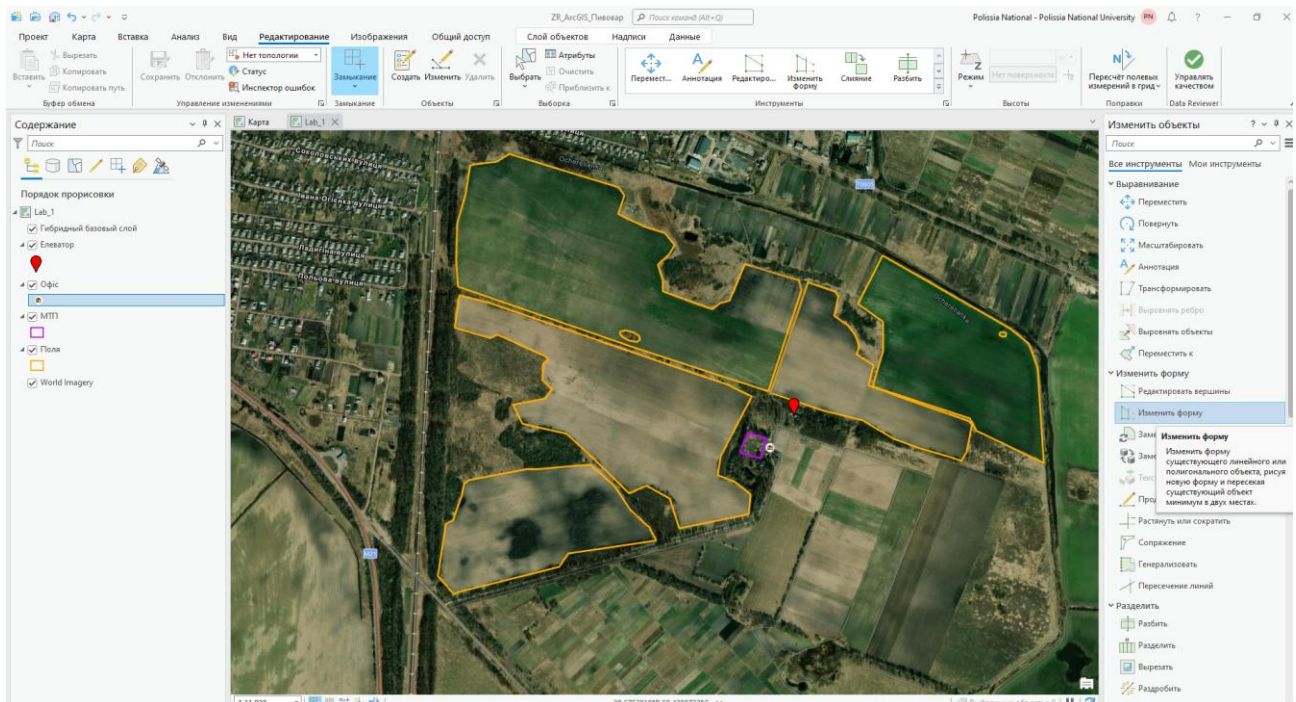
В результаті виконання операцій отримуємо зображення подібне наступному



5) Відредагувати Поля, Офіс, МТП, Елеватор

5.1. Зміна форми полігону поля.

Послідовно обираємо вкладки **Редагування – Зміна – Змінити форму**

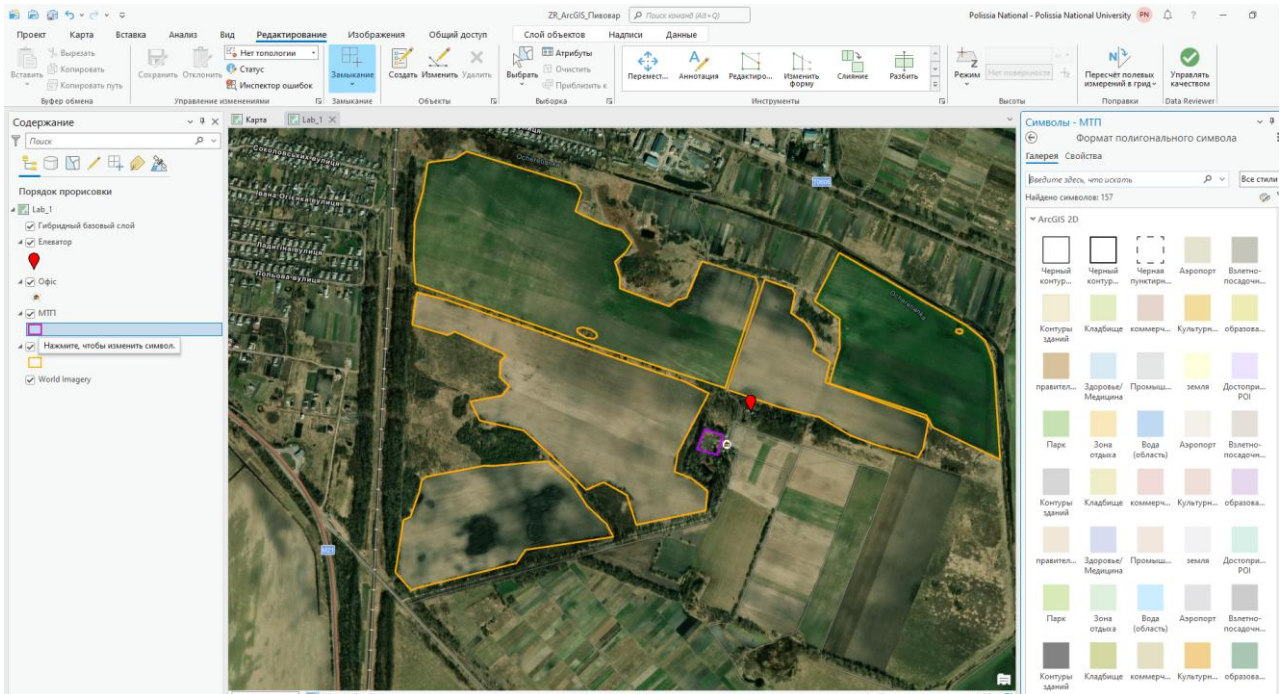


5.2. Вирізання куців та боліт в полігонах полів.

Послідовно обираємо вкладки **Редагування – Зміна – Розбити**

5.3. Зміна кольору полігонів полів.

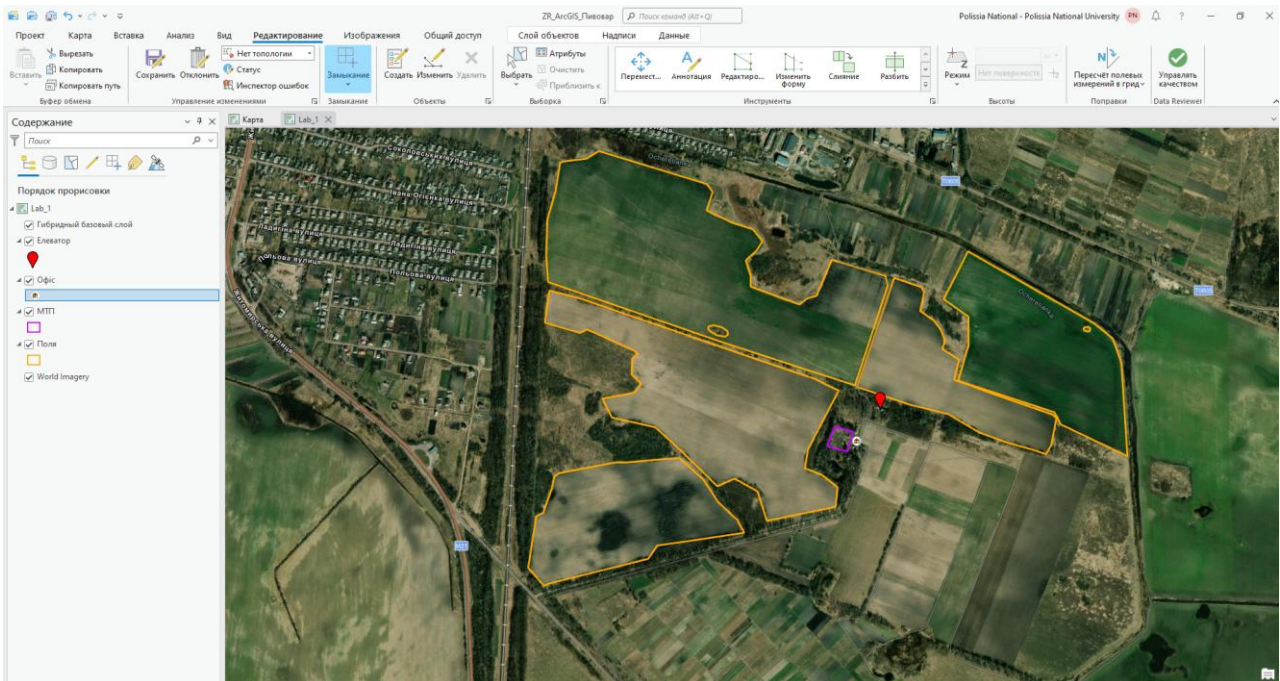
Натискаємо на символ на панелі змісту. У вкладці Галерея обираємо тип символу, у вкладці Властивості обираємо колір та розміри.



5.4. Зміна форми та кольору точки.

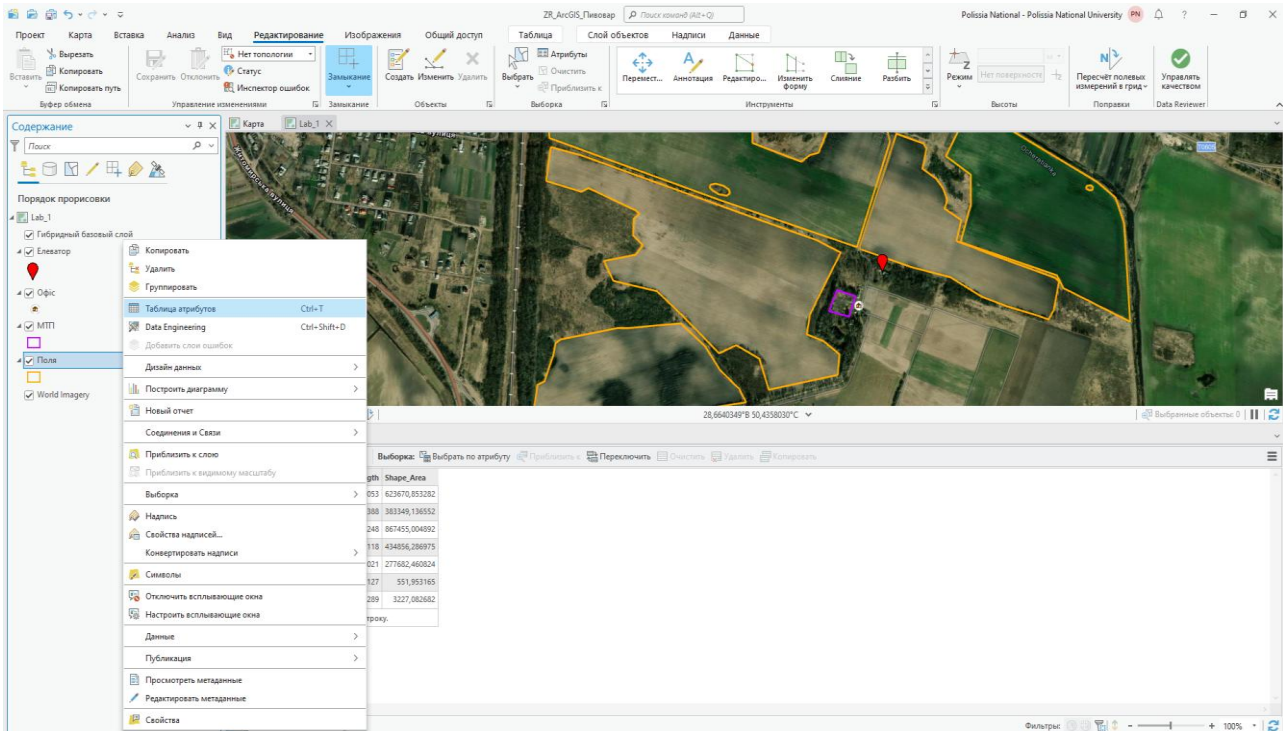
Аналогічно пункту 5.3.

Після проведених змін потрібно отримати наступне зображення.



б) Ознайомлення з атрибутивною інформацією.

Обираємо потрібний шар в таблиці змісту – права кнопка миші – Таблиця атрибутів.

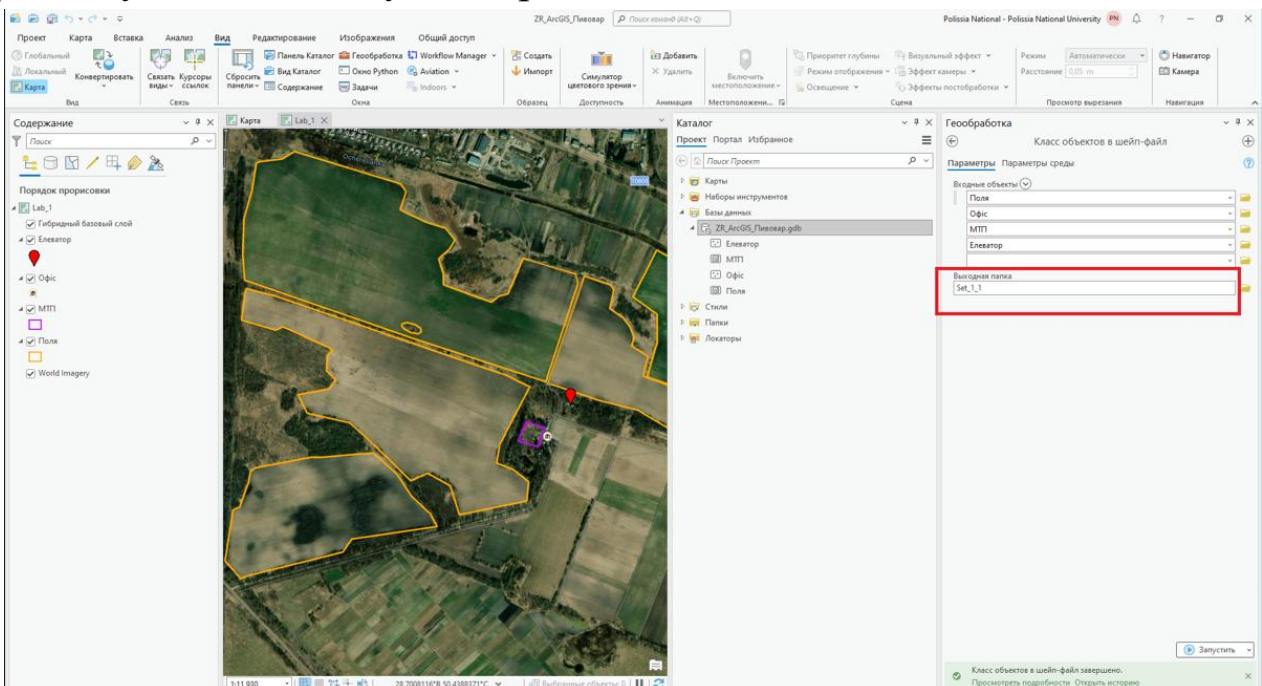


7) Експорт створених векторних об'єктів

Попередньо створюємо папку під назвою Set_1_1.

Послідовно натискаємо **Вид – Панель каталог – Базы даних – права кнопка миші – Экспорт – Классы объектов у шейп-файлы**

Видаляємо непотрібні дані (за потреби), вказуємо місце розташування та назву експортованих об'єктів.



Заняття №2

РОБОТА З ВЕКТОРНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Тривалість заняття: - 2 години

Мета: навчитися виконувати операції з обробки векторних об'єктів.

Навички:

- ✓ вміння виділяти векторні об'єкти;
- ✓ вміння вирізати векторні об'єкти;
- ✓ вміння підписувати векторні об'єкти.

Вхідні дані:

1. Set_1.1 - дані з лабораторної роботи №1;
2. Set_2.1 – адміністративний устрій України;
3. Set_2.2 – набір даних річки, водойми, залізниця, станції, дороги).

2.1) Створити нову карту, назвати її Lab 2.

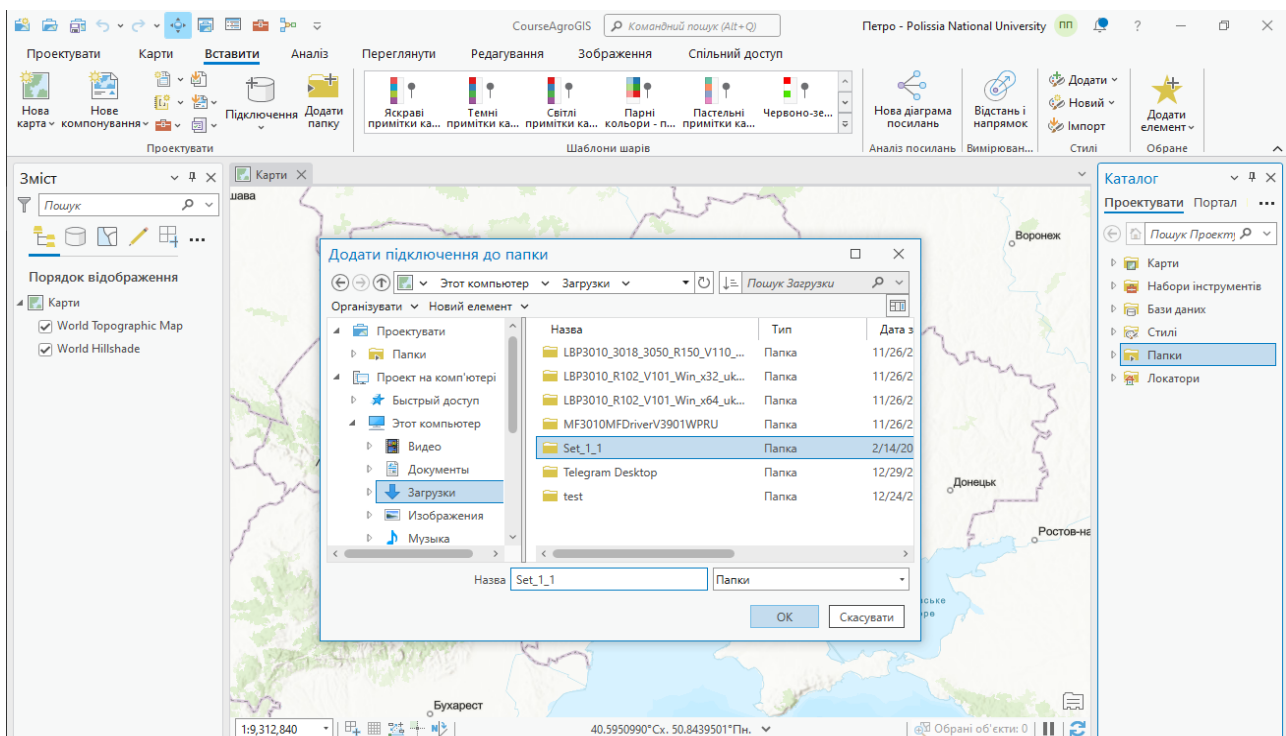
Відкриваємо Ваш проект «ZR_ArcGIS_Прізвище»

Все робимо так само як в пунктах 0.3-0.4

Завантажити та відобразити дані лабораторної №1 –

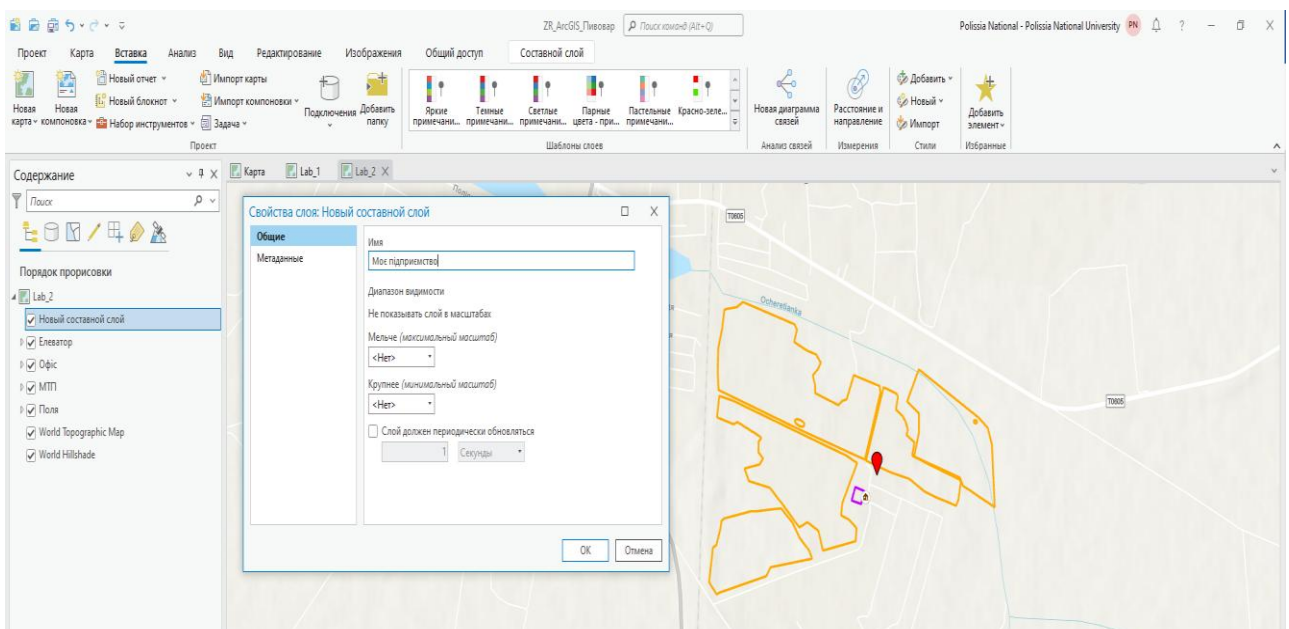
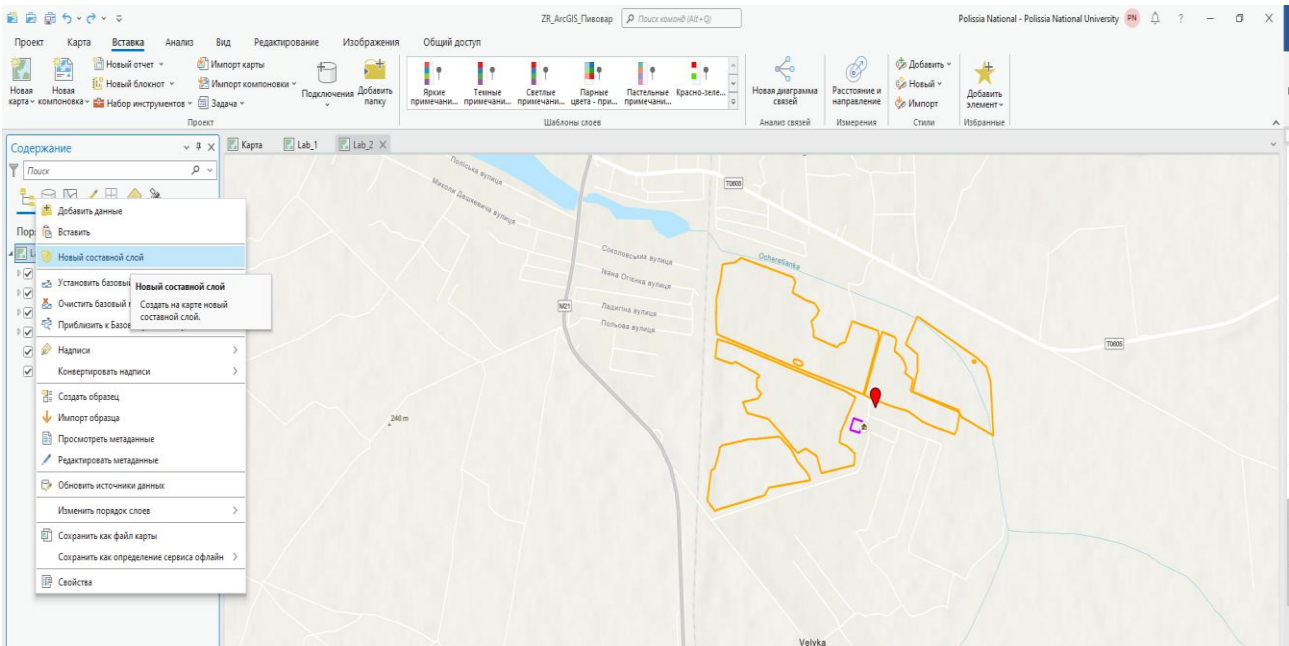
Завдання: Set 1.1.

2.2) В панелі **Каталог** правою кнопкою миші клацаємо на пункті **Папки** і вибираємо **Додати підключення до папки** і вибираємо збережену базу даних Set_1.1. з Лабораторної роботи №1



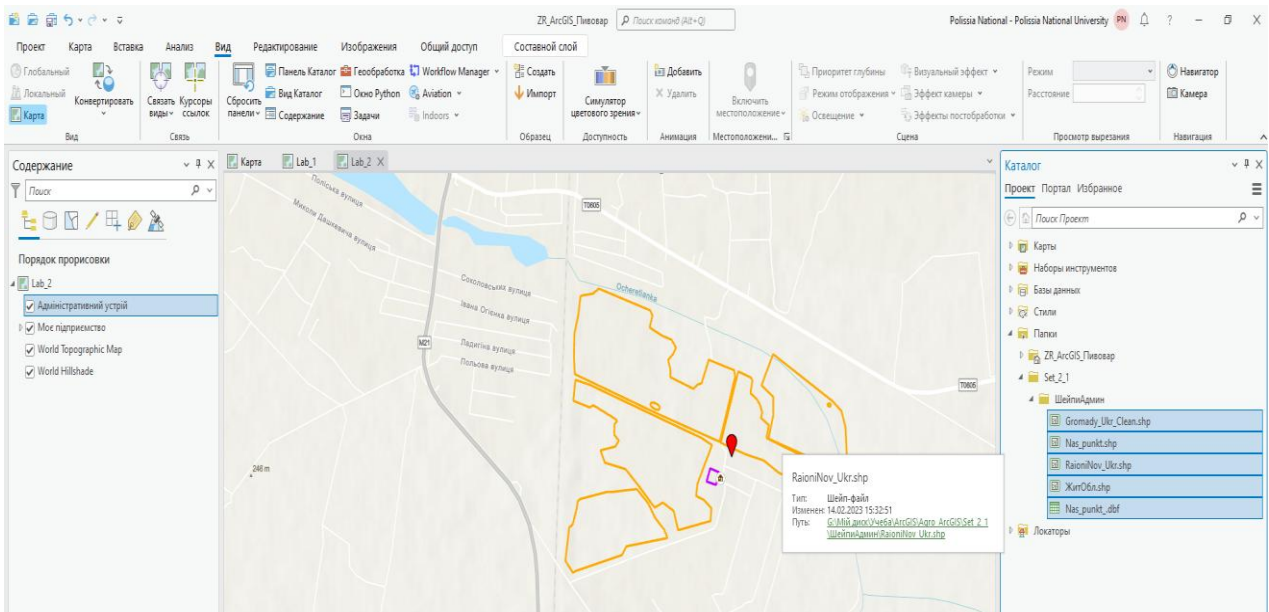
Відкриваємо в панелі **Каталог Папки** і знаходимо там папку **Set_1.1.** – всі об'єкти додаємо до карти.

В панелі зміст створюємо Нову групу шарів кладнувши ПКМ на карті під назвою **Lab_2** і вибравши **Новий груповий шар**, після цього перейменовуємо його в «Моє підприємство» і за допомогою ЛКМ перетягуємо туди шари із набору даних **Set_1.1.**



2.2) Завантажити дані Set 2.1.

Створюємо нову групу шарів під назвою «Адміністративний устрій» і завантажуюємо набір даних **Set_2.1.** аналогічно до пункту 2.



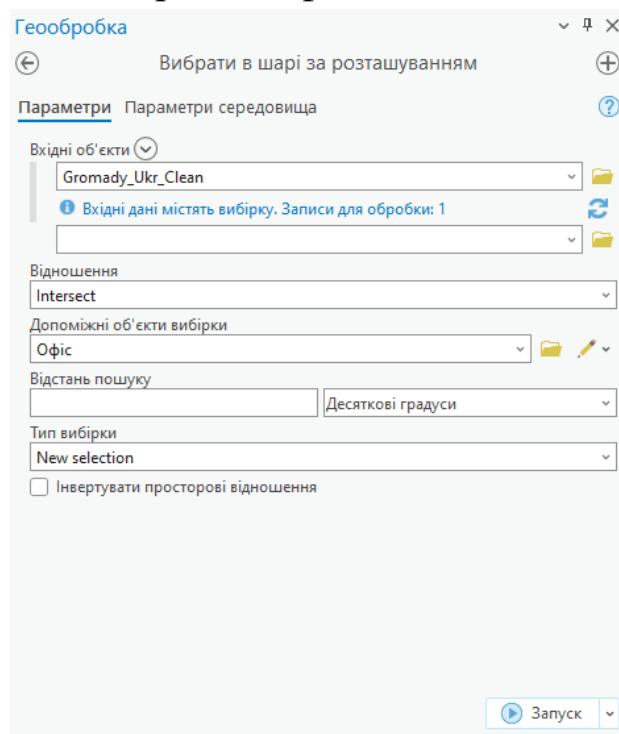
2.1) Запустити процедуру Вибрати в шарі за розташуванням.

Вкладка **Аналіз** – **Інструменти** – в полі пошуку вводимо «Вибрати в шарі за розташуванням» і запускаємо.

В діалоговому вікні Вхідні об'єкти вибираємо шейп громад України.

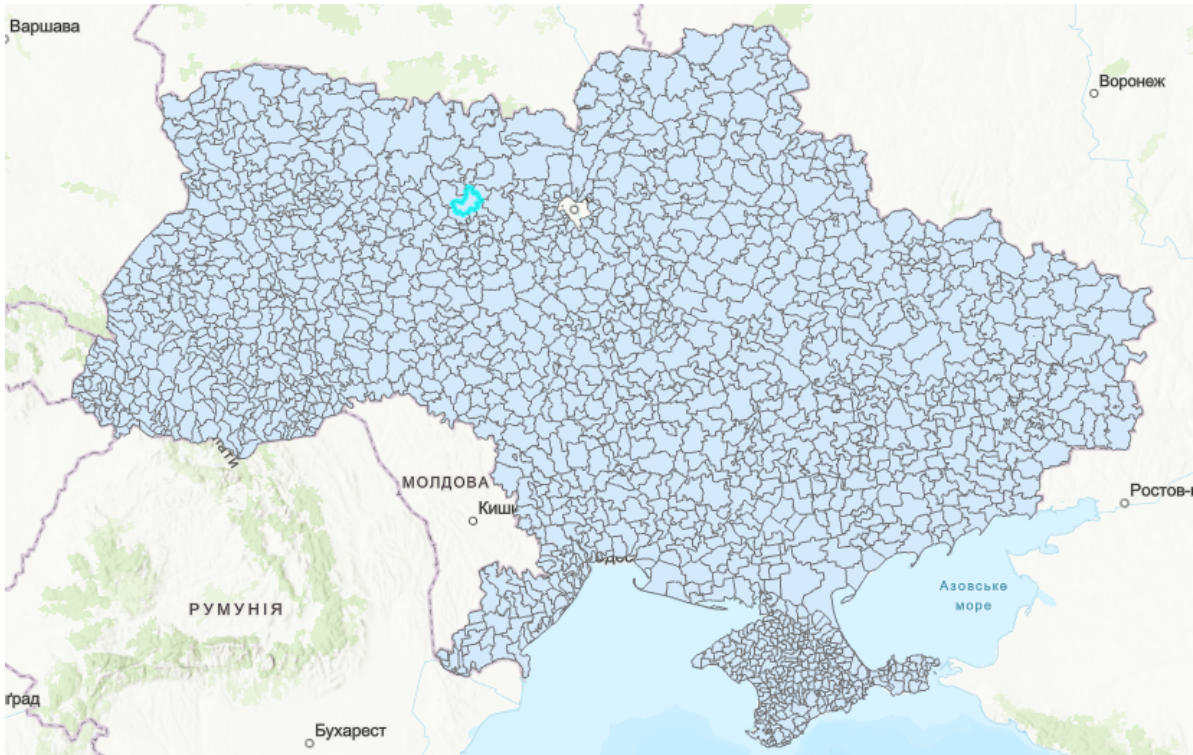
Відношення – Перетин.

Допоміжні об'єкти вибірки – Офіс.



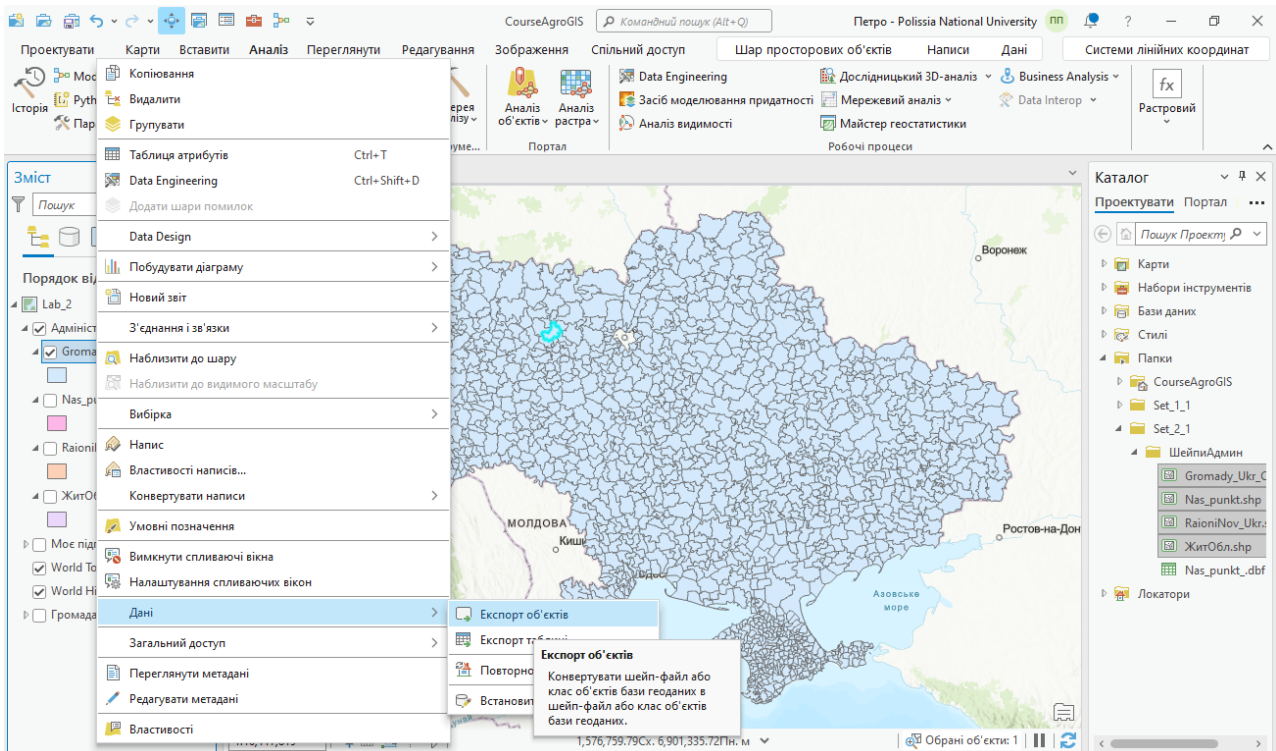
2.2) Вибрати громаду.

Після запуску інструменту буде виділена лише та територіальна громада де розмірене Ваше підприємство.

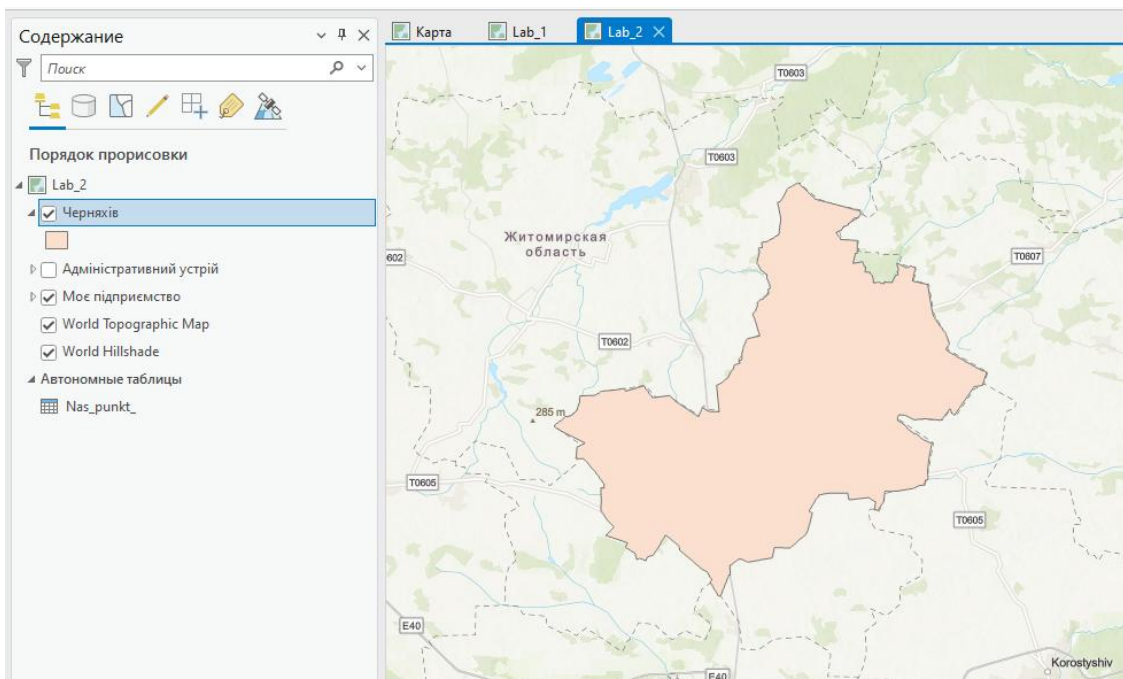
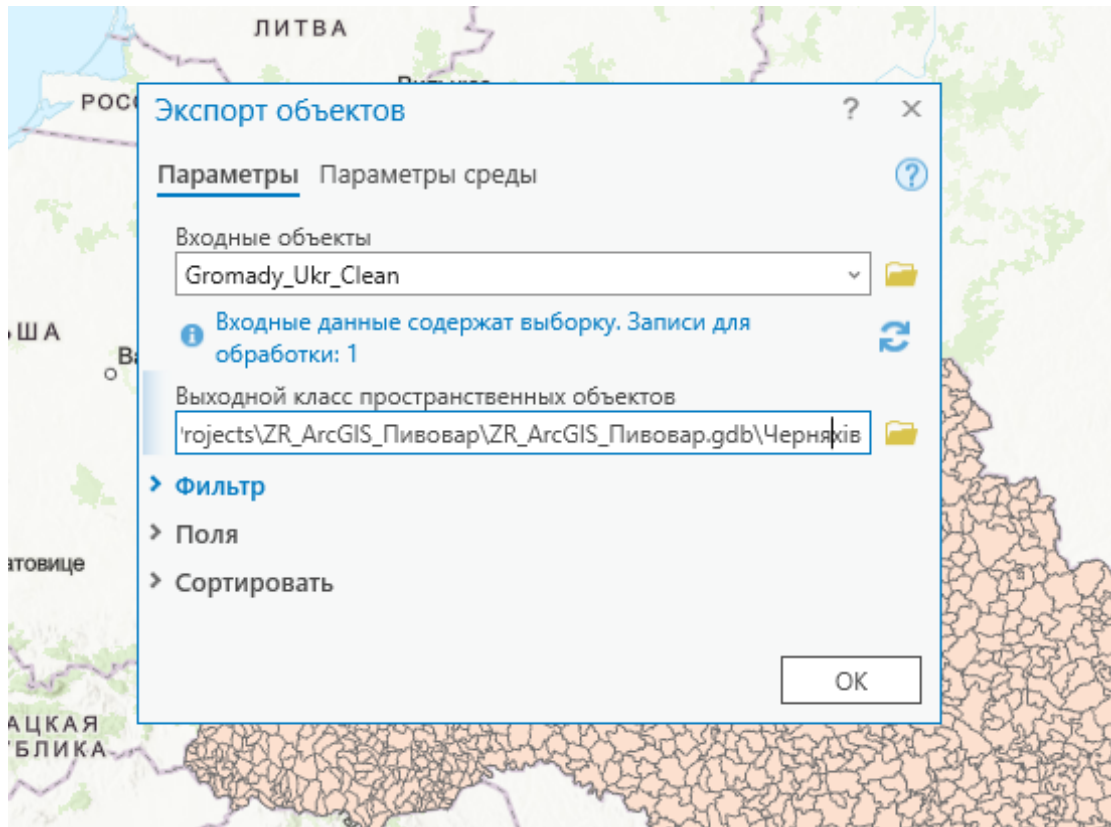


2.3) Скопіювати громаду.

ПЛМ по шейпу «Gromady_Ukr_Clean» – Дані – Експорт об'єктів.

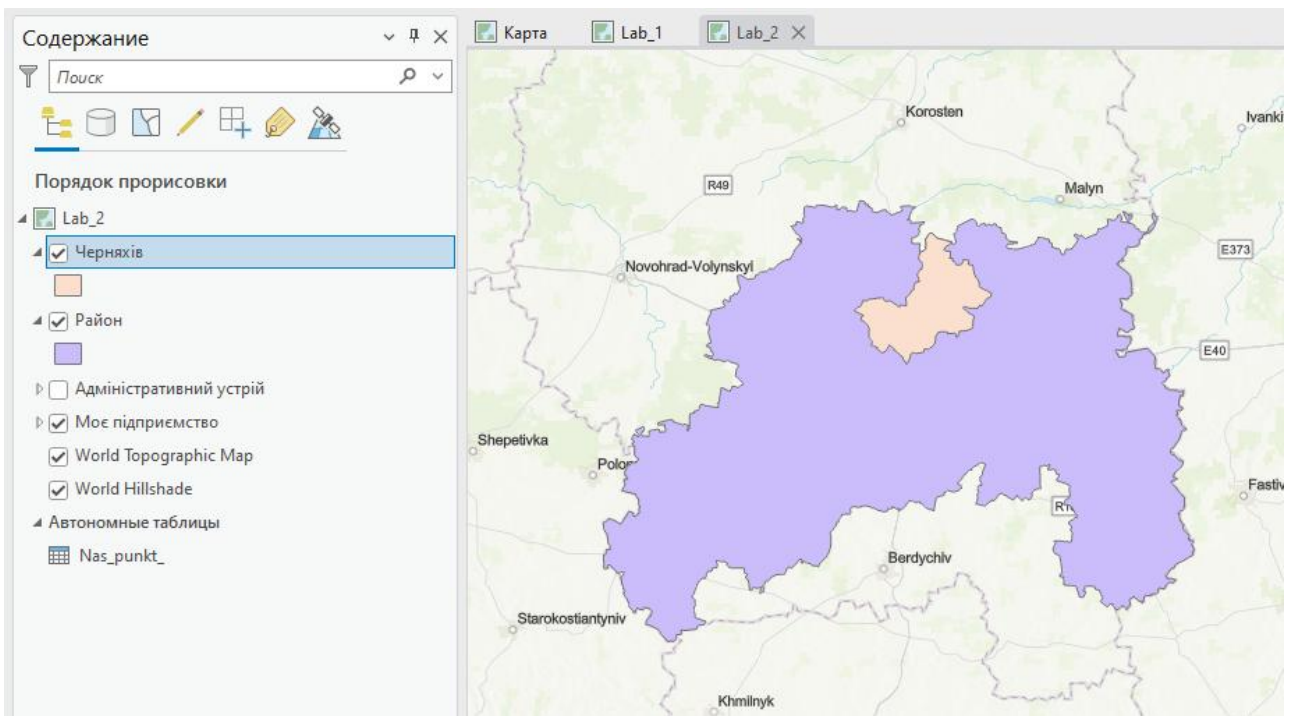


В діалоговому вікні експорту в полі Вхідний клас об'єктів вводите ім'я Вашої громади і нажимаєте ОК.



В панелі змісту має з'явитися вирізана Ваша громада.

Те саме зробіть для шейпу RaioniNov_Ukr, в результаті у Вашому змісті має з'явитися район.



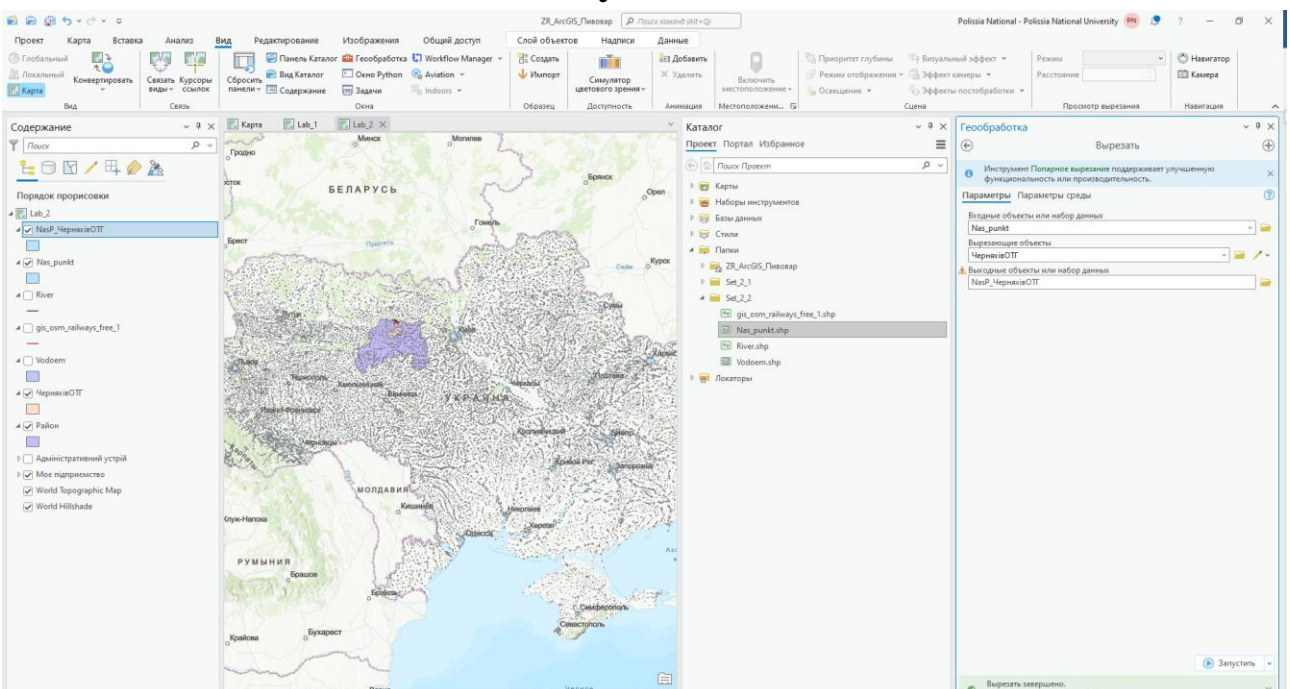
2.4) Вирізати всі шари з набору даних Set 2.2 використовуючи екстент вирізання Ваша громада.

Завантажуємо набір даних Set 2.2. аналогічно до пункту 2.

Вкладка **Аналіз – Інструменти – Вирізання.**

В діалоговому вікні в полі вхідні об'єкти вибираєте шейп Nas_punkt, в полі Об'єкт вирізання вибираєте Вашу громаду, у полі Вихідний об'єкт вписуєте NasP_Назва_Громади

Після цього нажимаєте **Запустити**



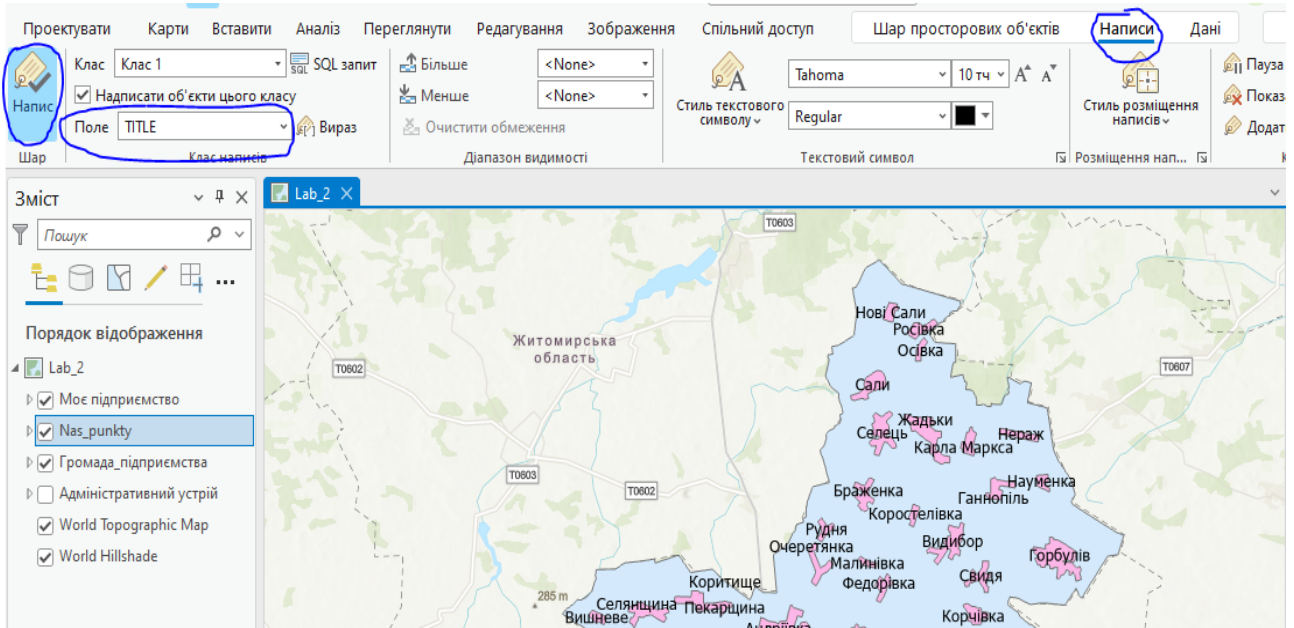
2.5) Аналогічно завданню 2.7. вирізати всі шари з набору даних Set 2.2 використовуючи екстент вирізання Ваша громада.

2.6) Провести редагування (колір) всіх вирізаних об'єктів.

Пункт 5.3. Лабораторна №1

2.7) Розмістити на карті назви об'єктів (Населені пункти).

Виділяємо в панелі Зміст вирізані населені пункти, переходимо в панель Написи.



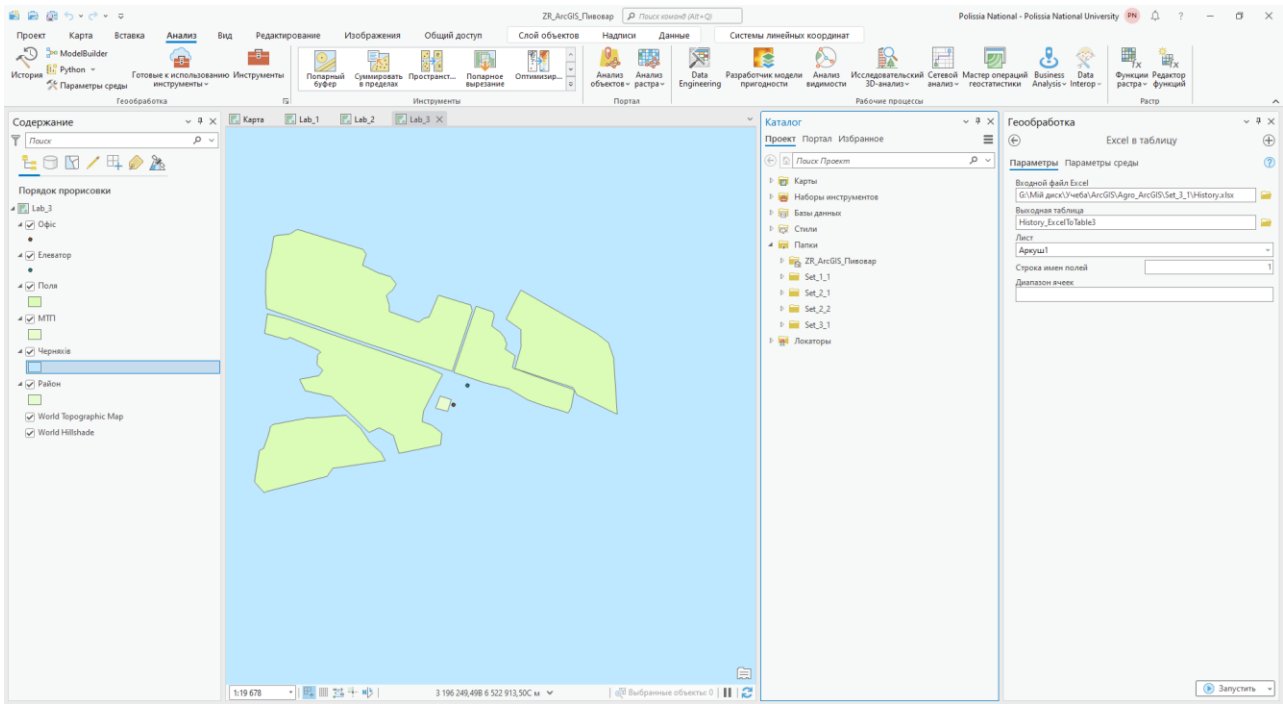
В полі Поле вибираємо TITLE і активуємо написи натиснувши на кнопку Напис.

2.8) Експортувати вирізані об'єкти (область, район, громада, населений пункт, річки, дороги, залізниці) в окрему базу даних з назвою Set 2_3 Прізвище.

Заняття №3

РОБОТА З АТРИБУТИВНИМИ ДАНИМИ

- Тривалість заняття:** - 2 години
- Мета:** навчитися працювати з атрибутивними даними
- Навички:**
- ✓ вміння створювати нові атрибути;
 - ✓ вміння експортувати атрибути;
 - ✓ вміння візуалізувати атрибутивні дані.
- Вхідні дані:**
1. Set_1.1 - дані з лабораторної роботи №1;
 2. Set_3.1
 - 2.1. History.xlsx - історичні дані вирощування сільськогосподарських культур.
 - 2.2. Technology.xlsx – технологічні схеми (спрощені) вирощування сільськогосподарських культур.
- Завдання:**
- 1) Створити нову карту, назвати її Lab_3. Відкриваємо Ваш проект «ZR_ArcGIS_Прізвище». Все робимо так само як в пунктах 0.3-0.4 Лабораторна робота №1
 - 2) Завантажити та відобразити дані лабораторної №1 - Set 1.1. В панелі **Каталог** правою кнопкою миші клацаємо на пункті **Папки** і вибираємо **Додати підключення до папки** і вибираємо збережену базу даних Set_1.1. із Лабораторної роботи №1;
 - 3) Завантажити дані Set 3.1. History.xlsx. Використовуємо інструмент Excel в Таблицю.

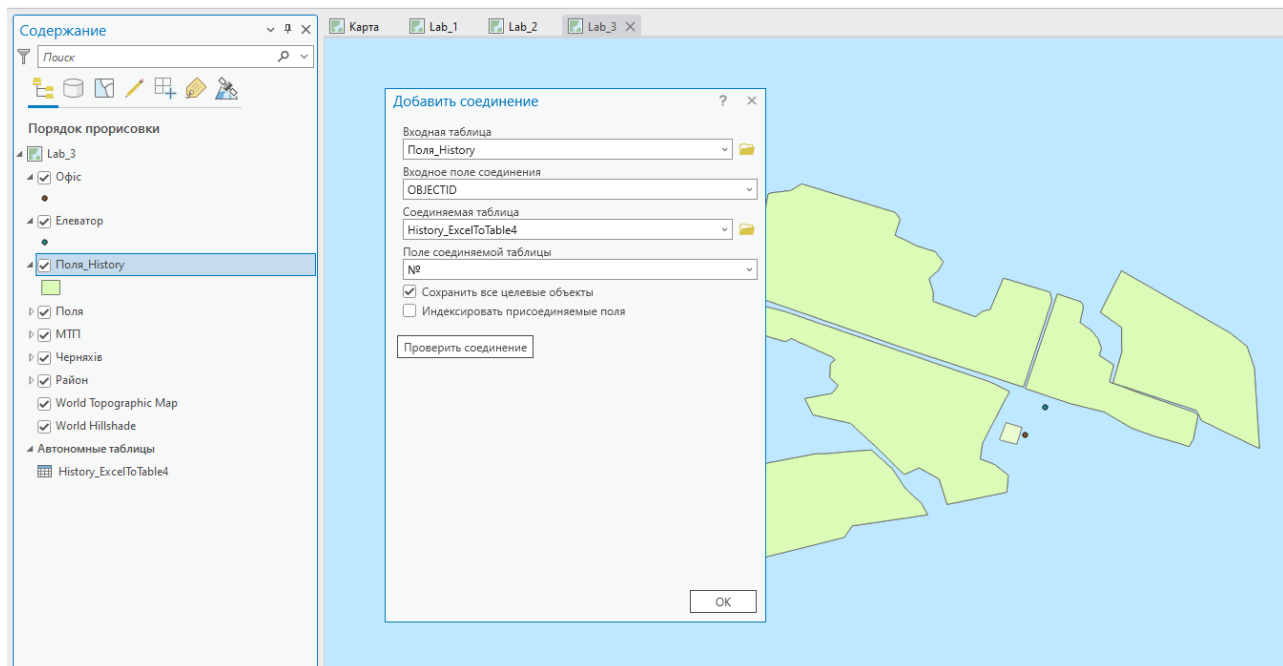


4) Робимо копію шейпу «Поля»: Поля_history.

Права кнопка миші на назві шару поля в таблиці змісту – **Дані – Експорт об'єктів** – змінюємо назву на Поля_history.

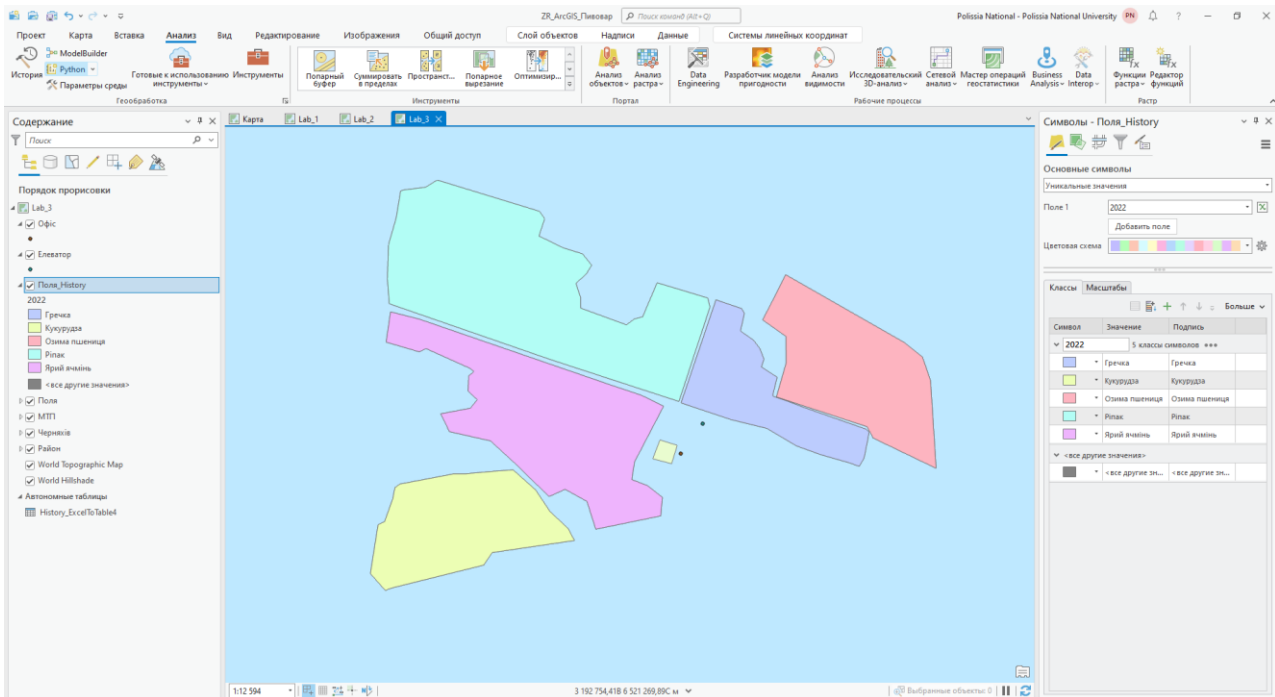
5) До шейпу Поля_history приєднуємо дані з таблиці History.

Права кнопка миші на назві Поля_history в таблиці змісту – **З'єднання та зв'язки – Додати з'єднання.**



5.1) Коригуємо кольори для різних культур.

Права кнопка миші на назві Поля_history в таблиці змісту – **Символи**. В таблиці, яка з'явиться у правій частині екрану обираємо – **Унікальні значення** та поле 2022. (За необхідністю можна змінити колір, яким відображається поле з конкретною культурою. Для цього натиснути на прямокутник ліворуч від назви культури та обрати відповідний колір).



5.2) Додаємо надписи на карту з Поля_history з культурами 2022 року.

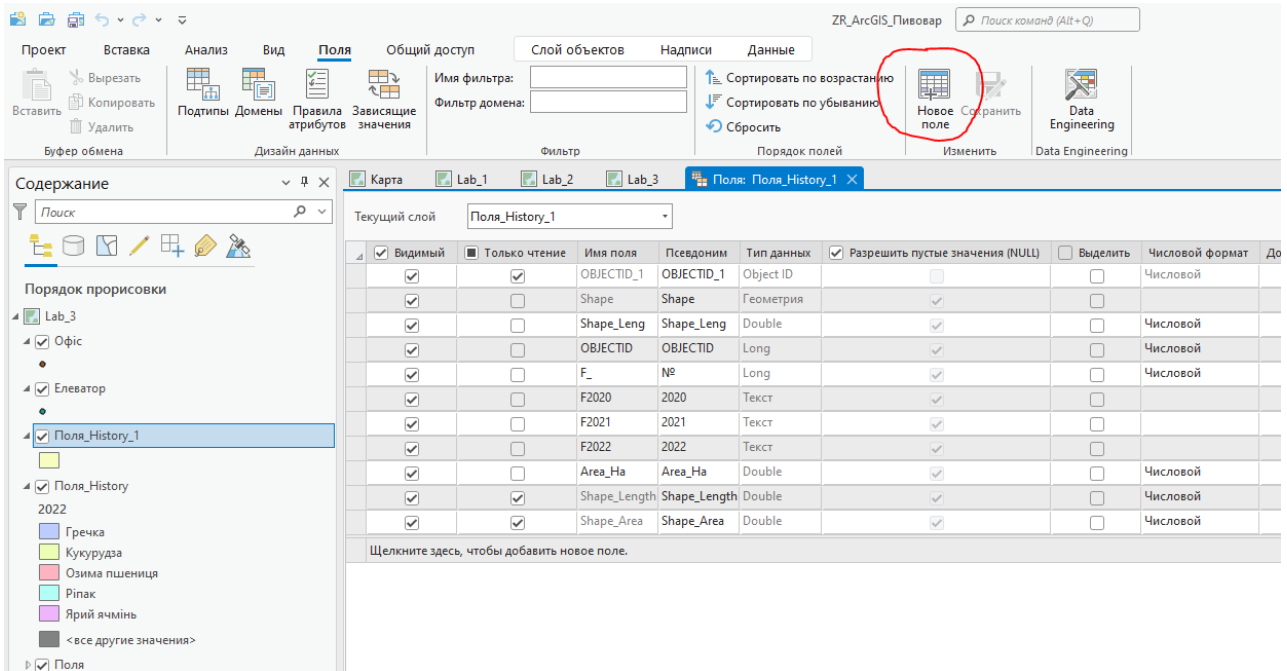
Аналогічно пункту 2.10 Lab_2.



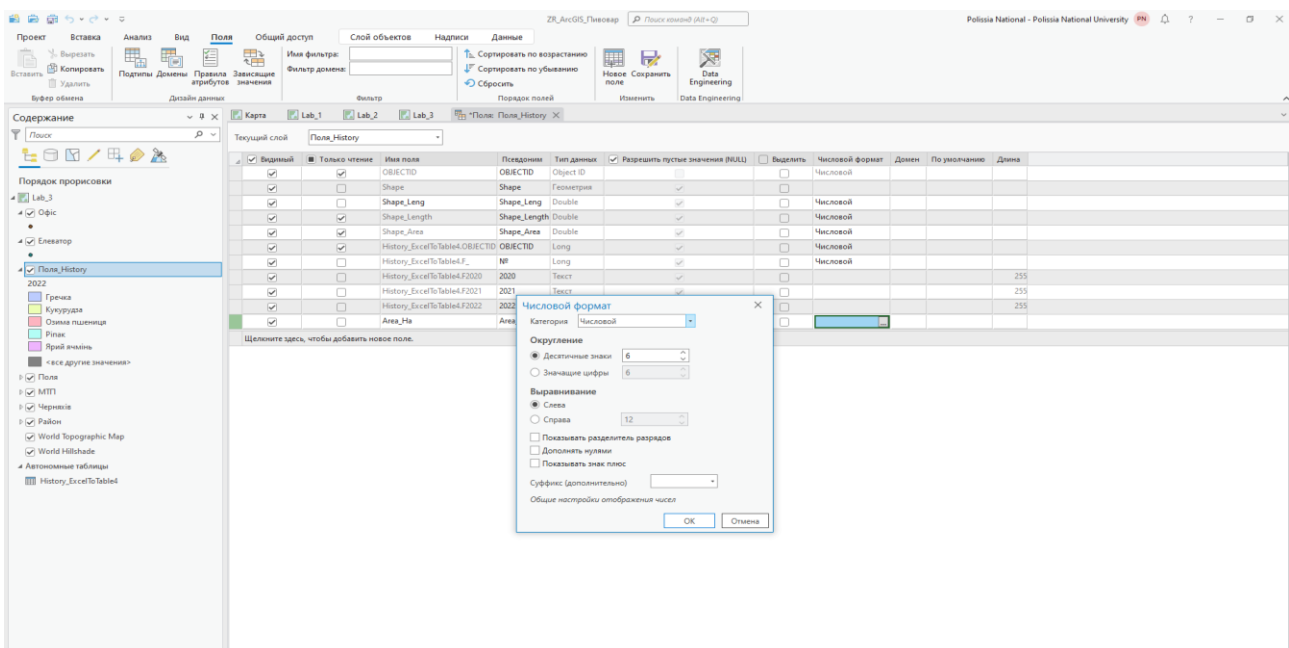
5.3) Добавляємо нову колонку Area_Ha в шейп Поля_history.

Копіюємо шар Поля_history. Права кнопка миші Дані – Экспорт Об'єктів. В таблиці змісту з'являється шар Поля_history_1.

Виділяємо шар Поля_history_1 в таблиці змісту. В панелі інструментів (зверху екрана) Дані – Поля. Повинна з'явитись таблиця з переліком полів даного шару.



Натискаємо Нове поле. Вказуємо його ім'я, псевдонім та тип даних.



Натиснути Зберегти.

5.4) Розраховуємо площу кожного поля.

Копіюємо шар Поля_history. Права кнопка миші Дані – Експорт Об’єктів. В таблиці змісту з’являється шар Поля_history_ExportFeatures.

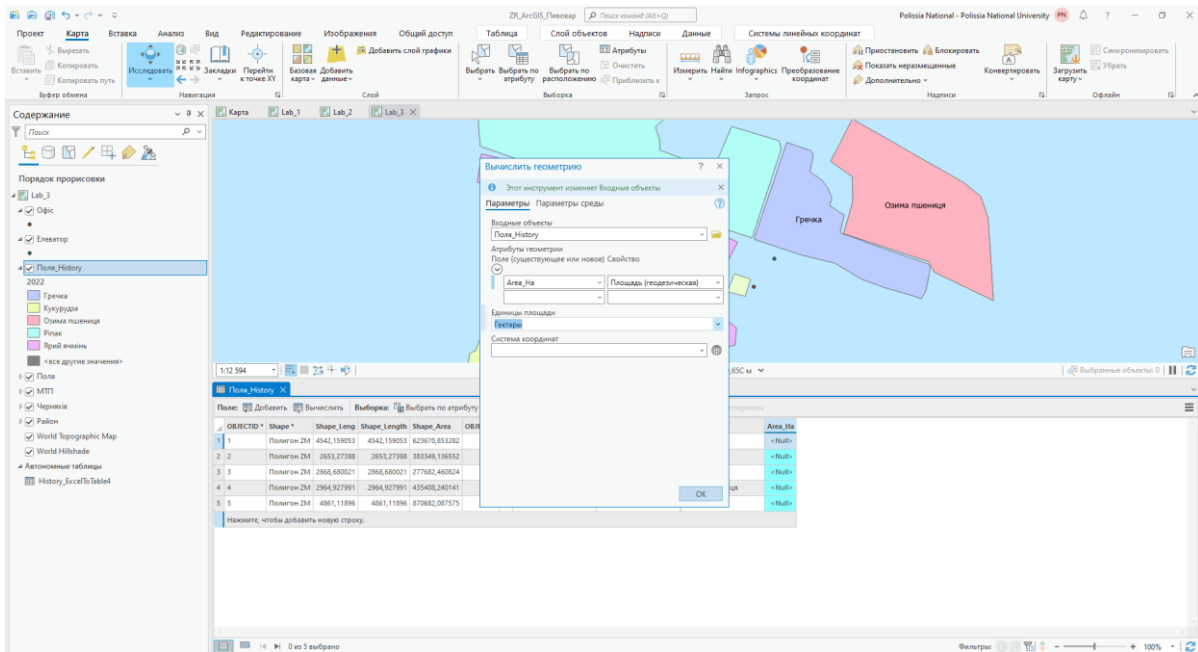
Відкриваємо таблицю атрибутів шару. Права кнопка миші на назві Поля_history в таблиці змісту – Таблиця атрибутів.

Права кнопка миші на назві поля Area_На – Обчислити геометрію.

The screenshot shows the ArcGIS Desktop interface. The map displays several agricultural fields with labels: Ріпак, Гречка, Озима пшениця, Ярий ячмінь, and Кукурудза. The 'Поля_History' layer is selected in the Table of Contents. The 'Поля_History' table is open, showing a table with columns: ОВНЕСТВ, Shape, Shape_Length, Shape_Area, ОВНЕСТВ, MR, 2020, 2021, 2022. The 'Area_На' field is selected, and a context menu is open with the option 'Calculate Geometry' highlighted.

| ОВНЕСТВ | Shape | Shape_Length | Shape_Area | ОВНЕСТВ | MR | 2020 | 2021 | 2022 | |
|---------|------------|--------------|-------------|---------------|----|------|---------------|-------------|---------------|
| 1 | Полегон ZM | 4542.159053 | 4542.159053 | 623670.853282 | 1 | 1 | Озима пшениця | Соняшник | Ярий ячмінь |
| 2 | Полегон ZM | 2653.27388 | 2653.27388 | 383349.136552 | 2 | 2 | Ріпак | Соя | Кукурудза |
| 3 | Полегон ZM | 2866.680021 | 2866.680021 | 277682.460834 | 3 | 3 | Соняшник | Ярий ячмінь | Гречка |
| 4 | Полегон ZM | 2964.927991 | 2964.927991 | 425488.240141 | 4 | 4 | Соя | Кукурудза | Озима пшениця |
| 5 | Полегон ZM | 4861.11896 | 4861.11896 | 870682.087375 | 5 | 5 | Ярий ячмінь | Гречка | Ріпак |

Обираємо параметр Площа та одиниці виміру Гектари Натискаємо ОК.



5.5) Добавляємо надписи на карту з Поля_history з площами
Аналогічно пункту 2.10 Lab_2.

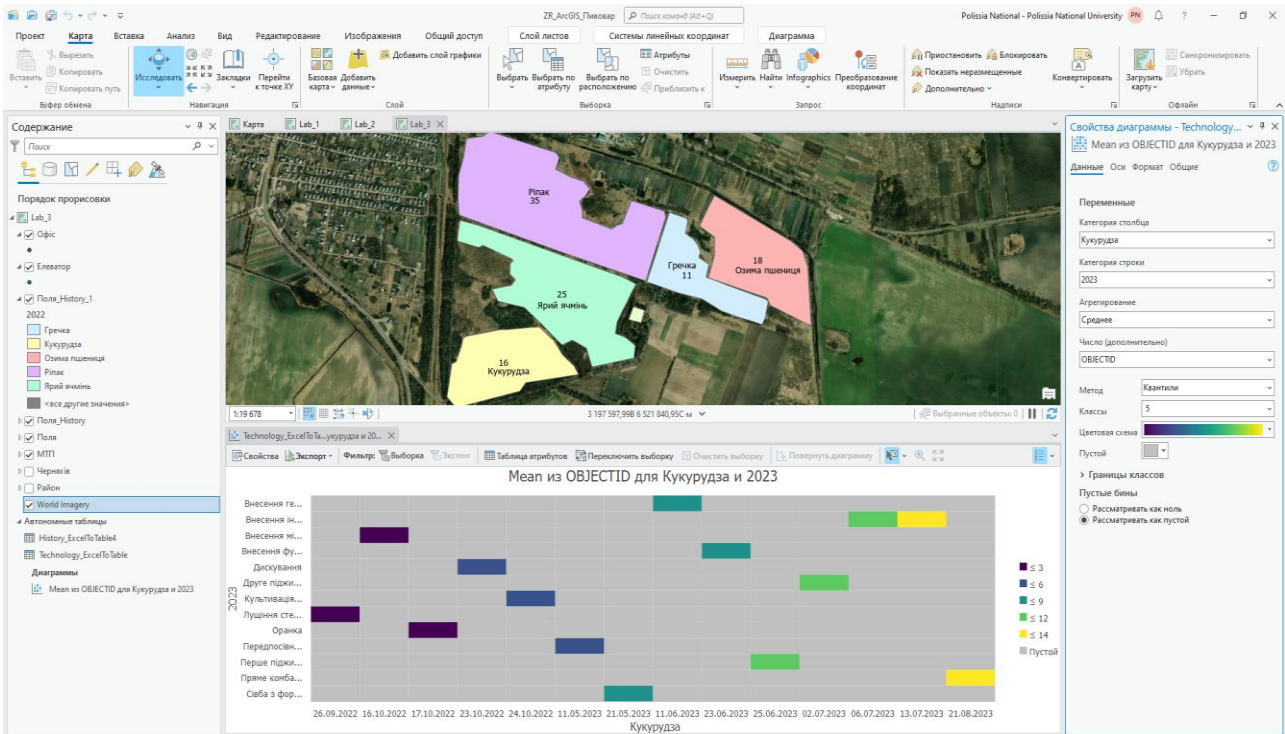
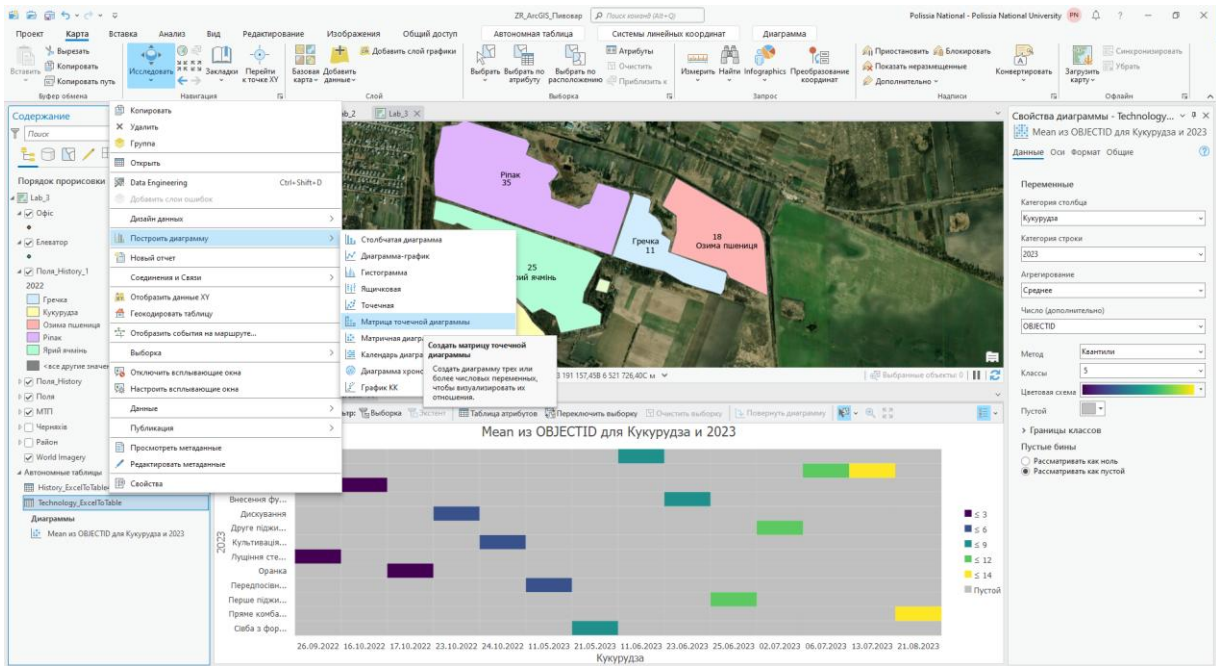
| ОБЪЕКТ_ИД_1* | Shape* | Shape_Leng | ОБЪЕКТ_ИД_№ | 2020 | 2021 | 2022 | Shape_Length | Shape_Area | Area_Ha | |
|--------------|------------|-------------|-------------|------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|----|
| 1 | Полигон ZM | 4542,159053 | 1 | 1 | Озима пшениця | Соняшник | Ярий ячмінь | 4542,159053 | 623670,853282 | 25 |
| 2 | Полигон ZM | 2653,27388 | 2 | 2 | Ріпак | Соя | Кукурудза | 2653,27388 | 383349,136552 | 16 |
| 3 | Полигон ZM | 2868,680021 | 3 | 3 | Соняшник | Ярий ячмінь | Гречка | 2868,680021 | 277682,460824 | 11 |
| 4 | Полигон ZM | 2964,927991 | 4 | 4 | Соя | Кукурудза | Озима пшениця | 2964,927991 | 435408,240141 | 18 |
| 5 | Полигон ZM | 4861,11896 | 5 | 5 | Ярий ячмінь | Гречка | Ріпак | 4861,11896 | 870682,087575 | 35 |

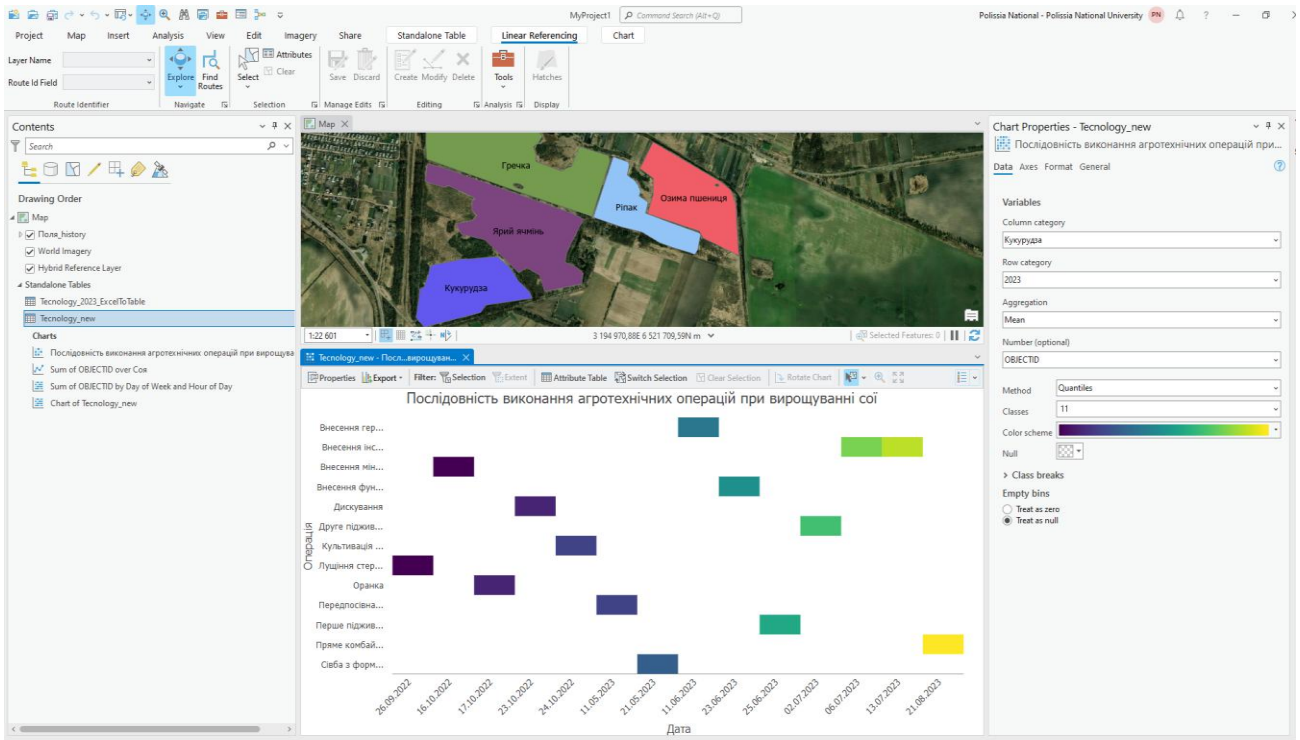
б) Завантажити дані Set_3.1. Technology.xlsx.

Аналогічно пункту 3. Використовуємо інструмент Excel в Таблицю.

Будуємо графік послідовності виконання робіт по кожному полі.

Правою кнопкою миші на назві Technology_ExcelToTable в таблиці змісту – Побудувати діаграму – Матриця точкової діаграми.





Заняття №4

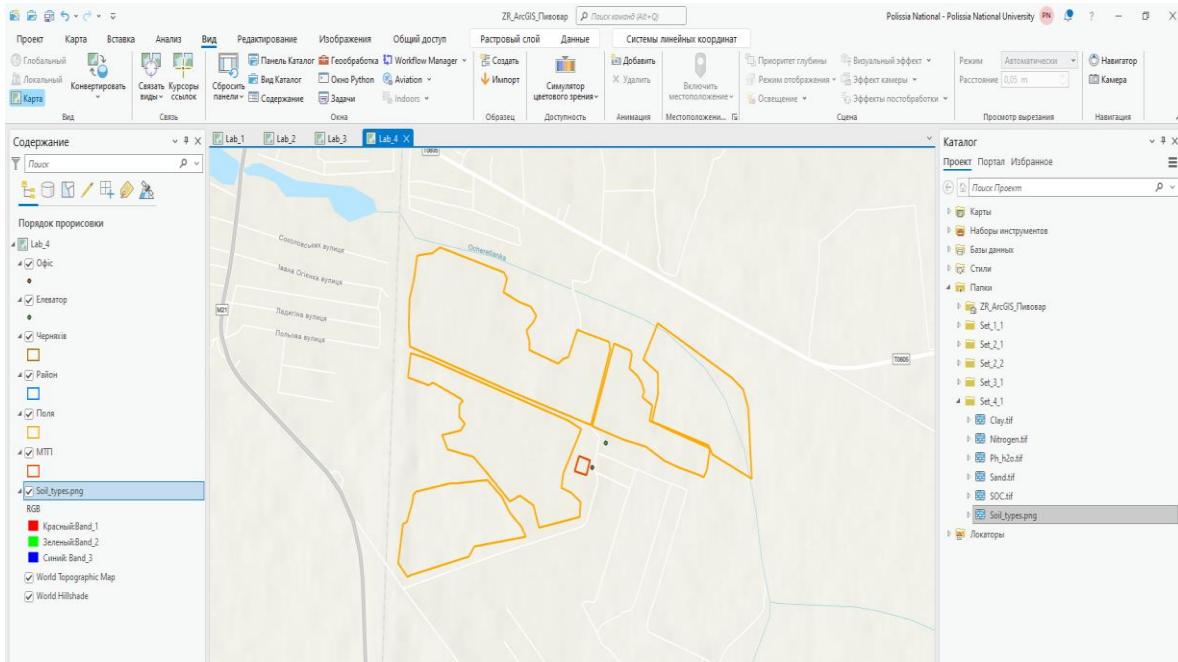
ЗНАЙОМСТВО З РАСТРОВИМИ ДАНИМИ. ПРИВ'ЯЗКА ГРУНТОВИХ КАРТ

| | |
|----------------------------|--|
| Тривалість заняття: | - 2 години |
| Мета: | <p>навчитися працювати з растровими даними.</p> <p>✓ вміння геоприв'язувати нові растрові дані (шари);</p> |
| Навички: | <p>✓ вміння оформляти растрові шари;</p> <p>✓ вирізати растрові шари.</p> <p>1. Set_1.1 - дані з лабораторної роботи №1;</p> <p>2. Set_4.1</p> <p>Soil_types – типи ґрунтів (опис ґрунтів представлено в додатковому файлі «Опис ґрунтів»);</p> <p>SOC – обсяг органічного вуглецю в ґрунті (грам/кг);</p> <p>Nitrogen – вміст азоту в ґрунті (сантиграм/кг);</p> <p>Ph_h2o – рівень кислотності водної фракції (pH * 10)</p> <p>Clay – вміст глею (грам/кг)</p> <p>Sand – вміст піску (грам/кг)</p> |
| Вхідні дані: | <p>1) <u>Створити нову карту, назвати її Lab 4.</u></p> <p>Відкриваємо Ваш проект «ZR_ArcGIS_Прізвище»</p> <p>Все робимо так само як в пунктах 0.3-0.4 Лабораторна робота №1.</p> |
| Завдання: | <p>2) <u>Завантажити та відобразити дані лабораторної №1 - Set 1.1.</u></p> <p>В панелі Каталог правою кнопкою миші клацаємо на пункті Папки і вибираємо Додати підключення до папки і вибираємо збережену</p> |

базу даних Set_1.1. із Лабораторної роботи №1;

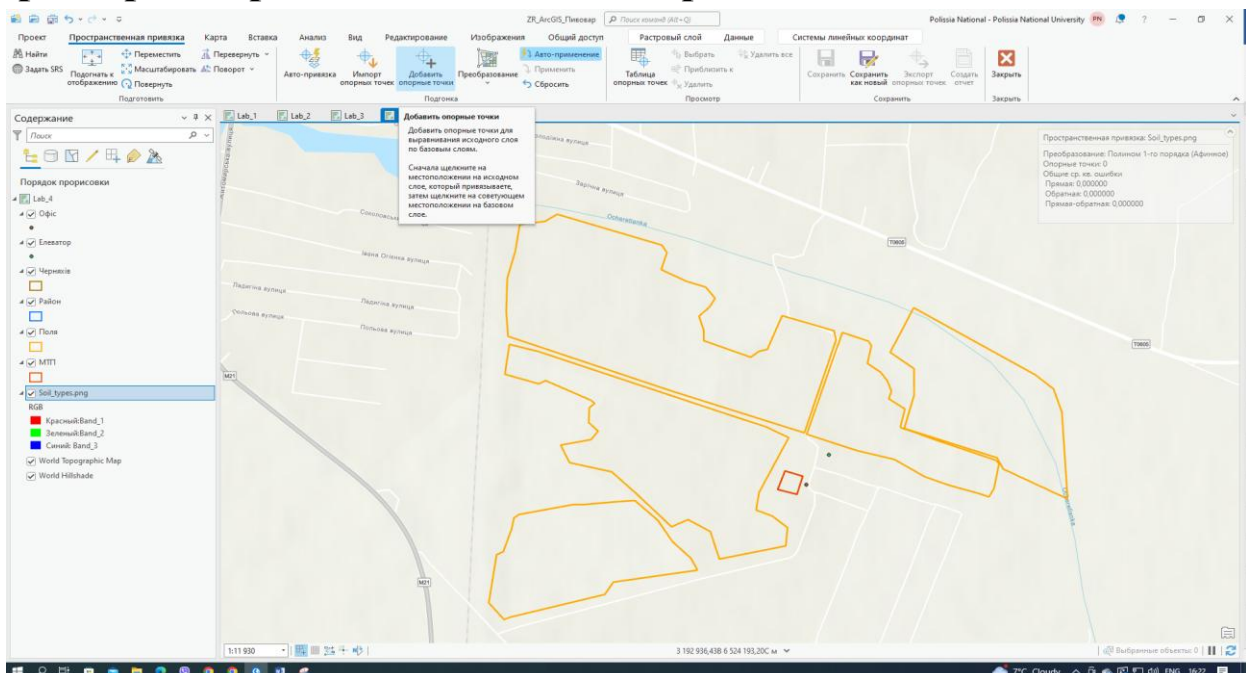
3) Прив'язати растровий шар Soil types до координат та визначити типи ґрунтів, які знаходяться на Ваших полях.

Завантажити шар Soil_types з папки Set_4_1.

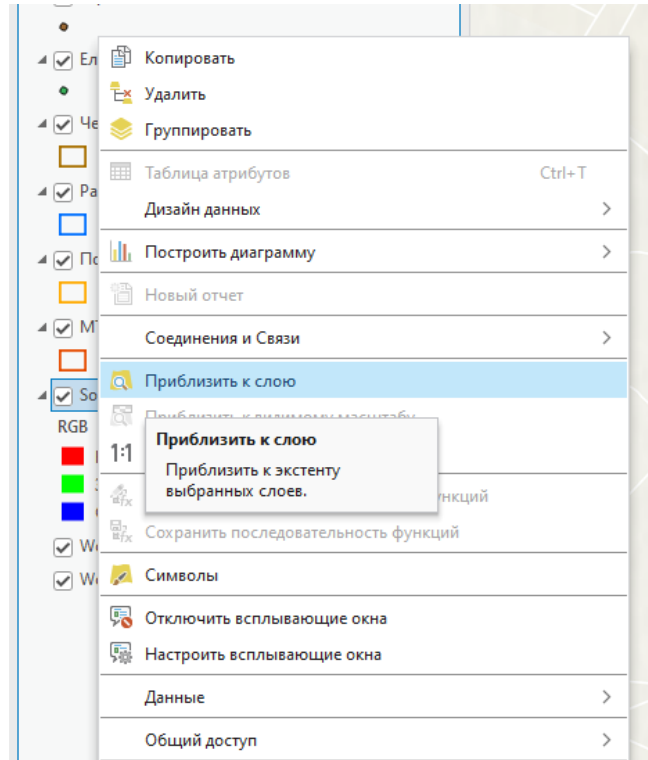


Натиснути на назву шару Soil_types на панелі змісту.

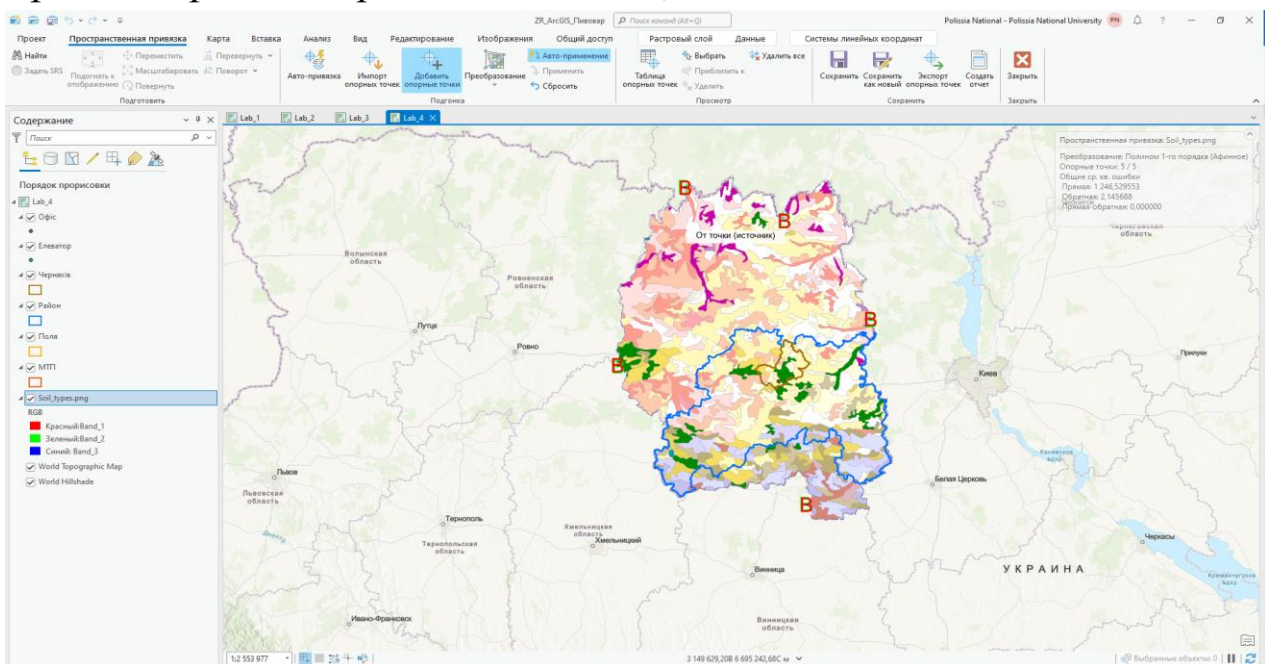
На панелі інструментів послідовно обрати **Зображення – Просторова прив'язка – Додати опорні точки.**



*(Не прив'язані зображення відображаються у точці перетину Гринвіцького меридіану та лінії екватору. Для відображення зображення шару слід натиснути на його назві на панелі змісту правою кнопкою миші та обрати **Наблизити до шару**).*

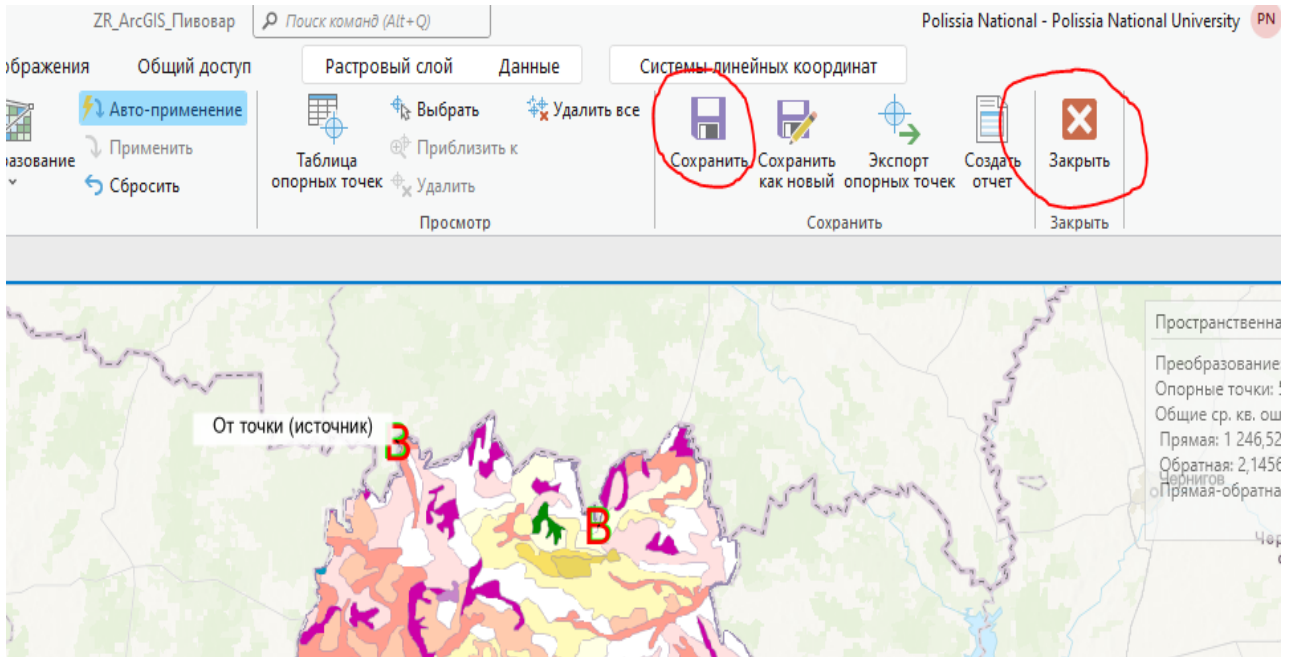


Обираємо опорні точки, які відповідають однаковій місцевості на зображенні, яке прив'язується та на карті. (Наприклад, кути на кордоні, перетин доріг, стовпи і т.і.).



(Опорні точки ставляться з початку на неприв'язаному зображенні, а потім на карті).

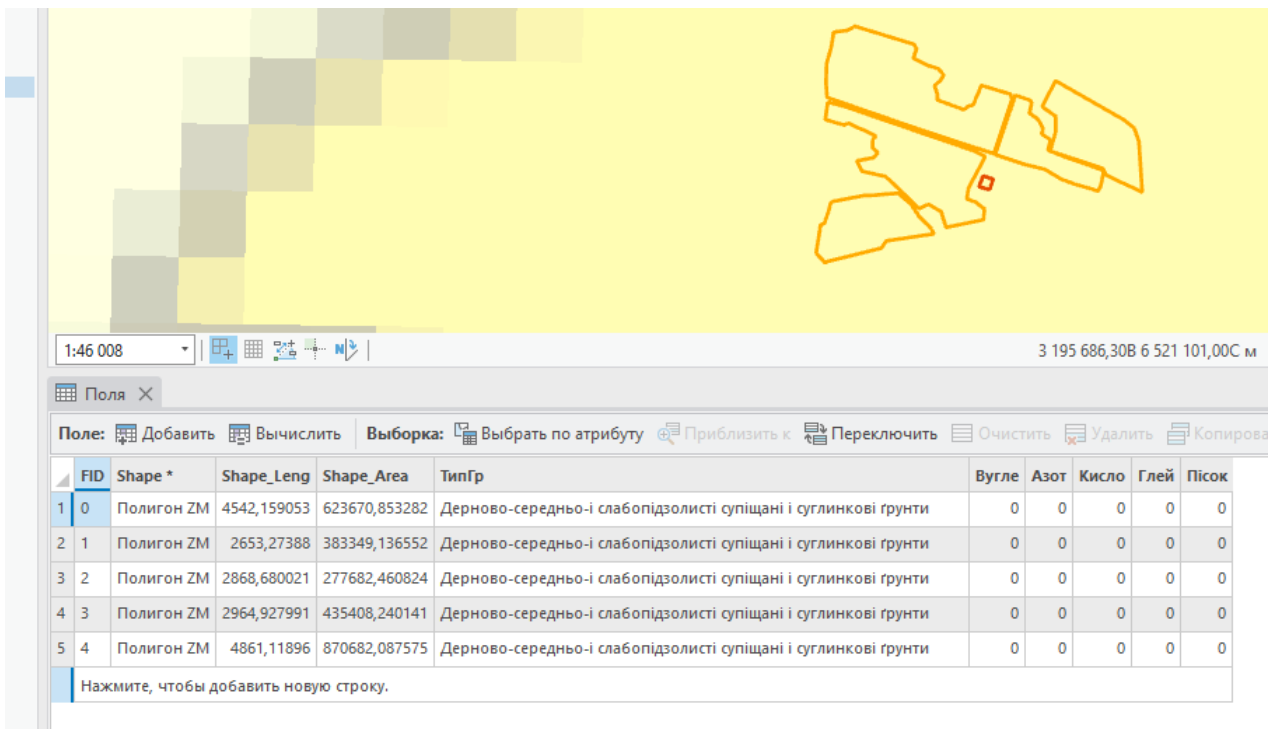
Намагайтесь максимально розосередити точки. Якість прив'язки оцінюйте по співпадінню меж рисунку з межами Житомирської області. По закінченні послідовно натисніть **Зберегти** та **Закрити**.



4) Створити в шарі **поля** нові поля з назвами відповідно до таблиці 1.

| FID | Shape * | Shape_Leng | Shape_Area | ТипГр | Вугле | Азот | Кисло | Глей | Пісок |
|-----|---------|------------|-------------|---------------|-------|------|-------|------|-------|
| 1 | 0 | Полигон ZM | 4542,159053 | 623670,853282 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | Полигон ZM | 2653,27388 | 383349,136552 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 2 | Полигон ZM | 2868,680021 | 277682,460824 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 3 | Полигон ZM | 2964,927991 | 435408,240141 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 4 | Полигон ZM | 4861,11896 | 870682,087575 | | 0 | 0 | 0 | 0 |

5) Додати до таблиці атрибутів шару поля типи ґрунтів, на яких розташоване поле. (Тип ґрунту обирати з файлу *ОписҐрунтів.doc* в папці *Sat_4_1*. Якщо поле розташовано на декількох типах ґрунтів, до таблиці заносити тип ґрунту з максимальною площею в межах поля).

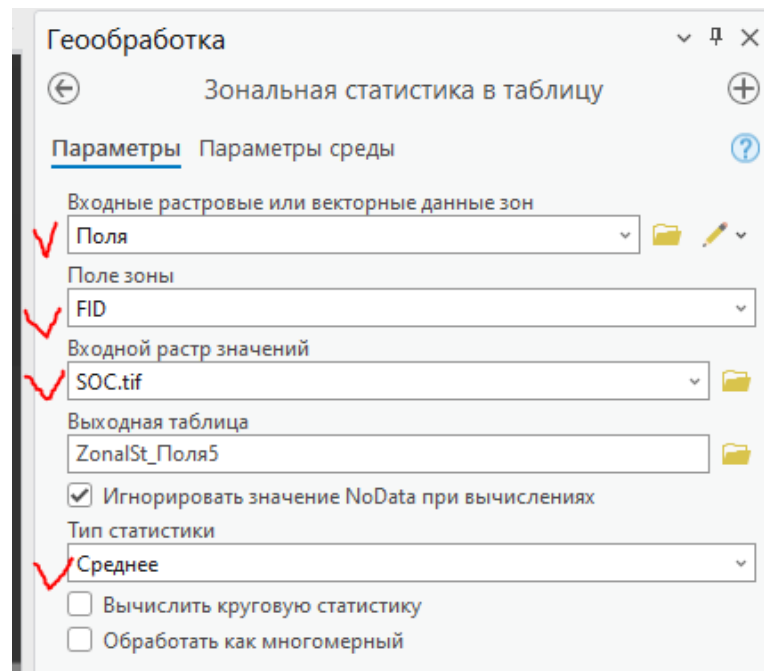


б) Визначити середній обсяг органічного вуглецю в ґрунті в розрізі 5 полів.

Завантажити растрове зображення SOC з папки Sat_4_1.



Послідовно натиснути **Аналіз – Інструменти**, обрати інструмент **Зональна статистика в таблицю** та заповнити відповідні поля, натиснути **Запустити**.



В таблиці змісту з'явиться таблиця, переглянути її (права кнопка миші на назві таблиці – Відкрити) та занести дані до таблиці атрибутів шару Поля.

| OBJECTID * | FID | COUNT | AREA | MEAN |
|------------|-----|-------|----------|------------|
| 1 | 0 | 4 | 0,00002 | 550 |
| 2 | 1 | 4 | 0,00002 | 557,75 |
| 3 | 2 | 3 | 0,000015 | 597,333333 |
| 4 | 3 | 4 | 0,00002 | 589 |
| 5 | 4 | 10 | 0,000051 | 577,5 |

7)Визначити середній вміст азоту в ґрунті в розрізі 5 полів.

Завантажити растрове зображення Nitrogen з папки Sat_4_1.

Виконати для даного зображення операції аналогічні пункту 6 та занести відповідні дані до таблиці атрибутів шару поля.

8)Визначити середній рівень кислотності в ґрунті в розрізі 5 полів.

Завантажити растрове зображення Ph_h2o з папки Sat_4_1.

Виконати для даного зображення операції аналогічні пункту 6 та занести відповідні дані до таблиці атрибутів шару поля.

9) Визначити середній вміст глею в ґрунті в розрізі 5 полів.

Завантажити растрове зображення Clay з папки Sat_4_1.

Виконати для даного зображення операції аналогічні пункту 6 та занести відповідні дані до таблиці атрибутів шару поля.

10) Визначити середній вміст піску в ґрунті в розрізі 5 полів.

Завантажити растрове зображення Sand з папки Sat_4_1.

Виконати для даного зображення операції аналогічні пункту 6 та занести відповідні дані до таблиці атрибутів шару поля.

11) Отримані дані представити в табличній формі:

| Поле | Тип ґрунту | Обсяг органічного вуглецю | Вміст азоту | Рівень кислотності | Вміст глею | Вміст піску |
|---------|------------|---------------------------|-------------|--------------------|------------|-------------|
| №1 | | | | | | |
| №2 | | | | | | |
| №3 | | | | | | |
| №4 | | | | | | |
| №5 | | | | | | |
| Середнє | | | | | | |

Заняття №5

ПЕРВИННА РОБОТА З РАСТРОВИМИ ДАНИМИ

Тривалість заняття: - 2 години

Мета: навчитися опрацьовувати растрові дані.

- ✓ вміння вирізати растрові дані;
- ✓ вміння проводити первинну обробку растрових

Навички: даних;

- ✓ вміння формувати нові шари з використанням калькулятора растра.

1. Set_1.1 - дані з лабораторної роботи №1;

2. Set_5.1

Вхідні дані:

«ASTGTMV003_N49E027_dem» – растр карти висот Житомирської області.

1) Створити нову карту, назвати її Lab_5.

Відкриваємо Ваш проект «ZR_ArcGIS_Прізвище»

Все робимо так само як в пунктах 0.3-0.4 Лабораторна робота №1.

2) Завантажити та відобразити дані лабораторної №1 - Set_1.1.

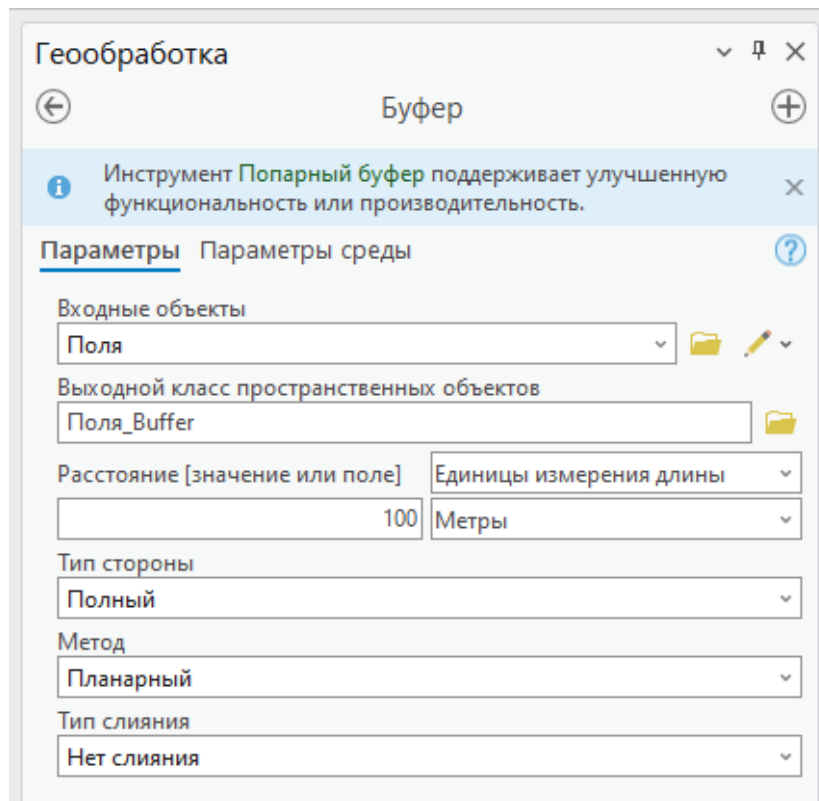
В панелі Каталог правою кнопкою миші клацаємо на пункті Папки і вибираємо Додати підключення до папки і вибираємо збережену базу даних Set_1.1. із Лабораторної роботи №1.

Завдання:

3) Завантажити растр карти висот Житомирської області ASTGTMV003_N49E027_dem з папки Set_5.1.

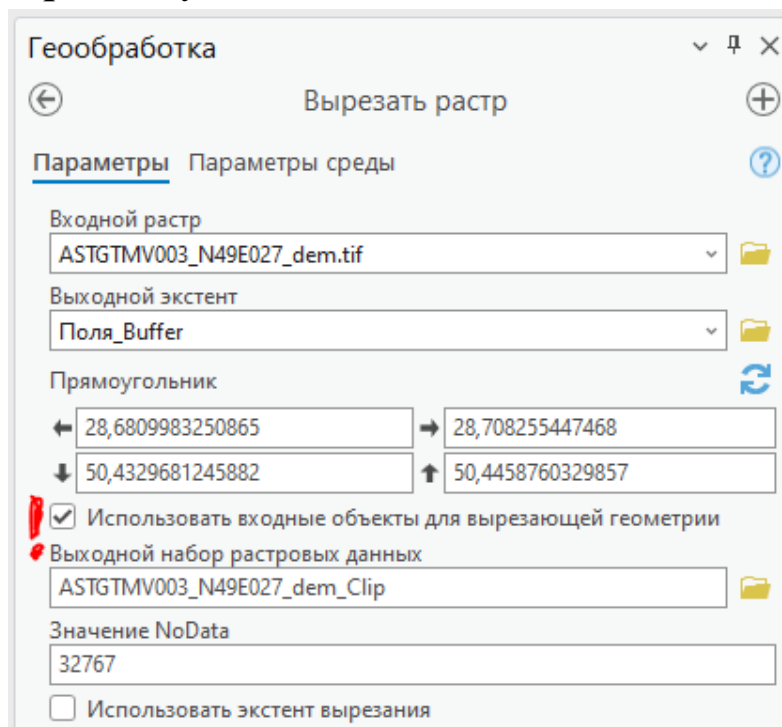
4) Створити буфер 100 метрів навколо шару Поля.

Використати інструмент **Буфер** з параметрами вказаними на рисунку.

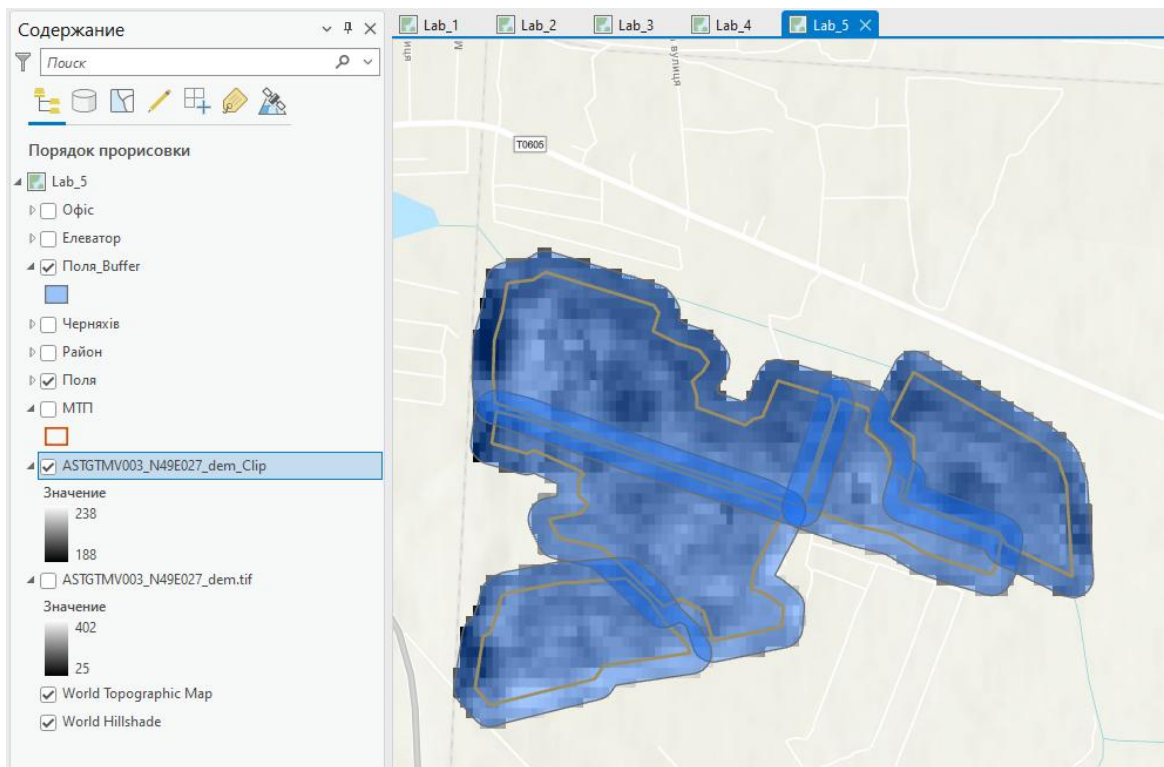


5) Вирізати растр карти висот Житомирської області.

Використати інструмент **Вирізати растр** з параметрами вказаними на рисунку. (Зверніть увагу на те що потрібно активувати параметр **Використовувати вхідні об'єкти ...**).

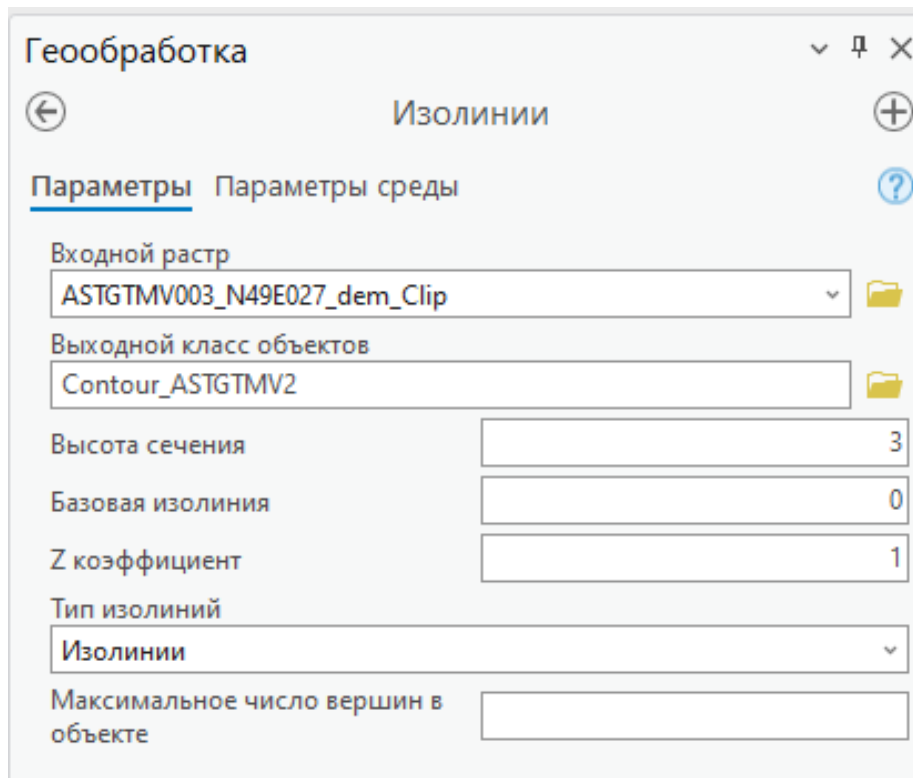


Після закінчення виконання процедури повинне з'явитись наступне зображення.

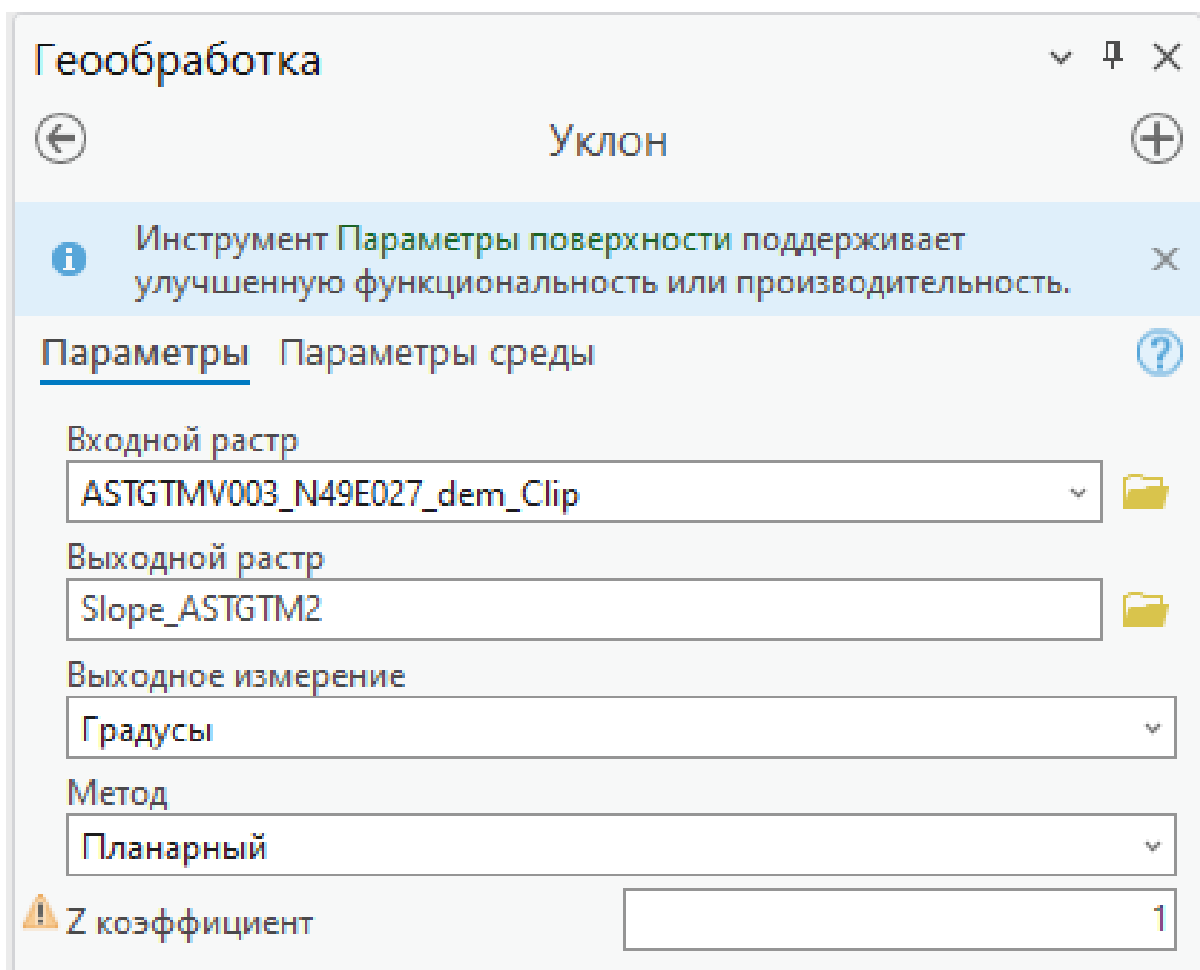
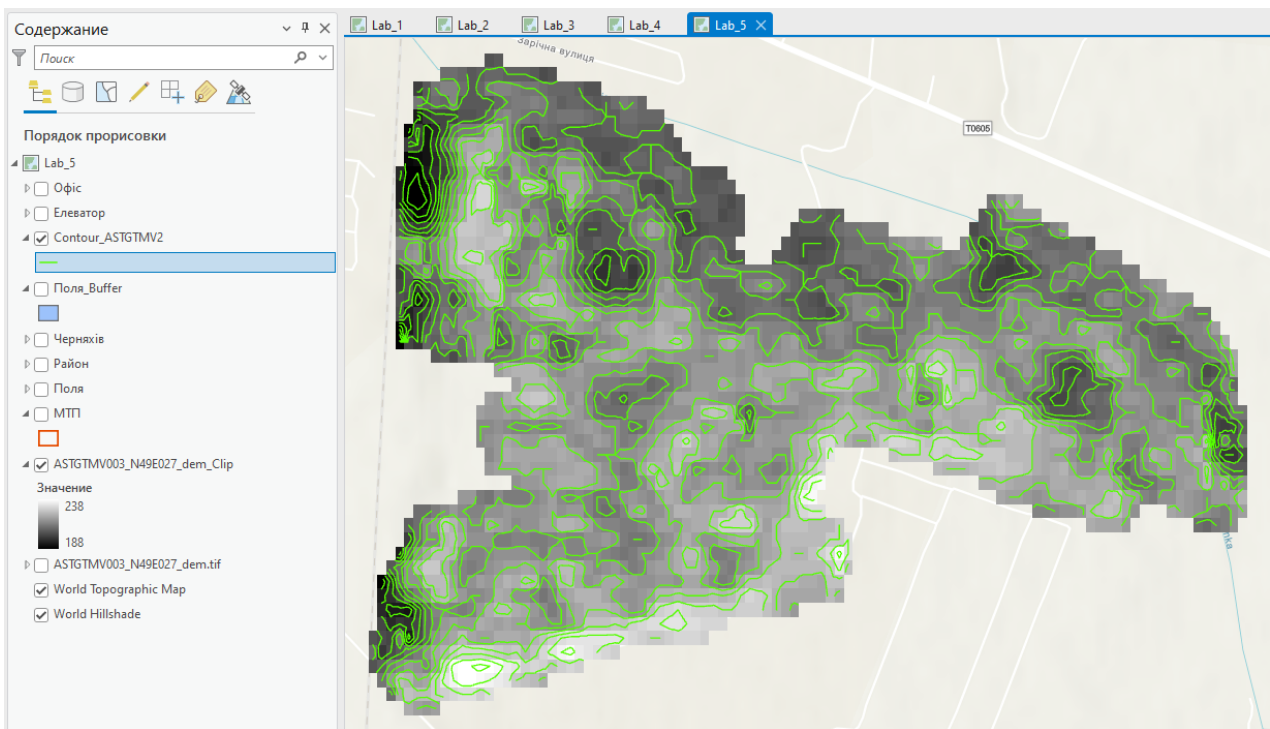


б) Побудувати лінії рівних висот.

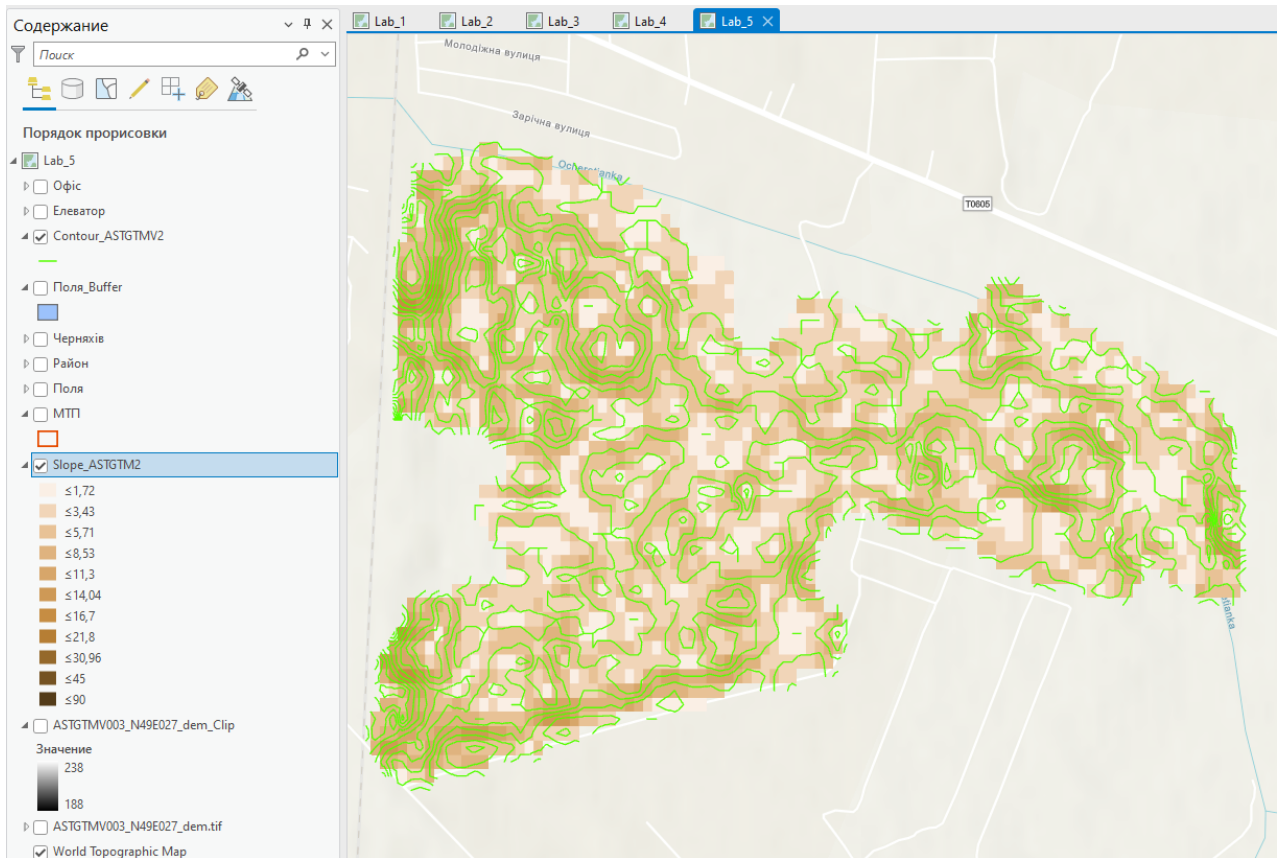
Використати інструмент **Ізолінії** з параметрами вказаними на рисунку.



Після закінчення виконання процедури повинне з'явитись наступне зображення. (Змініть колір ліній.)

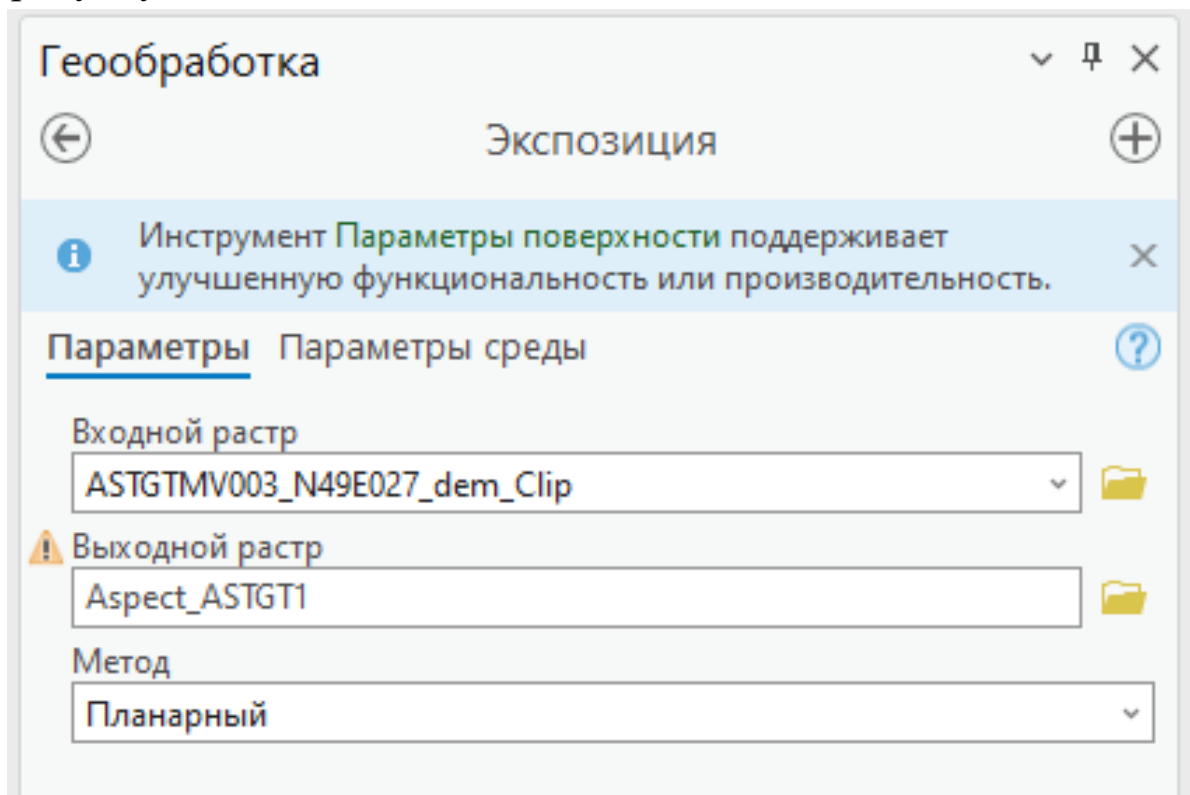


Після закінчення виконання процедури повинне з'явитись наступне зображення.

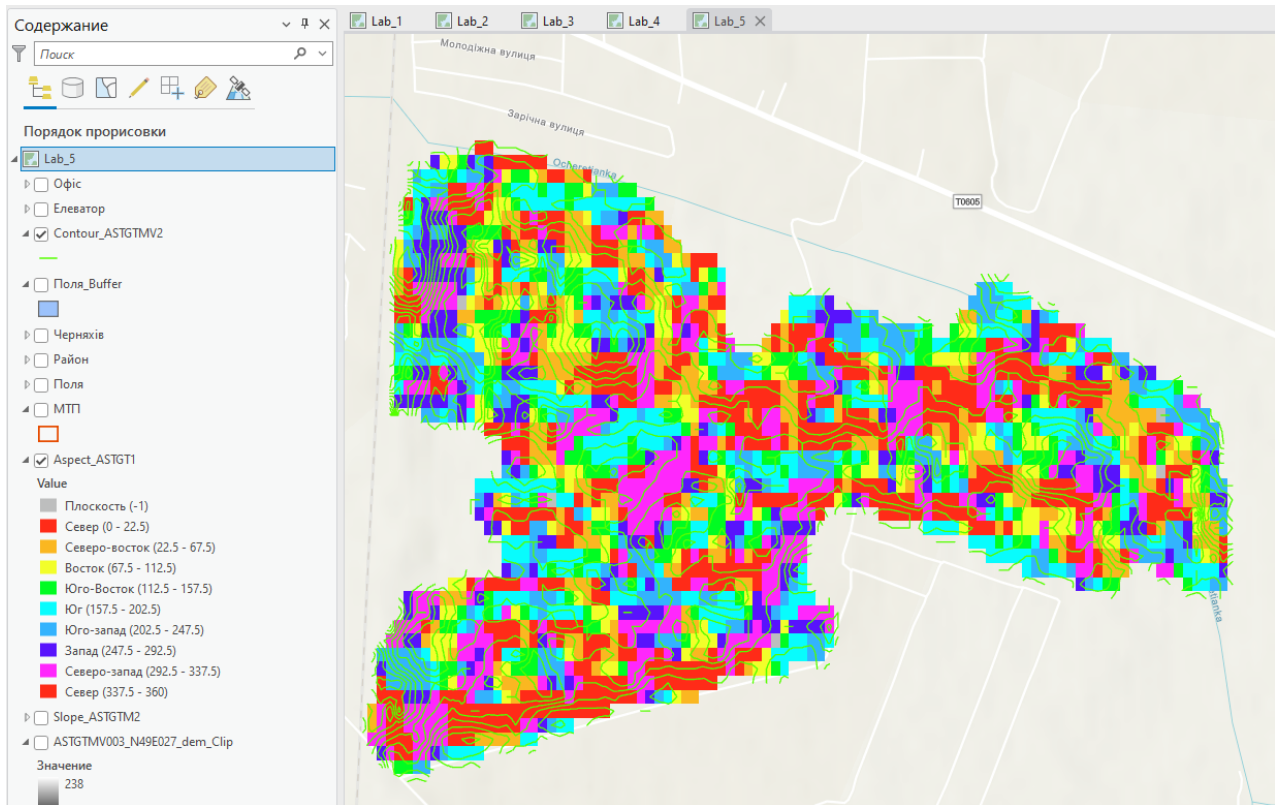


7) Побудуйте розподіл напрямів схилу поверхні.

Використати інструмент **Експозиція** з параметрами вказаними на рисунку.



Після закінчення виконання процедури повинне з'явитись наступне зображення.



8) Розрахувати характеристики висот для полів.

Використати інструмент **Зональна статистика в таблицю** з параметрами вказаними на рисунку.

Після закінчення виконання процедури перегляньте таблицю. Права кнопка миші на назві таблиці в таблиці змісту **Відкрити**.

The screenshot shows the ArcGIS Desktop interface. On the left, the legend for the 'ZonalSt_Поля2' dataset is visible, showing a grayscale ramp from 188 to 238. The main window displays a summary table for the dataset.

| ОБЪЕКТID * | FID | COUNT | AREA | MIN | MAX | MEAN | |
|------------|-----|-------|------|----------|-----|------|------------|
| 1 | 1 | 0 | 418 | 0,000032 | 206 | 229 | 220,552632 |
| 2 | 2 | 1 | 255 | 0,00002 | 202 | 238 | 221,486275 |
| 3 | 3 | 2 | 187 | 0,000014 | 211 | 230 | 222,080214 |
| 4 | 4 | 3 | 289 | 0,000022 | 208 | 226 | 217,211073 |
| 5 | 5 | 4 | 582 | 0,000045 | 198 | 230 | 217,243986 |

Below the table, there is a button that says "Нажмите, чтобы добавить новую строку." (Click to add a new row).

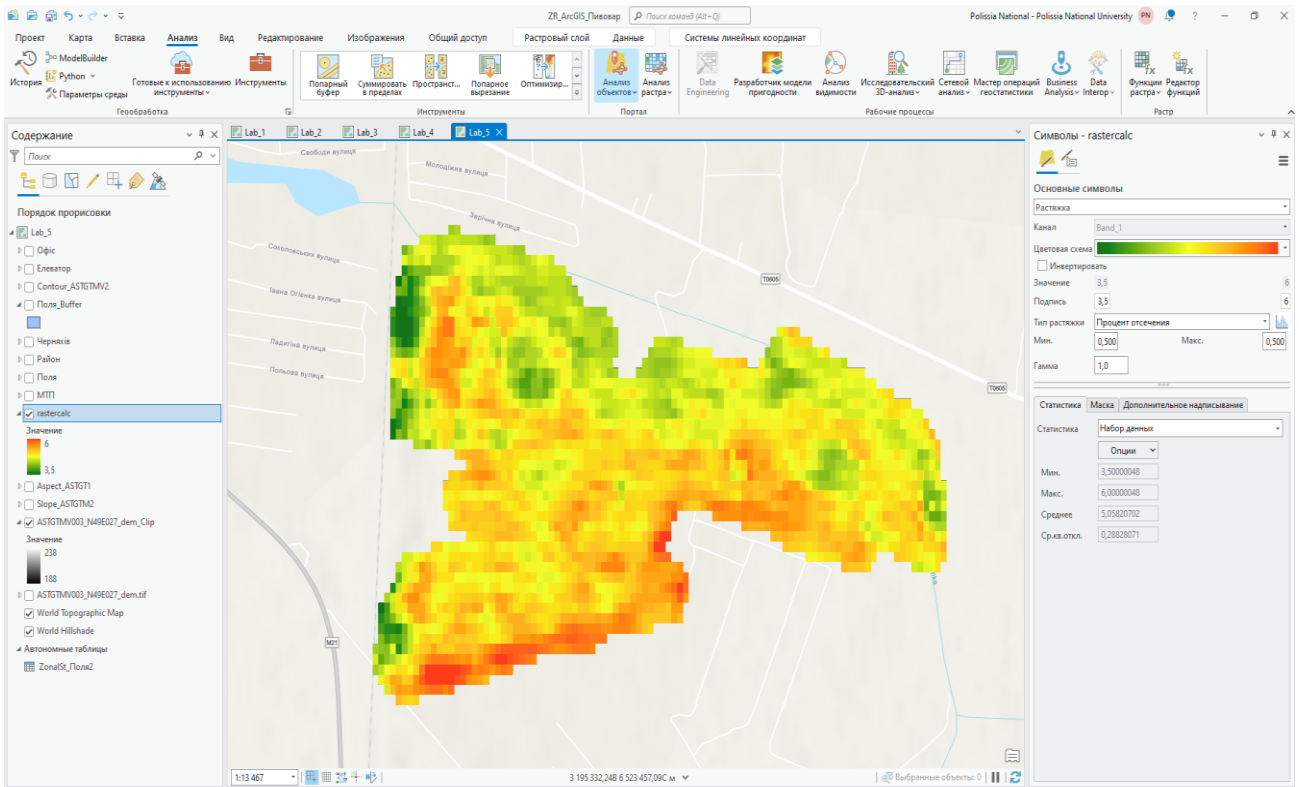
9) Формування нових шарів з використанням калькулятора растра.

(Розглянемо на прикладі формування шару «норма висіву пшениці». Рівняння норму висіву залежно від висоти має вигляд $N = -5.9 + 0.05 * H$)

Використати інструмент **Калькулятор растра** з параметрами вказаними на рисунку.

The screenshot shows the 'Калькулятор растра' (Raster Calculator) tool window. The 'Выражение Алгебры карт' (Map Algebra Expression) field contains the formula: $-5.9 + 0.05 * "ASTGTMV003_N49E027_dem_Clip"$. The 'Выходной растр' (Output Raster) field is set to 'rastercalc'.

Після закінчення виконання процедури та зміни параметрів відображення повинне з'явитись наступне зображення.



Заняття №6

ПЕРВИННА РОБОТА

ЗІ ЗНІМКАМИ ОПТИЧНОГО ДІАПАЗОНУ

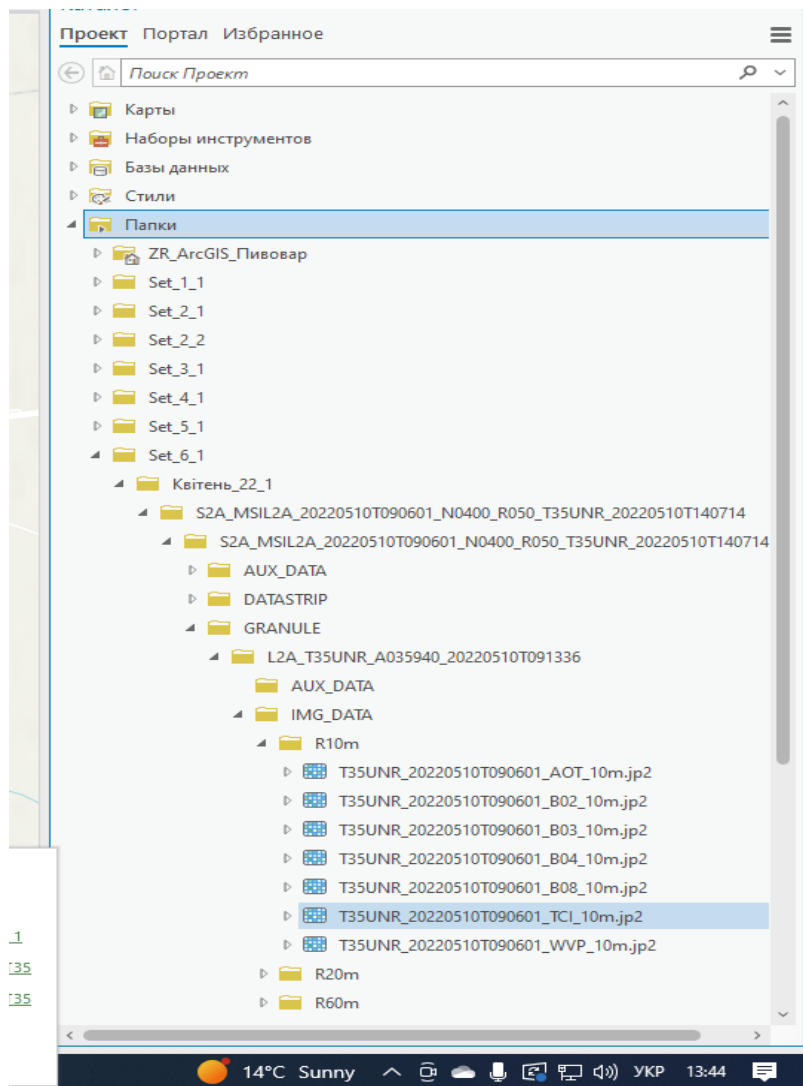
- Тривалість заняття:** - 2 години
- Мета:** навчитися працювати зі знімками оптичного діапазону.
- ✓ вміння звантажувати та відображати космічні знімки оптичного діапазону;
 - ✓ вміння працювати з спектральними каналами оптичного знімку;
- Навички:**
- ✓ вміння аналізувати знімки різного просторового розрізнення;
 - ✓ вміння використовувати знімки космічного діапазону для контролю деградації полів.
- Вхідні дані:**
1. Set_1.1 - дані з лабораторної роботи №1;
 2. Set_6.1. Космічні знімки:
 - «S2A_MSIL2A_20220510T090601_N0400_R050_T35_UNR_20220510T140714»
 - «S2A_MSIL2A_20220510T090601_N0400_R050_T35_UNR_20220510T140714»
 - «S2A_MSIL2A_20220510T090601_N0400_R050_T35_UPR_20220510T140714»
 - «S2A_MSIL2A_20220510T090601_N0400_R050_T35_UPS_20220510T140714»
 - «S2A_MSIL2A_20220510T090601_N0400_R050_T35_UPT_20220510T140714»
 - «S2B_MSIL2A_20220428T092019_N0400_R093_T35_UNT_20220428T112334»
- 1) Створити нову карту, назвати її Lab_6.
- Відкриваємо Ваш проект «ZR_ArcGIS_Прізвище»
- Завдання:** Все робимо так само як в пунктах 0.3-0.4 Лабораторна робота №1.
- 2) Завантажити та відобразити дані лабораторної №1 - Set 1.1.

В панелі Каталог правою кнопкою миші клацаємо на пункті Папки і вибираємо Додати підключення до папки і вибираємо збережену базу даних Set_1.1. з Лабораторної роботи №1.

3) Завантажити знімки оптичного діапазону.

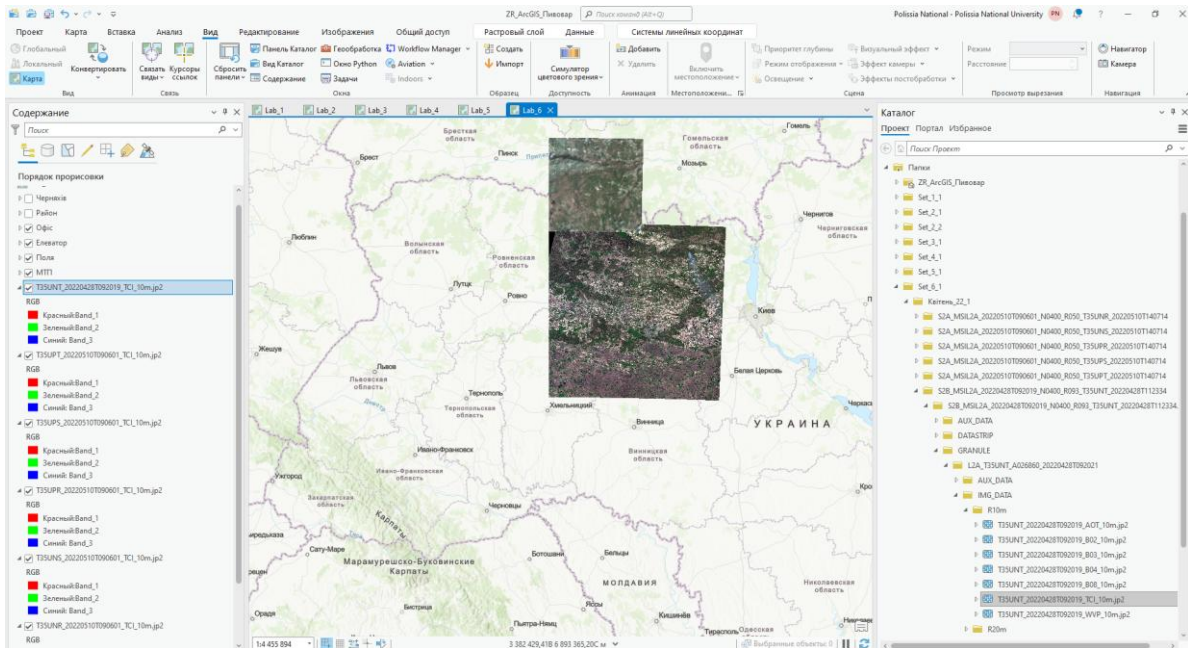
В панелі Каталог правою кнопкою миші клацаємо на пункті Папки і вибираємо Додати підключення до папки і вибираємо збережену базу даних Set_6.1.

З кожного зображення обираємо файл з атрибутом TCI (у послідовності, як вказано на рисунку) та перетягнути файл на карту.



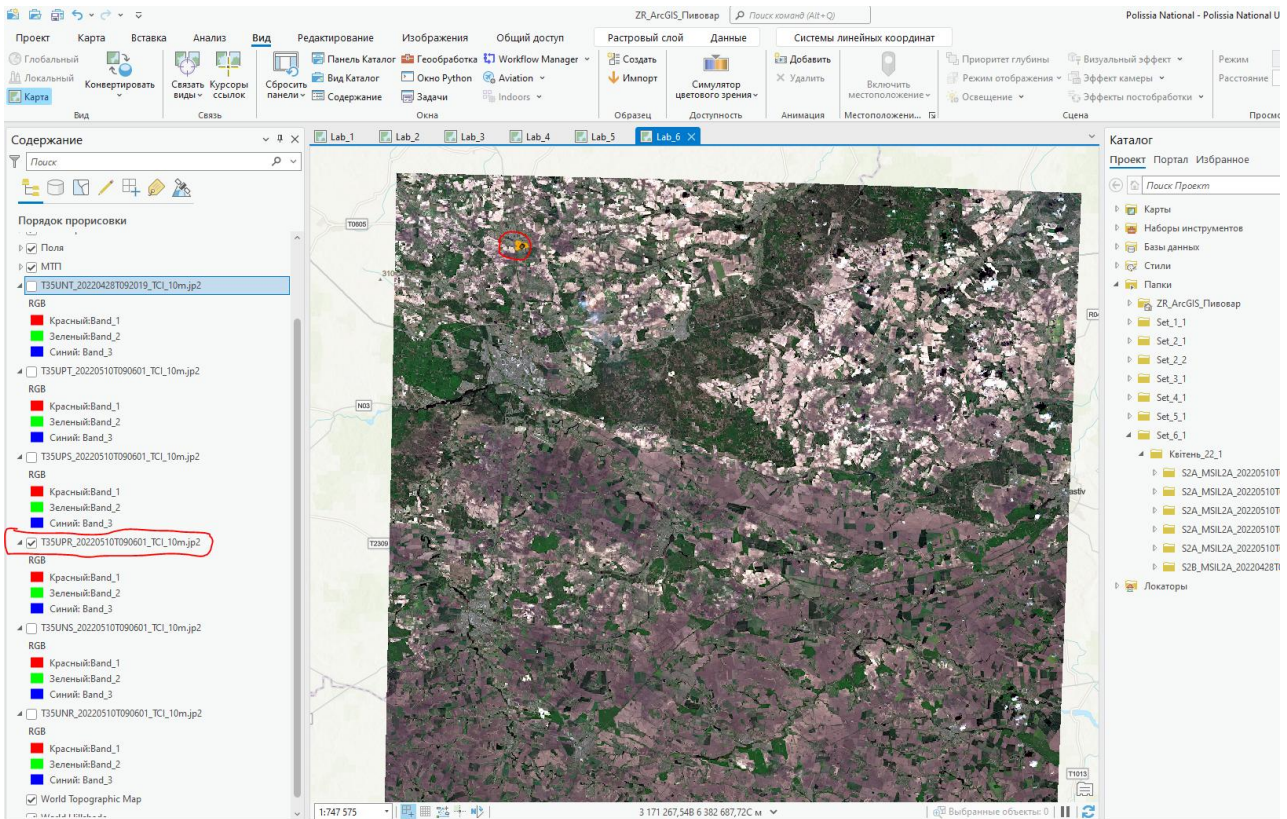
Аналогічні дії повторити з всіма зображеннями (їх шість).

Після відображення всіх шести зображень на екрані повинне створитись наступне зображення.

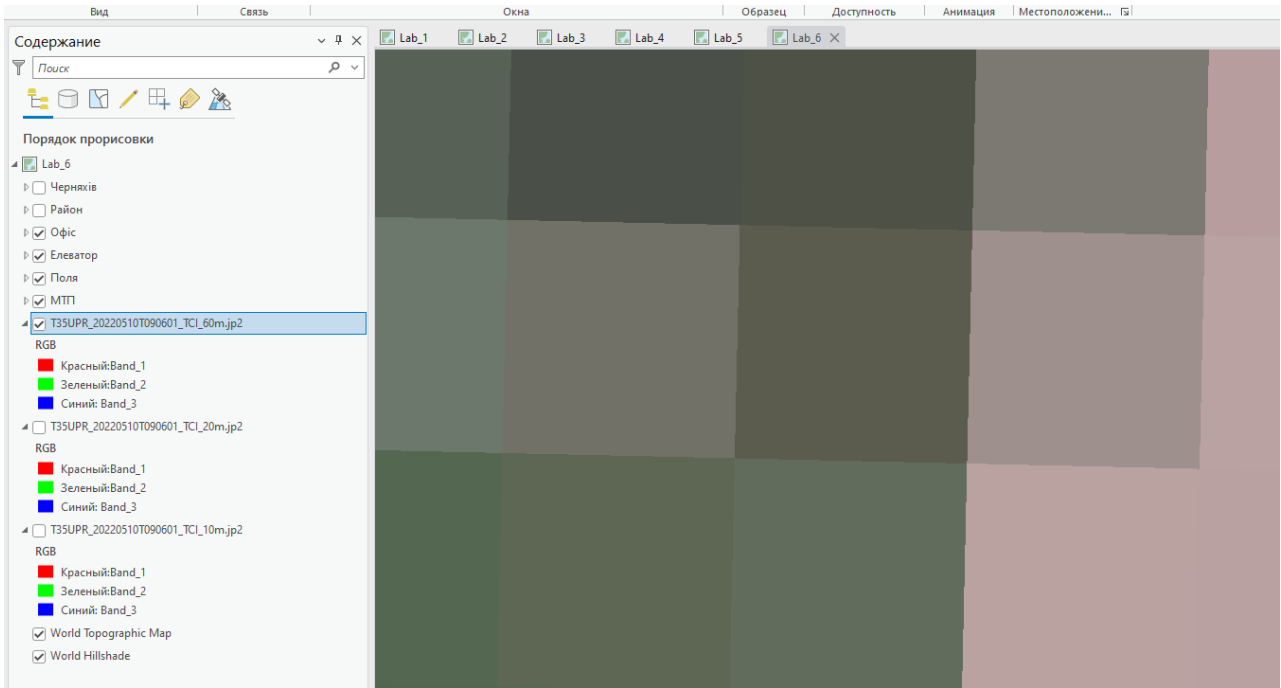


4) Визначення сцени.

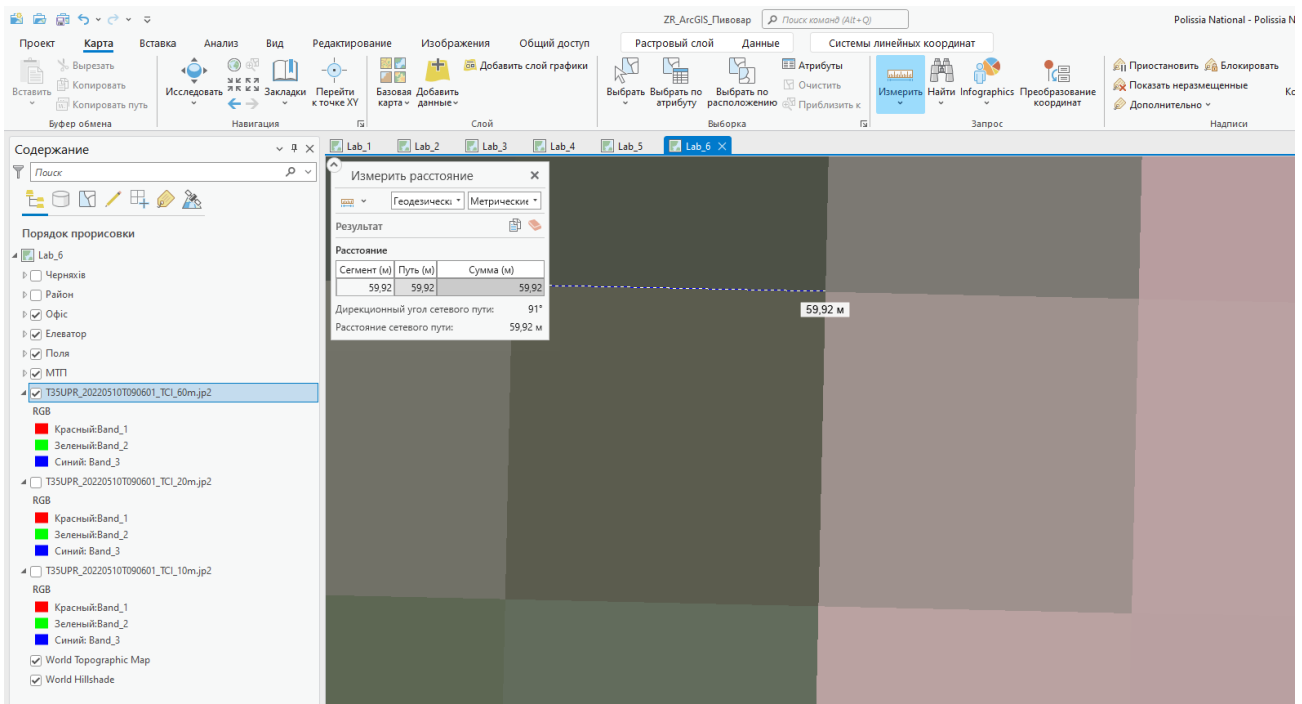
На даному етапі вам необхідно обрати зображення, на якому розташовані створені вами поля. Для вирішення даної задачі вмикайте та вимикайте відображення відповідного знімку на панелі змісту. Для економії пам'яті проекту решту зображень можна видалити.



5) Аналіз просторового розрізнення знімків.



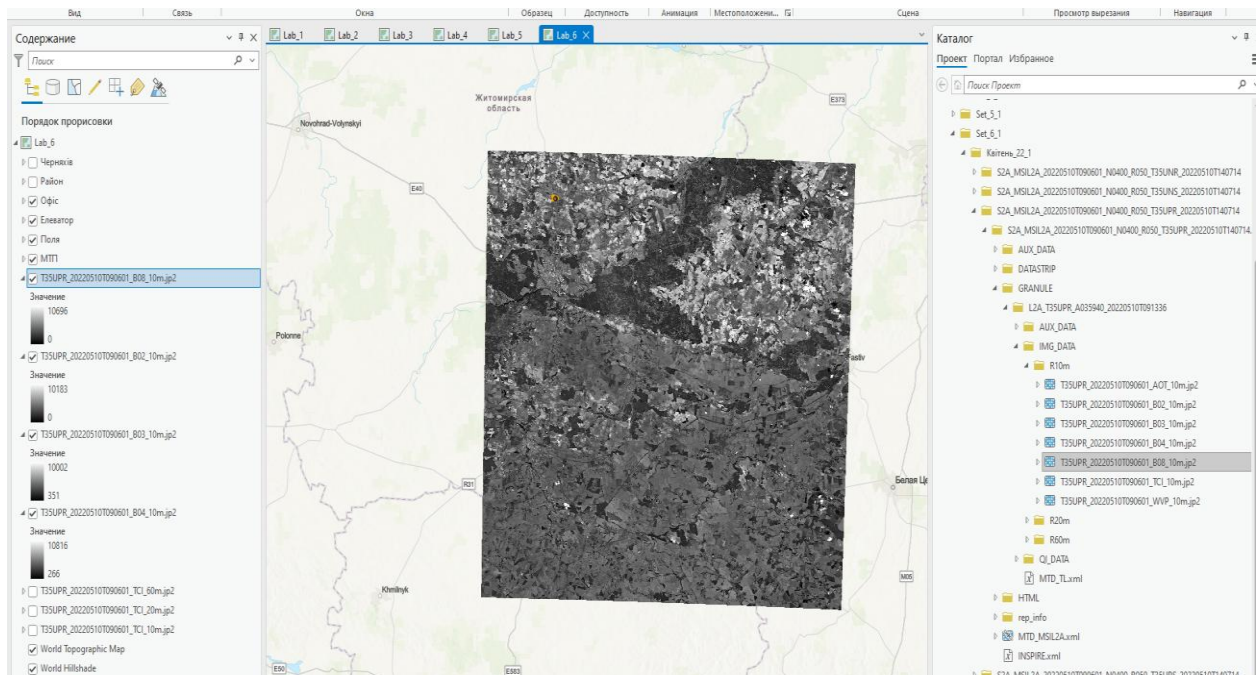
З використанням інструменту **Виміряти** проведіть вимірювання ширини, довжини та площі пікселю.



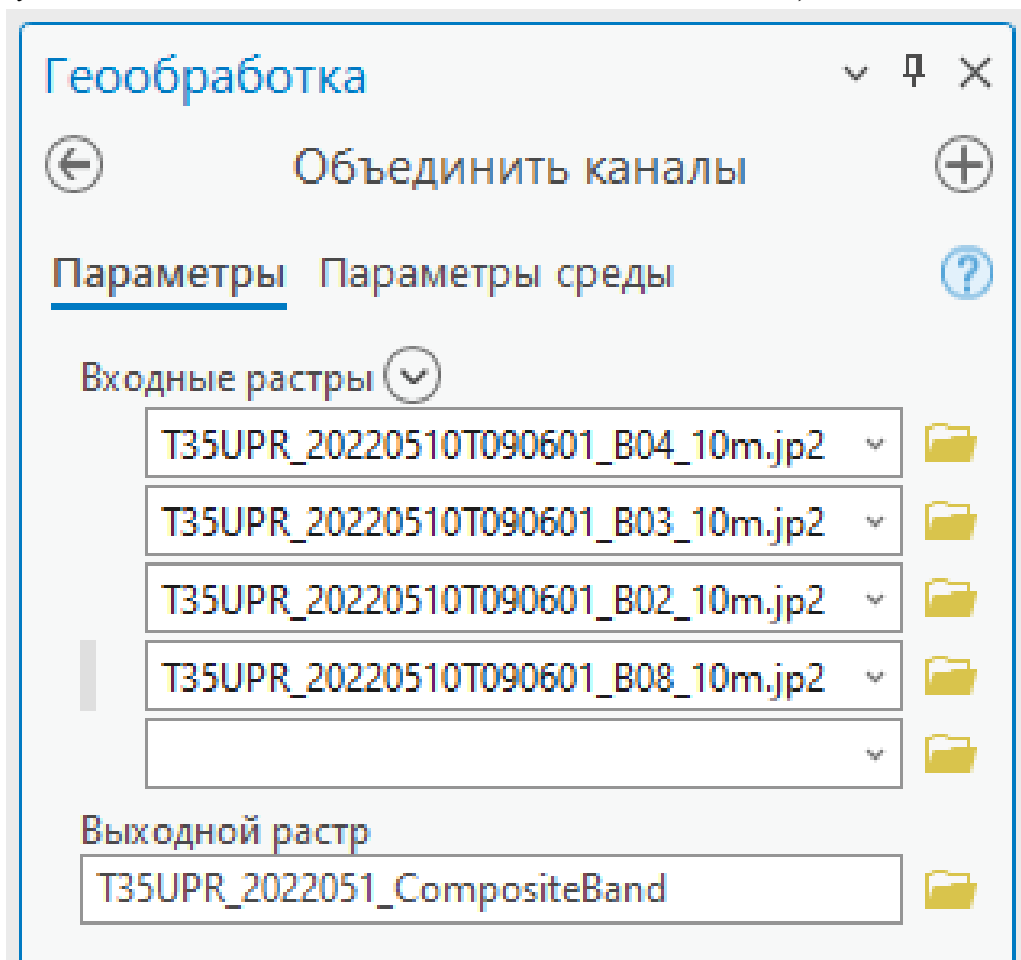
Аналогічні вимірювання проведіть для зображень з розрізненням 20 та 10 метрів.

7) Завантаження та об'єднання спектральних каналів знімка.

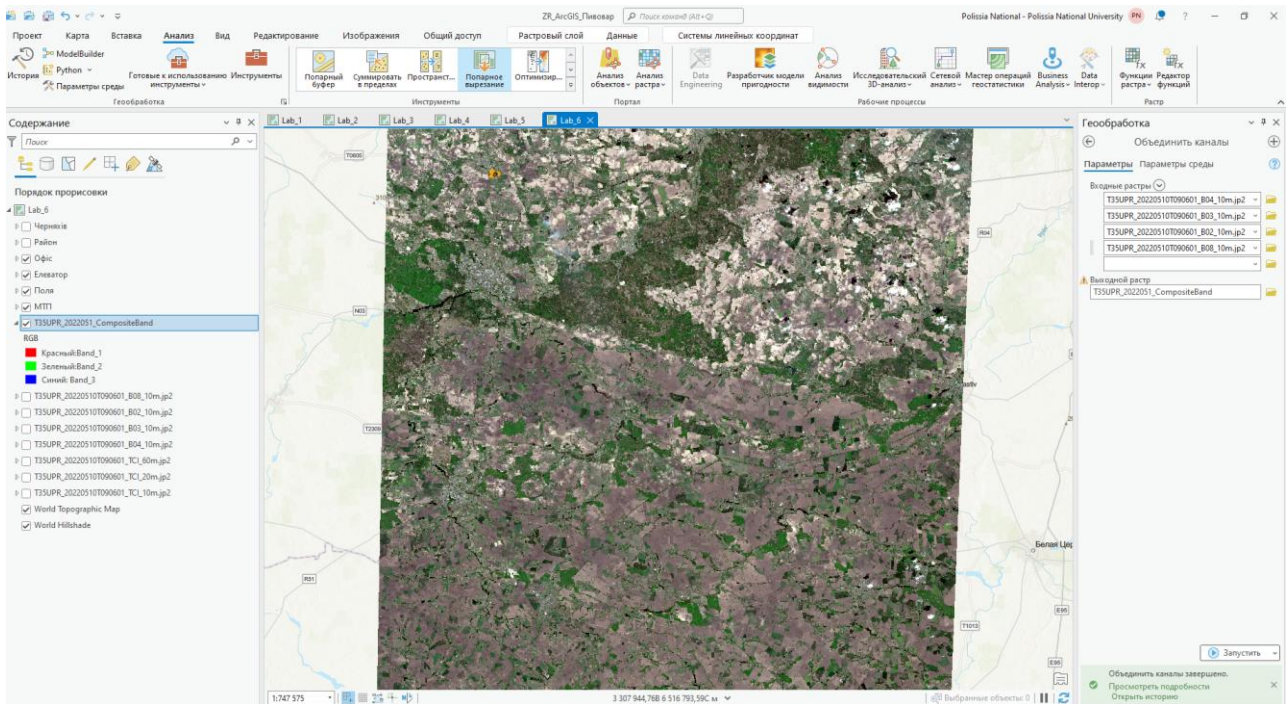
Для обраного знімку з просторовим розрізненням 10 метрів послідовно завантажуюємо канали B04, B03, B02, B08.



З використанням інструменту Об'єднати канали проводимо об'єднання спектральних каналів. (При цьому важливо дотримуватись послідовності B04, B03, B02, B08).

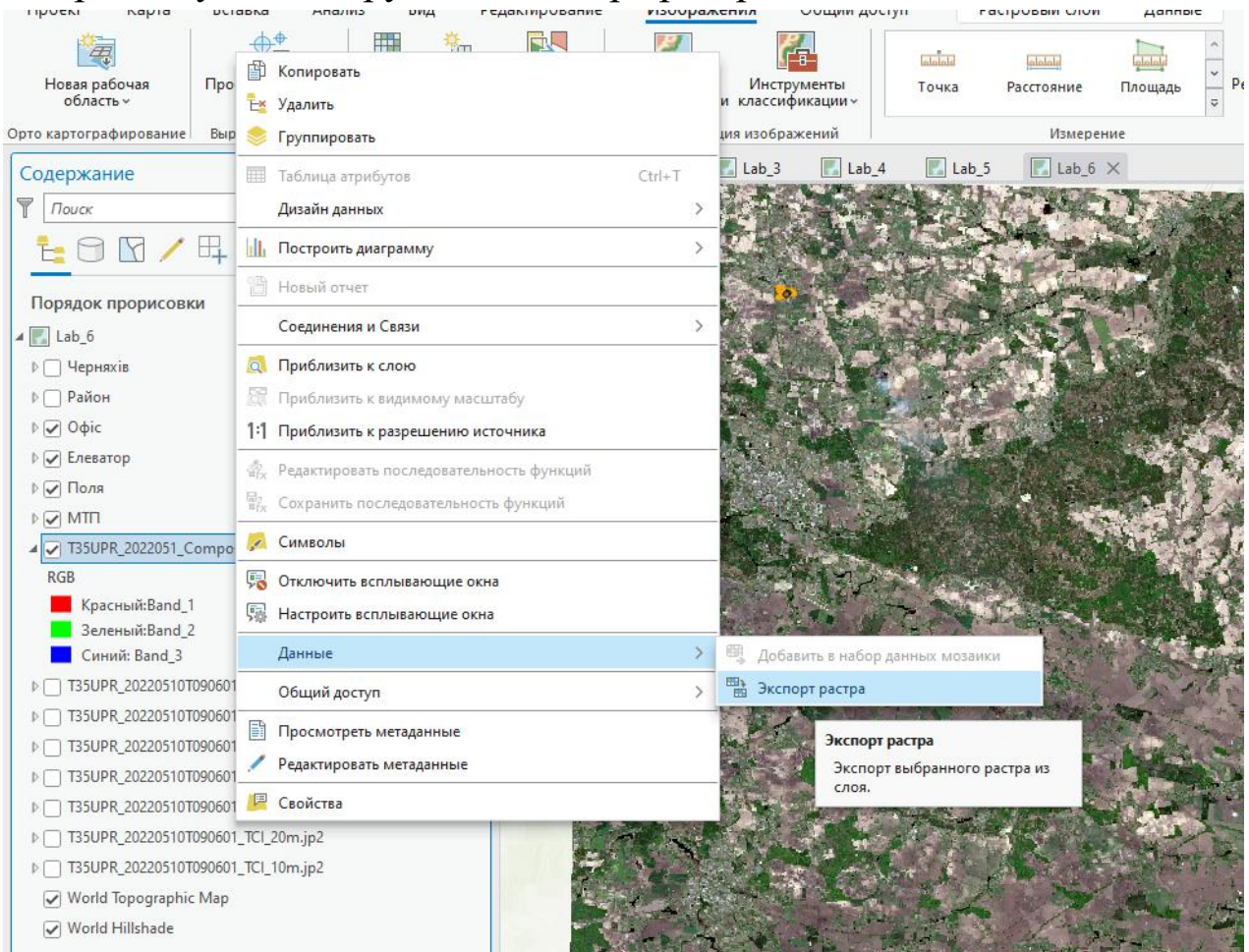


В результаті отримуємо псевдокольорове зображення.



8) Комбінування спектральних каналів.

Створити три копії об'єднаного зображення. Для створення копій використовуємо інструмент Експорт растра.



Растри називаємо P1, P2, P3.

Экспорт растра T35UPR_2022051_CompositeBand

Общие Настройки

Выходной набор растровых данных

C:\Users\Admin\OneDrive\Документы\ArcGIS\Projects\ZR_ArcGIS_Пивовар\P1.tif

Система координат

WGS_1984_UTM_Zone_35N

Географические преобразования

None

Вырезающая геометрия

По умолчанию

Сохранить экстенс вырезания

Размер ячейки

X: 10 Y: 10

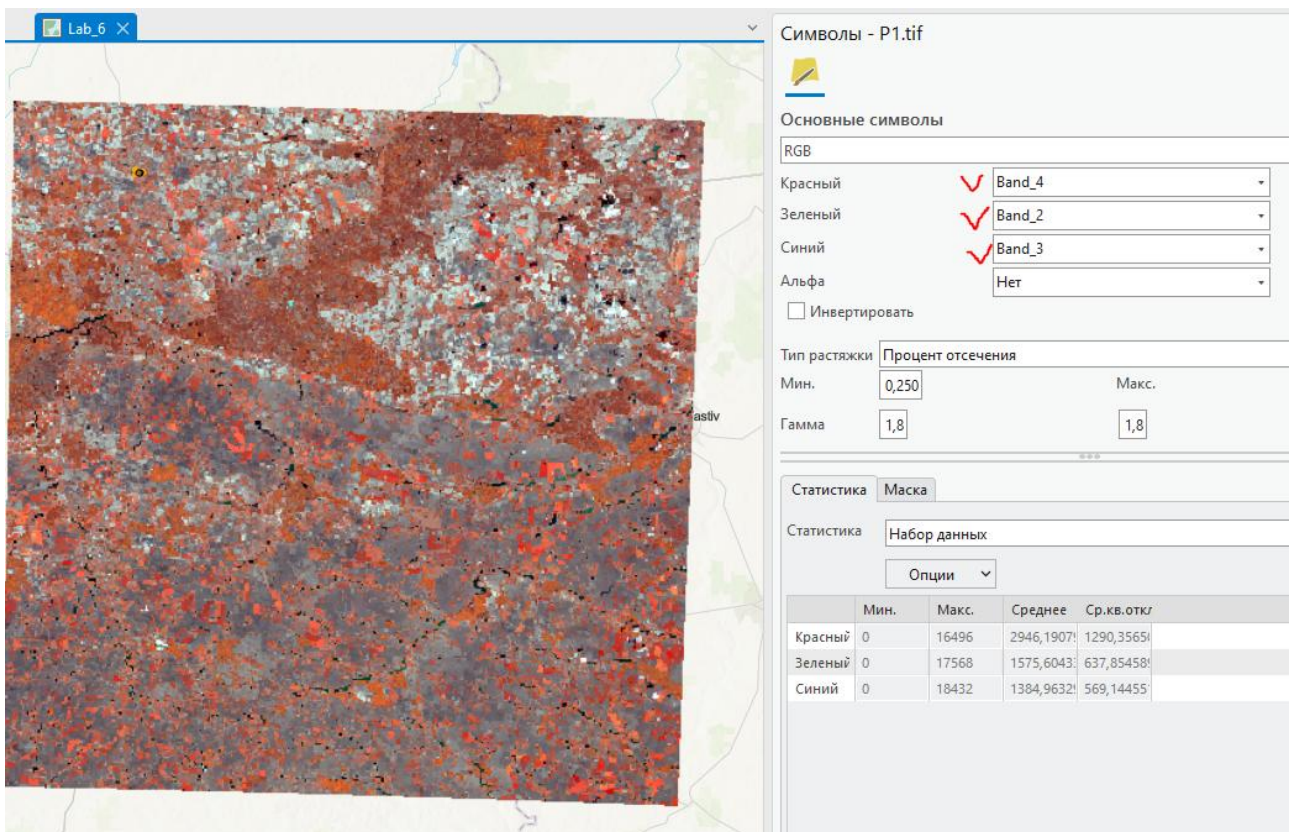
Размер растра

Таким чином, створені чотири однакових растрових зображення. Для дослідження впливу розподілу спектральних каналів на вид зображення проведемо перерозподіл спектральних каналів вхідного зображення по каналам RGB.

Комбінувати канали будемо проводити у відповідності до таблиці

| Назва зображення | Спектральні канали | Розподіл по RGB |
|------------------|--------------------|-----------------|
| P1 | B08-B03-B02 | 4-2-3 (IR-G-B) |
| P2 | B04-B08-B02 | 1-4-3 (R-IR-B) |
| P3 | B04-B03-B08 | 1-2-4 (R-G-IR) |

Для переключення каналів обираємо зображення на панелі змісту – права кнопка миші – Символи. Виставляємо відповідні канали для RGB.



Для решти каналів робимо аналогічно відповідно до таблиці.

Наближаючи отримані зображення до ексценту створених вами полів, обраємо комбінацію каналів, яка більше підходить для відображення процесів на полях.

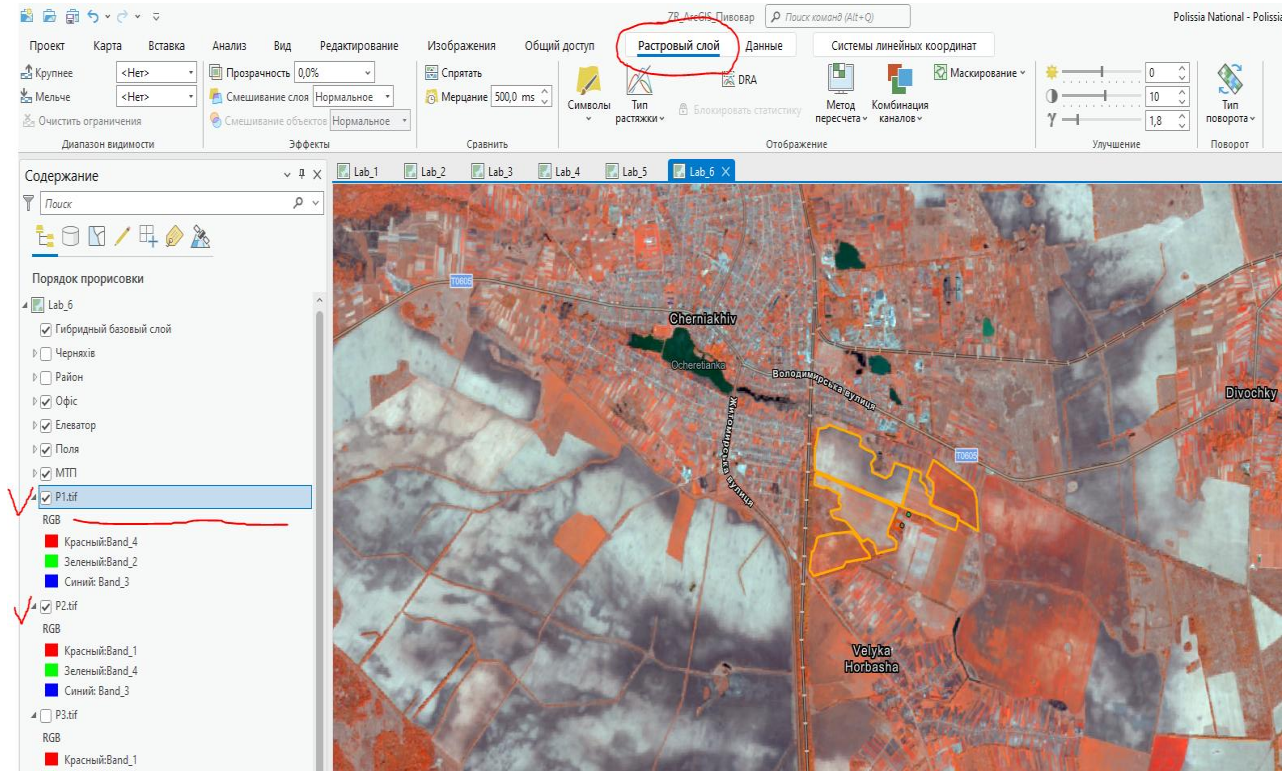


9) Аналіз зображення з використанням інструменту Сховати.

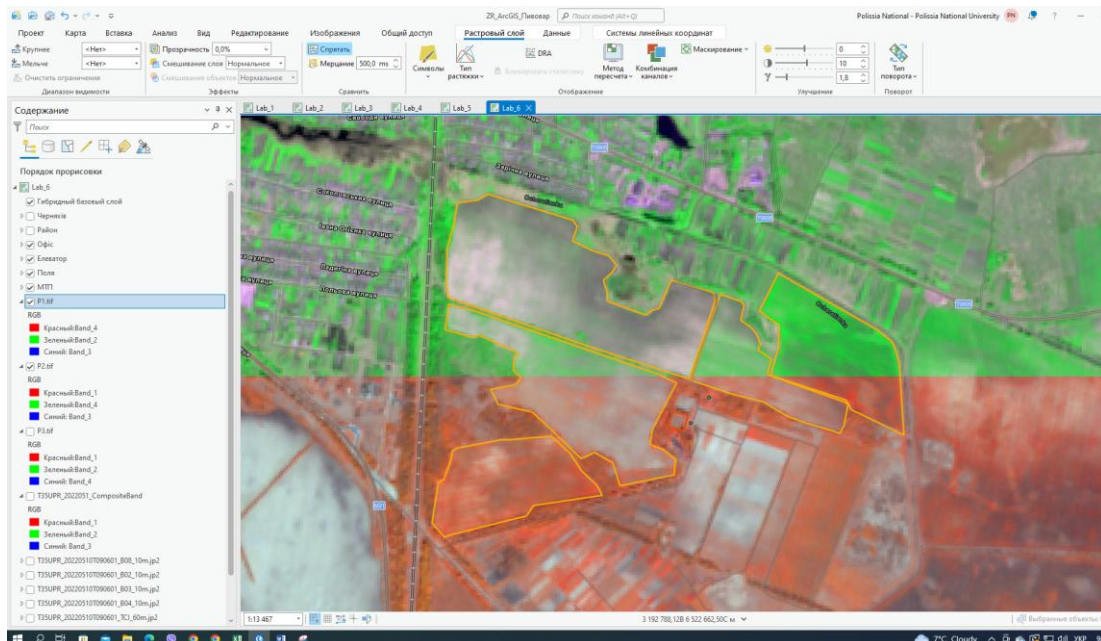
Даний інструмент використовується для візуального порівняння двох растрових зображень.

На панелі змісту ввімкніть відображення зображень P1 та P2.
Встановіть курсор на шар P1.tif.

На панелі інструментів оберіть Растровий шар.



Оберіть інструмент Сховати. Тримаючи ліву кнопку миші переміщуйте курсор вздовж карти для порівняння зображень.



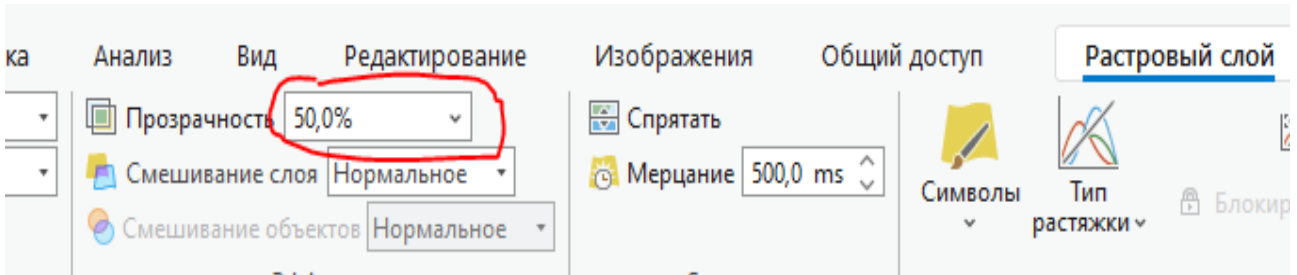
Аналогічно попарно порівняйте інші комбінації зображень.

10) Аналіз зображення з використанням інструменту Прозорість.

На панелі змісту ввімкніть відображення зображень P1 та P2. Встановіть курсор на шар P1.tif.

На панелі інструментів оберіть Растровий шар.

Оберіть інструмент Прозорість. Змінійте прозорість обраного зображення на 25%; 50%; 75% для порівняння зображень P1 та P2.

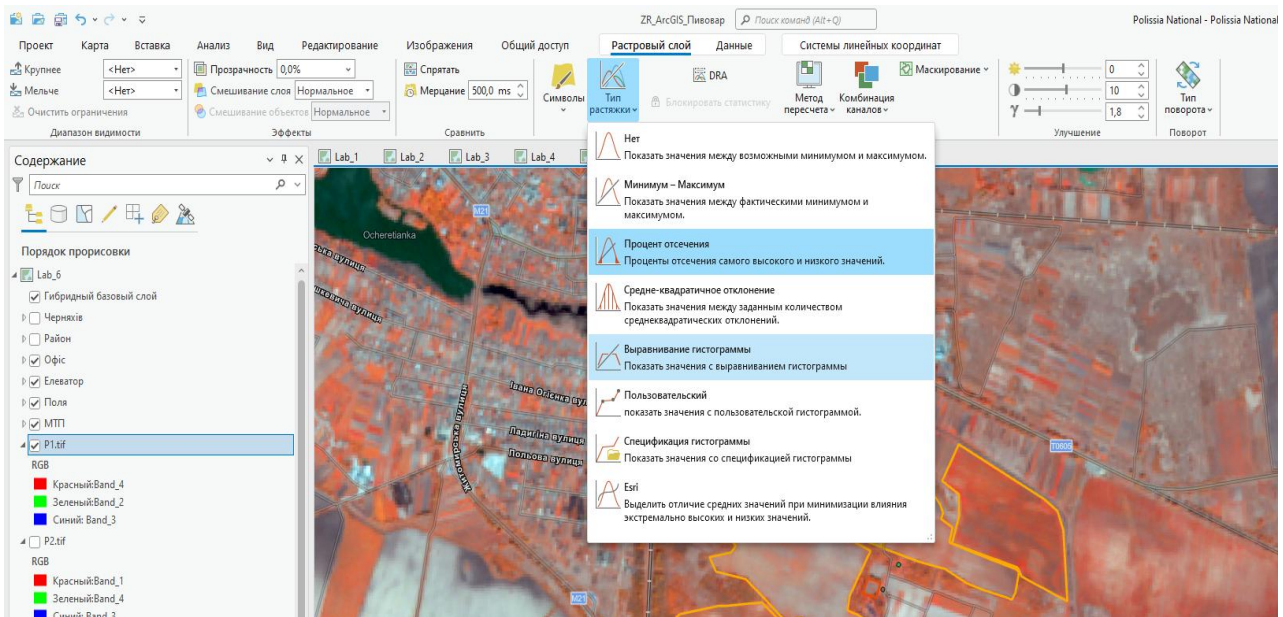


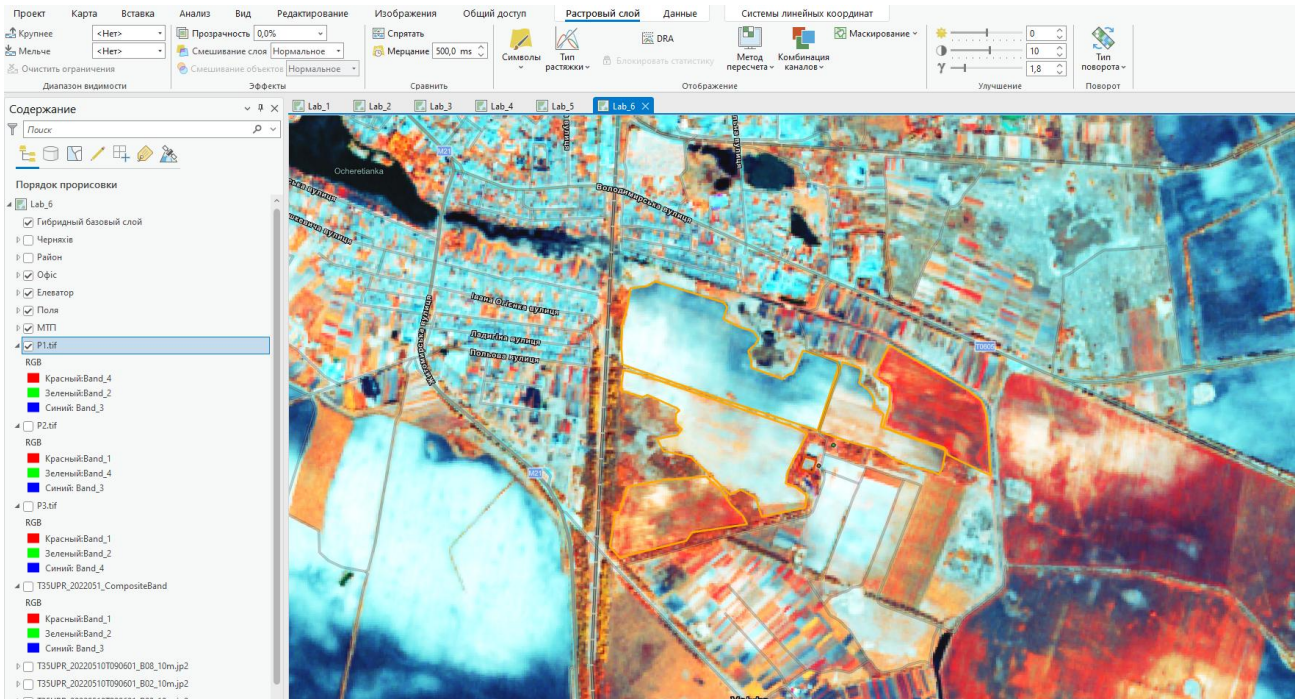
Аналогічно попарно порівняйте інші комбінації зображень та зображення з базовою картою.

11) Перетворення зображення з використанням інструменту Тип розтягування.

На панелі змісту ввімкніть відображення зображень P1. Встановіть курсор на шар P1.tif.

На панелі інструментів оберіть Тип розтягування. У випадяючому списку оберіть Вирівнювання гістограми.





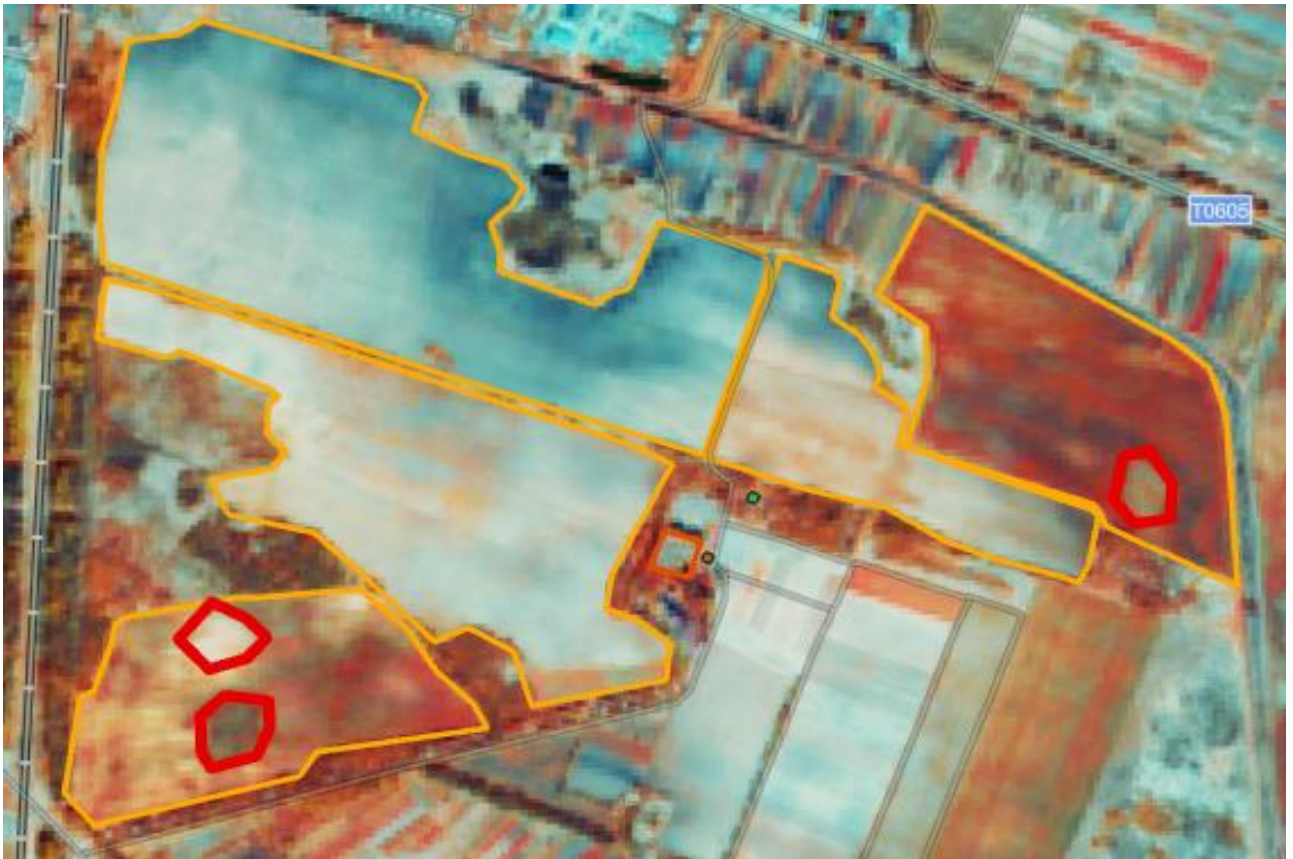
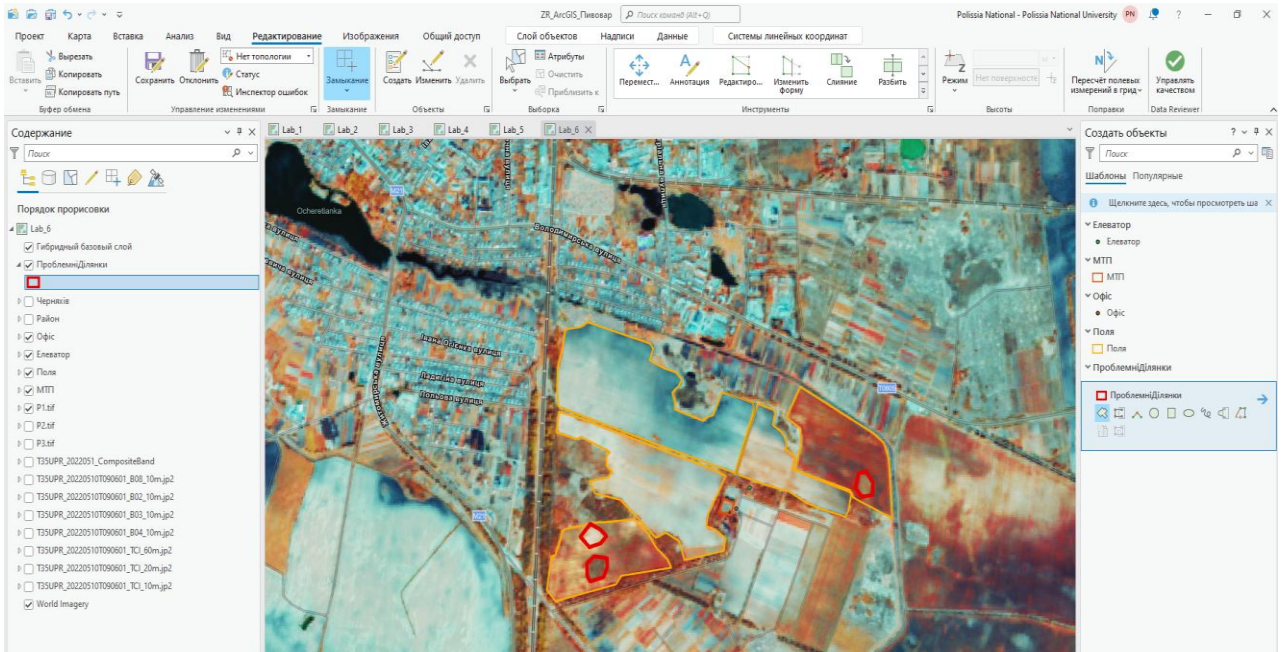
Порівняйте отримане зображення з вхідним та зробіть висновки.
Повторіть дану операцію для інших зображень.

12) Використання інструментів аналізу та перетворення зображень для виявлення зон підвищеної уваги.

Завдання полягає в створенні шейп-файлів з ділянками які потребують підвищеної уваги.

Створюємо шейп-файл типу полігон з назвою Проблемні ділянки. (Дивись пункти 1.3 – 1.4 лабораторної роботи №1). За необхідністю змінюємо параметри його відображення.

Послідовно застосовуючи інструменти Сховати, Прозорість та Тип розтягування шукаємо на створених раніше полях зони із суттєвою відмінністю зображення та формуємо відповідні об'єкти в шейп-файлі Проблемні ділянки.



Заняття №7

РОБОТА З ІНДЕКСАМИ

Тривалість заняття: - 2 години

Мета: навчитися форматувати та працювати з індексами спектральних каналів

Навички:

- ✓ вміння формувати растр індексів з багатоспектрального знімку з використанням калькулятора растру та стандартних процедур;
- ✓ вміння аналізувати часові ряди індексів;
- ✓ вміння обробляти растри індексів;
- ✓ вміння використовувати растри індексів для пошуку проблемних ділянок на полях.

Set_1.1 - дані з лабораторної роботи №1;

Set_6.1. Космічні знімки:

«S2A_MSIL2A_20220510T090601_N0400_R050_T35UNS_20220510T140714»

«S2A_MSIL2A_20220510T090601_N0400_R050_T35UPR_20220510T140714»

«S2A_MSIL2A_20220510T090601_N0400_R050_T35UPS_20220510T140714»

«S2A_MSIL2A_20220510T090601_N0400_R050_T35UPT_20220510T140714»

«S2B_MSIL2A_20220428T092019_N0400_R093_T35UNT_20220428T112334»

Вхідні дані:

Загальна характеристика індексів вегетації.

Індекси вегетації (Vegetation Indices) - це числові показники, які використовуються для вимірювання та аналізу стану рослинності на земній поверхні з використанням даних, зібраних з супутників або аерофотознімків.

Деякі з найпоширеніших індексів вегетації включають:

1. Нормалізований вегетаційний індекс NDVI (NDVI) – це стандартизований індекс, що показує наявність та стан рослинності

(відносну біомасу). Цей індекс використовує контраст характеристик двох каналів набору мультиспектральних растрових даних – поглинання пігментом хлорофілу в червоному каналі і високої відбивної здатності рослинності в інфрачервоному каналі (NIR).

Значення індексу NDVI розраховується згідно з виразом:

$$NDVI = ((NIR - Red)/(NIR + Red)),$$

де NIR – значення пікселів ближнього інфрачервоного каналу;
Red – значення пікселів червоного каналу.

2. Модифікований стандартизований індекс відмінностей води (MNDWI) використовує зелений канал та канал SWIR (short wave infrared або короткохвильовий інфрачервоний діапазон) для покращення відображення об'єктів відкритих водних просторів. Він також знижує значення областей забудови, які часто корелюються з відкритими водними просторами в інших індексах.

$$MNDWI = (Green - SWIR) / (Green + SWIR),$$

де Green – значення пікселів зеленого каналу;
SWIR – значення пікселів короткохвильового інфрачервоного каналу.

3. Стандартизований індекс відмінностей зволоженості (NDMI) чутливий до рівня вологості рослинності. Використовується для відстеження посух, а також вказує рівень горючих матеріалів у пожежонебезпечних зонах. Використовує канали NIR та SWIR для створення коефіцієнта, призначеного для приглушення освітлення та атмосферних ефектів.

$$NDMI = (NIR - SWIR1)/(NIR + SWIR1),$$

де NIR – значення пікселів ближнього інфрачервоного каналу;
SWIR1 – значення пікселів короткохвильового інфрачервоного каналу 1.

4. Модифікований вегетаційний індекс (MVI) - це показник, який використовується для вимірювання здоров'я рослин на земній

поверхні. Він враховує не тільки кількість зеленого кольору в рослинах, але й насиченість та яскравість кольорів.

5. Індекс відносної вегетації (RVI) - це показник, який використовується для вимірювання кількості рослинної біомаси на земній поверхні. Він обчислюється за допомогою вимірювання відбиття світла в червоній та ближній інфрачервоній областях спектра.

6. Індекс відносної води (WI) - це показник, який використовується для вимірювання кількості вологи, яка зберігається в ґрунті та рослинах на земній поверхні. Він обчислюється за допомогою вимірювання відбиття світла в інфрачервоній та ближній інфрачервоній областях спектра.

7. Індекс зеленого коліру (GI) - це показник, який використовується для вимірювання кількості зеленого кольору в рослинах на земній поверхні. Він обчислюється за допомогою вимірювання відбиття світла в зеленій та червоній областях спектра.

8. Індекс відносної чутливості (RSI) - це показник, який використовується для вимірювання ступеня чутливості рослин до різних довжин хвиль світла. Він обчислюється за допомогою вимірювання відбиття світла в різних областях спектра.

Індекси вегетації використовуються для визначення кількості рослинної біомаси, здоров'я та зростання рослин на земній поверхні, а також для вимірювання ефективності землекористування та планування врожаїв.

Завдання:

13) Створити нову карту, назвати її Lab 7.

Відкриваємо Ваш проект «ZR_ArcGIS_Прізвище»

Все робимо так само як в пунктах 0.3-0.4 Лабораторна робота №1.

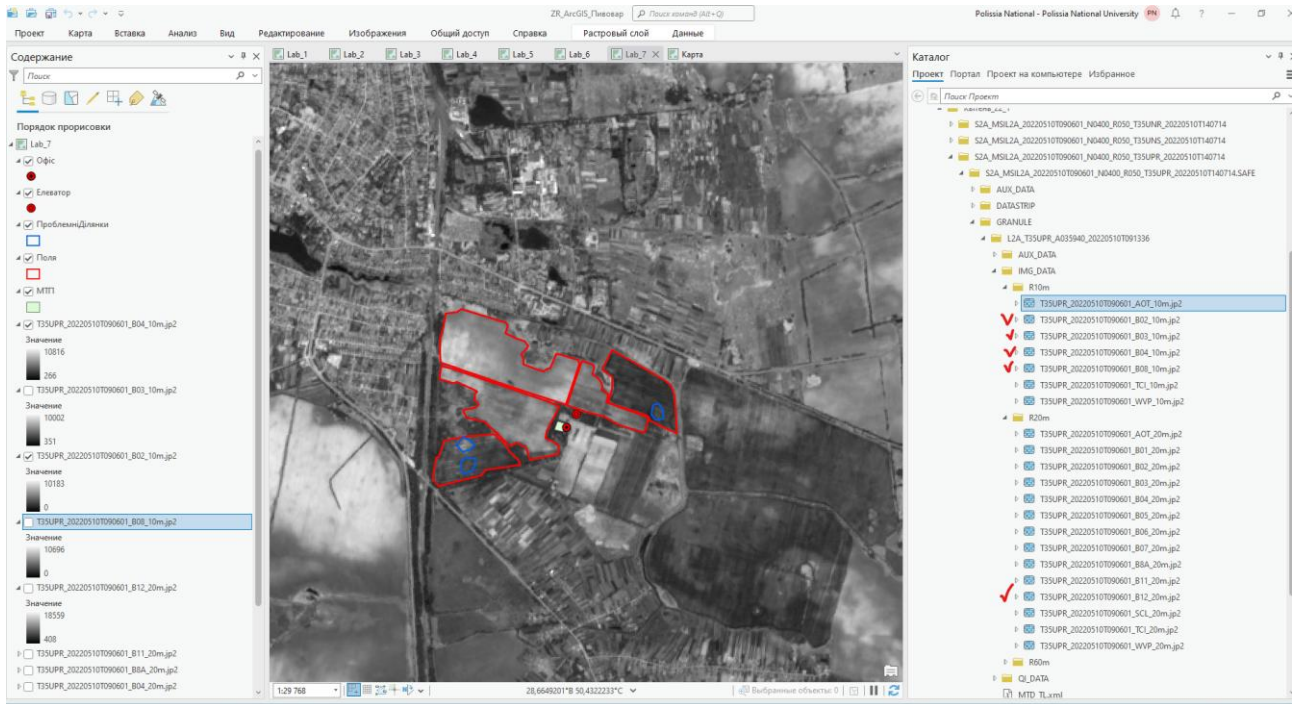
14) Завантажити та відобразити дані лабораторної №1 - Set 1.1.

В панелі Каталог правою кнопкою миші клацаємо на пункті Папки і вибираємо Додати підключення до папки і вибираємо збережену базу даних Set_1.1. з Лабораторної роботи №1.

15) Завантажити знімок оптичного діапазону.

В панелі Каталог правою кнопкою миші клацаємо на пункті Папки і вибираємо Додати підключення до папки і вибираємо збережену базу даних Set_6.1.

З зображення з просторовим розрізненням 10 м. завантажуюємо спектральні канали B02, B03, B04, B08. З зображення з просторовим розрізненням 20 м. завантажуюємо спектральні канали B12.



16) Розрахунок нормалізованого вегетаційного індексу NDVI.

Використовуємо інструмент Калькулятор растру. У відповідності до виразу для індексу NDVI:

$$NDVI = ((NIR - Red)/(NIR + Red)),$$

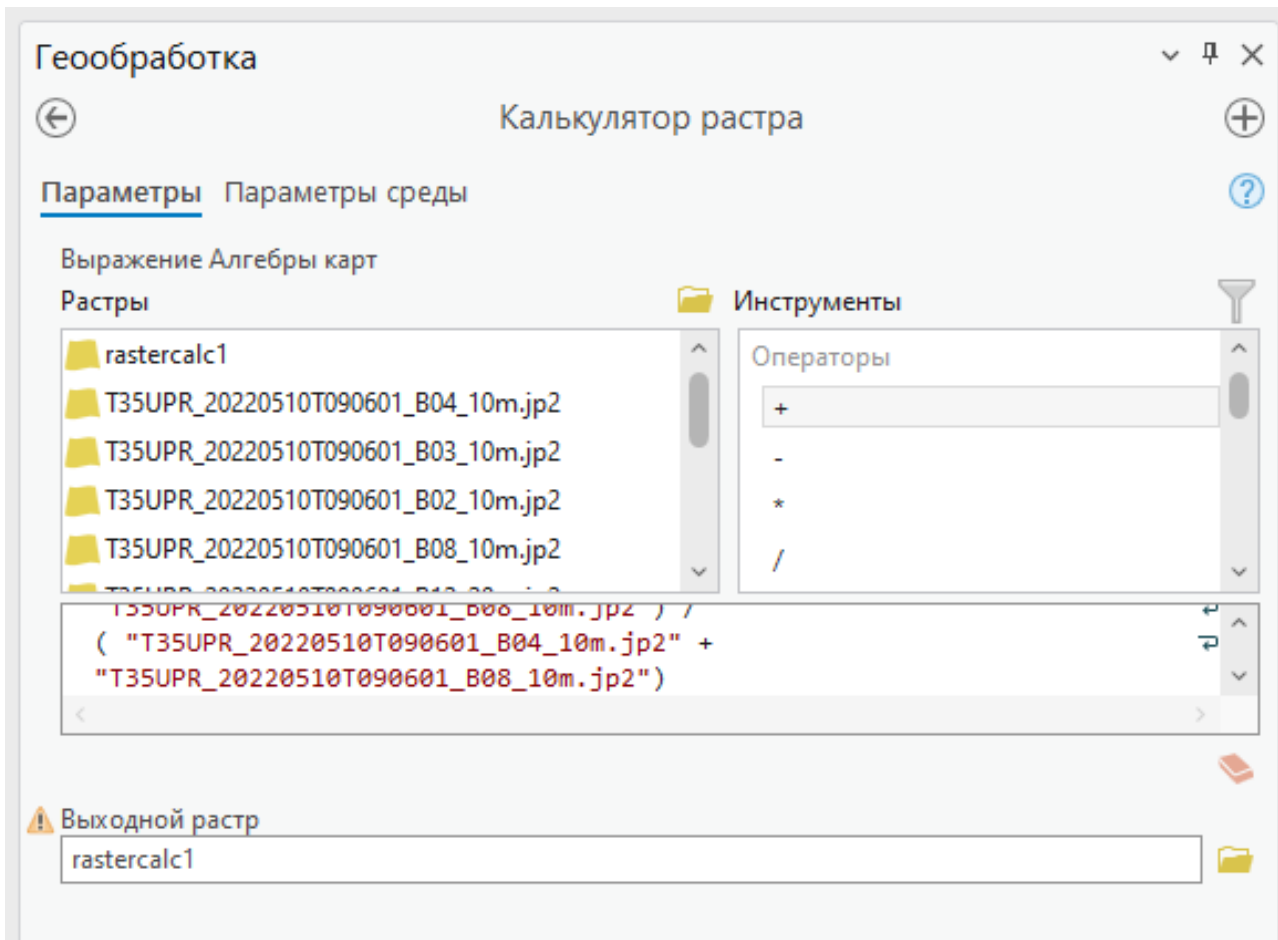
де NIR – значення пікселів ближнього інфрачервоного каналу;
Red – значення пікселів червоного каналу.

Спектральні канали в КА Sentinel-2 пронумеровані у відповідності до таблиці.

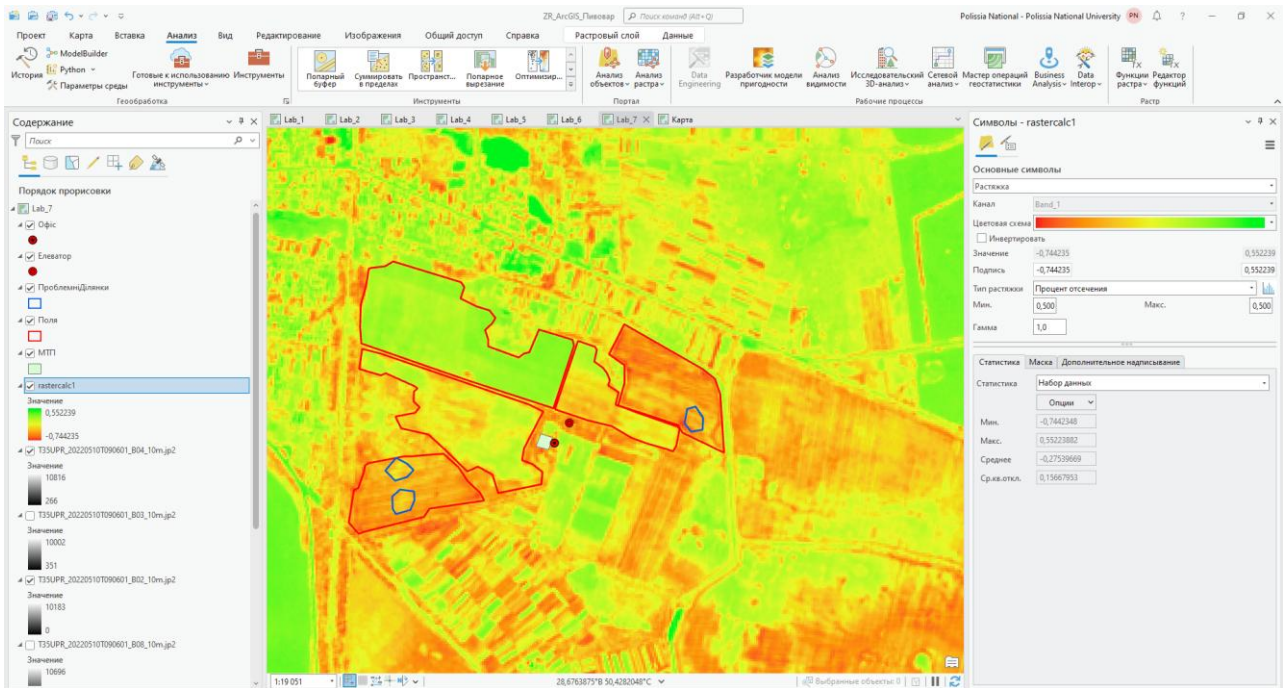
| Смуги Sentinel-2 | Центральна довжина хвилі (µм) | Роздільна здатність (м) | Ширина смуги (нм) |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Смуга 2 - Синій | 0.490 | 10 | 65 |
| Смуга 3 - Зелений | 0.560 | 10 | 35 |
| Смуга 4 - Червоний | 0.665 | 10 | 30 |

| | | | |
|-----------------|-------|----|-----|
| Смуга 8 - NIR | 0.842 | 10 | 115 |
| Смуга 11 - SWIR | 1.610 | 20 | 90 |
| Смуга 12 - SWIR | 2.190 | 20 | 180 |

Використовуючи перелік растрів та набір інструментів створить вираз для визначення індексу NDVI, вкажіть назву вихідного растру та натисніть кнопку Запустити.



Для більш наочного відображення сформованого зображення можна змінити кольори відображення.

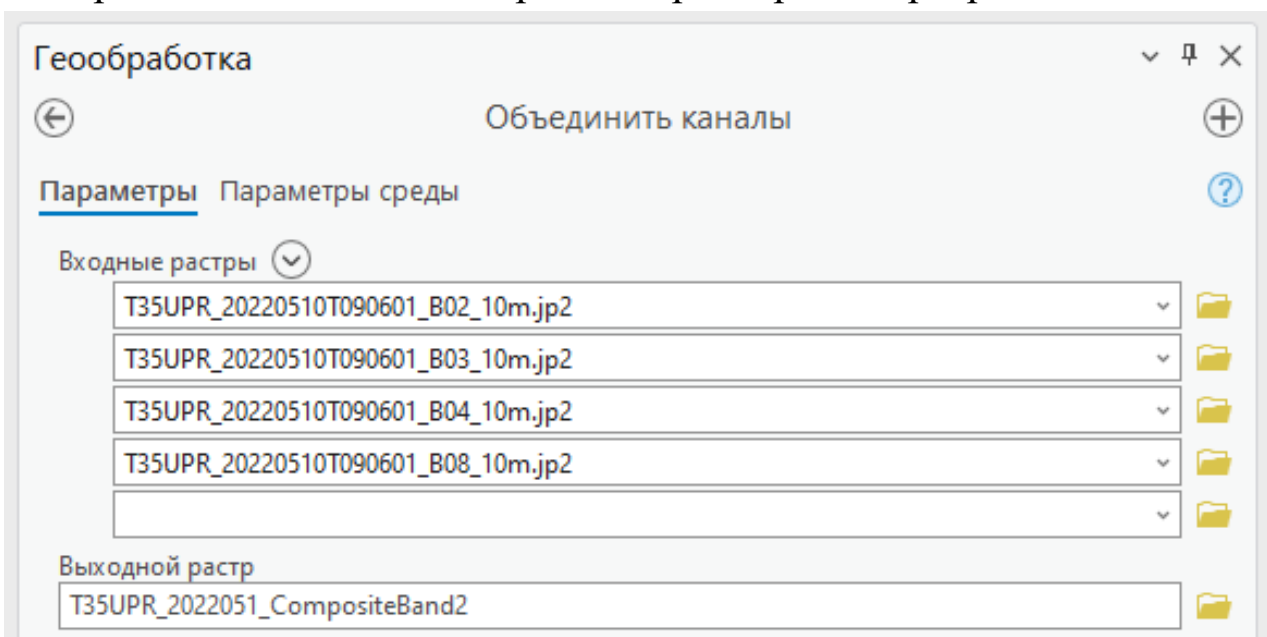


Зеленим відображаються ділянки з високим рівнем вегетації, червоним – з низьким.

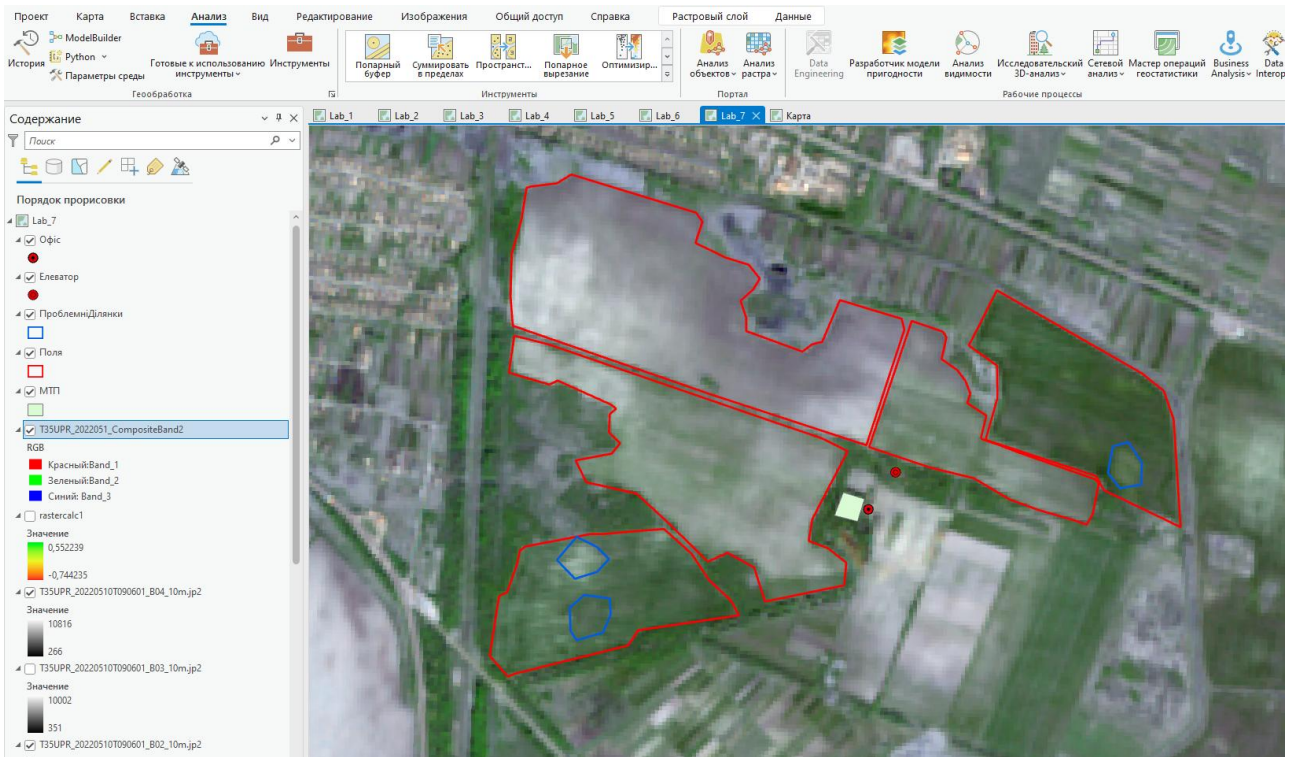
17) Створення багатоспектрального зображення.

Для зручності подальшої обробки проводиться об'єднання спектральних каналів в одне зображення.

Для об'єднання спектральних каналів використовується інструмент Об'єднати канали. Проведіть об'єднання завантажених спектральних каналів 10 метрового просторового розрізнення.

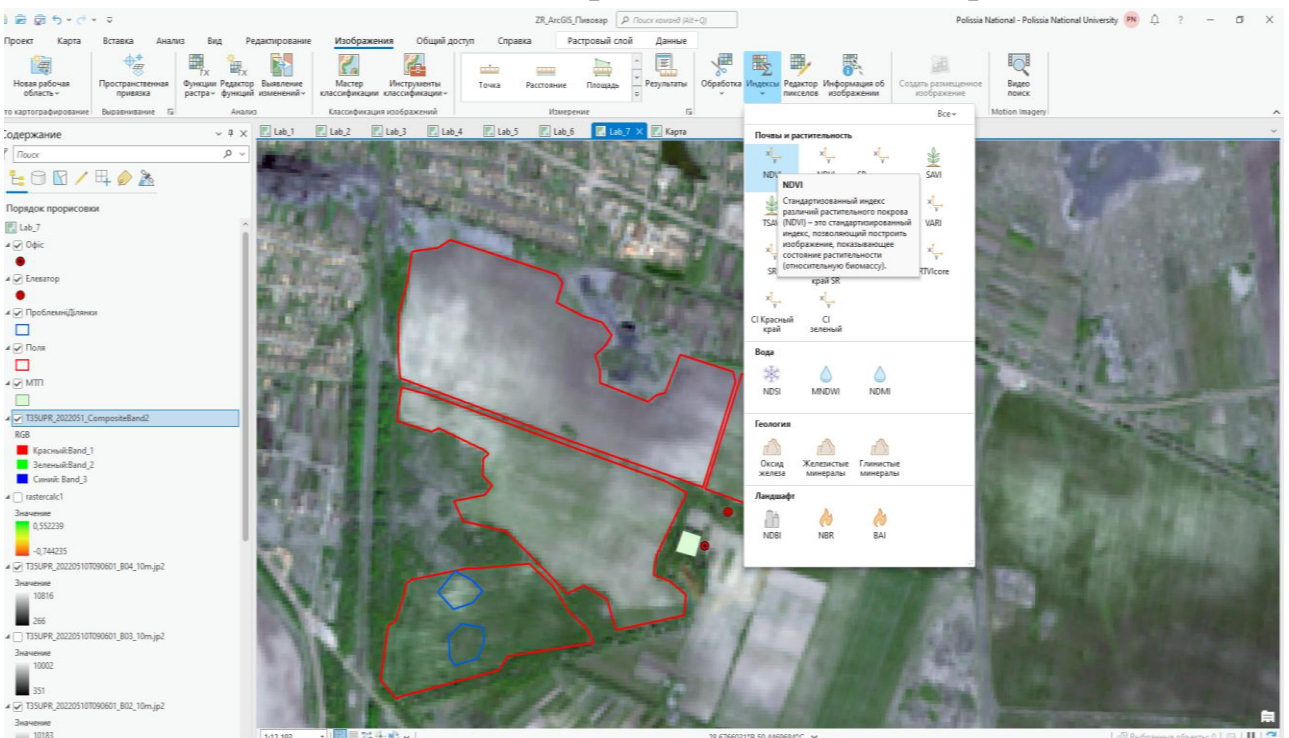


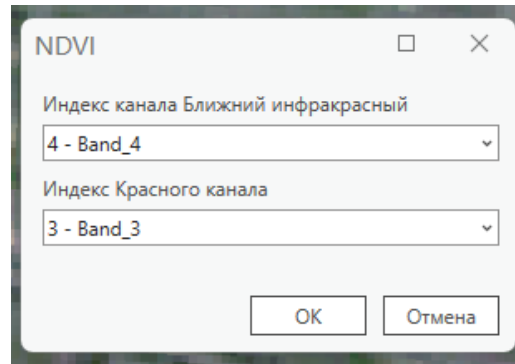
В результаті отримуємо наступне зображення.



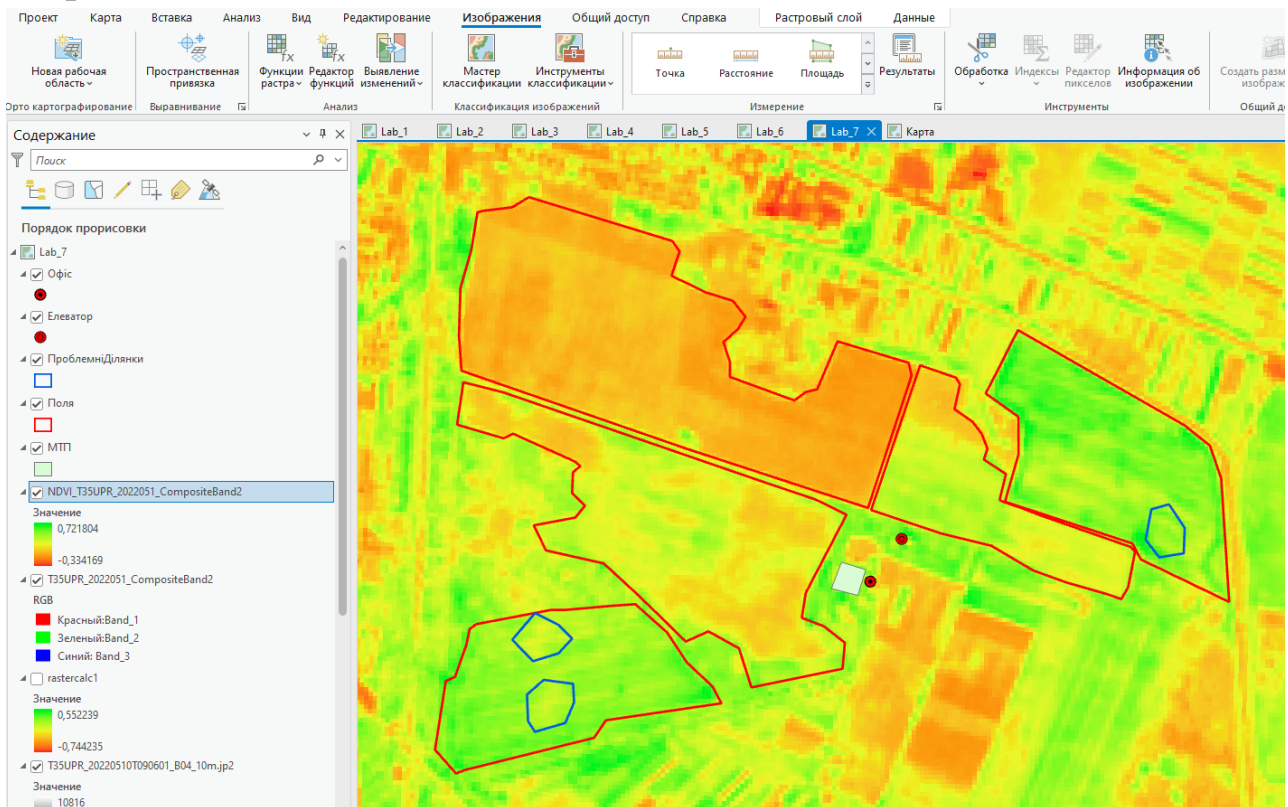
18) Розрахунок нормалізований вегетаційний індекс NDVI (з використанням вбудованої процедури та багатоспектрального зображення).

Виберіть багатоспектральне зображення на панелі Змісту. У верхній частині екрану послідовно натисніть Зображення – Індекси – NDVI. У вікні, що з'явиться оберіть відповідні спектральні канали.





Після заміни кольорів відображення, повинне з'явитись наступне зображення.



19) Розрахунок стандартизованого індексу відмінностей зволоженості (NDMI).

Особливістю розрахунку даного індексу є використання спектральних каналів різного просторового розрізнення.

За методикою, викладеною в п.4 даного завдання, розрахуйте стандартизованого індексу відмінностей зволоженості (NDMI).

$$NDMI = (NIR - SWIR)/(NIR + SWIR),$$

де NIR – значення пікселів ближнього інфрачервоного каналу;

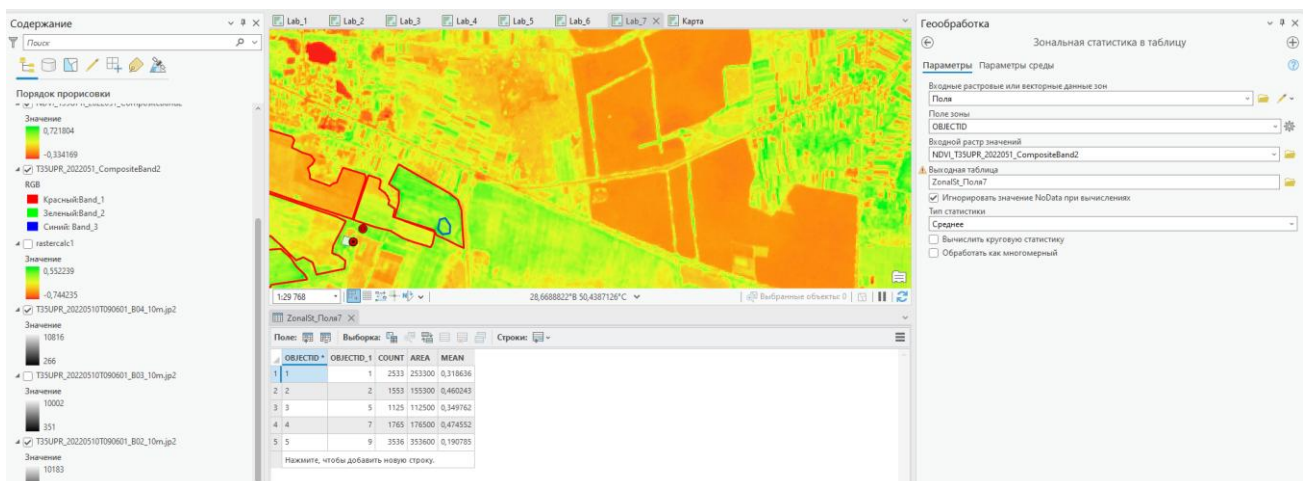
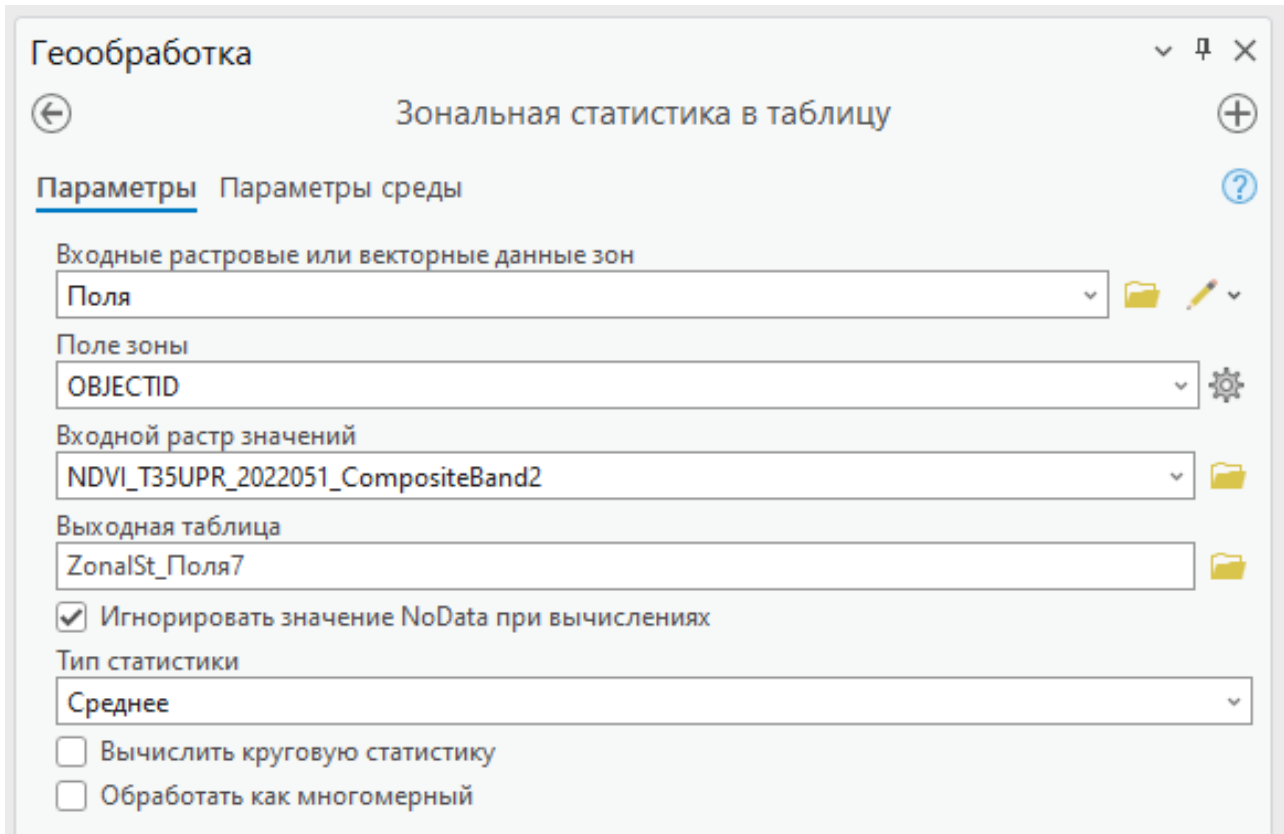
SWIR – значення пікселів короткохвильового інфрачервоного каналу.

20) Дослідження вегетаційних індексів.

Створіть поля «NDVI» в шарах Поля та Проблемні ділянки.

З використанням інструменту Зональна статистика в таблицю визначити середні значення індексу NDVI для кожного поля.

Занесіть отримані дані до таблиці атрибутів шарів Поля та Проблемні ділянки.



Заняття №8

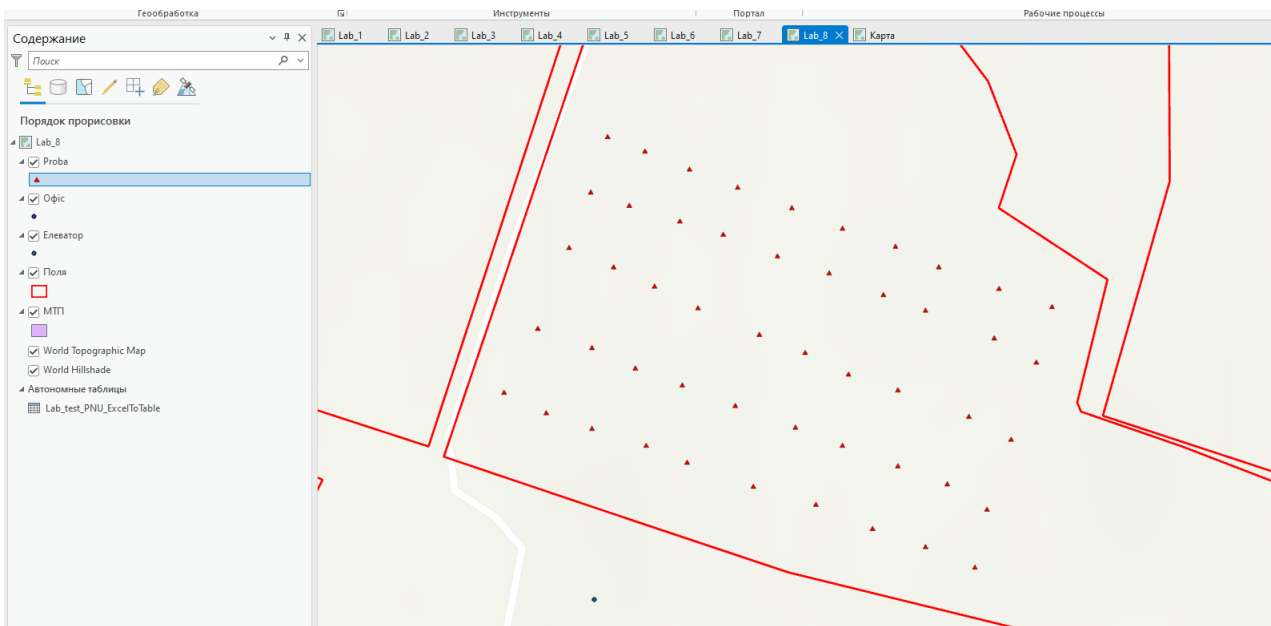
ПОБУДОВА КАРТИ ПРИДАТНОСТІ

| | |
|----------------------------|---|
| Тривалість заняття: | - 2 години |
| Мета: | <p>навчитися використовувати результати польових досліджень для вирішення тематичних задач.</p> <p>✓ вміння формувати растрові зображення на основі польових досліджень;</p> <p>✓ вміння обробляти результати польових досліджень;</p> |
| Навички: | <p>✓ вміння використовувати результати обробки польових досліджень для вирішення тематичних задач.</p> |
| Вхідні дані: | <p>1. Set_1.1 - дані з лабораторної роботи №1;</p> <p>2. Результати польових досліджень з вимірювання хімічного складу ґрунту Lab_test_PNU.xls;</p> <p>21) <u>Створити нову карту, назвати її Lab 8.</u></p> <p>Відкриваємо Ваш проект «ZR_ArcGIS_Прізвище»</p> |
| Завдання: | <p>Все робимо так само як в пунктах 0.3-0.4 Лабораторна робота №1.</p> <p>22) <u>Завантажити та відобразити дані лабораторної №1 - Set 1.1.</u></p> |

В панелі Каталог правою кнопкою миші клацаємо на пункті Папки і вибираємо Додати підключення до папки і вибираємо збережену базу даних Set_1.1. з Лабораторної роботи №1.

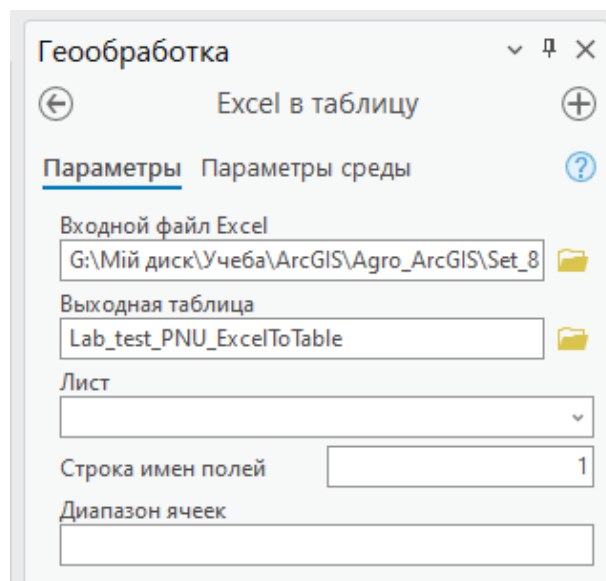
23) Формування точкового шейп-файлу з місцями проведення польових досліджень.

Відповідно до пункту 1 лабораторної роботи №1, створюємо шейп-файл точкових об'єктів (ім'я шару Proba). Для цього рівномірно розподіляємо 50 точок на одному з вибраних сформованих раніше полів.



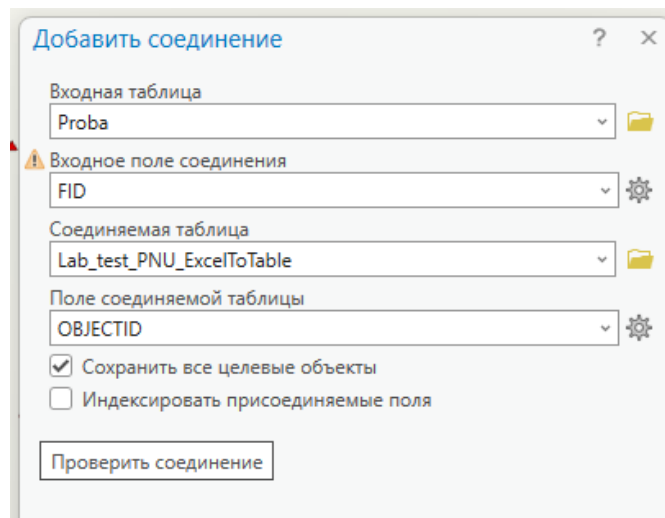
24) Завантажити результати польових досліджень.

Для завантаження результатів польових досліджень використовуємо інструмент **Excel в таблицю**. Вводимо місце розташування файлу з результатами польових досліджень та назву таблиці в проєкті.



25) Провести приєднання результатів польових досліджень до точок.

На панелі змісту обираємо шар Proba далі послідовно Права кнопка миші – З'єднання та зв'язки – Додати з'єднання. Заповнюємо параметри інструменту згідно з рисунком.



Відкрити таблицю атрибутів шару Proba та перевірити виконання процедури приєднання.

| FID | Shape | Id | ОБЪЕКТID * | group_id | Nmin [kg/ha] | P [mg/100g] | K (beta) [mg/100g] | Moisture [%] | pH | SOC [%] | SOM [%] | Mg [mg/100g] | |
|-----|-------|----------|------------|----------|--------------|-------------|--------------------|--------------|--------|---------|---------|--------------|------|
| 1 | 0 | Точка ZM | 0 | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | <Null> | |
| 2 | 1 | Точка ZM | 0 | 1 | 1 | 63 | 12,4 | 10,1 | 13,5 | 7,1 | 1,2 | 2 | 6,4 |
| 3 | 2 | Точка ZM | 0 | 2 | 2 | 50 | 13,5 | 11,3 | 14,1 | 6,6 | 1,7 | 2,9 | 9 |
| 4 | 3 | Точка ZM | 0 | 3 | 3 | 16 | 7,5 | 9,8 | 12,8 | 6,7 | 1,3 | 2,2 | 8,8 |
| 5 | 4 | Точка ZM | 0 | 4 | 4 | 26 | 10,3 | 9,6 | 13,6 | 6,7 | 1,4 | 2,4 | 9,2 |
| 6 | 5 | Точка ZM | 0 | 5 | 5 | 25 | 11 | 9,9 | 12,6 | 6,8 | 1,3 | 2,3 | 8,1 |
| 7 | 6 | Точка ZM | 0 | 6 | 6 | 22 | 10,5 | 10,7 | 13,3 | 6,8 | 1,5 | 2,6 | 9 |
| 8 | 7 | Точка ZM | 0 | 7 | 7 | 22 | 10,5 | 9,8 | 12,1 | 6,8 | 1,2 | 2,1 | 8,4 |
| 9 | 8 | Точка ZM | 0 | 8 | 8 | 42 | 11,4 | 9,8 | 10 | 6,7 | 1 | 1,7 | 7,9 |
| 10 | 9 | Точка ZM | 0 | 9 | 9 | 30 | 11,2 | 10,7 | 12,7 | 6,8 | 1,4 | 2,5 | 9,8 |
| 11 | 10 | Точка ZM | 0 | 10 | 10 | 28 | 11 | 11 | 7,5 | 6,7 | 1 | 1,7 | 8,3 |
| 12 | 11 | Точка ZM | 0 | 11 | 11 | 101 | 9,3 | 10,6 | 12 | 6,7 | 1,6 | 2,7 | 11,1 |

Провести экспорт шару Proba в шар Proba1. Права кнопка миші на шарі Proba в таблиці змісту, далі послідовно Дані – Экспорт об'єктів – Називаємо вихідний шар Proba_1. (Шар Proba після цього можна видалити).

26) Интерполяція даних.

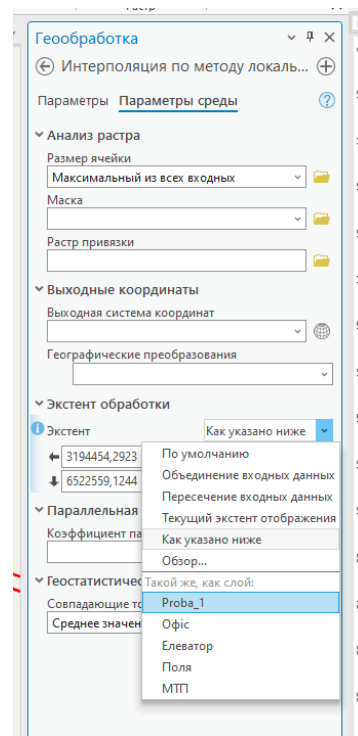
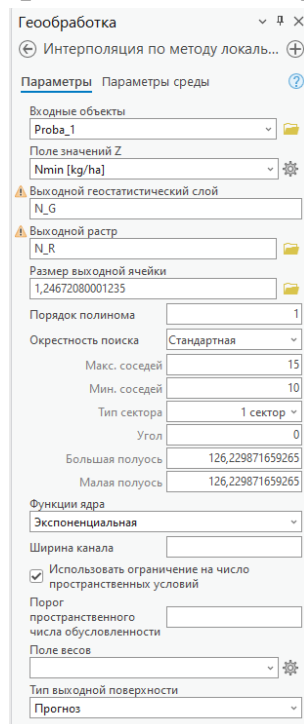
Интерполяція даних полягає у визначенні значень відповідних параметрів для ділянок між точками проведення польових досліджень.

Дану операцію будемо послідовно виконувати для п'яти параметрів у відповідності до таблиці.

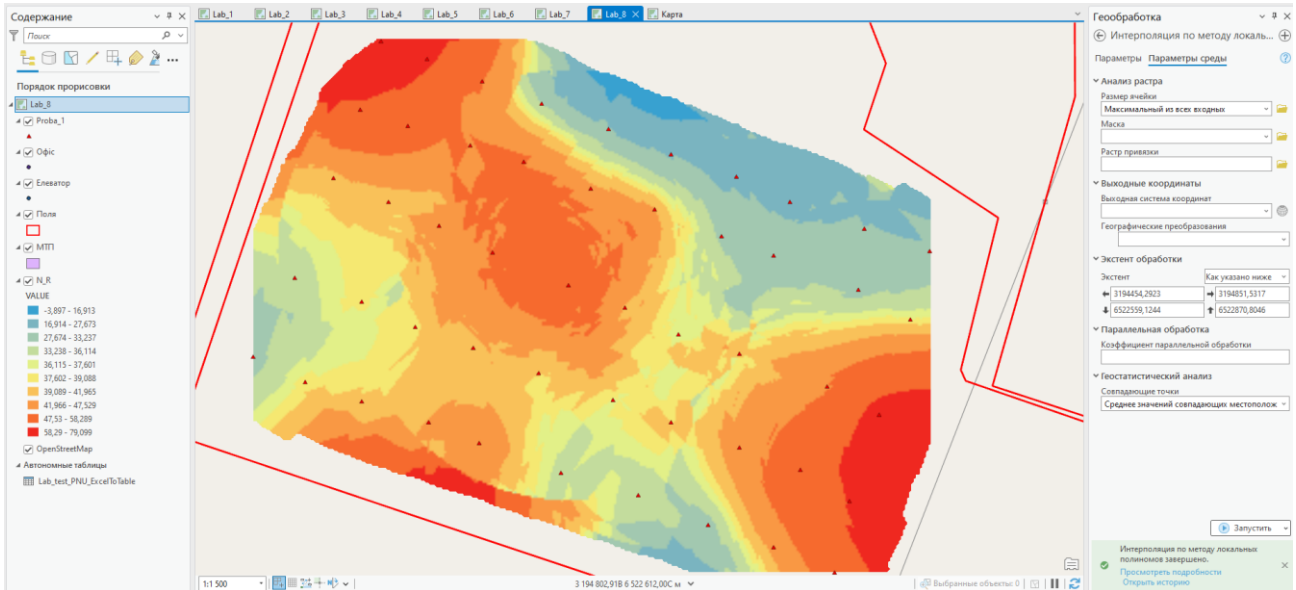
| № | Назва параметру | Позначення параметру в таблиці атрибутів | Назва вихідного файлу |
|---|----------------------------|--|-----------------------|
| 1 | Азот | Nmin [kg/ha] | N |
| 2 | Фосфор | P [mg/100g] | P |
| 3 | Калій | K (beta) [mg/100g] | K |
| 4 | Кислотність | pH | pH |
| 5 | Частка органічної речовини | SOM [%] | SOM |

Процедуру інтерполяції будемо виконувати за допомогою інструменту **Інтерполяція за методом локальних поліномів**.

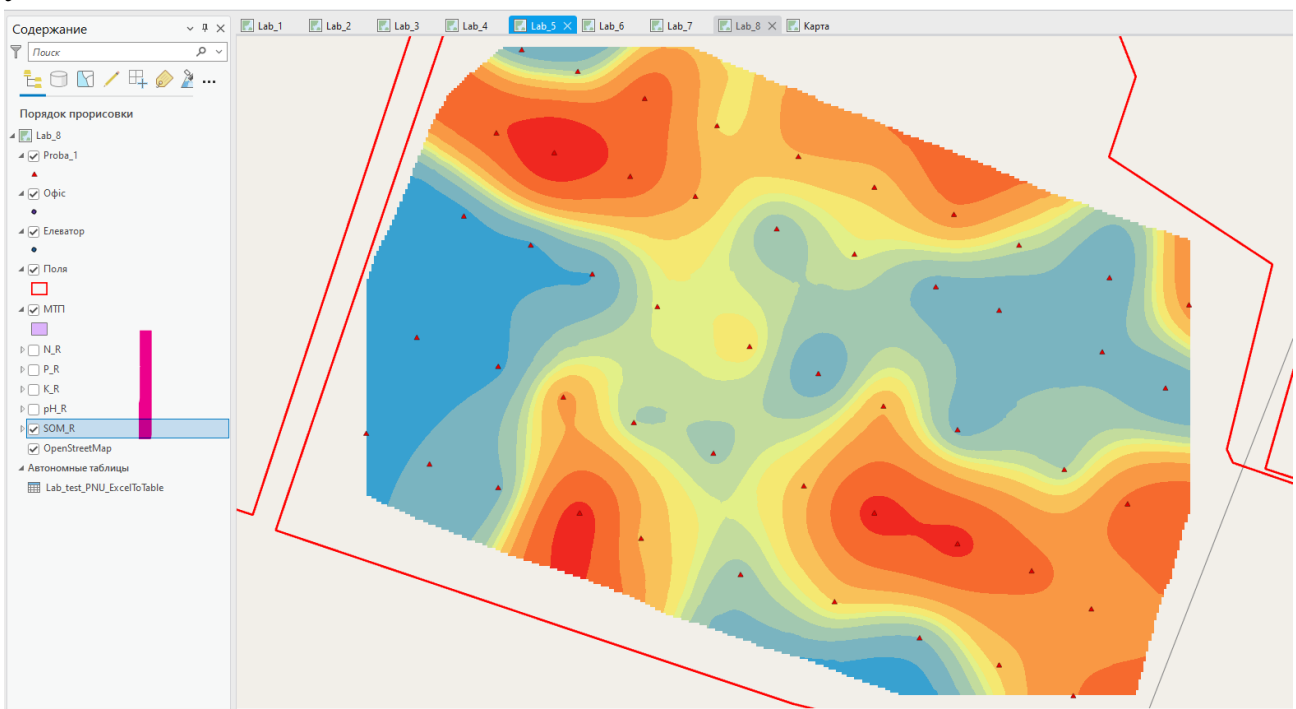
Під час введення параметрів інструменту до імені вихідного геостатичного шару додайте літеру G та отримуємо ім'я (N_G), а до імені вихідного растру додайте літеру R та отримуємо ім'я (N_R). Після введення параметрів інструменту потрібно зайти у вкладку Параметри середовища та обрати Екцент – Proba_1.



Після закінчення виконання процедури інтерполяції шар N_G на панелі змісту можна видалити. В результаті отримуємо растрове зображення з інтерпольованими значеннями параметру N_R.



Аналогічні операції провести з іншими параметрами, вказаними у таблиці.



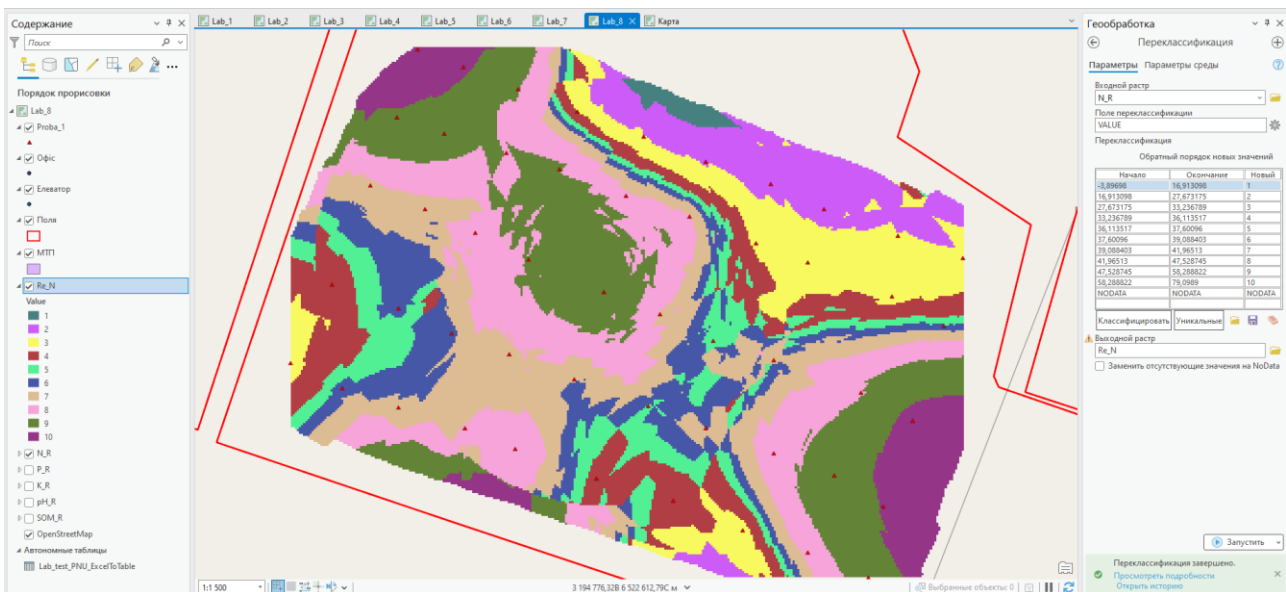
27) Перекласифікація шарів.

Перекласифікація шарів полягає у приведенні всіх растрів до єдиної шкали, у даному випадку 0–10.

Виконання перекласифікації проводиться з використанням інструменту **Перекласифікація**.

Після запуску інструменту оберіть вхідний растр та назвіть вихідний растр додавши попереду «Re_». Аналогічно проведіть перекласифікацію всіх параметрів.

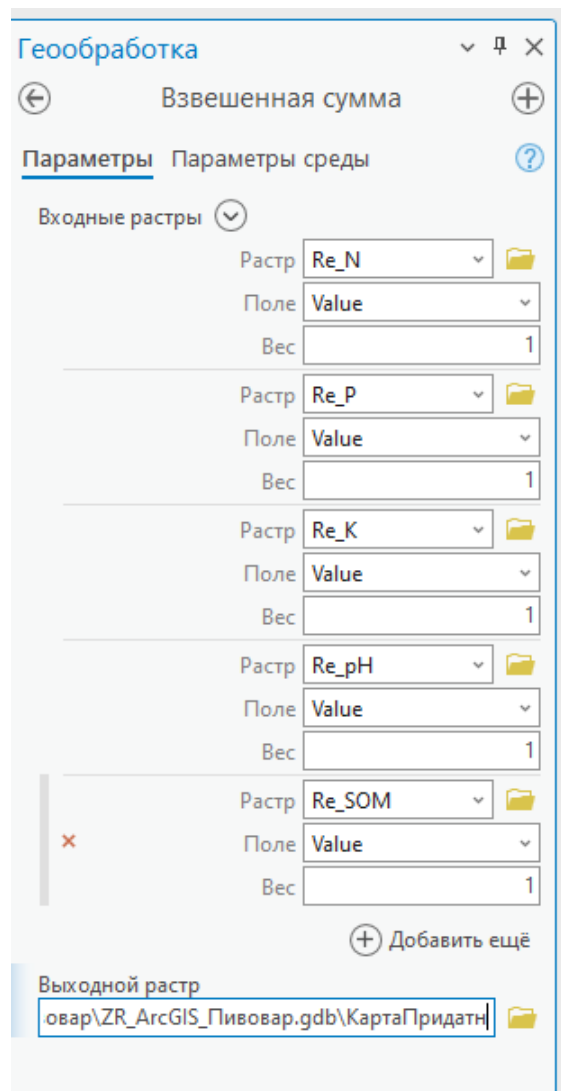
Зверніть увагу, що під час проведення процедури перекласифікації параметру Кислотність (pH) потрібно в настройках інструменту обрати **Зворотній порядок нових значень**.



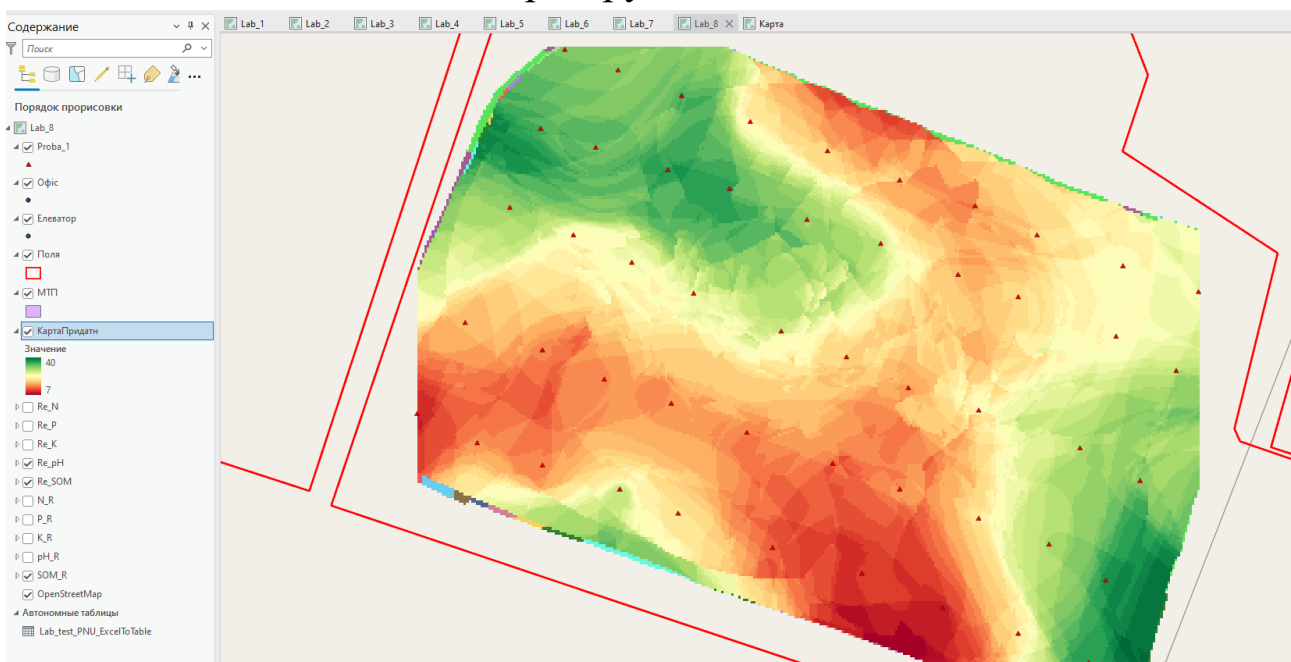
28) Побудова карти придатності.

Для побудови карти придатності використовується інструмент **Зважена сума**.

Завантажте інструмент та оберіть усі шарі, які отримані після рекласифікації.



Введіть ім'я вихідного растру.

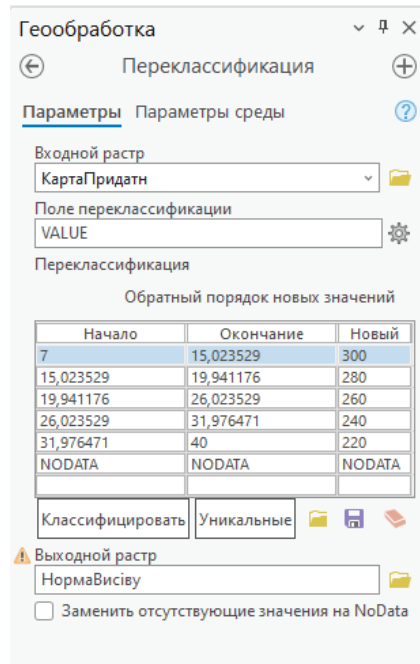


29) Побудова карти «Норма висіву».

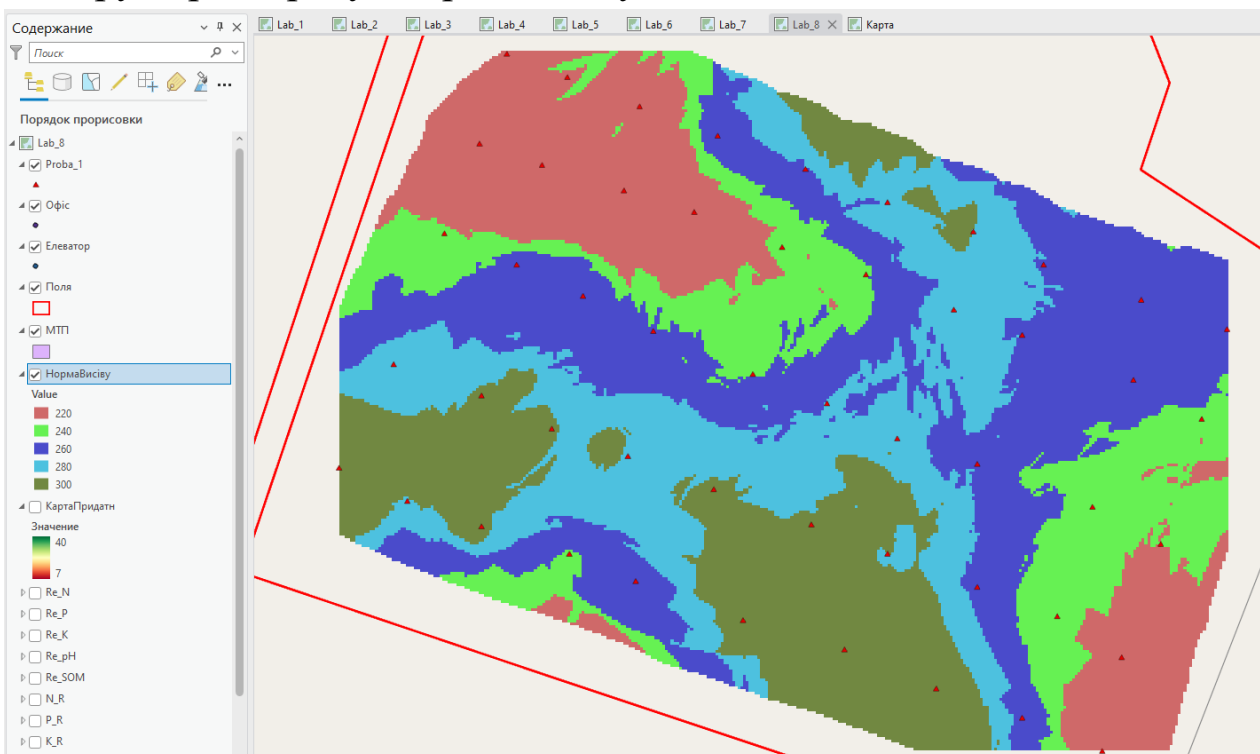
Дана операція виконується за допомогою інструменту **Перекласифікація** отриманого зображення для нормування оптимальної норми висіву пшениці за наступним алгоритмом.

Найменший бал – найбільша норма висіву (300 кг/га).
Найбільший бал – оптимальна норма висіву (220 кг/га).

А всі проміжні значення розрахувати пропорційно між 5 кластерами.



В результаті отримуємо зображення, в якому ділянка кожного кольору характеризує норми висіву пшениці.



Заняття №9 КОМПОНОВКА

Тривалість заняття: - 2 години

- Мета:** навчитися створювати звітні документи для представлення та аналізу.
- ✓ вміння створювати звітні графічні документи;
- ✓ вміння перетворювати отримані результати досліджень для їх наочного представлення;
- Навички:** ✓ вміння експортувати розроблені графічні документи.
- Завдання:**
1. Set_1.1 - дані з лабораторної роботи №1;
 2. Карта висот з Лабораторної роботи №5.
 3. Карта придатності з лабораторної роботи №8.

Завершальною процедурою обробки даних в геоінформаційних системах є підготовка звітних документів. Для систематизації отриманих результатів та представлення їх у зручному для аналізу вигляді створюються карти, схеми, діаграми та інші матеріали, які об'єднуються в єдиний документ. В цьому завданні розглянемо підходи до підготовки звітних документів в середовищі ArcGIS. Дана процедура отримала назву Компоновка.

Завдання:

30) Створити нову карту, назвати її Lab_9.

Відкриваємо Ваш проект «ZR_ArcGIS_Прізвище»

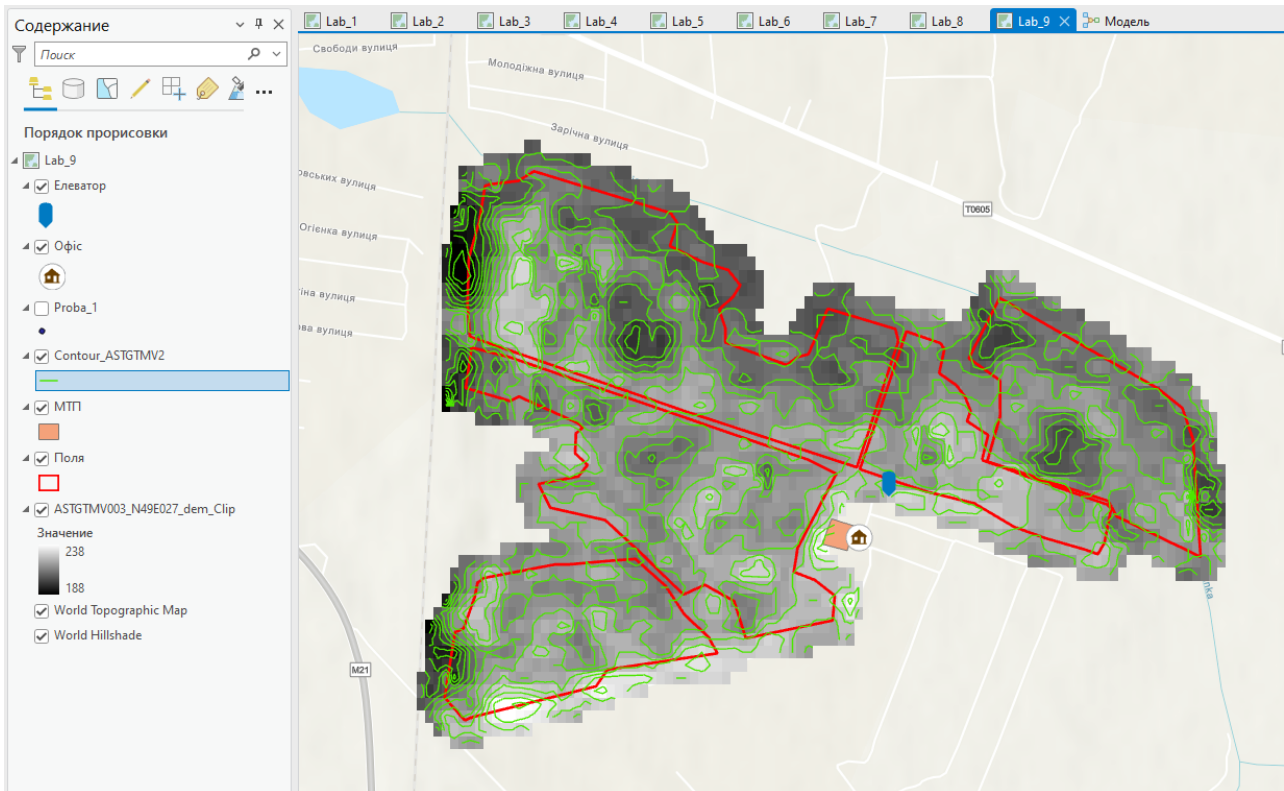
Все робимо так само як в пунктах 0.3-0.4 Лабораторна робота №1.

31) Завантажити та відобразити дані лабораторної №1 - Set_1.1.

В панелі Каталог правою кнопкою миші клацаємо на пункті Папки і вибираємо Додати підключення до папки і вибираємо збережену базу даних Set_1.1. з Лабораторної роботи №1.

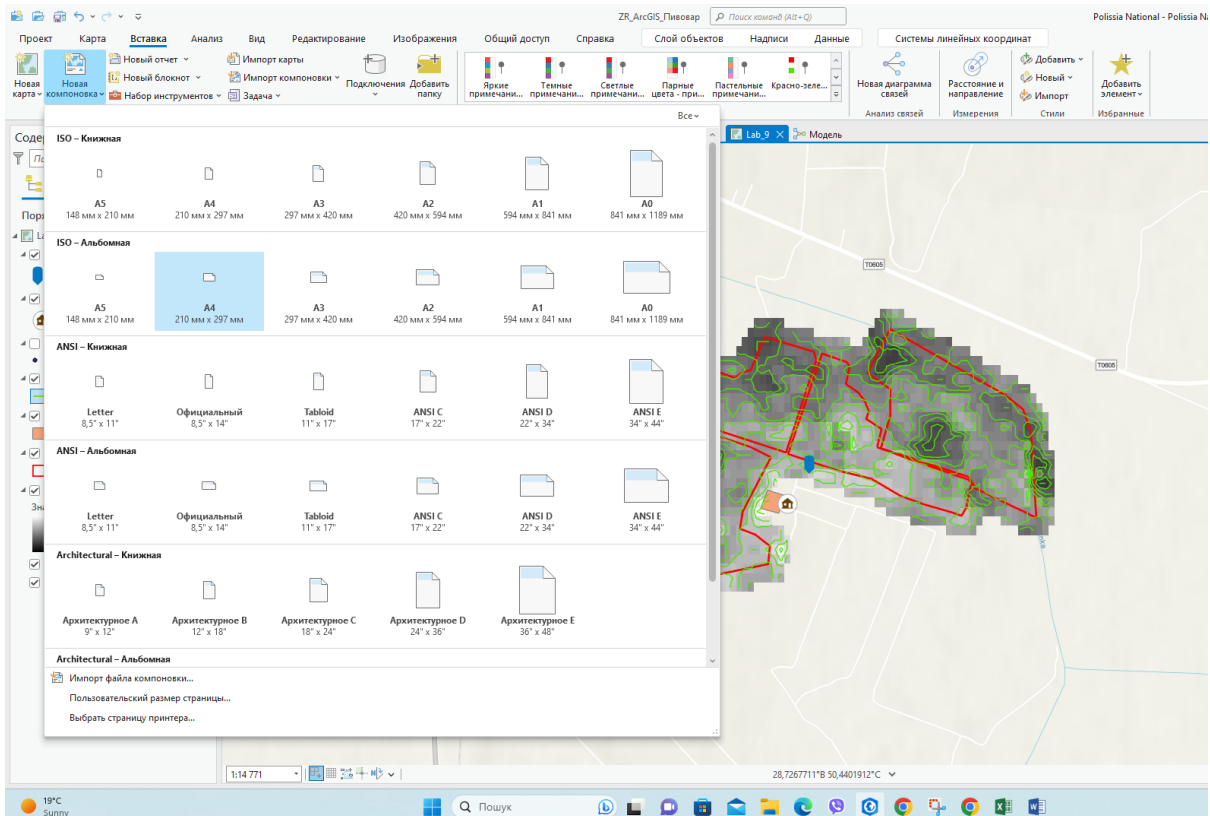
32) Завантажити та відобразити дані лабораторної №5.

Завантажте вирізаний файл з розподілом висот та зображення ізоліній. Оберіть в панелі каталог по черзі вказані зображення та утримуючи їх правою кнопкою миші перетягніть на карту.



33) Створення шаблону компоновки.

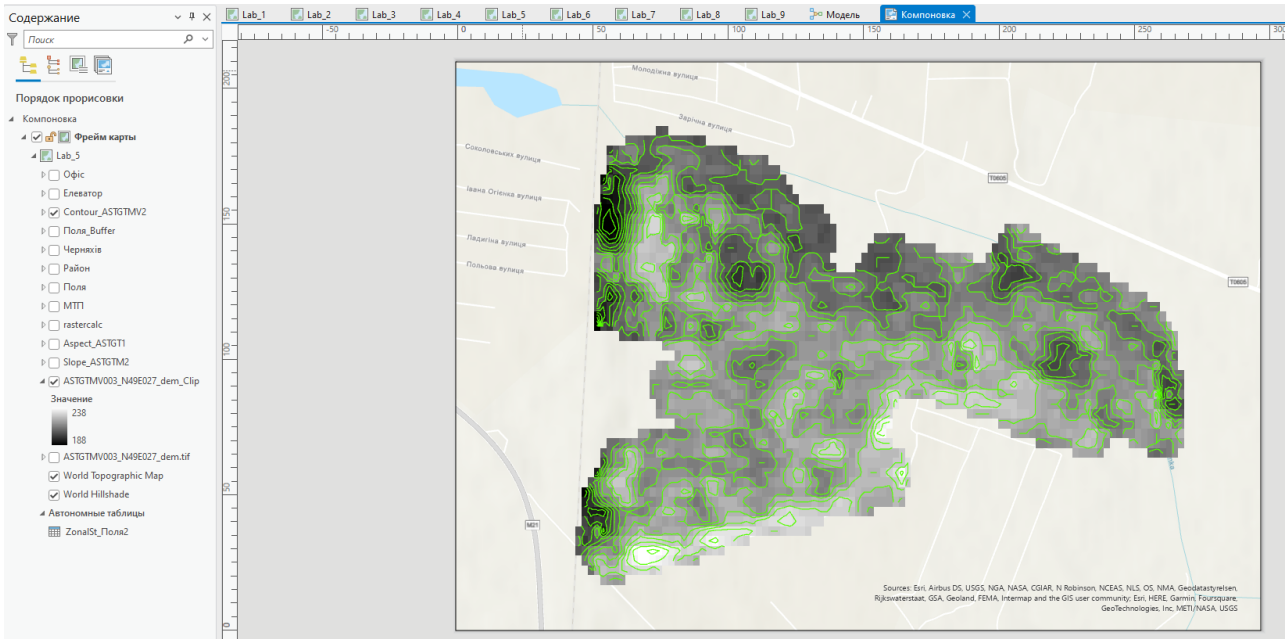
Для створення шаблону компоновки послідовно натисніть Вставка – Нова компоновка – оберіть формат. (Формат доцільно обирати у відповідності до виду об'єкту, який буде відображатись).



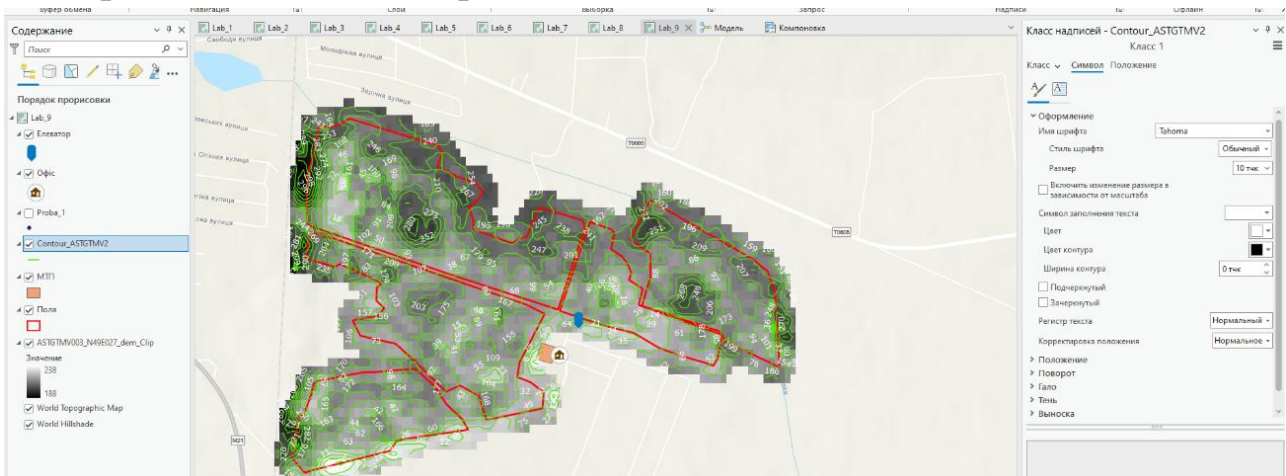
На екрані повинне з'явитись пусте вікно з місцем для розташування документа.

34) Відображення карти висот.

Послідовно натисніть Вставка – Фрейм карти – оберіть з випадуючого вікна зображення, яке буде відображене. Утримуючи ліву кнопку миші розтягніть зону формування зображення на весь аркуш компоновки.



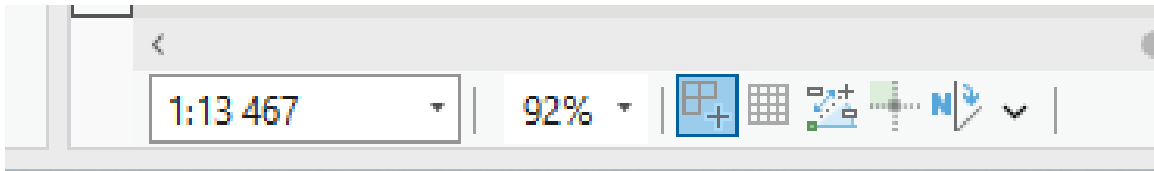
Для наочності відобразіть підписи на лінії рівного рівня висот. Права кнопка миші на назві шару – Надпис. Для зміни параметрів відображення надписів права кнопка миші – Властивості надписів.



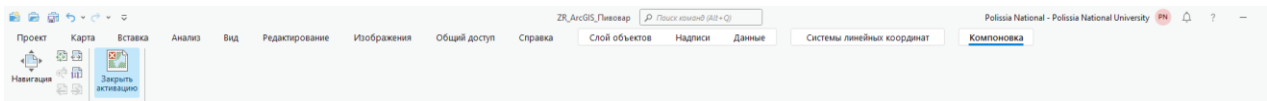
35) Переміщення та зміна масштабу зображення.

Для переміщення та зміни масштабу зображення потрібно провести активацію зображення у компоновці. Послідовно натисніть Компоновка – Активізувати.

Використовуючи колесо миші розташуйте зображення таким чином щоб зверху компоновки залишилось місце для підпису. Для плавної зміни масштабу можна використовувати вікно у лівій нижній частині екрану.



Після закінчення переміщення зображення закрийте активацію. Компоновка – Закрити активацію.

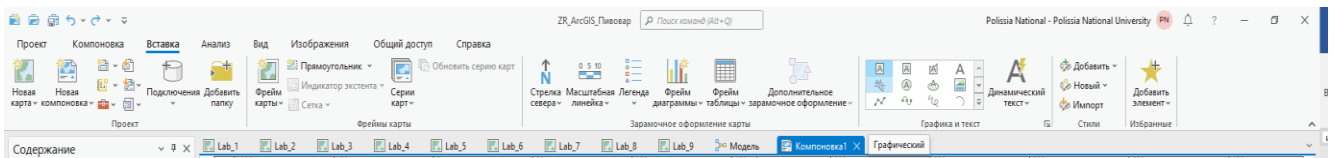


36) Додавання додаткових елементів у компоновку.

До додаткових елементів компоновки відносяться: надписи, напрямки на стороні світу, легенди, позначення масштабу, виноски і т.і.

Додавання надпису.

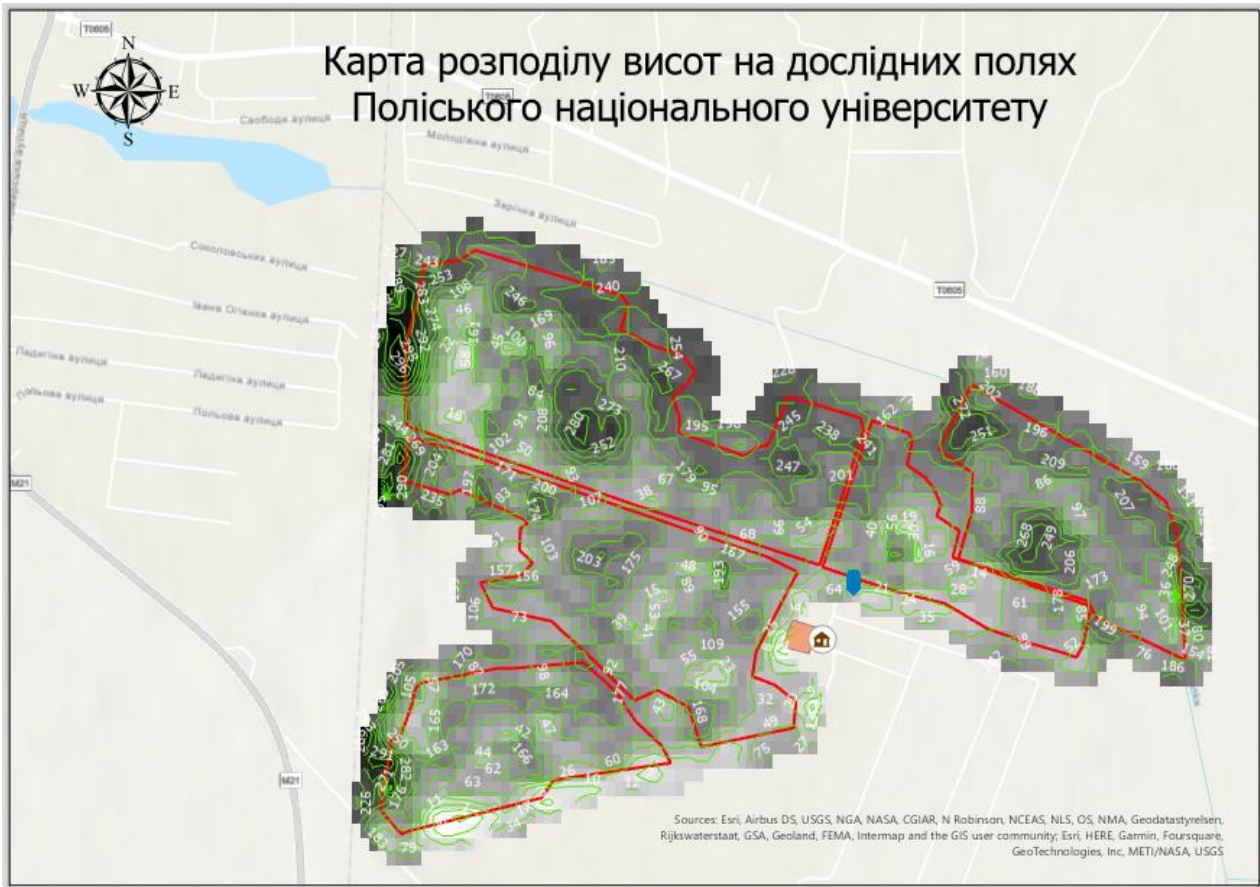
Для додавання напису послідовно натисніть Вставлення – Текст в прямокутнику – Оберіть положення надпису на карті.



Для зміни параметрів тексту натисніть кнопку Текст та вкажіть його параметри.

Додавання показнику напрямку на стороні світу.

Для додавання показника напрямку на сторони світу послідовно натисніть Вставлення – Стрілка півночі – оберіть потрібний знак – оберіть місце розташування знаку на карті.



Додавання показника масштабу.

Для додавання показника масштабу послідовно натисніть Вставлення – Масштабна лінійка – оберіть потрібний знак – оберіть місце розташування знаку на карті.

За необхідності змінити підписи, формат або кольори на знаку зробіть подвійний клік на знаку та у вікні, що з'явиться оберіть потрібні опції.

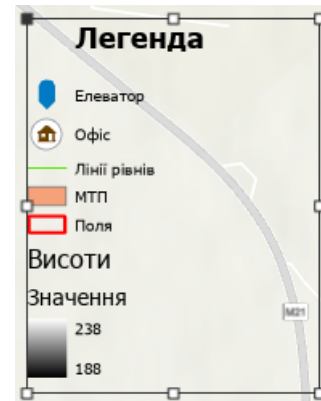
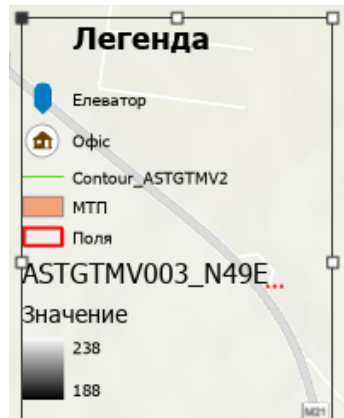
Додавання легенди.

Легенда це сукупність умовних позначень прийняти в проекті та їх назв.

Для додавання легенди послідовно натисніть Вставлення – Легенда – оберіть потрібний знак – оберіть місце розташування знаку на карті.

За необхідності змінити підписи, формат або кольори на знаку зробіть подвійний клік на знаку та у вікні, що з'явиться оберіть потрібні опції.

За необхідності змінити назви елементів легенди, оберіть подвійним кліком миші відповідну назву та напишіть нову назву.



Додавання виносок.

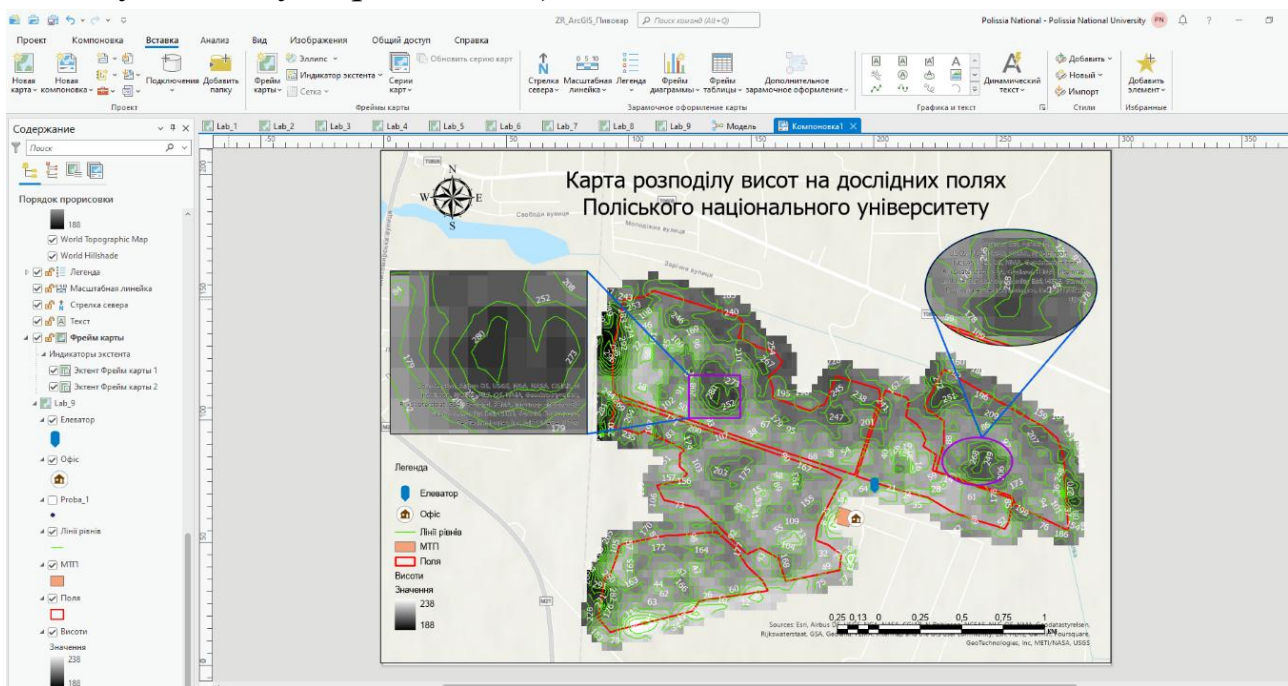
Виноски це збільшене зображення певної ділянки території, відображеній на основній карті.

Послідовно натисніть Вставлення – Фрейм карти – та оберіть фрейм карти Lab_9 – Оберіть місце розташування виноски на карті. Використовуючи функцію **активізувати** наблизьте ділянку яку потрібно відобразити. (В даному випадку обрано ділянку з максимальною висотою).

Для відображення місця розташування виноски на основній карті оберіть кнопку Індикатор ексценту на панелі інструментів та оберіть Фрейм карти 1. (На основній карті повинен з'явитись прямокутник, місце якого позначає місце виноски).

Для відображення ліній виносок, які пов'язують виноску з основною картою, на панелі змісту виділіть шар Ексцент Фрейм карти 1 та зробіть подвійний клік миші для активізації налаштувань параметрів індикатору ексценту. Оберіть необхідні кольори та стилі елементів відображення.

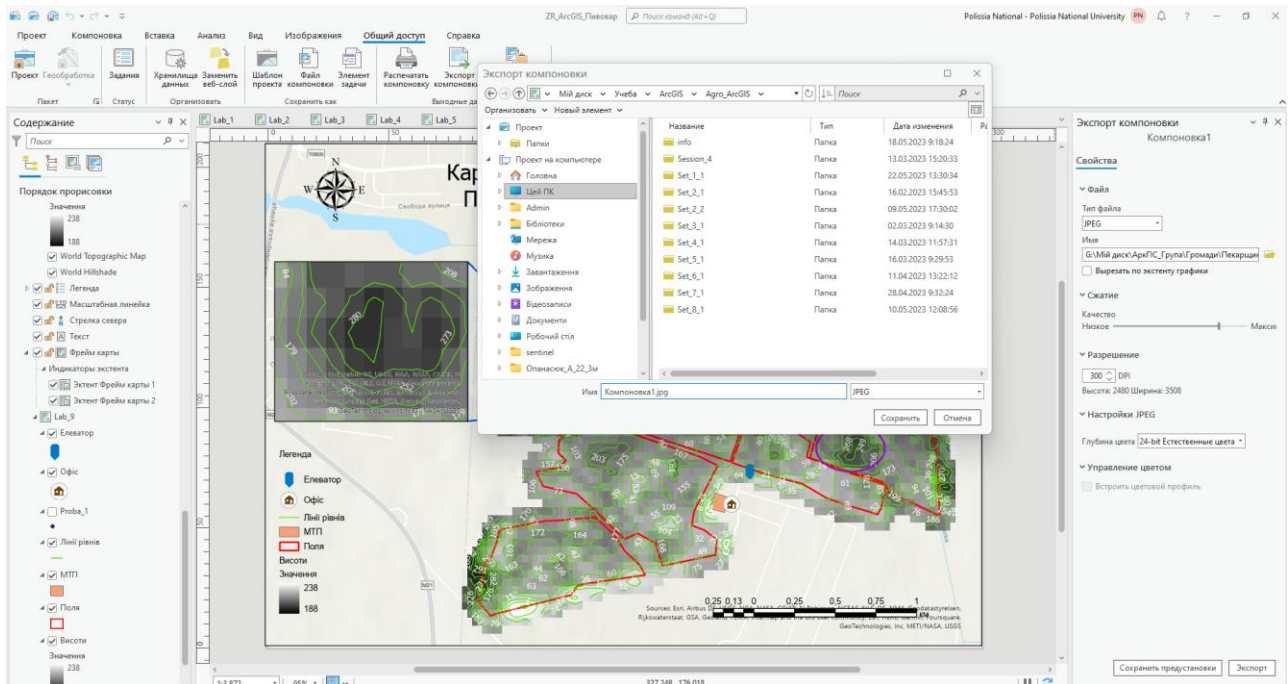
Для зміни форми відображення виноски перед вибором ексценту на панелі інструментів оберіть відповідну геометричну фігуру. (В даному випадку обрано еліпс).



37) Експорт компоновки.

Експорт компоновки використовується для передачі розроблених карт замовникам, підготовки їх до друку та представлення для аналізу.

Послідовно натисніть Загальний доступ – Експорт компоновки – та оберіть тип файлу для збереження зображення – вкажіть місце розташування зображення.



В результаті отримуємо карту розподілу висот.



Приклад звіту

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інформаційних технологій, обліку та фінансів
Кафедра комп'ютерних технологій і моделювання систем**

**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1
з навчальної дисципліни
«Геоінформаційні технології»**

Виконав:

здобувач вищої освіти за другим
(магістерським) рівнем
форми навчання, групи А-25 м
Пивовар Петро Вікторович

Перевірів:

доцент, кандидат техн. наук,
доценткафедри комп'ютерних
технологій і моделювання
систем

**Топольницький Павло
Петрович**

Житомир – 2026

Заняття №1

ВЕКТОРИЗАЦІЯ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

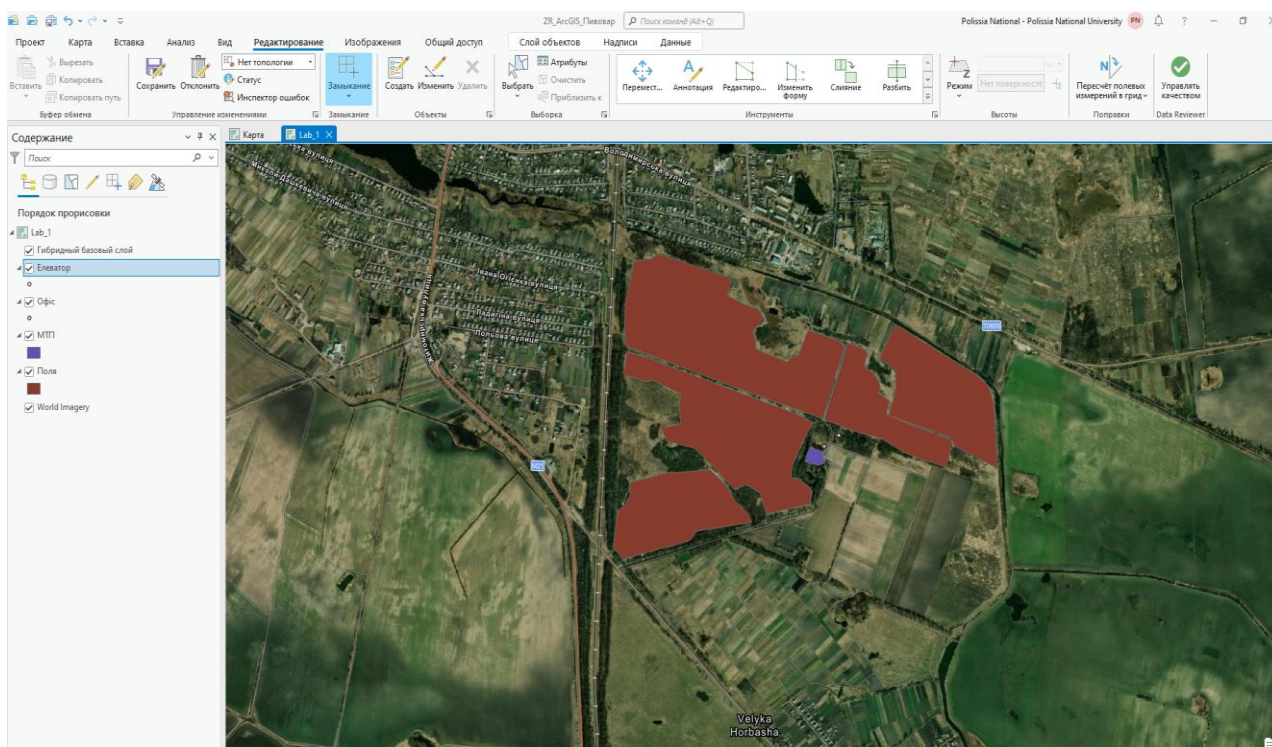


Рис. 1. Результат створення векторних об'єктів фермерського господарства

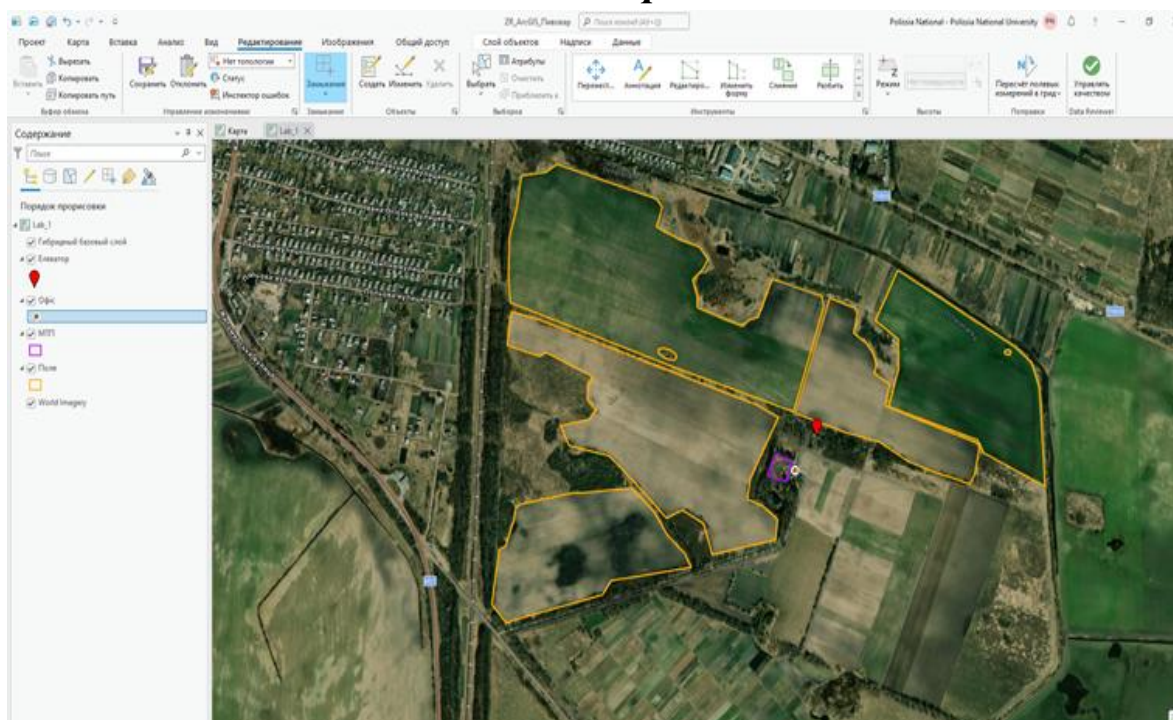


Рис. 2. Результат корегування векторних об'єктів фермерського господарства

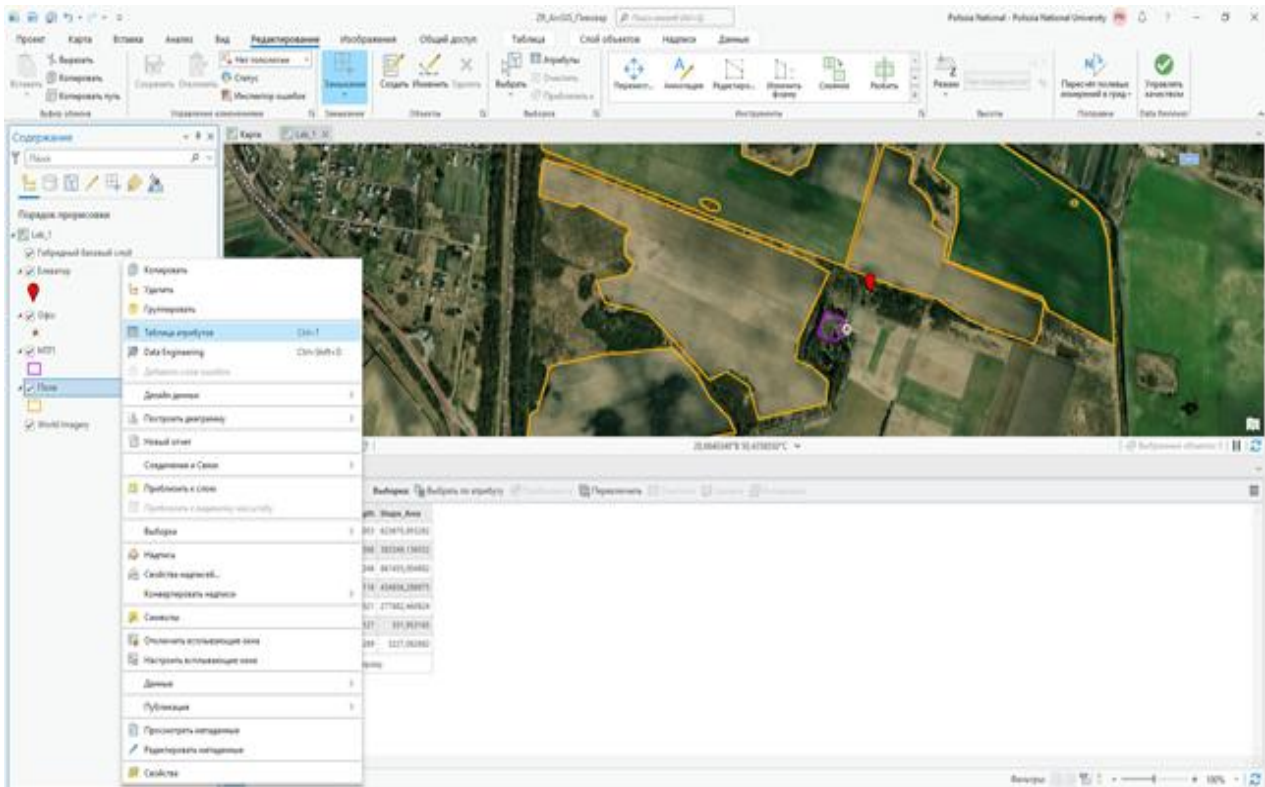


Рис. 3. Результат перегляду таблиці атрибутів

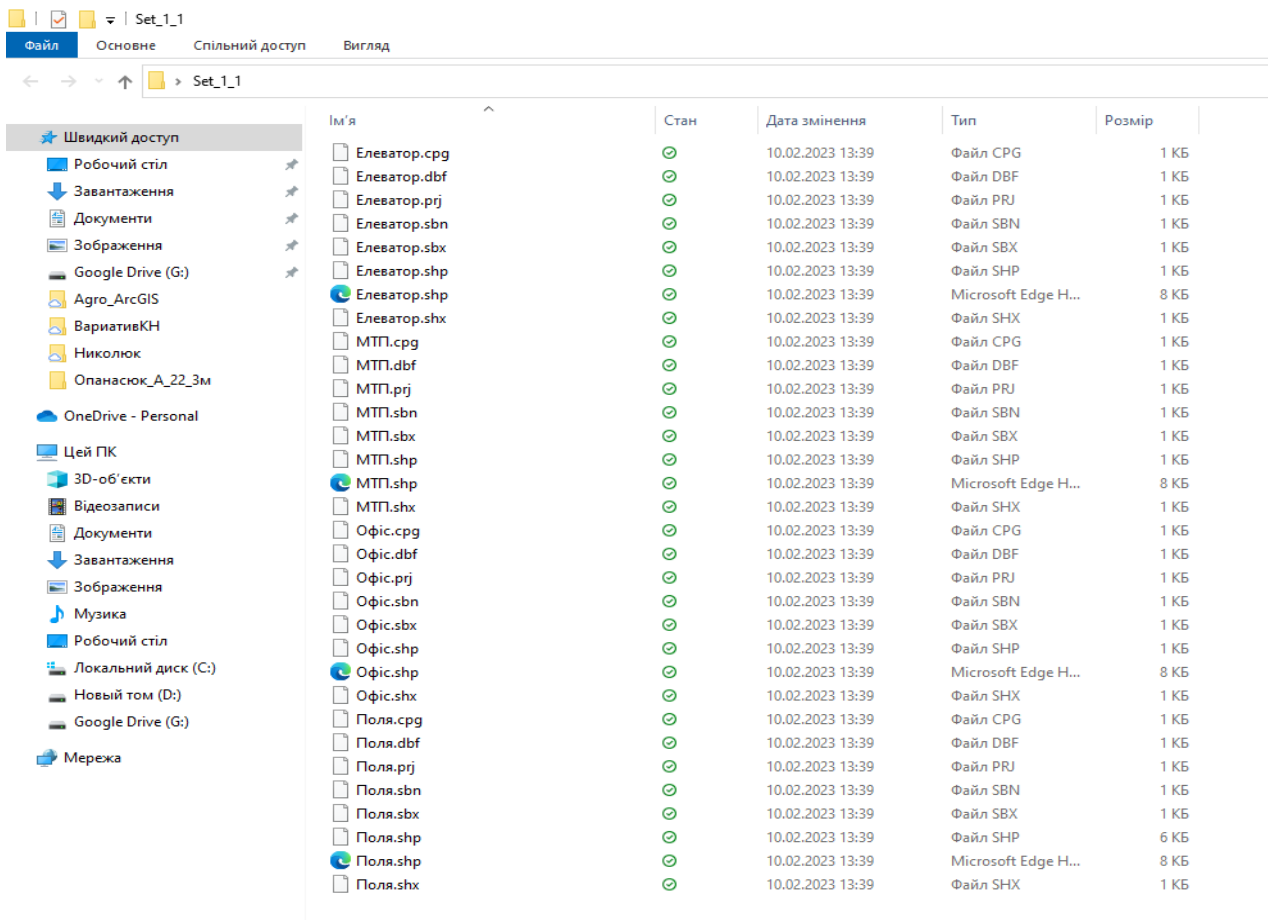


Рис. 4. Папка з експортованими шейп-файлами

Перелік джерел посилання

1. ArcGIS Desktop. What is ModelBuilder. [Електронний ресурс] / ArcGIS Desktop. Режим доступу до ресурсу:

<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/analyze/modelbuilder/what-is-modelbuilder.htm>.

2. Nykolyuk O., Pyvovar P., Topolnitsky P., Dankevych V. Analysis of the state and trends of development of rural areas of Ukraine in the context of modern global challenges based on the processing of satellite images using GIS. *Sciences of Europe*. №72 (2021). 2021. pp. 22–34.

3. Геоінформаційні системи та технології : практикум / Топольницький П. П., Пивовар П. В., Николук О. М., Терещук В.І. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2021. 147 с.

4. Геоінформаційні технології в управлінні розвитком сільської економіки: кол. монографія / О.В. Скидан, П.В. Пивовар, Л.В. Тарасович, П.П. Топольницький та ін. Житомир : Поліський національний університет, 2022. 231 с.

5. Данкевич В. Є., Кравчук І. І., Топольницький П. П. Визначення екосистемних функцій лісового господарства України з використанням ГІС-технологій: виклики в умовах євроінтеграції. *Modern Economics*. 2023. № 40(2023). С. 29–37. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V40\(2023\)-04](https://doi.org/10.31521/modecon.V40(2023)-04)

6. Дистанційні дослідження Землі : навч. посібник / Галина Байрак, Богдан Муха. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2010. 712 с.

7. Звіт про науково-дослідну роботу «Методологія моделювання розвитку інтеграційних процесів в аграрному секторі України в умовах соціально-економічних трансформацій» Державний реєстраційний номер 0119U103929. Житомир, 2022.

8. Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування : навч. посібник / С. О. Довгий, В. І. Лялько, С. М. Бабійчук та ін. Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. –316 с.

9. Пивовар П.В., Топольницький П.П., Скидан О.В., Янчевський С.Л. Аналіз змін земного покриття на основі ГІС: приклад Житомирської області, Україна. *Космічна наука і технологія*. 2023; 29(4):03-03. <https://doi.org/10.15407/knit2023.04.024>

10. Радіонавігація та геоінформаційні системи: навч. посібник / О.В. Андрєєв, О.Ф. Дубина, П.П. Топольницький. Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2024. 138 с.

Навчальне видання

Петро Вікторович ПИВОВАР
Павло Петрович ТОПОЛЬНИЦЬКИЙ
Оксана Іванівна ТРЕМБІЦЬКА
Олександр Володимирович АНДРЕЄВ
Світлана Григорівна СТОЛЯР
Олександр Олександрович РОЖКОВ

ОСНОВИ ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ В АГРОНОМІЇ

Практикум

Макетування О. Трембіцька

Матеріали друкуються в авторській редакції

Формат: PDF. Об'єм даних 81,5

Умовн. друк. аркушів 6,74

Верстка та оригінал-макет *П. Пивовар*

Поліський національний університет, 2026
10008, м. Житомир, вул. бульвар Старий, 7