

Міністерство освіти і науки України

Полтавський національний педагогічний
університет імені В. Г. Короленка

Кафедра географії, методики її навчання та туризму

ФЕДІЙ ОЛЕКСАНДР



**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО
РОЗРОБЦІ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ
РЕЛЬЄФУ (НА ПРИКЛАДІ
ВИКОРИСТАННЯ ГІС SAGA):**

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК



Полтава - 2023

УДК 551.43.013:004.9(075.8)

Ф32

Рецензенти:

Логвин Михайло Михайлович – кандидат географічних наук, доцент кафедри туристичного та готельного бізнесу Вищого навчального закладу Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»,

Єрмаков Вячеслав Володимирович – кандидат географічних наук, доцент кафедри географії та методики її навчання Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка.

Федій Олександр

Ф32 Методичні рекомендації по розробці цифрової моделі рельєфу (на прикладі використання ГІС SAGA) : навч.-метод. посіб. / Полтав. нац. пед. ун-т імені В. Г. Короленка. Полтава, 2023. 94 с.

Навчально-методичний посібник розроблений з урахуванням сучасних вимог підготовки фахівців за спеціальностями 014.07 Середня освіта (Географія), 103 Науки про Землю та 106 Географія. Зміст посібника має сприяти успішному засвоєнню теоретичних основ та практичних навичок щодо розробки цифрової моделі рельєфу на прикладі використання відкритої ГІС SAGA. Зазначений вид робіт є обов'язковим у професійній діяльності з природничих наук при створенні проєктів та необхідною складовою в освітній галузі при підготовці майбутніх вчителів географії. Також важливо використовувати набуті знання при написанні кваліфікаційних та курсових робіт. Посібник може бути корисним вчителям географії та їхнім учням при поглибленому вивченні теми «Геоінформаційні системи і технології» у шкільному курсі в 11 класі.

УДК 51.43.013:004.9(075.8)

Рекомендовано до друку кафедрою географії, методикою її навчання та туризму ПНПУ імені В. Г. Короленка (протокол № 12 від 31.01.2023 року)

Публікується за рішенням ученої ради Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка (протокол № 8 від 07.03.2023 року)

© О. А. Федій, 2023

© ПНПУ імені В. Г. Короленка, 2023

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВІДКРИТОЇ ГІС SAGA	5
1.1. Історія розробки SAGA	5
1.2. Загальні властивості програми	5
1.3. Елементи GUI	7
РОЗДІЛ 2. ПРИВ'ЯЗКА ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ В SAGA	9
2.1. Імпорт сканованих матеріалів	9
2.2. Розставлення точок прив'язки	14
2.3. Перехід з файлової до географічної системи координат	23
2.4. Перехід з географічної до спроектованої системи координат	31
2.5. Призначення відомостей про проєкцію	41
РОЗДІЛ 3. ЦИФРОВА МОДЕЛЬ РЕЛЬЄФУ ЯК СПОСІБ ВІДОБРАЖЕННЯ ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ	46
3.1. Поняття «цифрова модель рельєфу»	46
3.2. Збір даних та створення цифрової моделі рельєфу	47
3.3. Цифрова модель рельєфу за даними SRTM з каталогу CGIAR- CSI	51
3.4. Завантаження фрагменту ЦМР SRTM з каталогу CGIAR-CSI	52
3.5. Імпорт даних ЦМР SRTM в середовище ГІС SAGA	55
3.6. Обрізання фрагменту	59
3.7. Перехід до спроектованої системи координат	66
3.8. Побудова горизонталей та фільтрація	78
РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ	94

ВСТУП

Сучасні географічні інформаційні системи (ГІС) стали невід'ємною частиною вивчення географічних дисциплін. Вміння працювати з такими системами – важливий компонент професійної компетентності. Це засіб для обробки і управління просторовою інформацією, метод створення тематичних карт на основі аналізу геоданих.

З урахуванням сучасних тенденцій розвитку технологій географічні інформаційні системи – це інтегрована сукупність апаратних, програмних і інформаційних засобів, що забезпечують введення, збереження, обробку, маніпулювання, аналіз і відображення просторово-координованих даних. Застосування ГІС дає змогу накопичувати, аналізувати просторову інформацію, оперативно знаходити потрібні дані й відображати їх у зручному для використання вигляді, збільшувати якість роботи порівняно з традиційними картографічними методами. Серед найбільш популярних ГІС чільне місце належить відкритій ГІС SAGA.

Мета навчально-методичного посібника – сприяти: 1) поглибленню теоретичних знань щодо використання географічних інформаційних систем, 2) розвитку умінь застосовувати географічні інформаційні системи, зокрема, відкрити ГІС SAGA, в дослідженнях фізико-географічного змісту, 3) навикам по створенню цифрової моделі рельєфу (ЦМР) за допомогою ГІС SAGA.

На конкретному прикладі завантаженої топографічної карти в посібнику покроково показані основні алгоритми застосування ГІС SAGA, а саме: 1) імпорт сканованих матеріалів, 2) географічна прив'язка топографічної карти й переведення її з файлової до географічної та спроектованої систем координат, 3) розробка цифрової моделі рельєфу за даними SRTM з каталогу CGIAR-CSI. Саме теоретичний зміст і практична спрямованість обробки геоданих є корисними для підготовки студентів, які навчаються за спеціальностями 103 «Науки про Землю», 106 Географія та 014.07 «Середня освіта (Географія)».

Широке впровадження географічних інформаційних систем у навчальний процес дасть можливість студентам поглибити свої знання і відпрацювати навички у застосуванні сучасних методів обробки геоданих.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВІДКРИТОЇ ГІС SAGA

1.1. Історія розробки SAGA

SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses) програмне забезпечення однієї з використовуваних географічних інформаційних систем (ГІС), кількість користувачів якої щорічно збільшується.

Ідея створення нового програмного забезпечення виникла наприкінці 1990-х рр. на кафедрі фізичної географії факультету геологічних наук та географії Гетінгенського університету під час роботи над науково-дослідними проектами, а в 2007 році центр розробки перемістився на кафедру фізичної географії Інституту географії Гамбурзького університету. Фундаторами розробки ГІС SAGA є завідувач кафедри фізичної географії Інституту географії Гамбурзького університету професор, доктор Юрген Бонер та науковий співробітник кафедри, доктор Олаф Конрад. До академічного ядра підтримки SAGA також входять Інститут фізичної географії та ландшафтної екології Ганноверського університету Вільгельма Лейбніца, Центр геоінформатики Z_GIS Зальцбурзького університету, Відділ географії Боннського університету, Кафедра фізичної географії католицького університету Айхштет-Інгольштадта, Лабораторія дистанційного зондування та ГІС Кельнського університету, Інститут агроекології / RLP AgroScience федеральної землі Рейнланд-Пфальц. Дослідження в основному фокусувались на аналізі цифрових моделей рельєфу для прогнозування властивостей ґрунтів, динаміки фізико-географічних процесів, пов'язаних з рельєфом, а також деяких кліматичних параметрів.

В сучасних дослідженнях SAGA зарекомендувала себе не лише як потужний аналітичний інструмент, але і як засіб посилення практичної спрямованості професійної фізико-географічної освіти.

1.2. Загальні властивості програми

SAGA написана на мові програмування C++, яка дозволяє здійснювати об'єктно-орієнтоване проектування системи. Наявність готових універсальних 20 відкритих вихідних кодів на C++ дає можливість інкорпорувати їх в додаток, що розробляється. Це істотно спрощує та пришвидшує сам процес розробки.

SAGA є вільним програмним забезпеченням з відкритим вихідним кодом, або простіше – відкритим програмним забезпеченням, оскільки її використання регулюється наступними ліцензіями:

- Універсальна громадська ліцензія GNU (GNU General Public License version 2.0 – GPLv2) – регулює використання графічного інтерфейсу користувача (Graphical User Interface – GUI) та більшості інструментів. Згідно її умов програми, що використовують GPL-коди, повинні поширюватись на

умовах аналогічних умовам їх отримання, тобто як відкрите програмне забезпечення;

- Універсальна громадська ліцензія обмеженого застосування GNU (GNU Library or Lesser General Public License version 2.0 – LGPLv2) – стосується інтерфейсу програмування додатка (Application Programming Interface – API). Виходячи з умов цієї ліцензії, програми, що використовують LGPL-коди, не зобов'язані публікуватись як відкрите програмне забезпечення, тобто деякі інструменти SAGA все ж можуть залишатись пропрієтарними (програмне забезпечення, на яке зберігаються як немайнові, так і майнові авторські права).

Відкритість програмного забезпечення надає користувачу чотири рівні свободи, основою яких є вільний доступ до вихідного коду: 1) використовувати програмне забезпечення для будь-яких власних потреб, 2) вивчати принципи його роботи та модифікувати, 3) вільно поширювати копії, 4) удосконалювати та публікувати похідні продукти як загальнодоступні.

Наслідками цих свобод у вузькому практичному сенсі є безкоштовність програмного забезпечення, прозорість, міжнародна спільнота розробників. З дослідницької точки зору особливу роль відіграє прозорість, оскільки важливою умовою практичного адаптування будь-якої методики є незалежна перевірка її коректності та відтворюваності. Забезпечити такі можливості повною мірою може саме відкритий доступ до програмного забезпечення, тобто до його вихідного коду та алгоритмів.

SAGA замислювалась як ГІС, яка здатна виконувати 4 основні функції – збір, управління, аналіз та представлення даних. Ключовою властивістю для їх втілення є інтеперабельність або гнучкість у взаємодії з різними апаратними базами, операційні системи та програмне забезпечення, способами представлення даних, їх геопросторовими характеристиками.

SAGA працює під Windows, Linux та Mac OS X. Позитивними рисами є її незначна «вага» (у встановленому вигляді програмне забезпечення займає близько 100 Мб дискового простору), а також можливість використання в якості портативного програмного забезпечення на основі пакету двійкових файлів, тобто обійтись без формальної інсталяції.

Операції в SAGA реалізуються за допомогою інструментів-модулів. Не всі вони реалізують складні функції аналізу та моделювання, багато-які виконують відносно прості загальноприйняті операції обробки даних. Однак завдяки своєму академічному корінню, SAGA приділяє значну увагу втіленню актуальних підходів до аналізу даних, тому частина інструментів об'єднує сучасні аналітичні алгоритми. В багатьох випадках існує можливість скористатись декількома альтернативними способами (алгоритмами) для розв'язання однієї задачі та після співставлення результатів вибрати найбільш ефективний.

Отже, ГІС SAGA має об'єктно-орієнтований дизайн, модульну структуру, простий інтуїтивний інтерфейс, більше 650 інструментів, не потребує установки, оперує з багатьма форматами, безкоштовна.

1.3. Елементи GUI

GUI один з зовнішніх інтерфейсів SAGA, який забезпечує користувачу загальний контроль та інтуїтивну взаємодію з системою. Він відповідає за управління, аналіз та візуалізацію даних.

GUI SAGA містить п'ять вікон: 1) «*Maneger*», 2) «*Properties: Data*», 3) «*Data Source*», 4) «*Messages*», 5) Робочий простір (рис. 1).

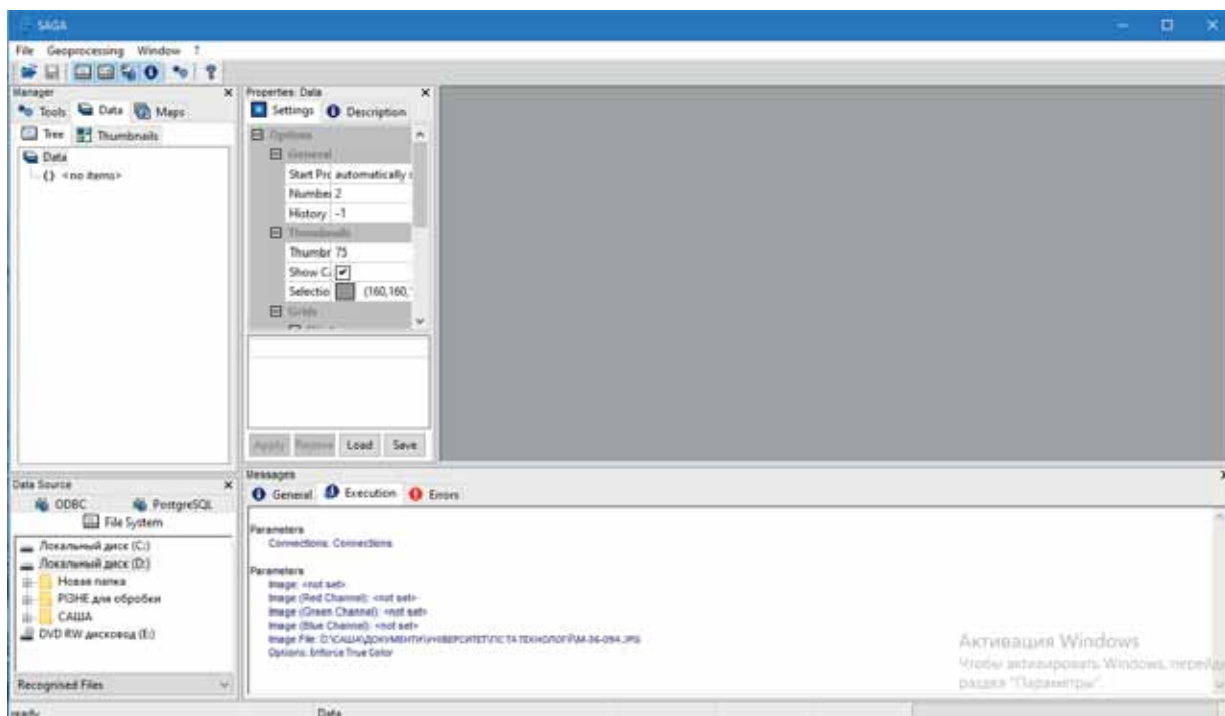


Рис. 1. GUI SAGA

1) «*Maneger*» (менеджер, провідник) – вікно, в якому містяться всі інструменти «*Tools*», дані про завантажені елементи «*Data*», карти, які були створені при аналізі даних «*Map*». Так як SAGA має модульну структуру, то щоб виконати якусь дію, потрібно запустити інструмент. Це можна здійснити або у вкладці «*Tools*» або «*Geoprocessing*». Дані або карти можуть бути відображенні у вигляді «дерева» «*Tree*» або у вигляді піктограми «*Trumbnails*».

2) «*Properties: Data*» (властивості даних) – вікно, яке демонструє специфічний набір вкладок про властивості. Загальними для всіх об'єктів є вкладки налаштувань «*Settings*» та характеристики «*Description*». У вкладці «*Settings*» можна змінювати налаштування, до прикладу, перейменовувати об'єкти, коригувати кольори, розміри контурів тощо. У випадку вибору об'єкта даних вкладка налаштувань дає контроль над такими його властивостями як ім'я, використання дискового простору, особливості візуалізації. Опис об'єкта доповнюється історією «*History*», яка допомагає відновити процес створення та обробки набору даних. Інші вкладки, пов'язані з об'єктом, дозволяють редагувати атрибути «*Attributes*» векторних шарів даних або відображати легенду «*Legend*» обраної карти.

3) «*Data Source*» (джерело даних) – вікно, в якому відображаються шляхи пошуку об'єктів.

4) «*Messages*» (повідомлення) – вікно, яке відображає системні повідомлення програми. До прикладу, у вкладці «*General*» відображається загальна інформація, у вкладці «*Execution*» – всі виконані дії, у вкладці «*Errors*» – всі помилкові дії.

5) Робочий простір являє собою вікно, в якому завантажуються елементи, що підлягають просторовому аналізу.

Питання і завдання для самоконтролю:

1. Дайте визначення поняттю «географічна інформаційна система» і вкажіть чим дане поняття відрізняється від поняття «інформаційні системи».

2. Що означає, що ГІС SAGA є відкритою? Назвіть переваги ГІС SAGA.

3. Дайте коротку характеристику історії створення ГІС SAGA. Хто є автором ідеї створення SAGA?

4. Дайте характеристику графічному інтерфейсу користувача (GUI) SAGA. З яких вкладок він складається? За допомогою словника перекладіть всі команди у вкладках для подальшої роботи в цій програмі.

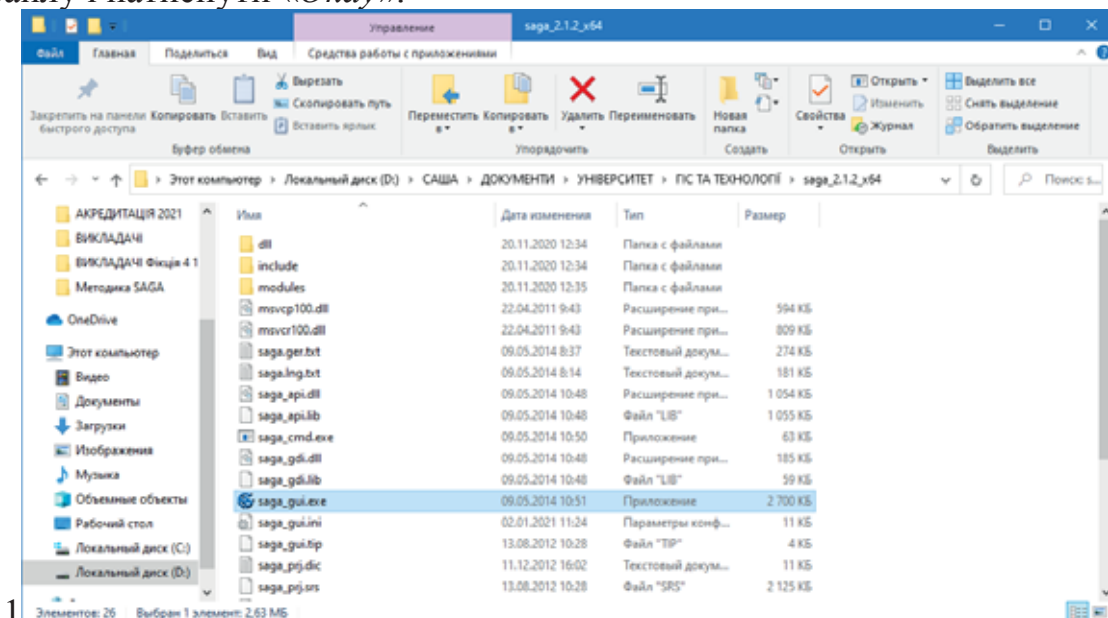
РОЗДІЛ 2 ПРИВ'ЯЗКА ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ В SAGA

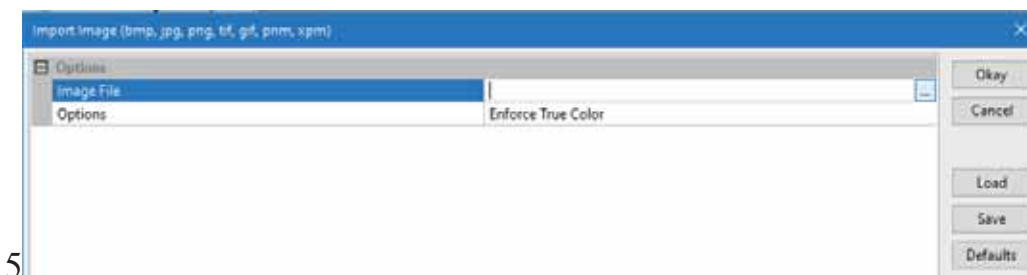
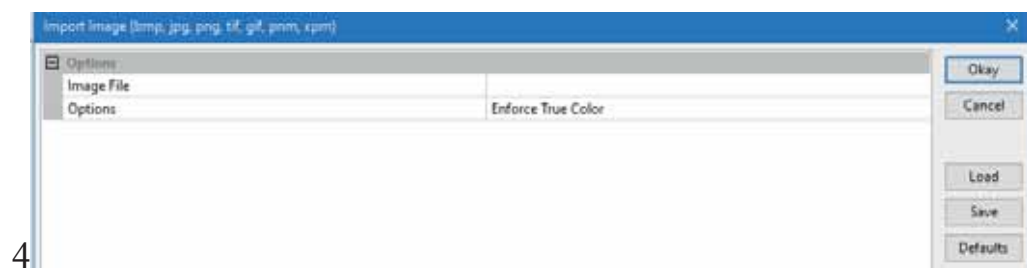
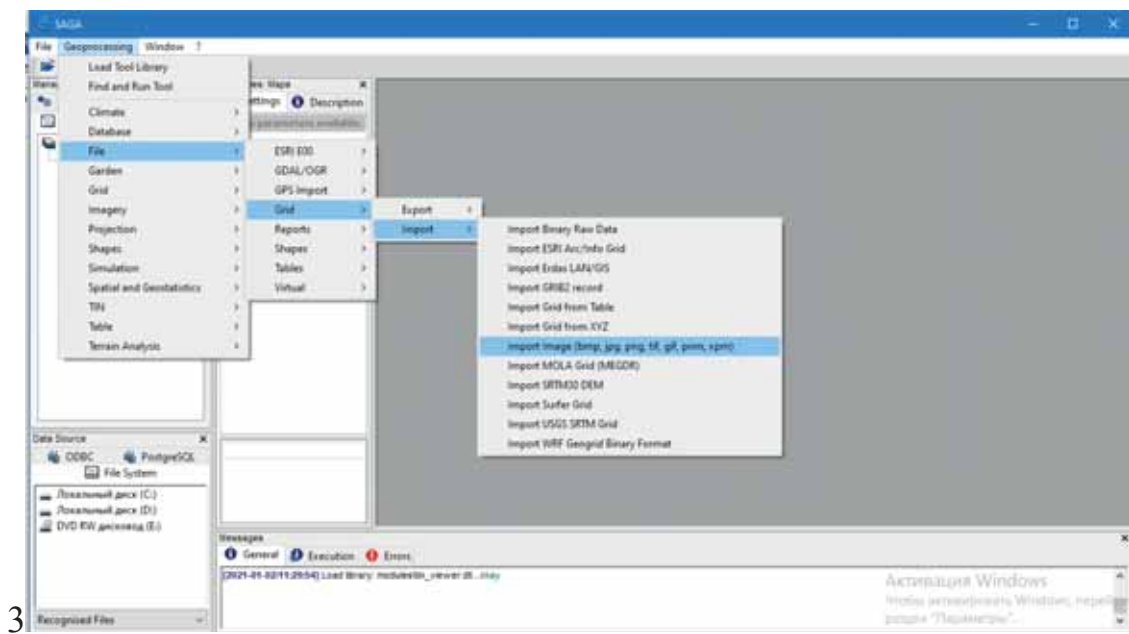
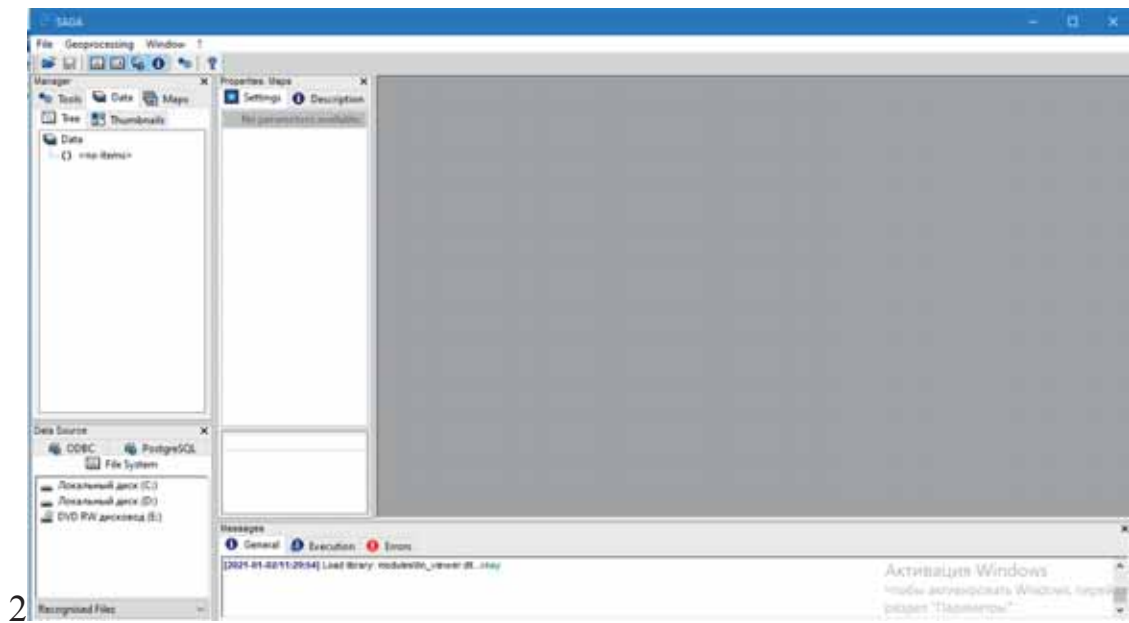
Мета координатної прив'язки – встановлення зв'язку між файловою та географічною системою координат. Координатна прив'язка є основою подальшої векторизації даних. Для здійснення геоприв'язки можливо вибрати декілька варіантів. Так, найкращим способом прив'язки служить визначення географічних координат за рамкою топографічної карти (на всіх кутах міститься інформація про широту і довготу місцевості у вигляді перетину паралелі і меридіану). Для супутникових знімків та інших карт можливо використати данні через пошук координат в інтернеті. Також можуть бути використані дані GPS-навігатора.

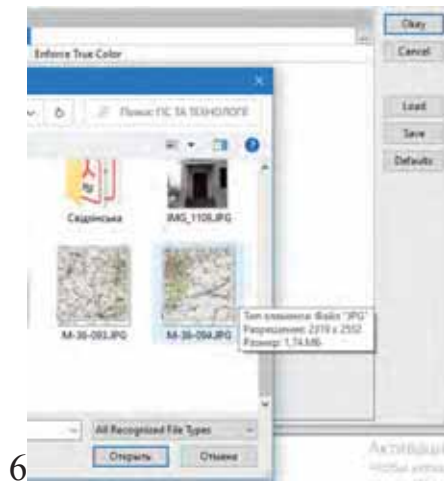
Інструменти координатної прив'язки зображень та перепроєкціонування в ГІС SAGA реалізовані вмонтованими бібліотеками Proj.4 та GeoTRANS.

2.1. Імпорт сканованих матеріалів

Для виконання робіт необхідно ввести в робочу середу SAGA скановані матеріали, які можуть бути представлені в різних форматах, до прикладу, *.jpeg, *.tif, *.bmp та інших (в чому є велика перевага ГІС SAGA, що розрізняє значну кількість існуючих форматів). Для цього необхідно запусити GUI SAGA (кроки 1, 2) та завантажити файл сканованої топографічної карти (у нашому випадку «M-36-094.jpeg») (кроки 3, 4, 5, 6), аерофотознімку тощо. Після цього в діалоговому вікні модуля вказати шлях до файлу і натиснути «Окау».

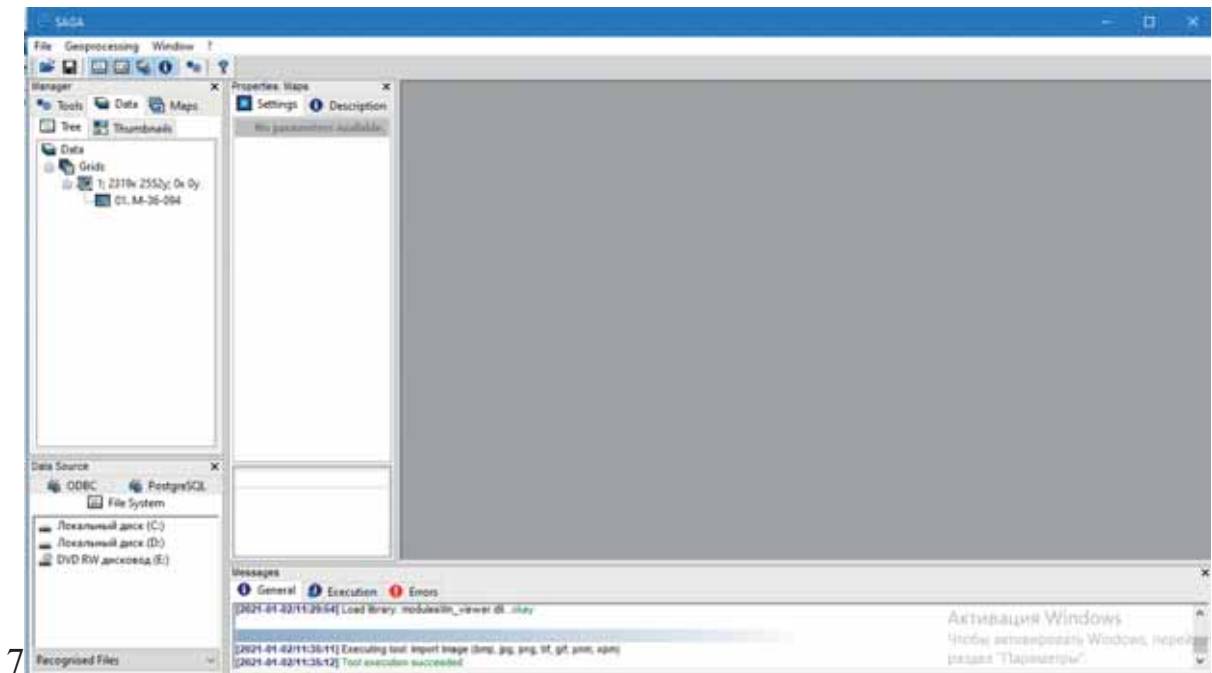




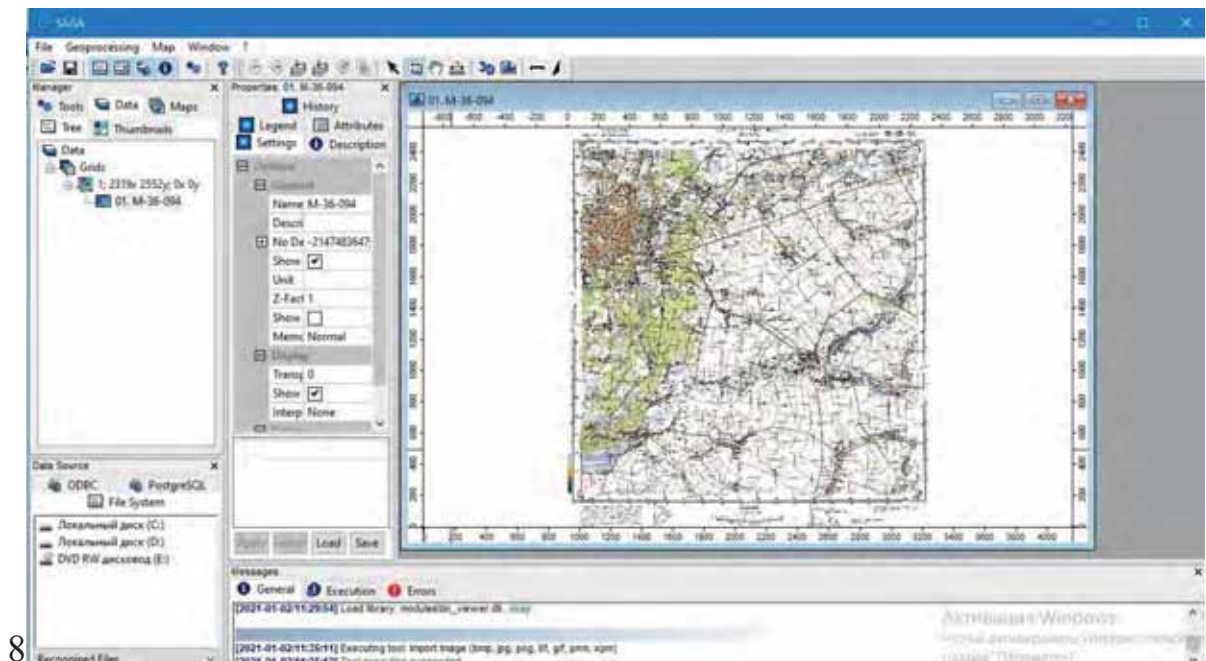


6

Після появи у діалоговому вікні повідомлення «*Module execution succeeded*» необхідно перейти на вкладку робочого поля «*Data*» і двічі клікнути по елементу «*M-36-094*» (кроки 7, 8).

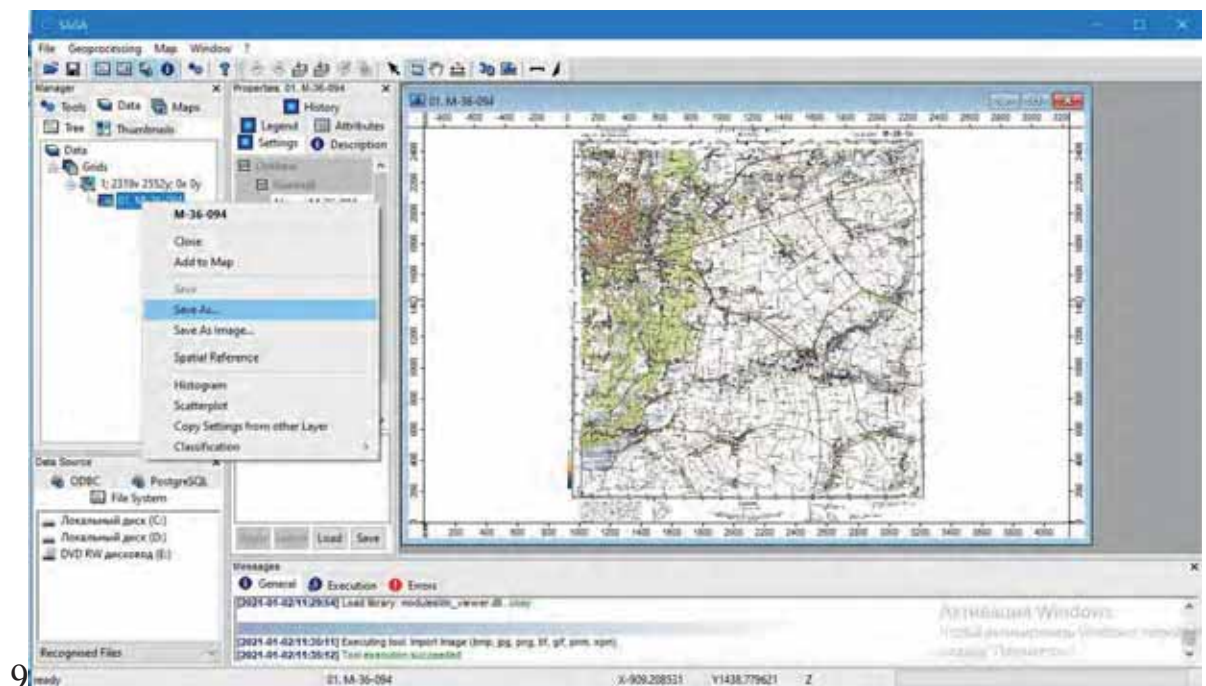


7



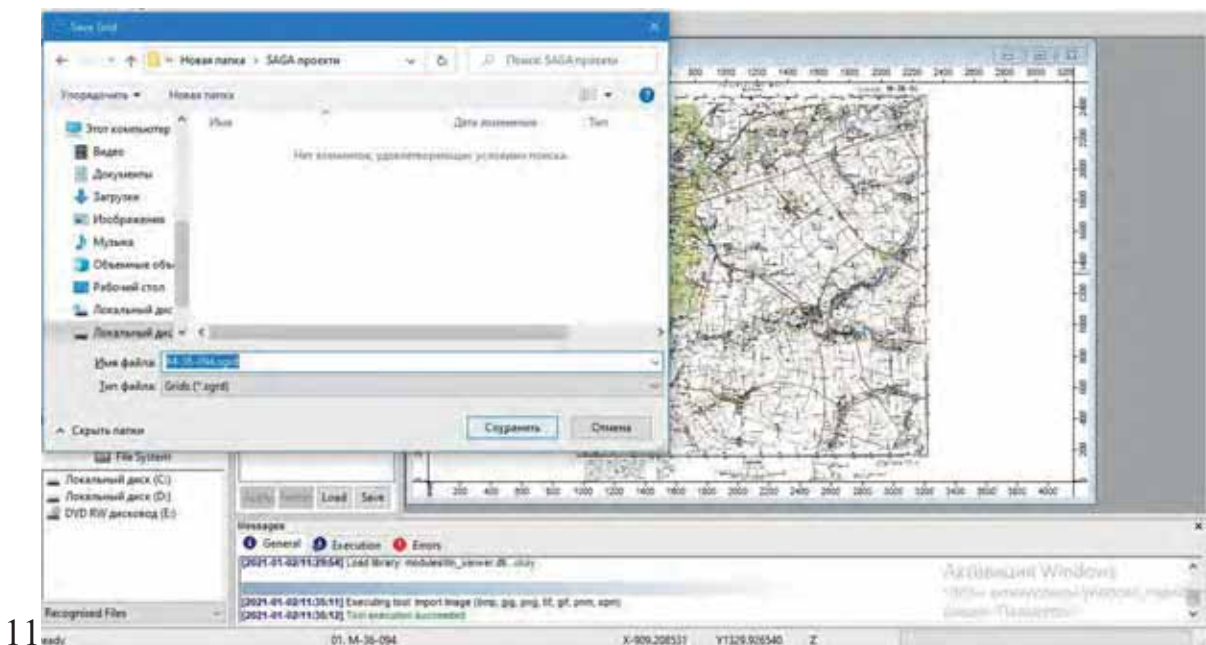
8

Цей елемент відобразиться у головному вікні як карта. Для збереження імпортованого елемента необхідно правою кнопкою миші натиснути на нього і у контекстному меню вибрати «Save As...» (крок 9).

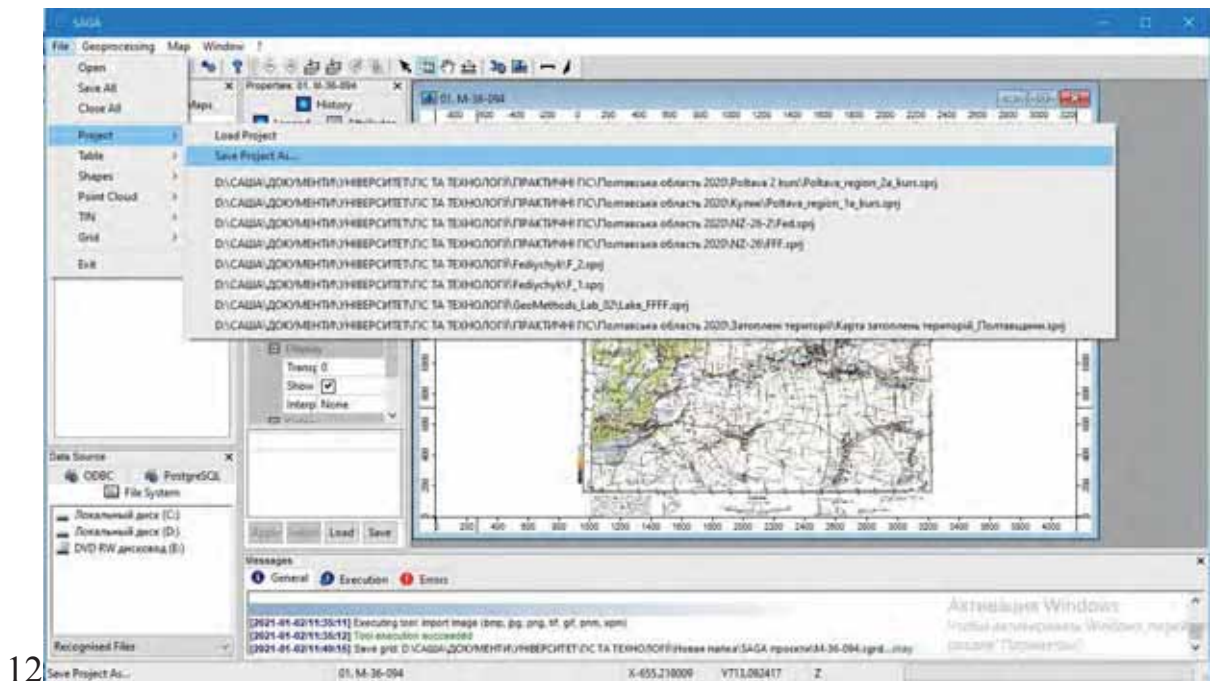


9

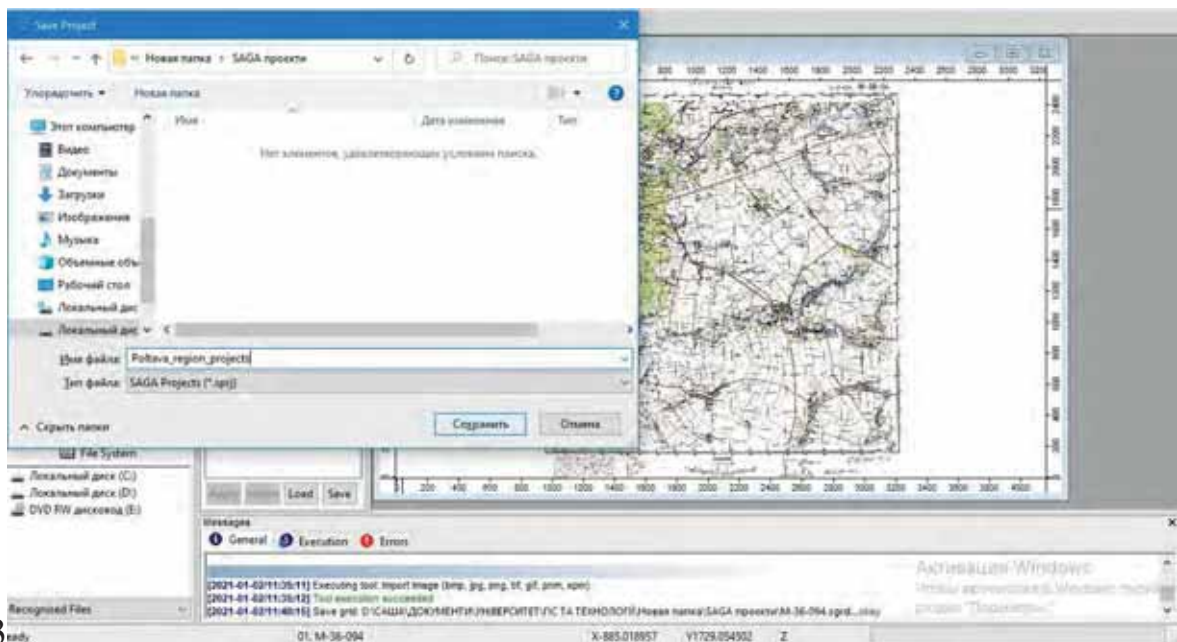
У створеній папці (крок 10) даємо назву проєкту і програма автоматично збереже файл у растровому форматі SAGA «Grid - *.sgrd» (крок 11).



Паралельно зберігаємо проєкт, який об'єднає всі файли у єдиний проєкт. Для цього необхідно на панелі меню «File» вибрати «Project», а потім «Save Project As...» (кроки 12, 13). Формат файлів проєкту пропонується за замовчуванням SAGA «Project -*.sprj». Наш проєкт буде називатися «Poltava_region_projects.sprj».



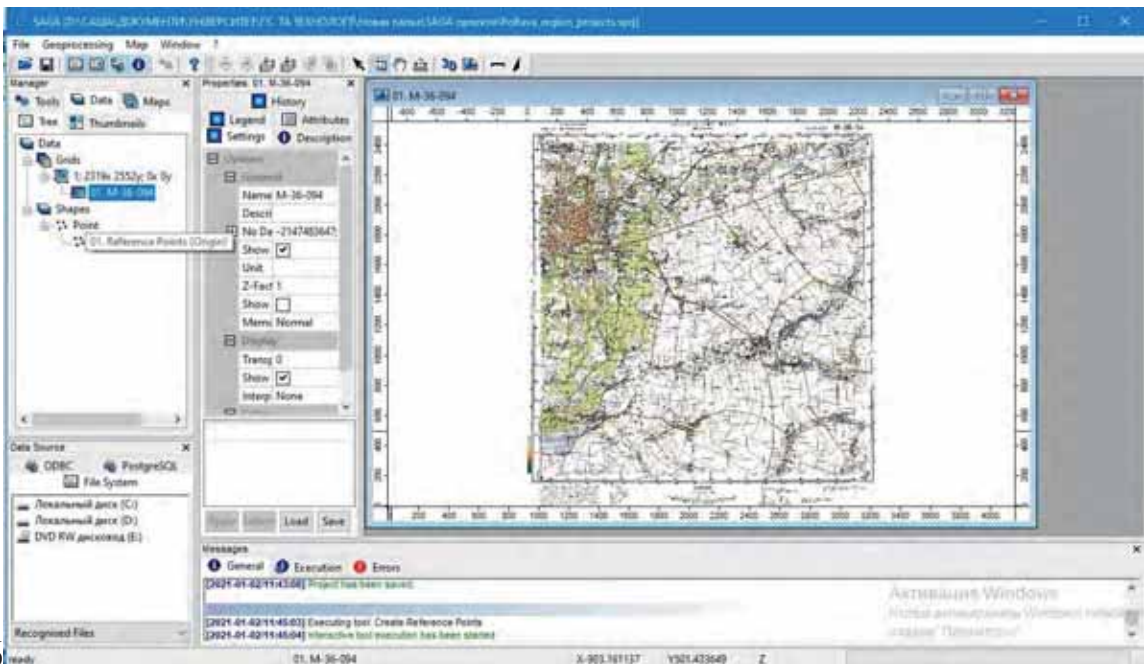
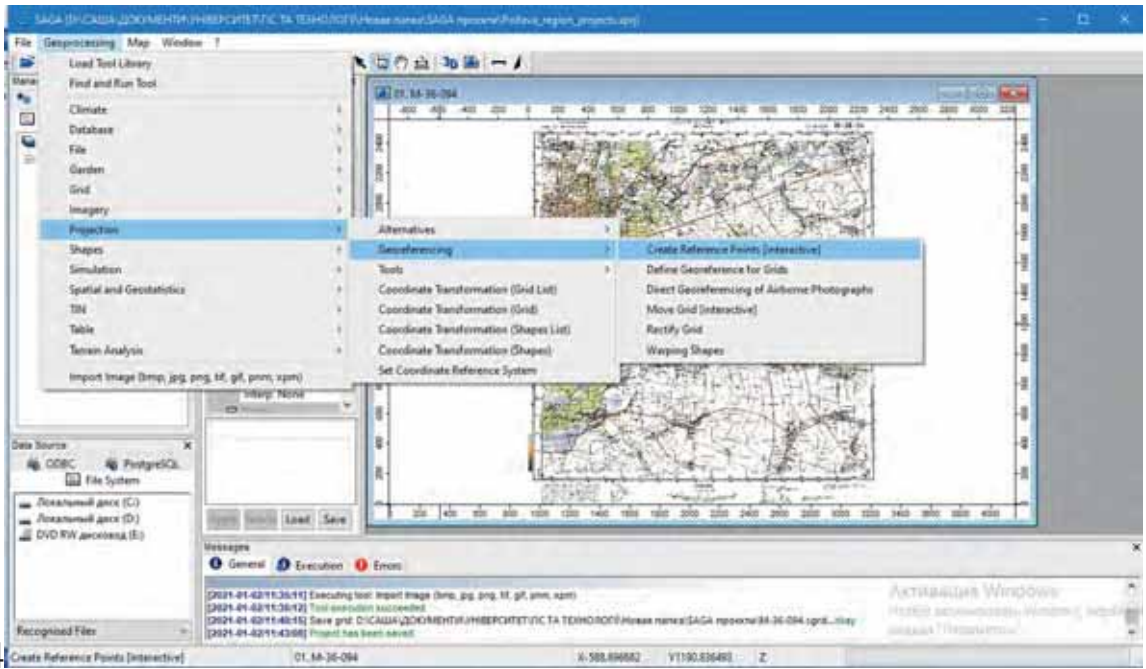
12

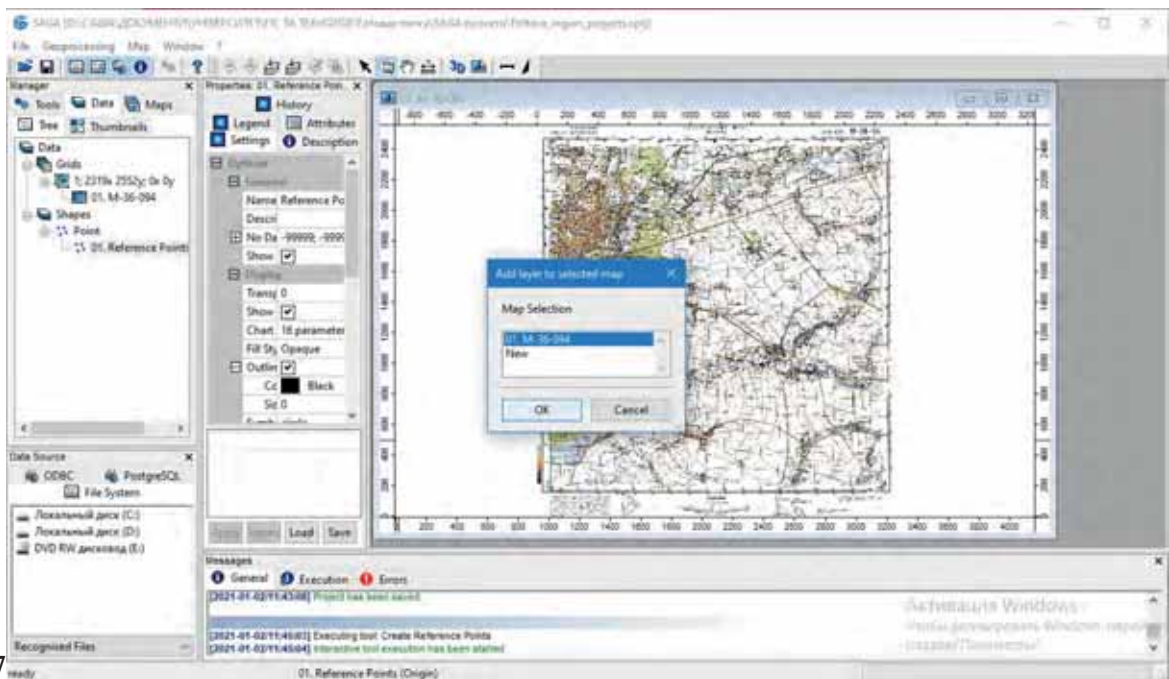


13




2.2. Розставлення точок прив'язки

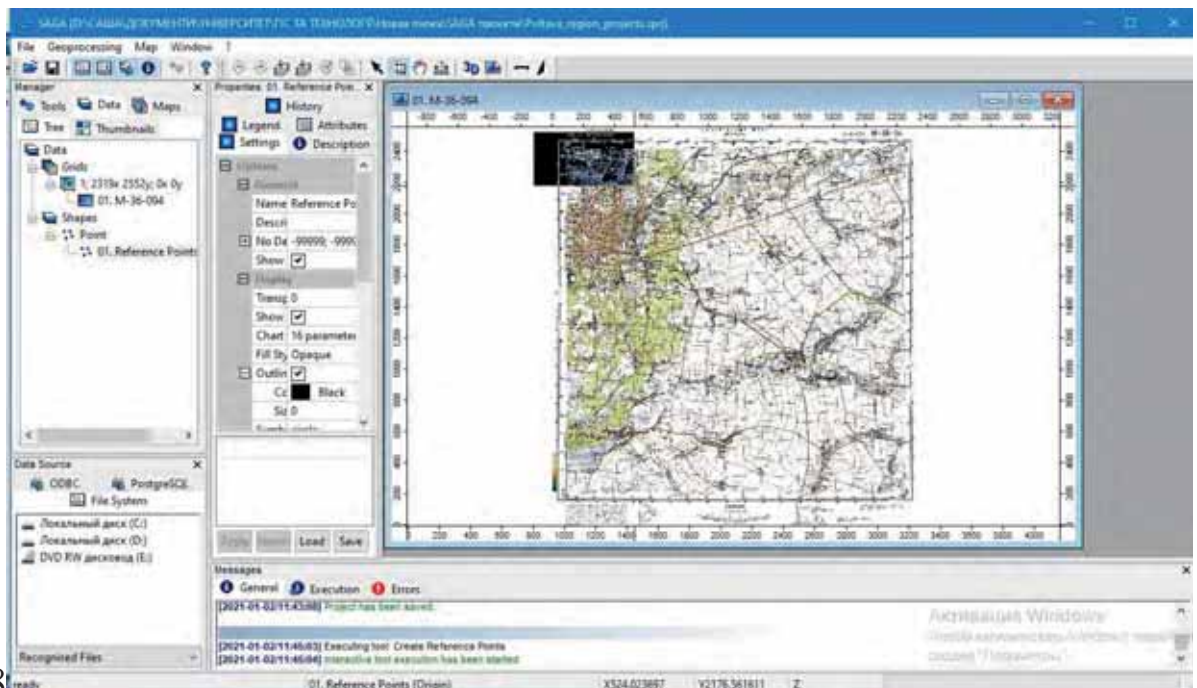
Для розстановки точок прив'язки необхідно вибрати «*Projection*» – «*Georeferencing*» – «*Create reference points [interactive]*» (крок 14), подвійним кліканням активізувати модуль і, не змінюючи параметри діалогового вікна, натиснути «*Okay*» (крок 15). Після активації модуля у вікні повідомлень з'явиться пропозиція «*Interactive tool execution has been started*». Після цього у вкладці «*Data*» необхідно відкрити елемент (створений шар) «*Reference points (Origin)*» в наявну карту «*M-36-094*» (кроки 16, 17). Для цього у діалоговому вікні «*Add layer to selected map*» вибрати «*M-36-094*» і натиснути «*Okay*». Потім здійснювати введення точок прив'язки.



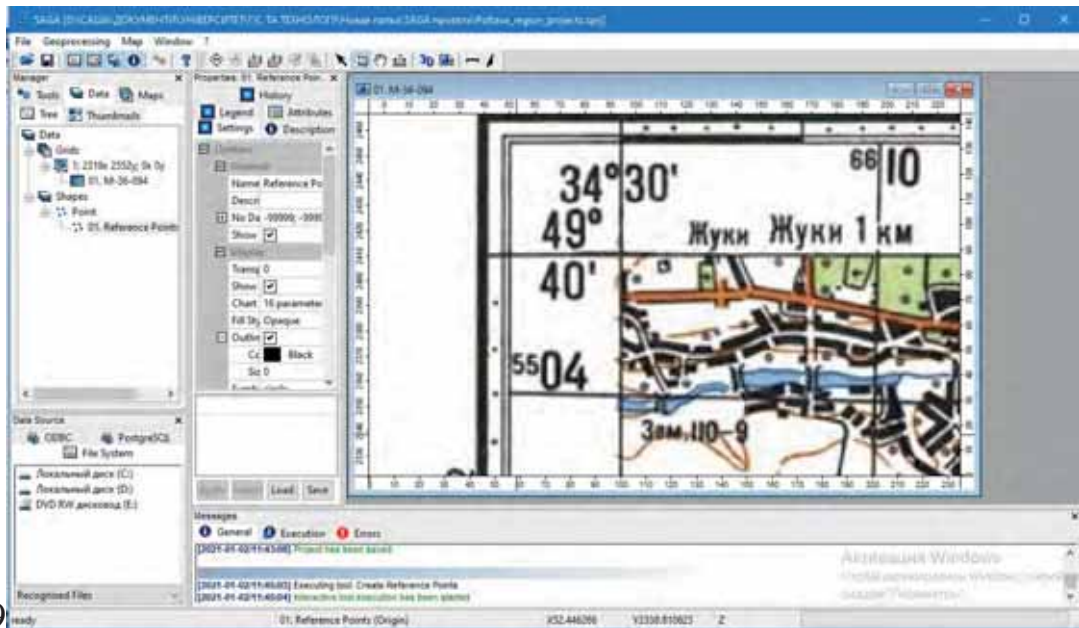


17


Для точної розстановки точок необхідно збільшити фрагмент карти, на якій чітко видно перетин паралелі і меридіану (правий верхній кут) (кроки 18, 19), використовуючи інструмент панелі меню  – «Zoom». Переміщувати аркуш карти необхідно інструментом  – «Pan». Для повернення зображення до первинного положення використовуємо кнопку  – «Zoom To Full Extent».

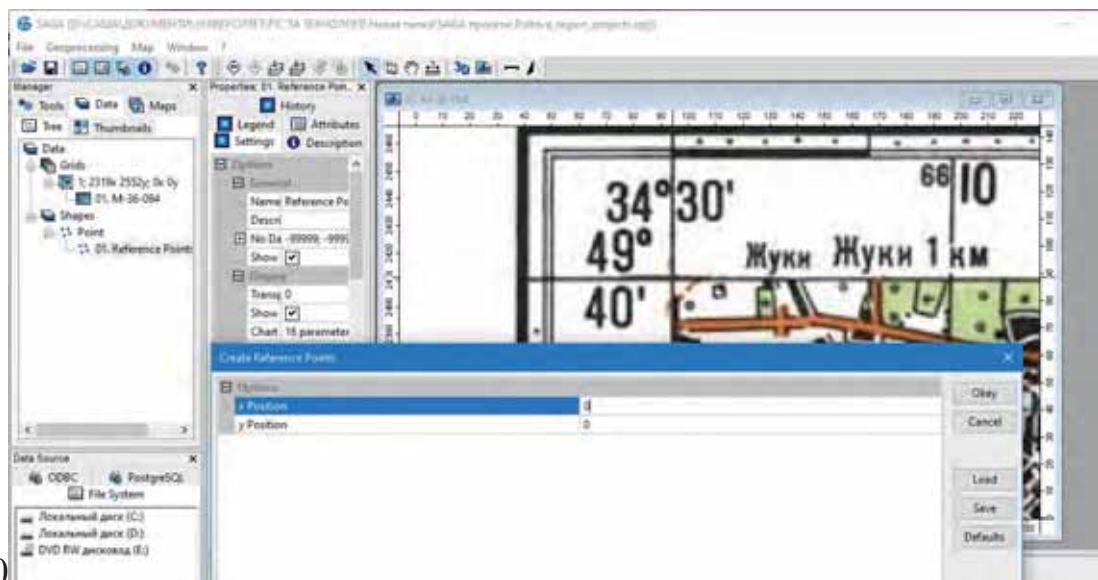


18

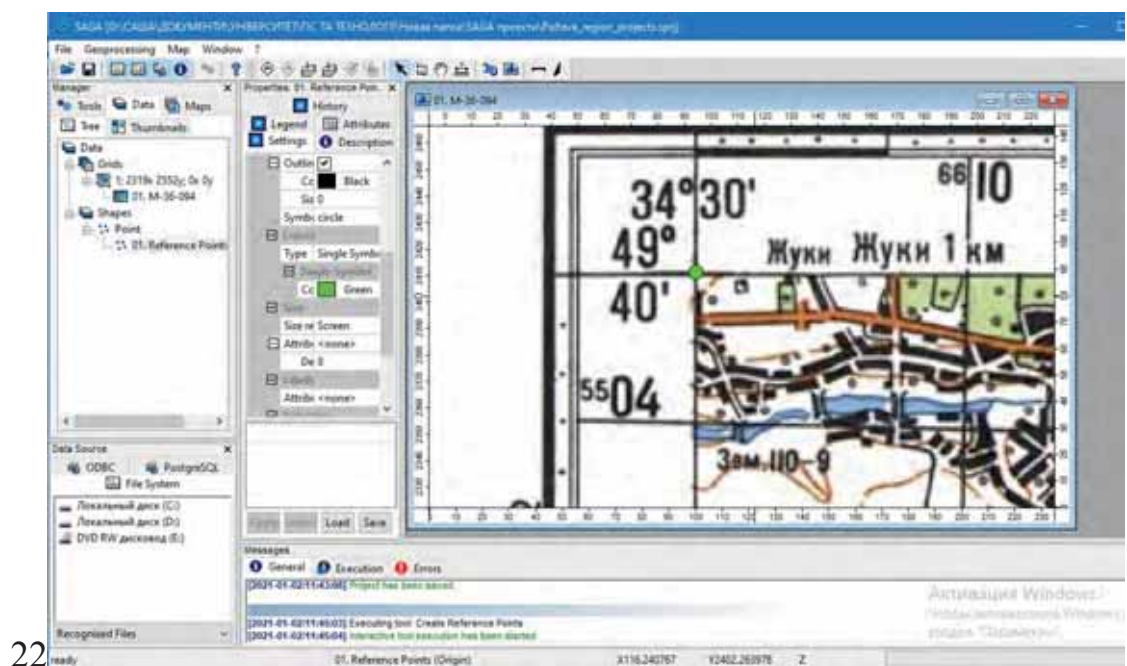
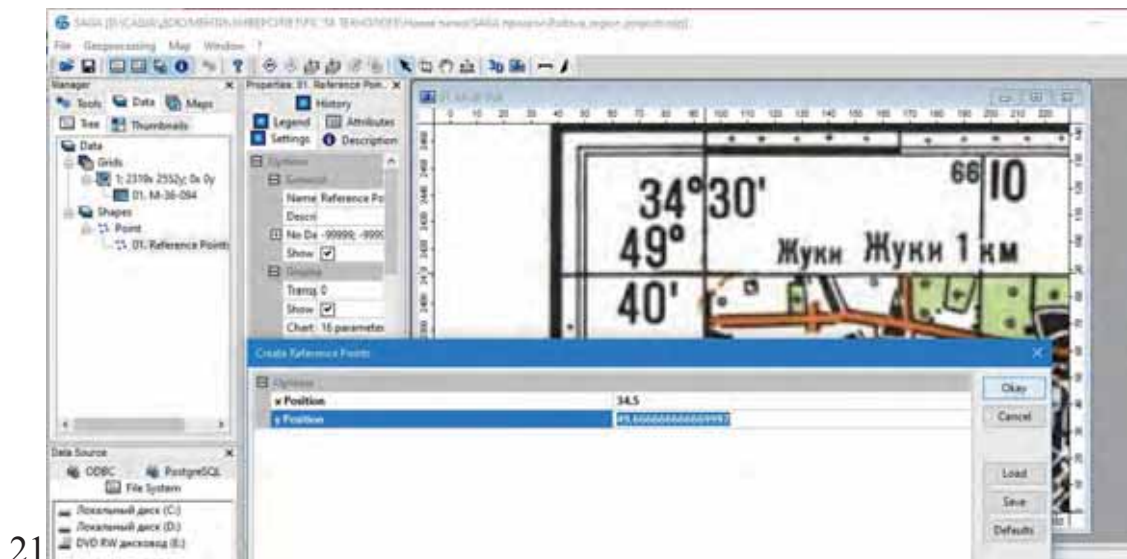


19

Застосовуючи інструмент  – «Action», необхідно поставити точку подвійним кліканням на карті (крок 20). У відкритому діалоговому вікні «Point Position» необхідно ввести координати точок у градусах без мінут. Для цього попередньо необхідно здійснити розрахунки координат лише в градусах, використовуючи розділовий знак «.», а не «,». Для нашого прикладу параметр X , тобто $34^{\circ}30'$ східної довготи буде перерахований на 34.5° . Параметр Y , який відповідає $49^{\circ}40'$ північної широти, буде перерахований у 49.66666666667° (кроки 21, 22).

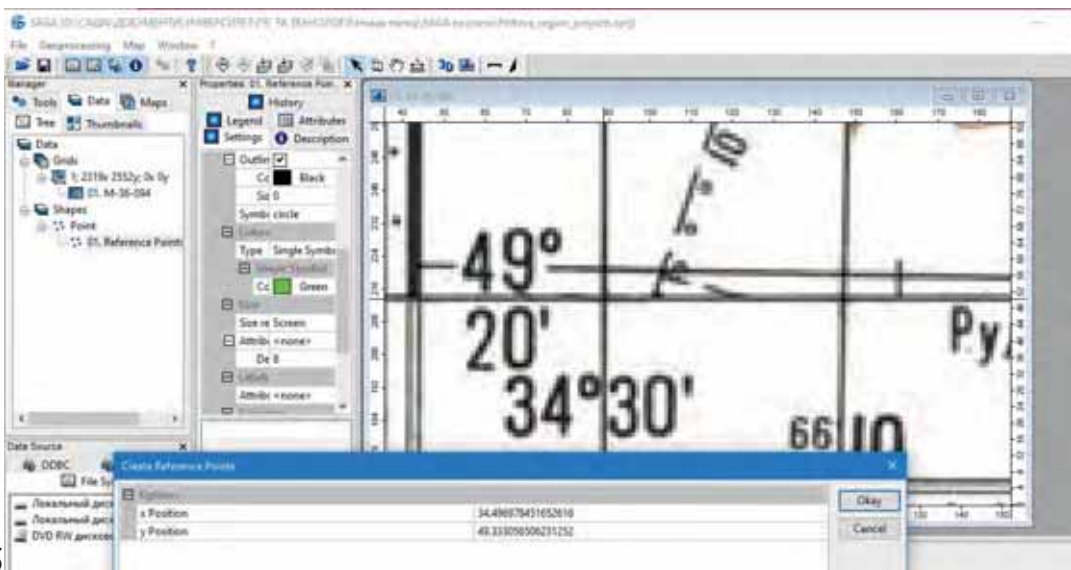
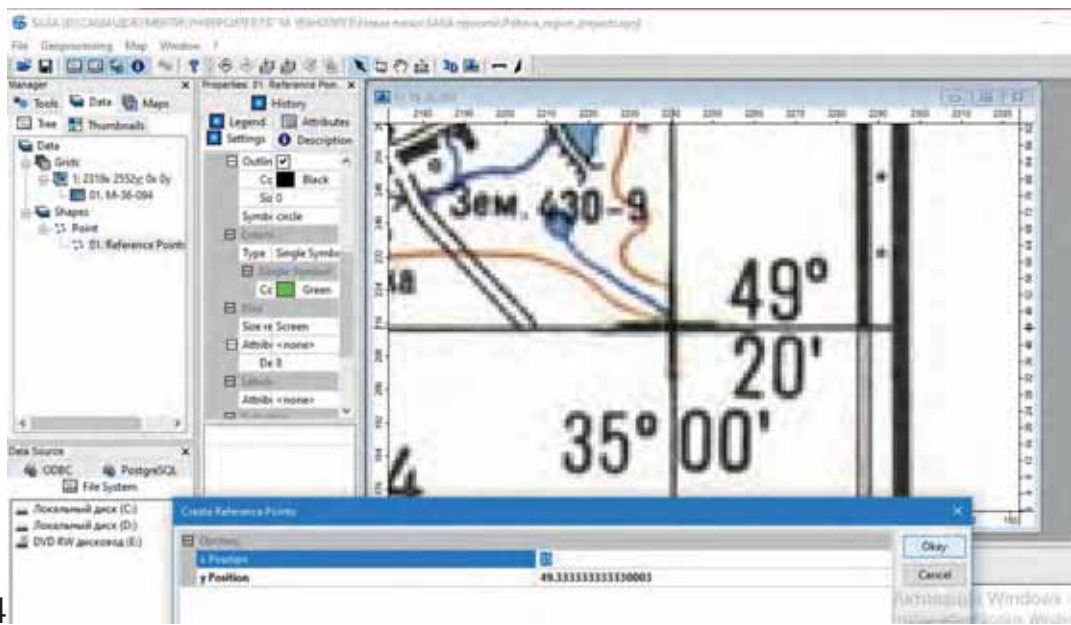
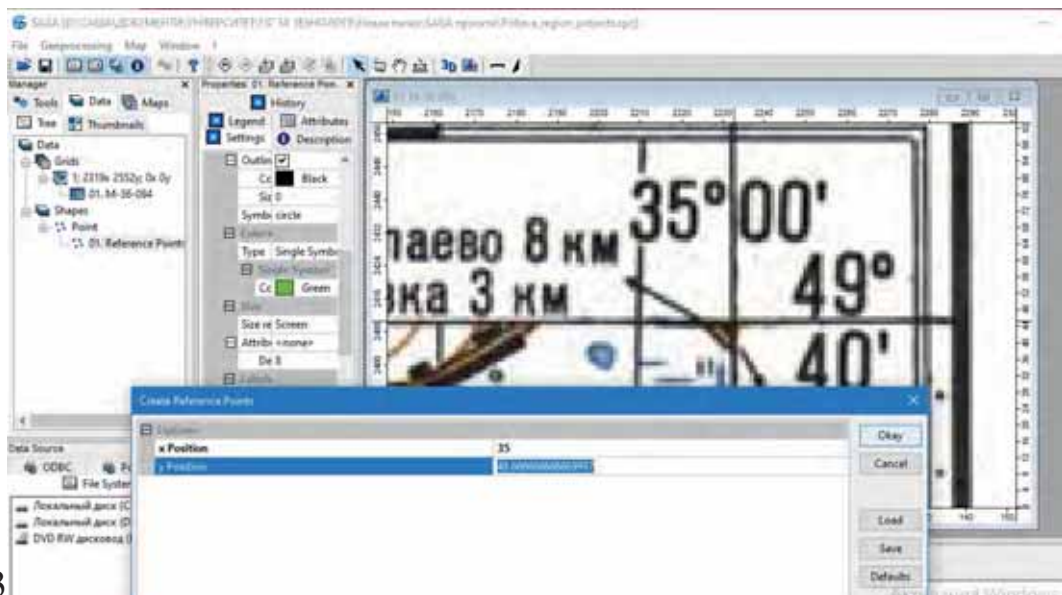


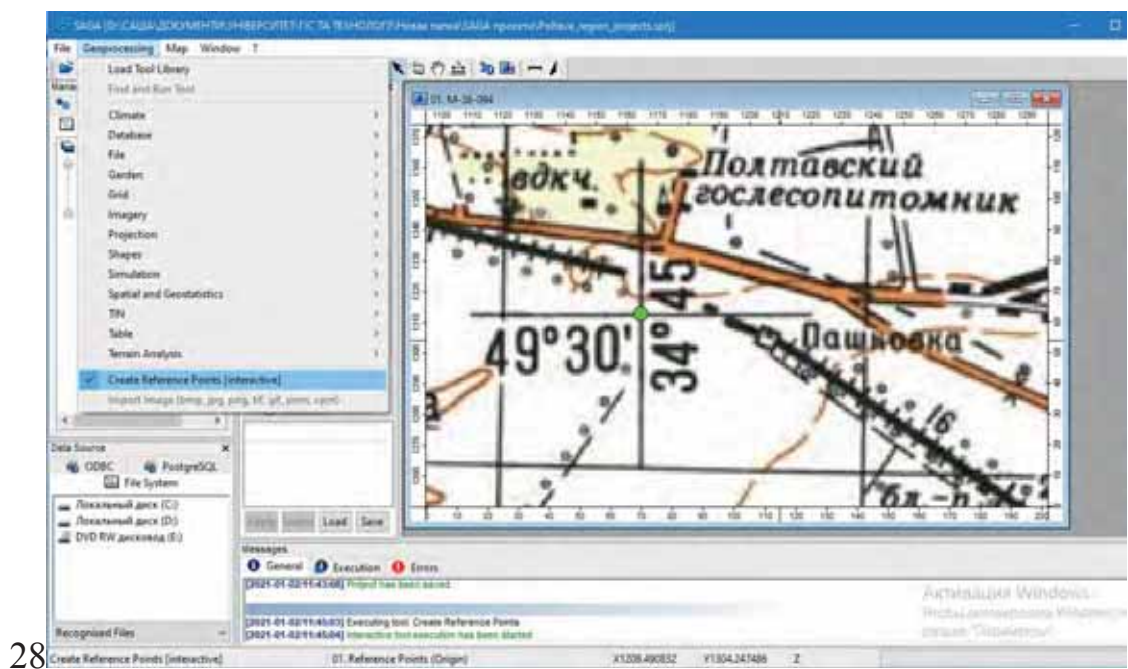
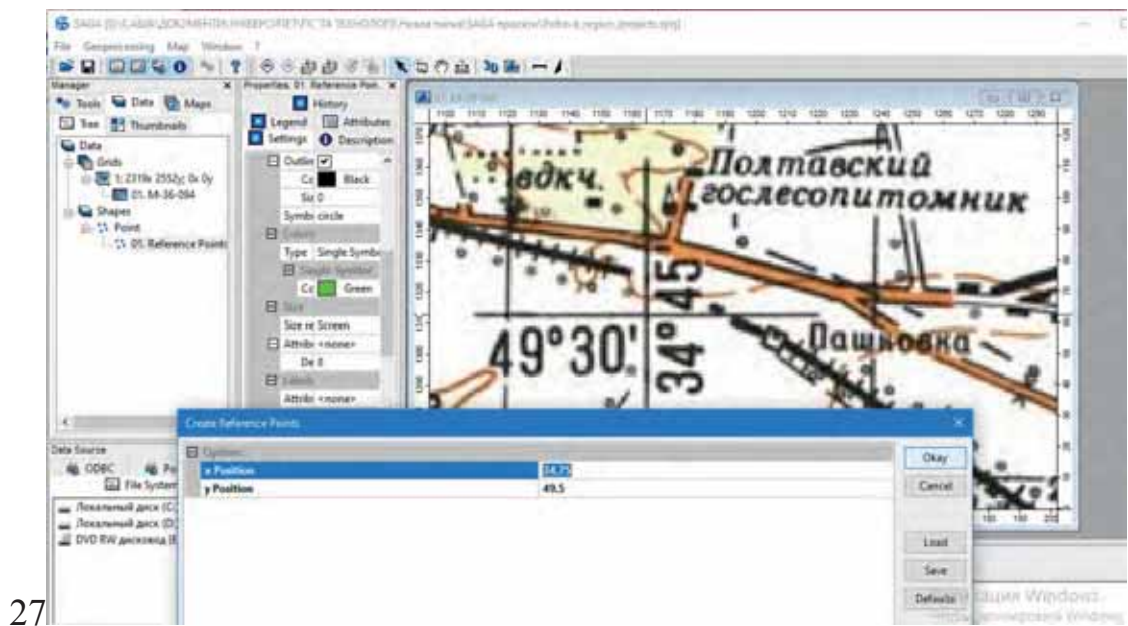
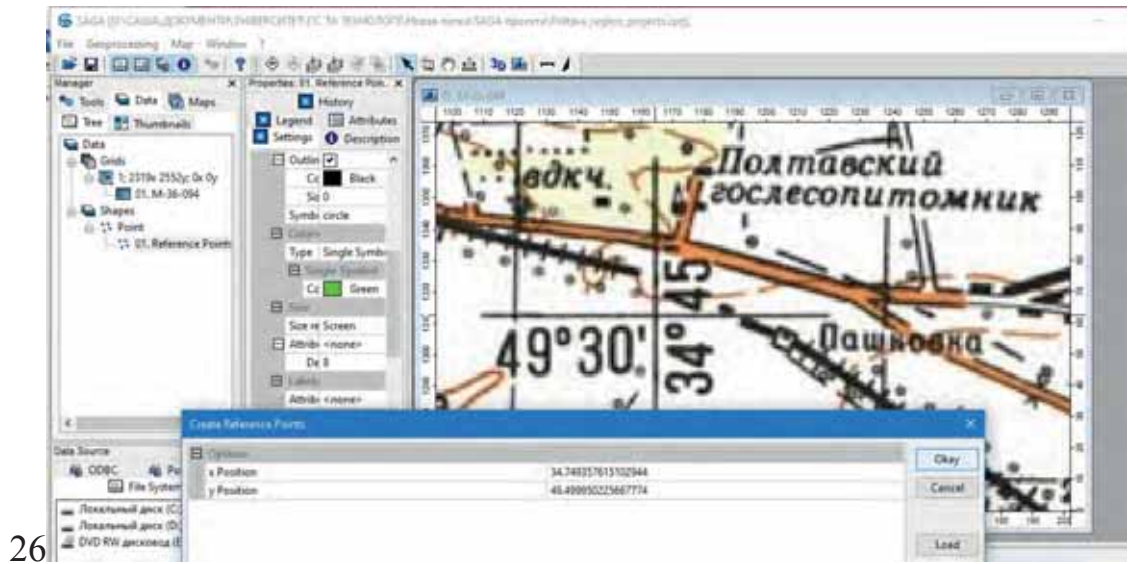
20

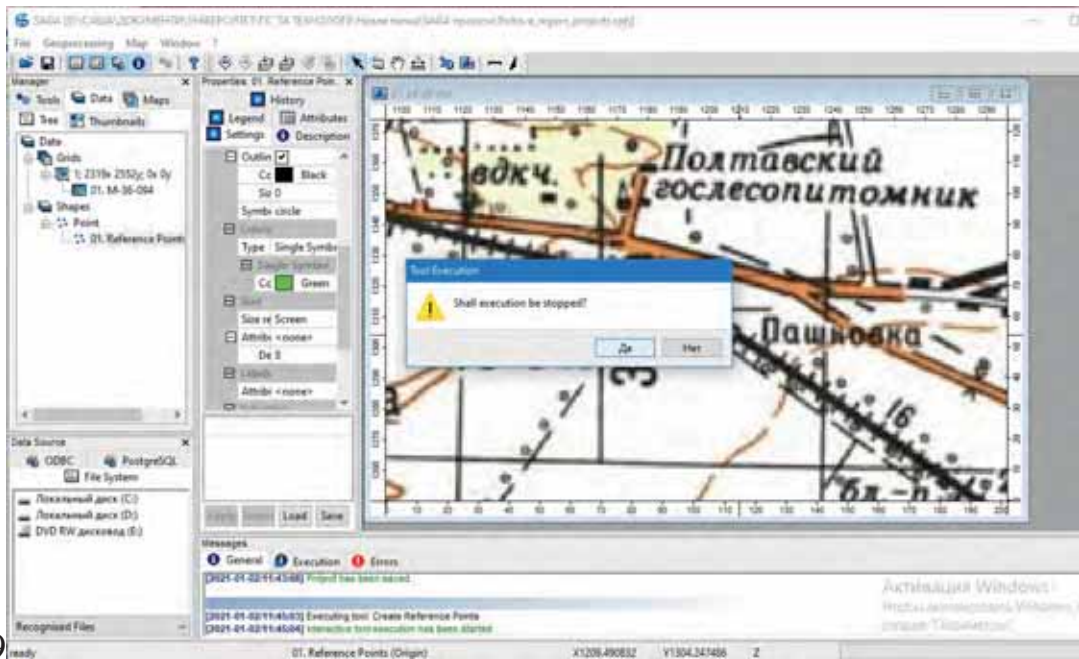


Аналогічним чином необхідно здійснити розстановку точок в інших кутах карти (кроки 23, 24, 25) та центральній точці (кроки 26, 27) у місці перетину паралелі і меридіану. При виставленні третьої, четвертої і п'ятої (центральної) точок система автоматично буде визначати координати, які можна скоригувати. Тобто, для геоприв'язки достатньо виставити три точки, а четверта і п'ята можуть бути як контрольні.

Після цього необхідно припинити модуль розстановки точок прив'язки, знявши галочку у «*Create Reference Points*» (кроки 28, 29).

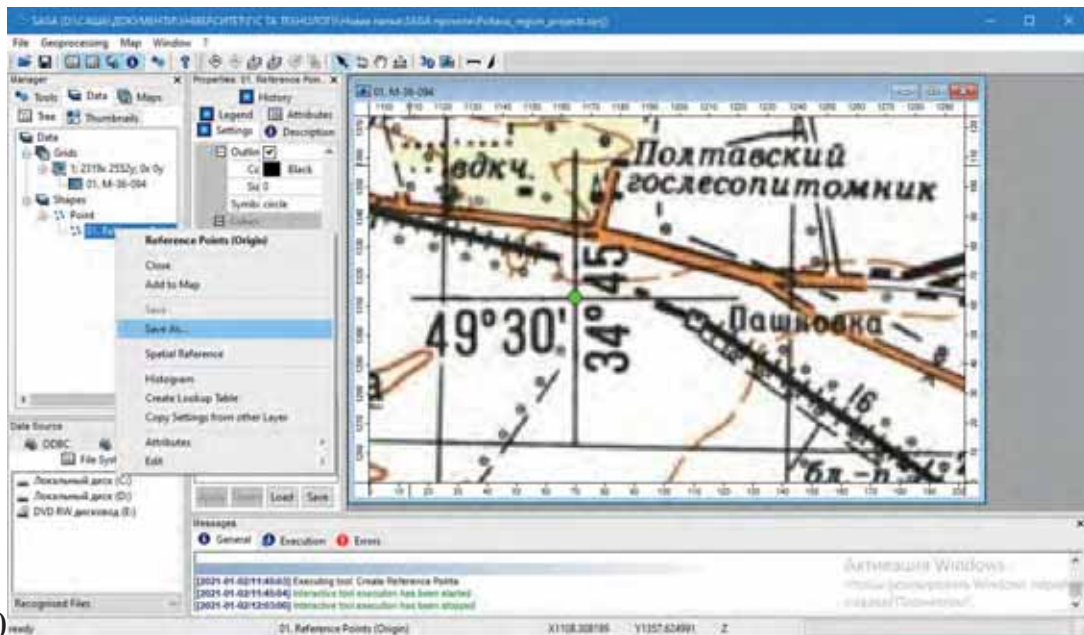




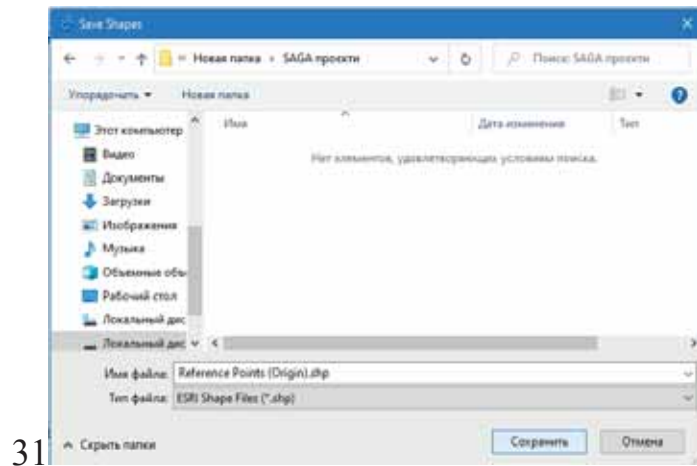


29

Для збереження файлів з розставленими точками у вкладці «Data» вибираємо елемент «Reference Point (Origin)» та у контекстному меню натискаємо «Save As...» (кроки 30, 31) і система автоматично збереже файл у форматі «Shapes».

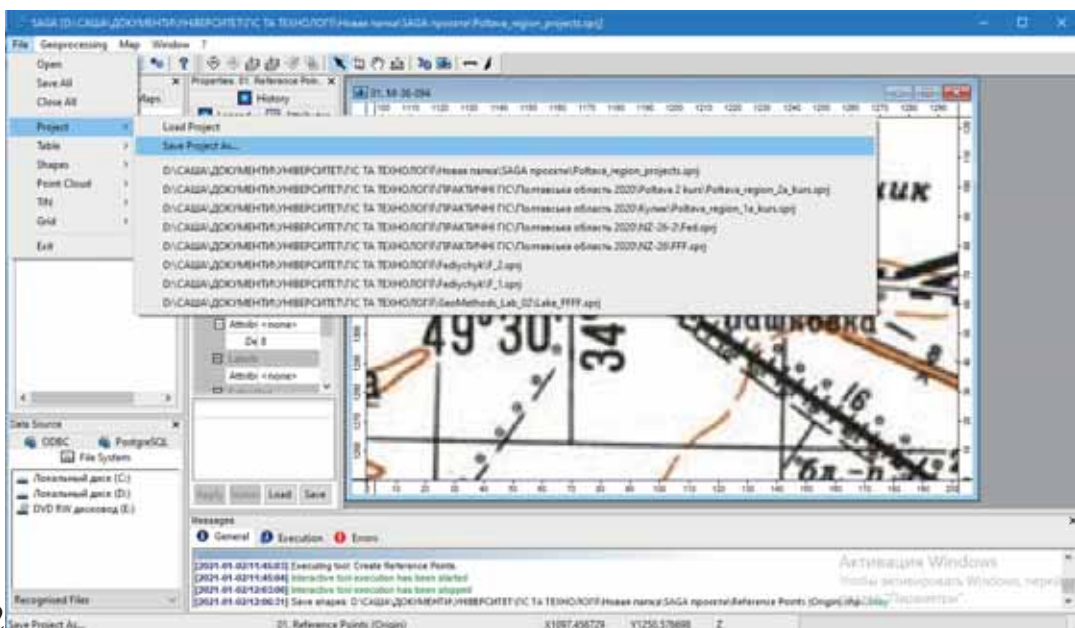


30

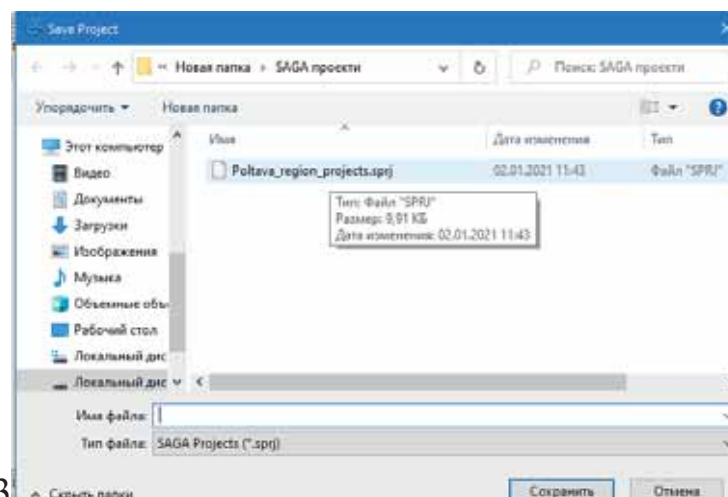


31

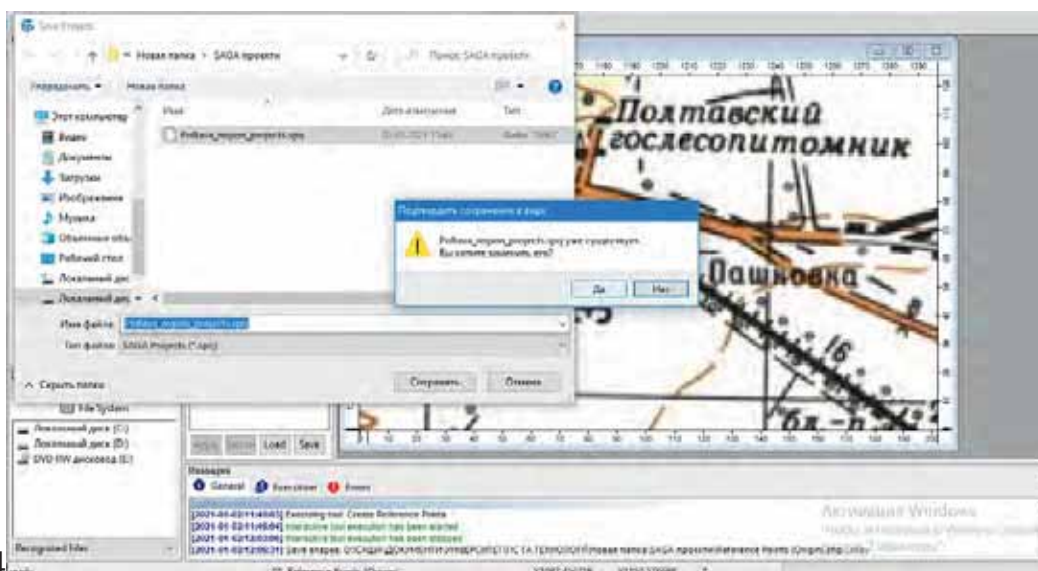
Паралельно зберігаємо проєкт, який знову об'єднає всі файли у єдиний проєкт. Для цього необхідно на панелі меню «File» вибрати «Project», а потім «Save Project As...» (крок 32). Потім вибрати існуючий проєкт (крок 33) і погодитися на заміну (крок 34). Формат файлів проєкту пропонується за замовчуванням SAGA Project - *.sprj.



32



33



2.3. Перехід з файлової до географічної системи координат

Як відомо, місцезположення об'єктів на поверхні землі визначається за допомогою географічних координат (широти і довготи). Саме ці просторові координати пов'язують реальні об'єкти на місцевості з їх картографічною основою. Растрове зображення несе всю інформацію у вигляді комбінації кольорів пікселів, а векторні дані містять інформацію у вигляді таблиць. В растровому зображенні інформація передається у вигляді прямокутної матриці пікселів (скорочення від англ. «*picture elements*» – «елементи зображення»). Піксел (англ. pixel, rel) – це двовимірний елемент зображення, найменший з його складників, який отримується в результаті дискретизації (квантування) зображення. Піксел характеризується прямокутною формою й розмірами (рис. 2), що визначають просторове розрізнювання зображення, під яким у цілому розуміється розмір порції земної поверхні, який охоплюється одним пікселем. Чим менше розмір пікселя, тим вищим є просторове розрізнювання. Будь-яке растрове зображення (пейзажна чи портретна фотографія, фотографія карти чи аерофотознімок) програмою SAGA буде сприйматися однаково. Тому виникає необхідність переведення растрового зображення у систему географічних координат.

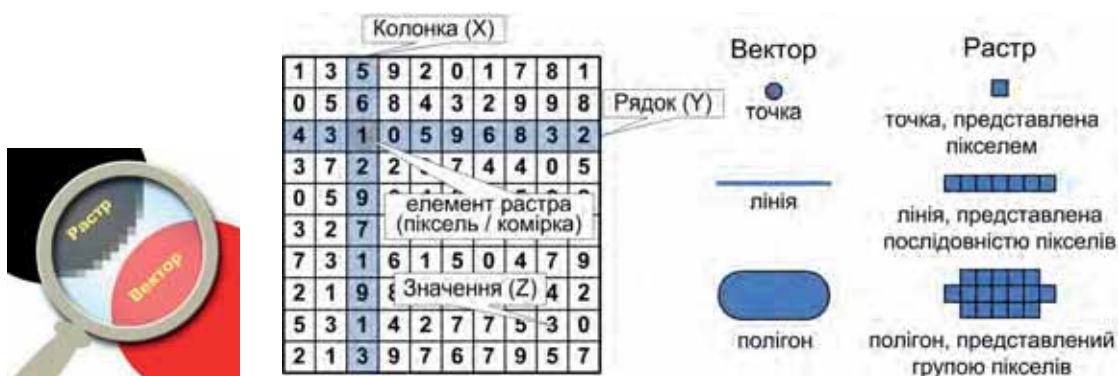


Рис. 2. Растрове та векторне зображення

Перший і найбільш важливий крок в створенні ГІС для будь-якої території є вибір системи координат, яка разом з масштабом, еліпсоїдом і проекцією є частиною математичної основи карти та ГІС в цілому. Розуміння цих термінів також важливе для обміну геоданими з іншими програмами ГІС.

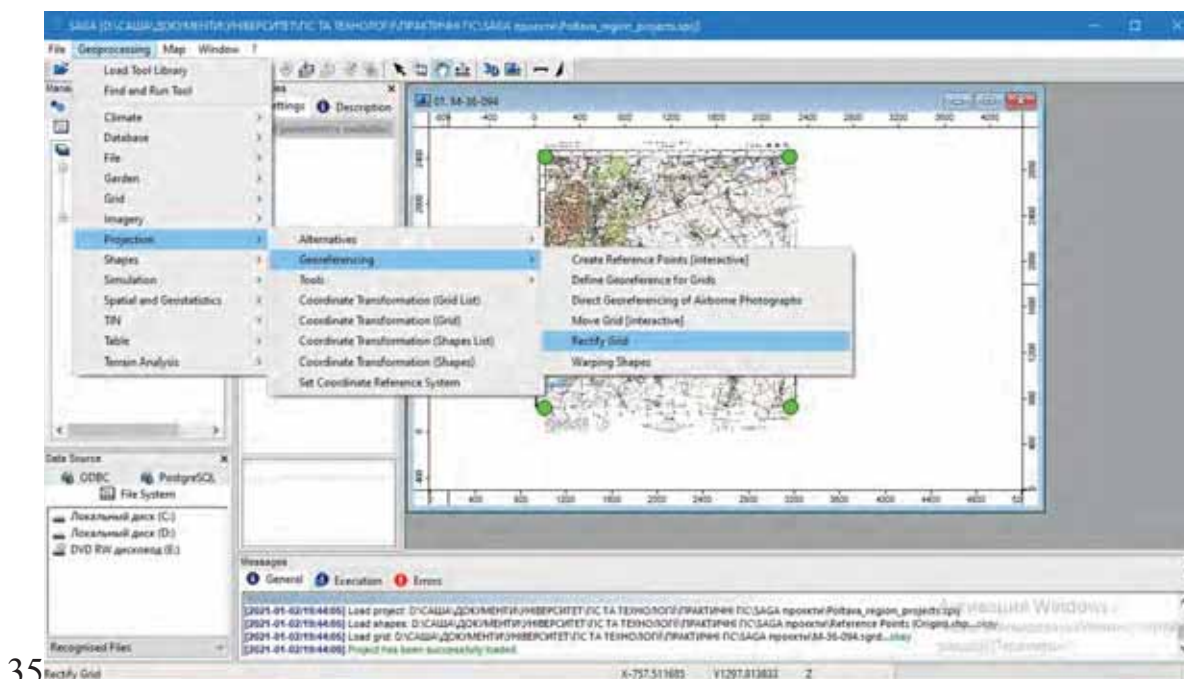
Географічна система координат використовує сферичні (тобто тривимірні) кутові географічні координати (широту та довготу), що ґрунтуються на одному з еліпсоїдів. В таблиці 1 наведені приклади найбільш використовуваних еліпсоїдів для карт.

Таблиця 1

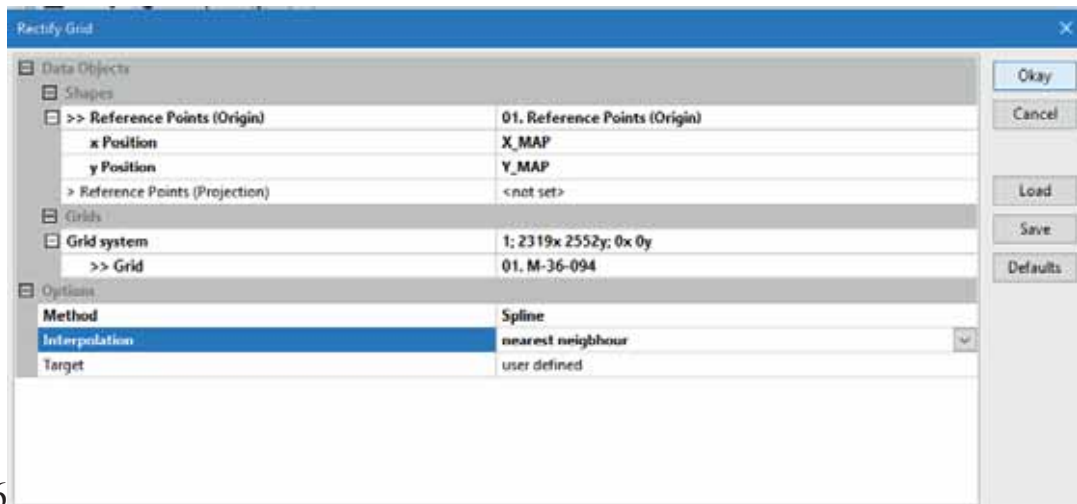
Еліпсоїд	Велика піввісь (екваторіальний радіус), м a	Мала піввісь (полярний радіус), м b	Геометричне (полярне) стиснення $f = (a - b) / a$	Країни, в яких застосовується
Krassovsky 1940	6 378 245,000	6 356 863,019	1/298,300	країни колишнього СРСР
WGS 1984	6 378 137,000	6 356 752,314	1/298,257	країни Північної Америки, світ

Активувати модуль «*Projection*» – «*Georeferencing*» – «*Rectify Grid*» і в діалоговому вікні встановлюються наступні параметри (крок 35):

- вибрати в якості файлу точок створений шейп-файл «*Reference points (Origin)*» (крок 36);
- в якості координат точок прив'язки вказуються введені з карти «*X_MAP*» и «*Y_MAP*» (крок 36);
- вказується растрове зображення для якого буде проводитися операція (1; 2319x 2552y; 0x 0y) (крок 36);
- вибирається метод трансформації, для нашого випадку – «*Spline*» (крок 36);
- в якості методу передислокації вибираємо «*Nearest Neighbor*» (крок 36).

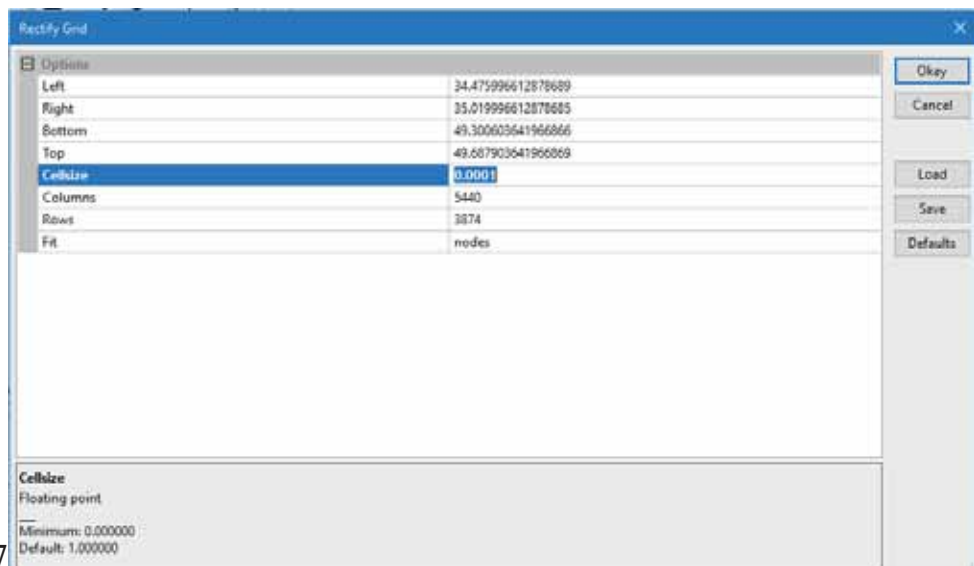


35



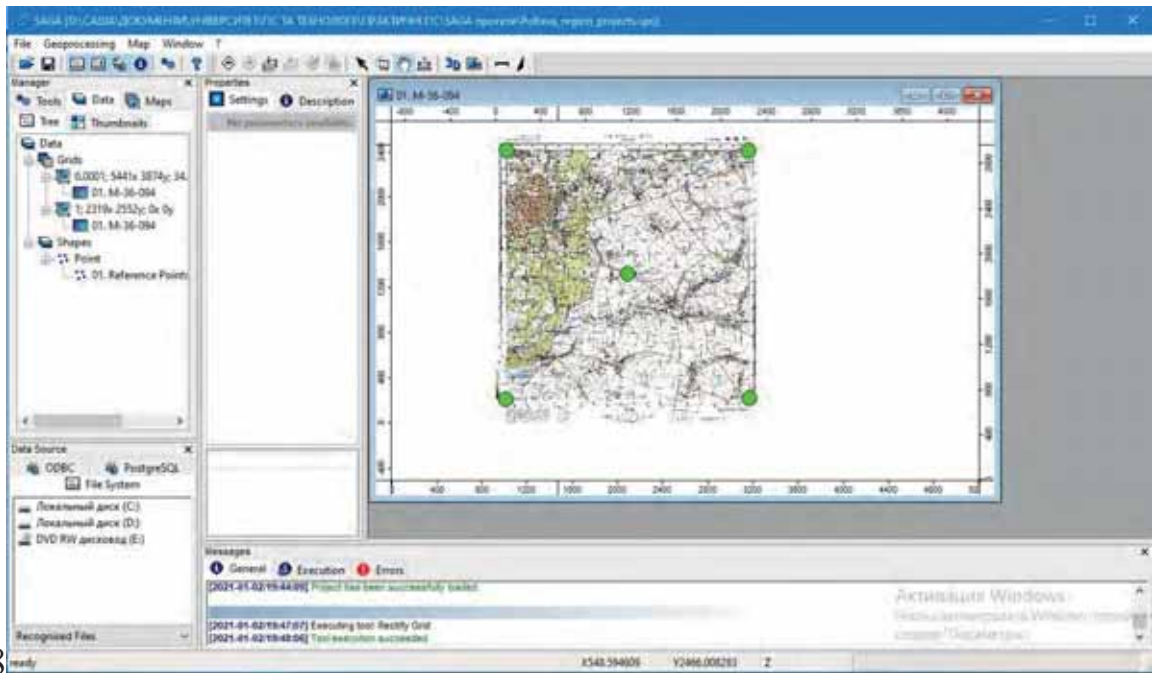
36

Після натискання «*Okay*» у вікні з новими розрахованими параметрами нового растра необхідно встановити необхідний розмір комірки зображення з наступними перерахунками залежних параметрів. Встановлюємо розмір комірки вихідного растра 0.0001 – це покращить візуалізацію якості результату (при цьому зміниться кількість рядків і колонок) (крок 37).



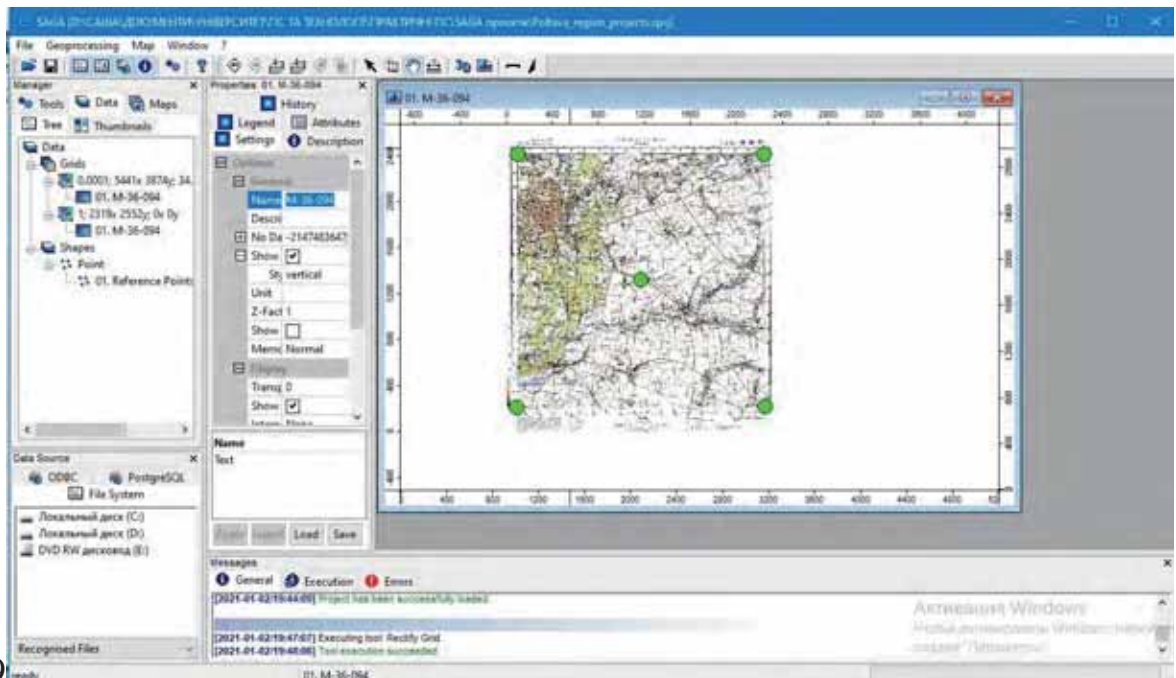
37

Після завершення роботи модуля буде виведено повідомлення «*Tool execution succeeded*», а на вкладці «*Data*» з'явиться новий елемент «*M-36-094*» (крок 38). В його системі координат значення *X* та *Y* буде відповідати значенням географічних координат.

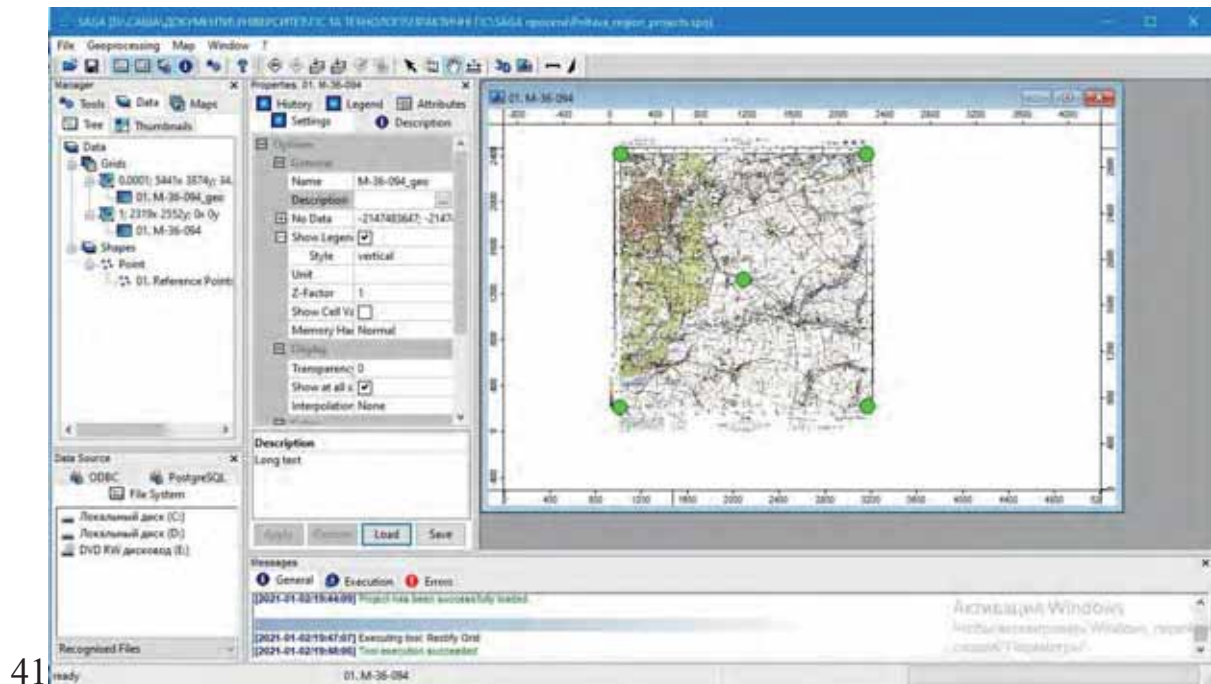
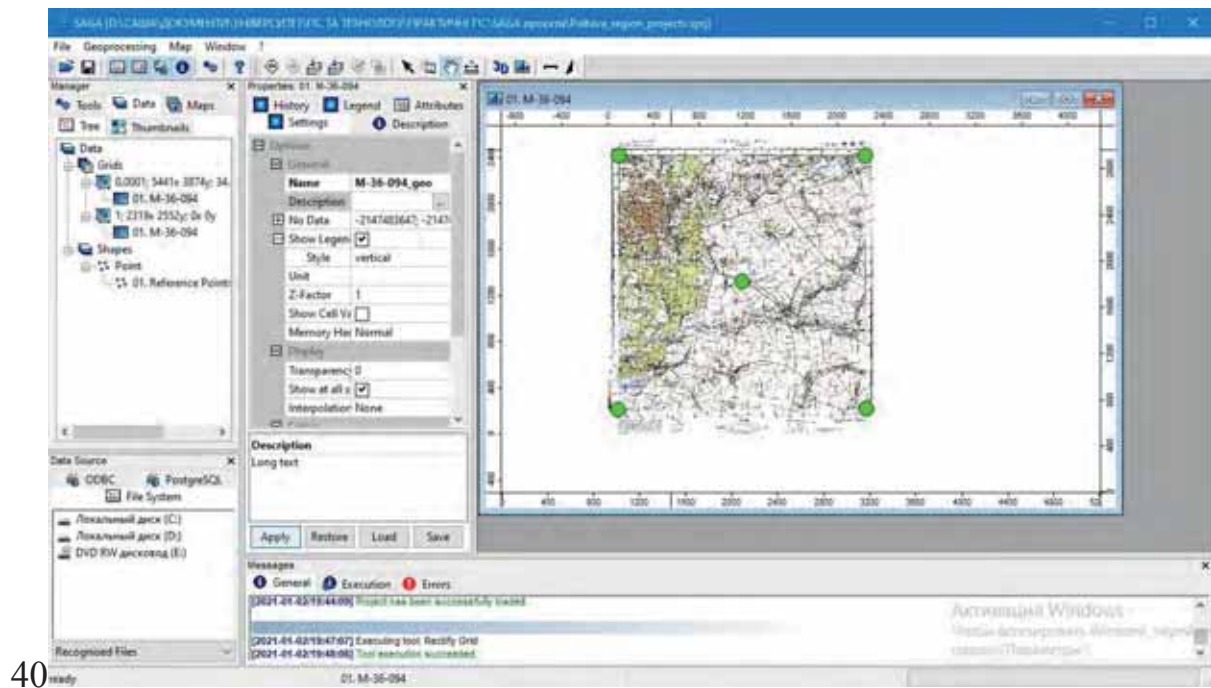


38

Для чіткого розрізнення файлів необхідно здійснити перейменування, додавши в ім'я «_geo». При назві чи перейменуванні файлів слід звернути увагу на коректність записів: назви давати латиницею, пробіли замінювати на знак нижнього підкреслювання (кроки 39, 40, 41). Для завершення перейменування необхідно натиснути «Apply». SAGA допускає кирилицю, але при роботі з іншими ГІС можуть виникнути проблеми сумісності.



39

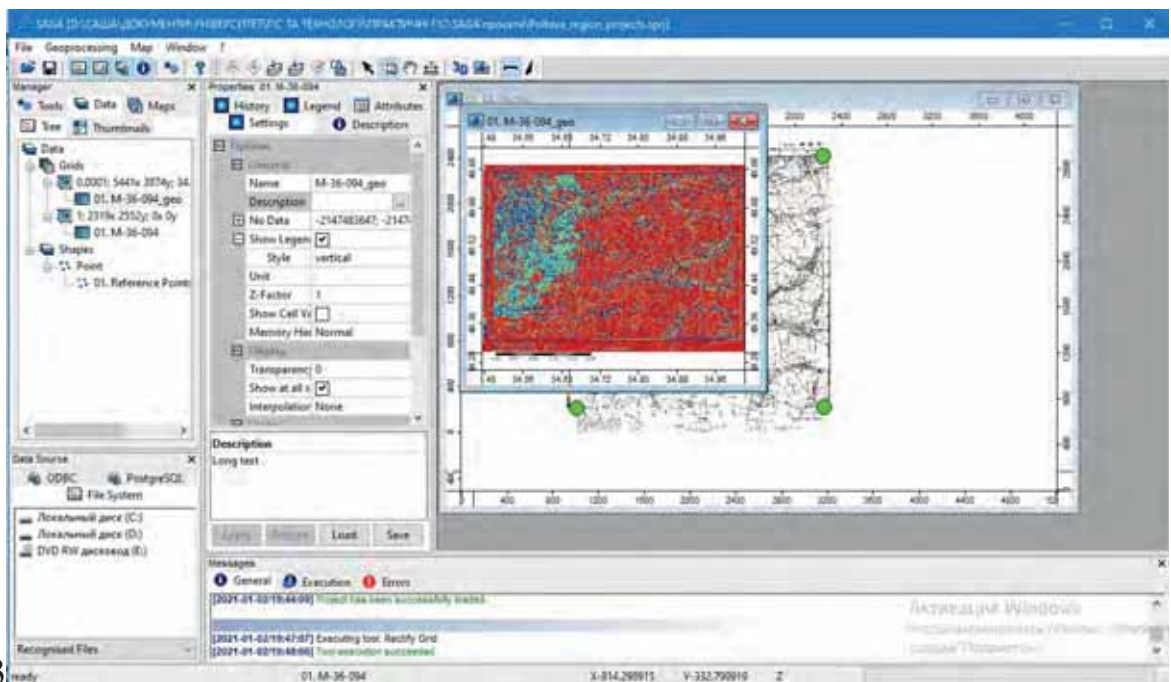


Подвійним кліканням необхідно відкрити файл в нову карту (крок 42).

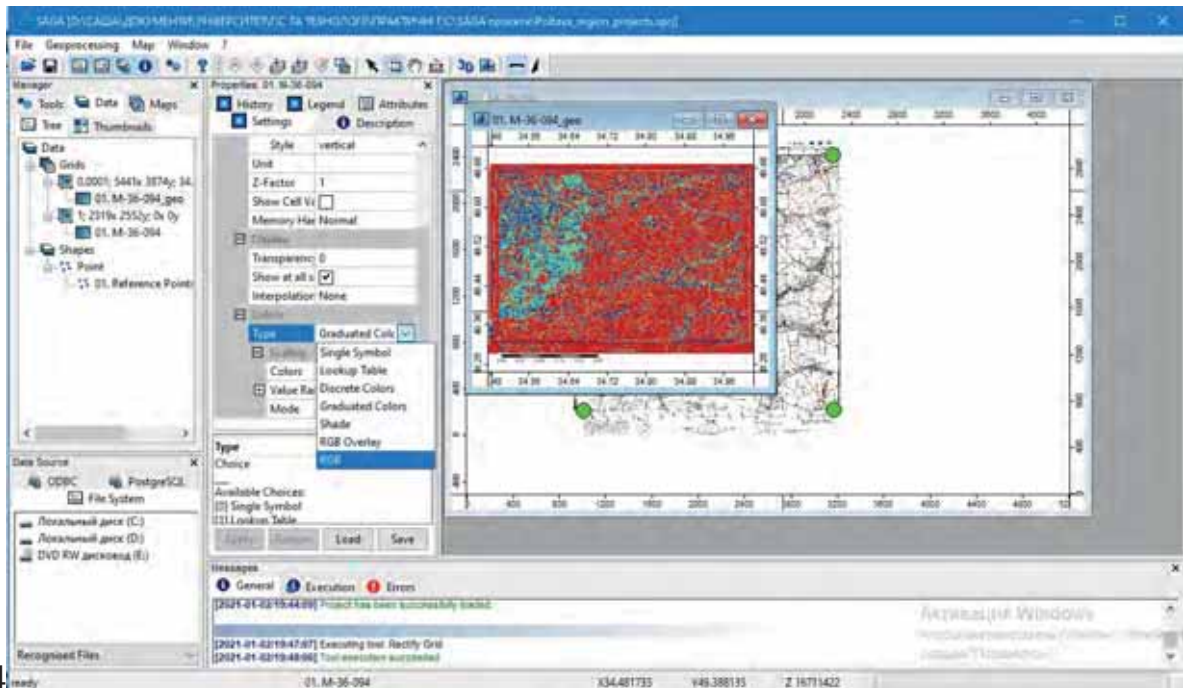


42

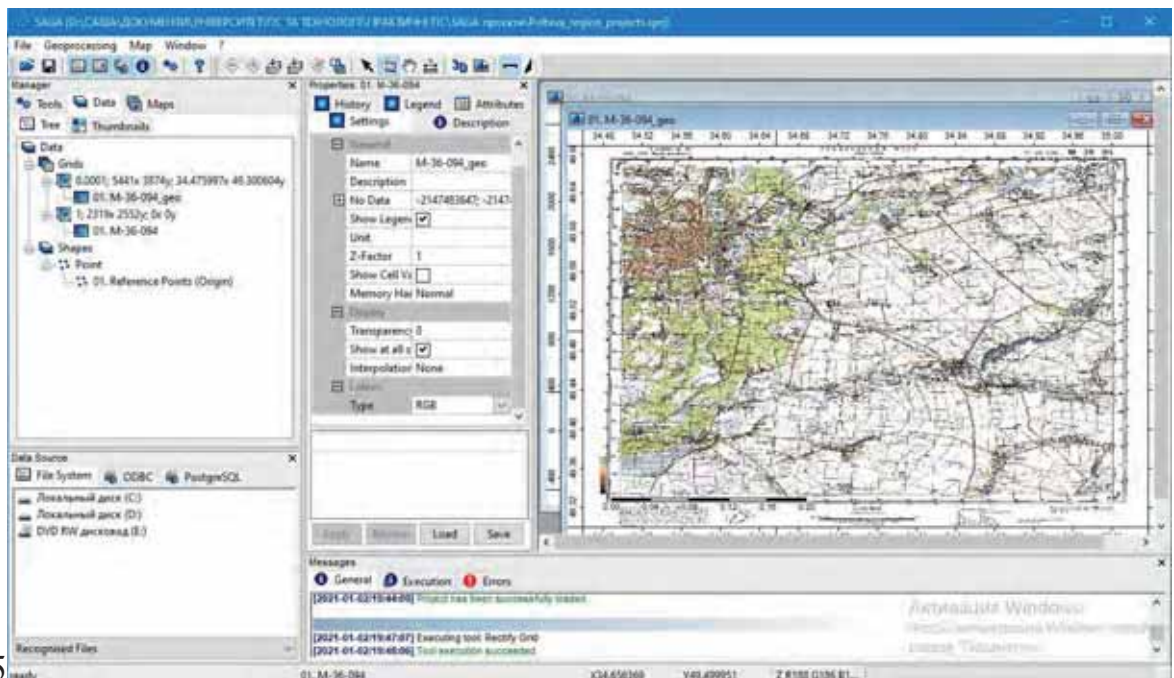
Для коректного відображення кольорів у вкладці «Settings» (праворуч) у блоці «Colors» – «Type» вибрати «RGB» і натиснути «Apply» (кроки 43, 44, 45).



43



44

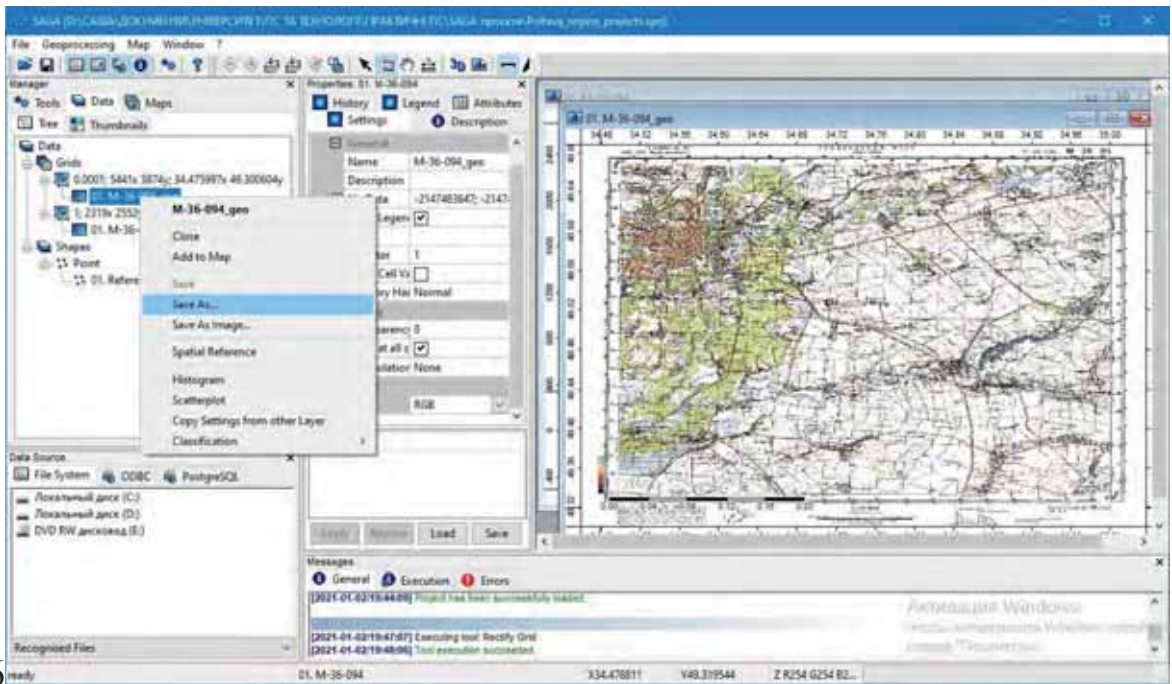


45

Зображення має прямокутну форму відповідно неоднакового простягання широти і довготи. Кожен піксель на карті описується значенням географічної широти і довготи, про що свідчить інформація в лівому верхньому куті або знизу (переміщуючи курсор по карті змінюються координати відповідно положенню курсора).

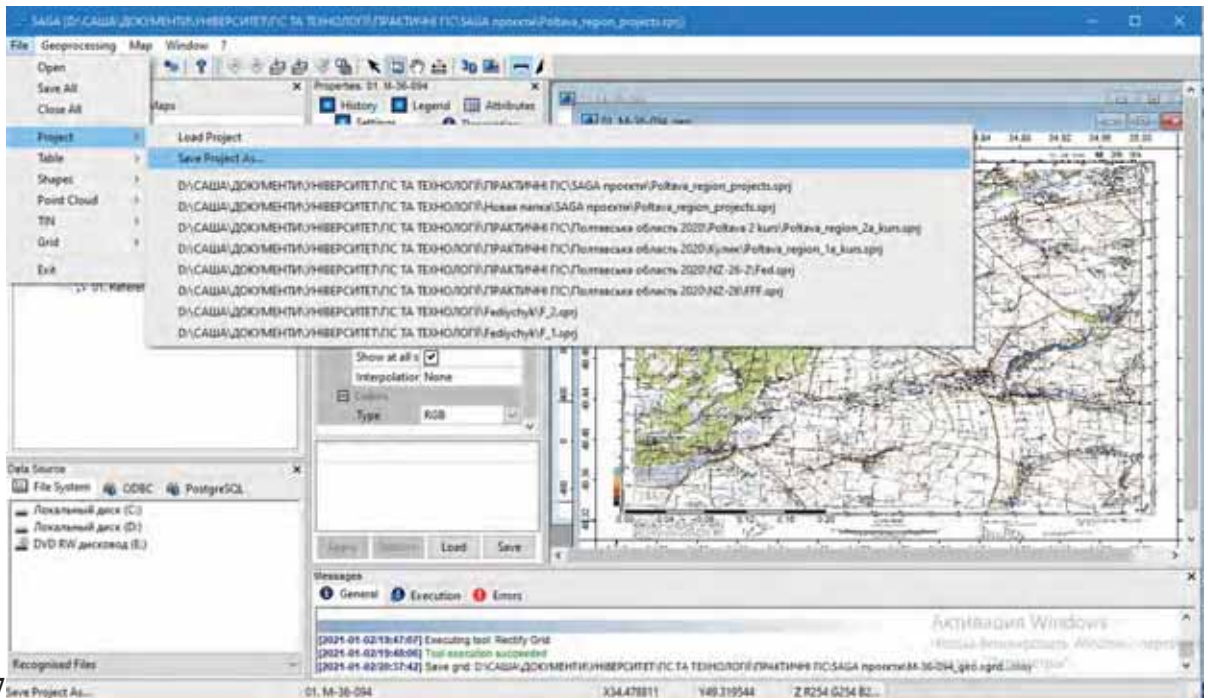
Для перевірки точності прив'язки стандартних листів топографічної карти можна застосувати сітку розграфки, але цей етап можна скасувати, особливо при обробці будь-яких фрагментів карти або аерофотознімків.

Для збереження файлів «M-36-094_geo» у контекстному меню натискаємо «Save As...» (крок 46).

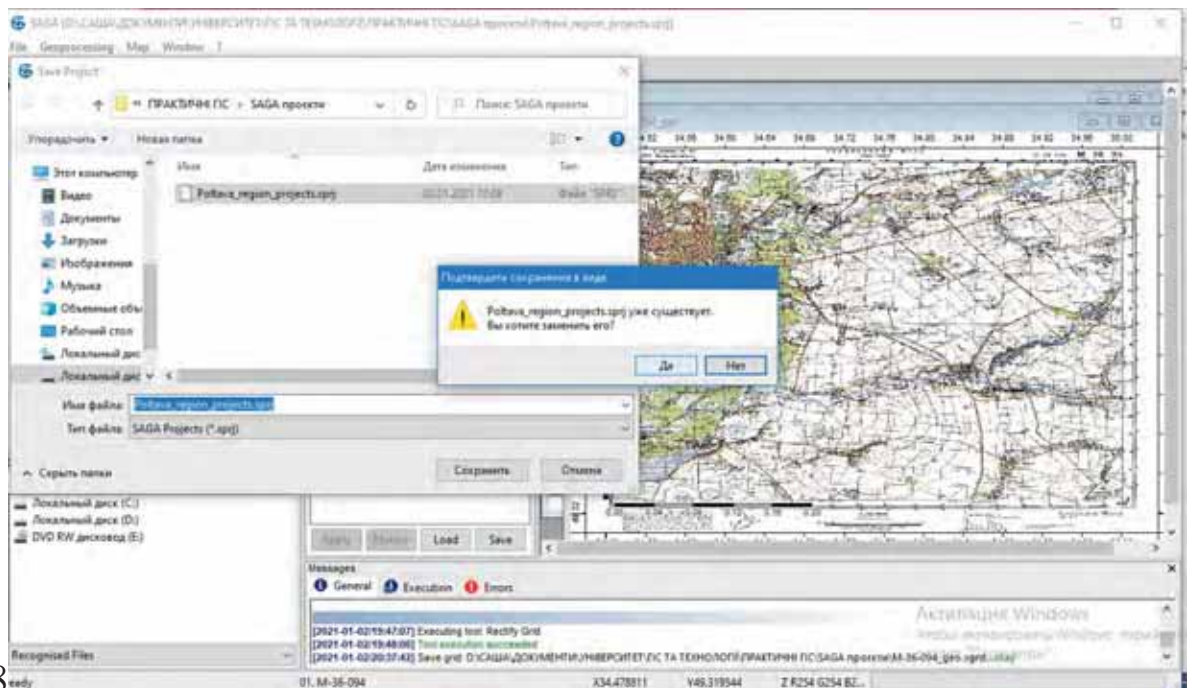


46

Для збереження проекту необхідно на панелі меню «File» вибрати «Project», а потім «Save Project As...» (крок 47). Потім вибрати існуючий проєкт і погодитися на заміну (крок 48).



47



2.4. Перехід з географічної до спроектованої системи координат

В географічній системі координат відстані і площі вимірюються у градусах, що унеможливило здійснення картометричних операцій. Для усунення цих недоліків постає завдання переведення зображення з географічними координатами у прямокутні.

В Україні та світі досить поширеними є групи проекцій *UTM* (*Universal Transverse Mercator*) та *ГК* (*Гауса-Крюгера*). Обидві групи базуються на одній поперечно-циліндричній проекції Меркатора (*Transverse Mercator*), однак мають різну номенклатуру (нумерацію зон) та параметри проекцій для кожної зони.

Поперечно-циліндрична проекція Меркатора (*UTM*) – була розроблена в 40-х рр. XX ст. Інженерним корпусом армії США. Дана система прямокутних координат ґрунтується на еліпсоїді *WGS 1984* і розбиває земну поверхню між 80° південної широти та 84° північної широти на 60 зон по 6° довготи (800 км) кожна. Перша зона обмежена 180° та 174° західної довготи, а осовим або центральним меридіаном виступає 177° . Нумерація зон зростає в східному напрямку.

Найпростіше мнемонічне правило, яке дозволить зорієнтуватись в літерних позначеннях зон полягає в наступному: слід запам'ятати *N* як першу літеру північної півкулі, відповідно всі літери алфавіту до неї відноситимуться до південної півкулі, а сама *N* та літери після неї – до північної.

Проекція *UTM* належить до рівнокутних, тобто зберігає кути і форму об'єктів, проте на постійній основі спотворює відстані і площі. Вона використовується як універсальна для всіх карт.

Проекція *Гауса-Крюгера* введена в Німеччині в 1927 році. Вона ґрунтується на еліпсоїді Бесселя (Bessel 1841) і поперечній проекції Меркатора. Проекція *ГК*, подібно до *UTM*, ділить поверхню Землі на 60 зон шириною по 6° довготи. Нумерація зон починається від нульового меридіана і збільшується в східному напрямку, відповідно перша зона простягається від 0° до 6° східної довготи, а центральним для неї буде 3-й меридіан.

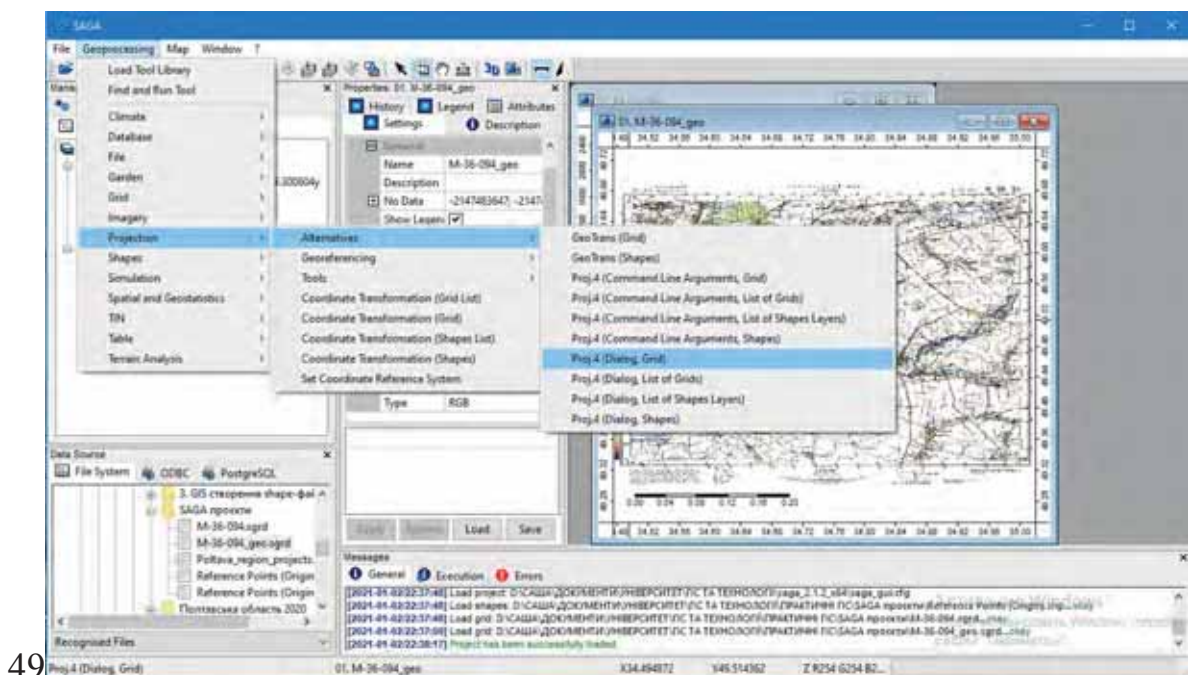
Проекція *ГК* являє собою рівнокутну поперечно-циліндричну проекцію. Проектування здійснюється на циліндр, дотичний до еліпсоїда по меридіану (центральний меридіан).

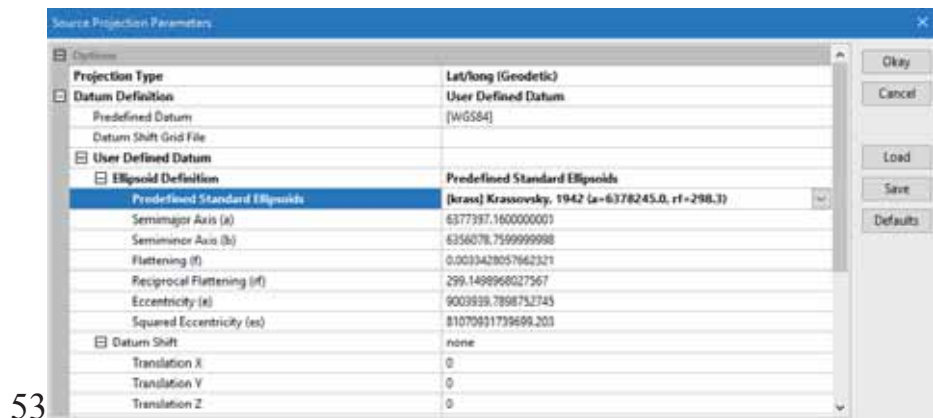
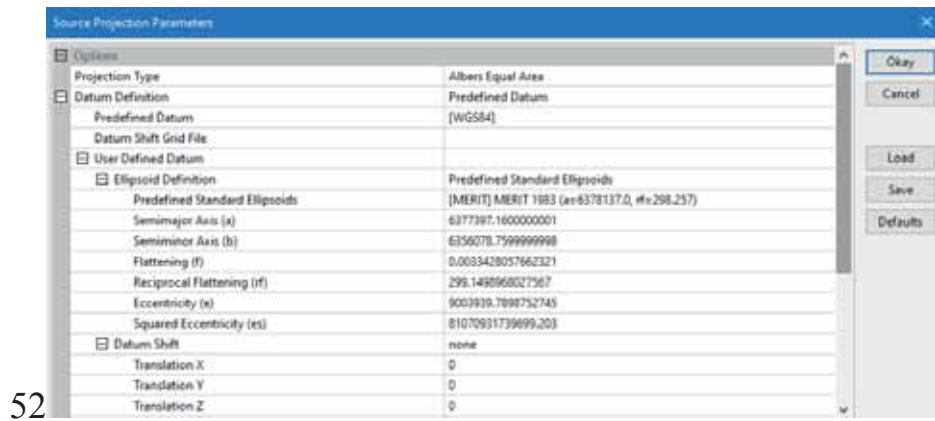
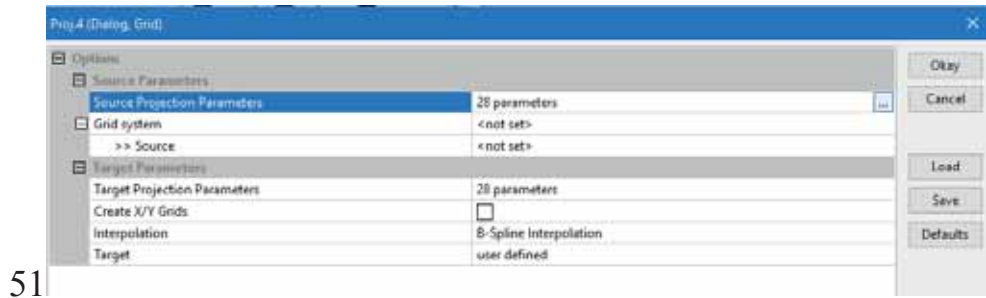
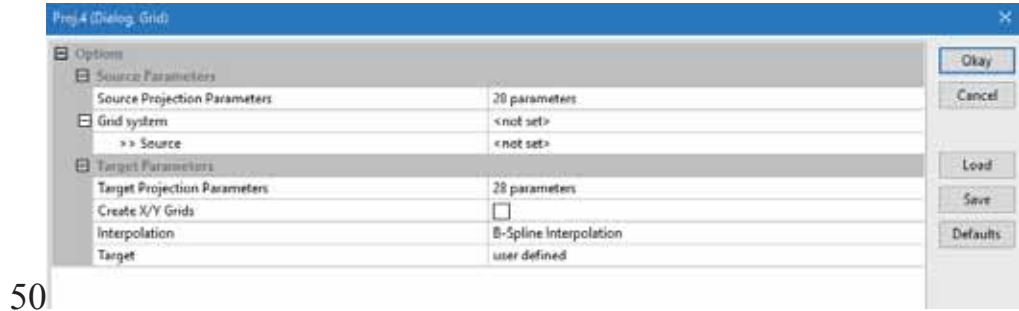
В 1928 році проекцію *ГК* було прийнято за основу для всіх геодезичних і топографічних робіт в СРСР, а еліпсоїд Бесселя, для більш коректного представлення територій СРСР. В 40-х роках її було замінено еліпсоїдом Красовського.

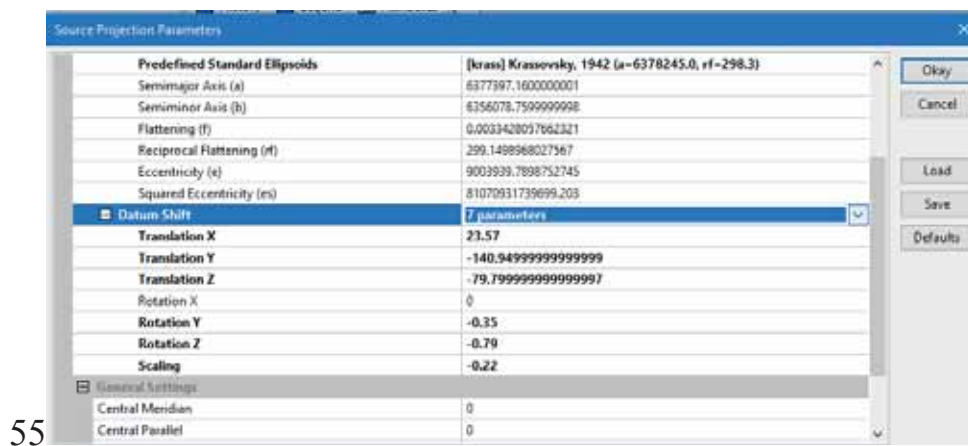
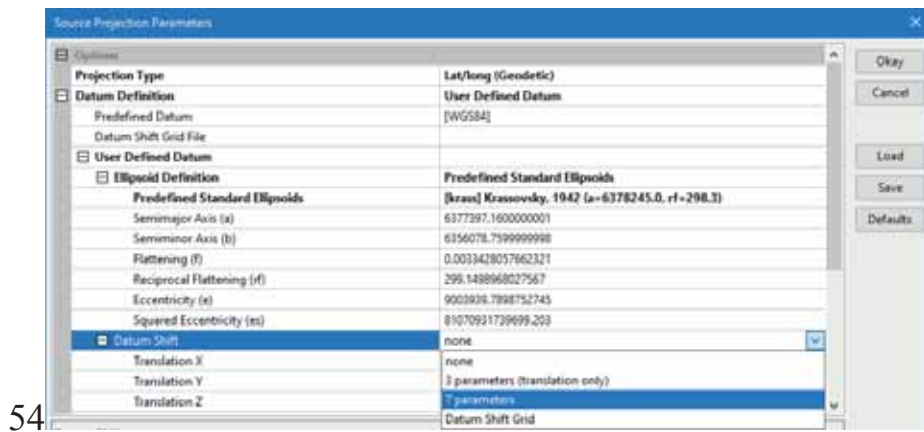
Крім переходу з географічної до спроектованої системи координат, необхідно здійснити перехід від *Pulkovo 42* до *UTM WGS 84*.

Для переведення карти з географічної до спроектованої системи координат необхідно активувати інструмент: «*Projection*» – «*Alternatives*» – «*Proj.4 (Dialog, Grid)*» (кроки 49, 50).

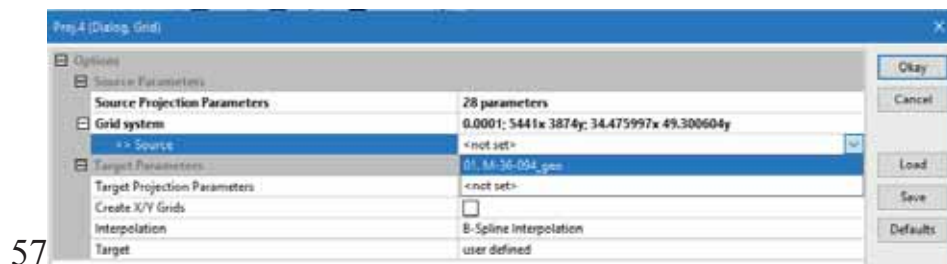
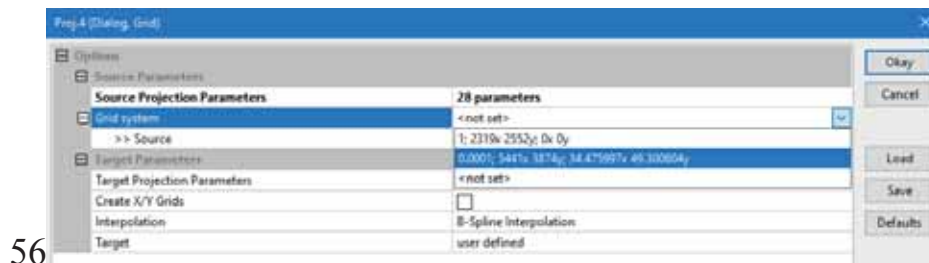
У блоці «*Source Projection Parameters*» змінюємо 28 параметрів (кроки 51, 52, 53), а потім додатково у вікні «*Datum Shift*» змінюємо 7 параметрів (кроки 54, 55) і натискаємо «*Окау*».



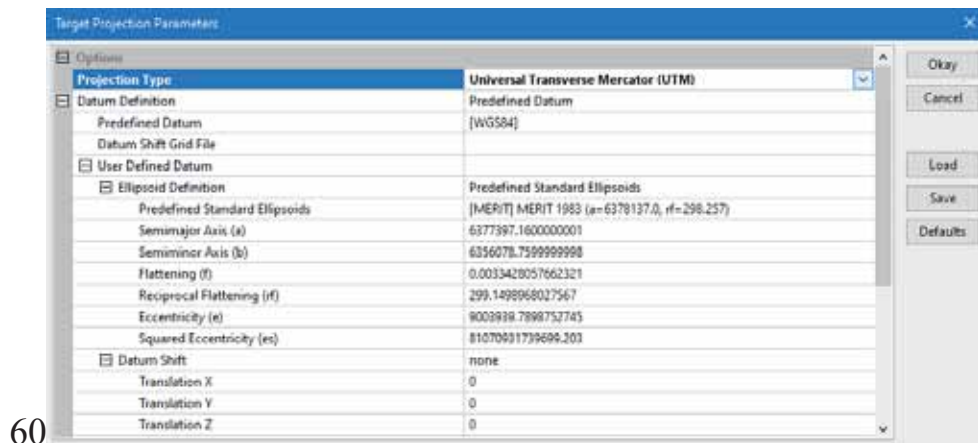
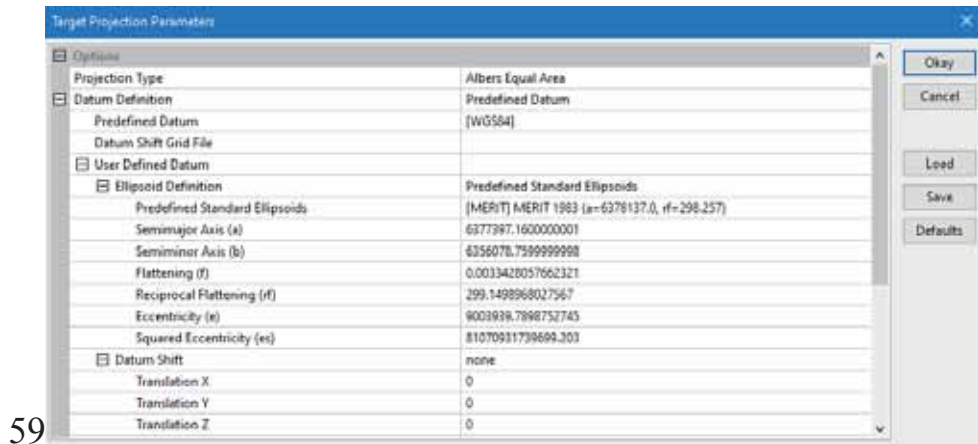
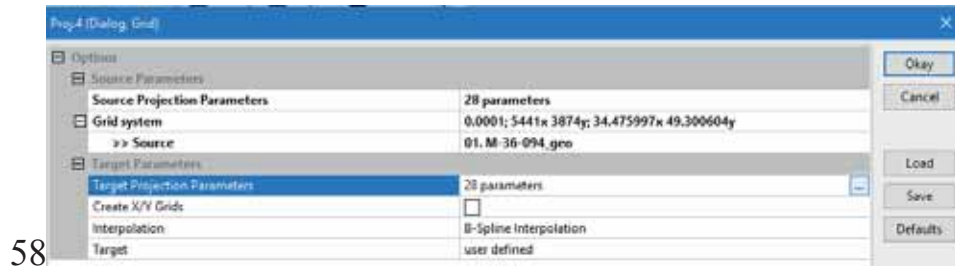




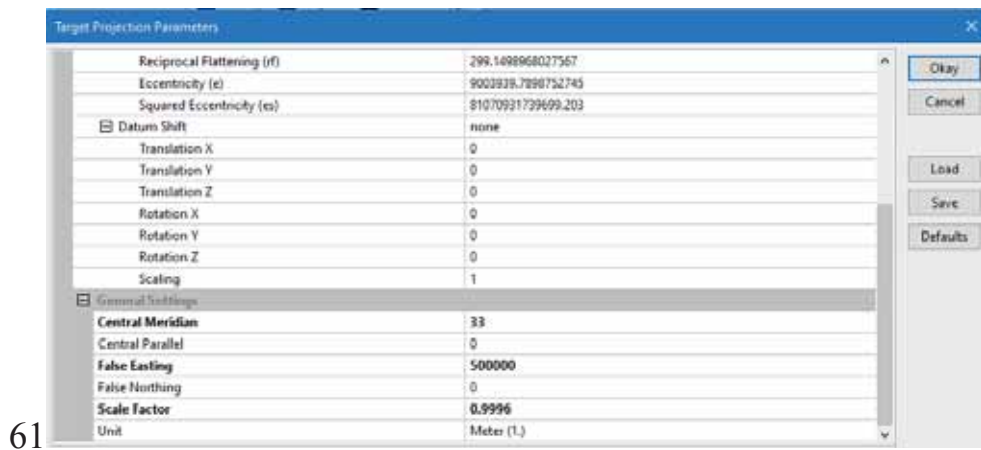
У блоці «Grid System» прописуємо растрове зображення, яке переводимо в спроектовану систему (кроки 56, 57).



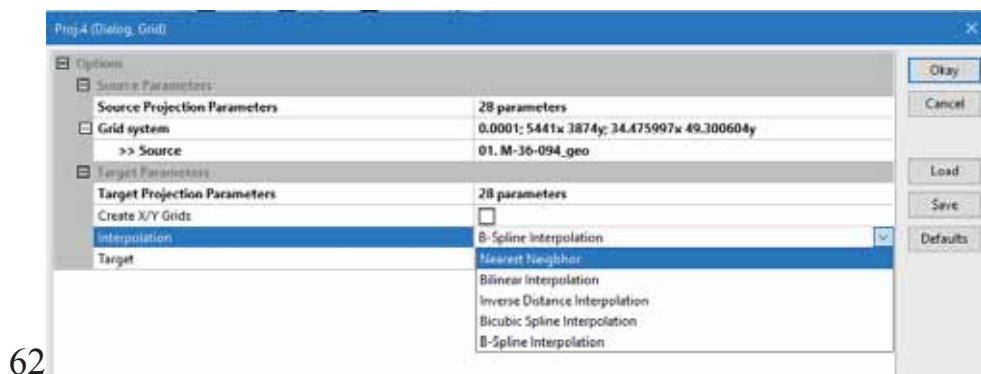
У блоці «Target Projection Parameters» змінюємо в 28 параметрах проєкцію «Universal Transverse Mercator (UTM)» (кроки 58, 59, 60).



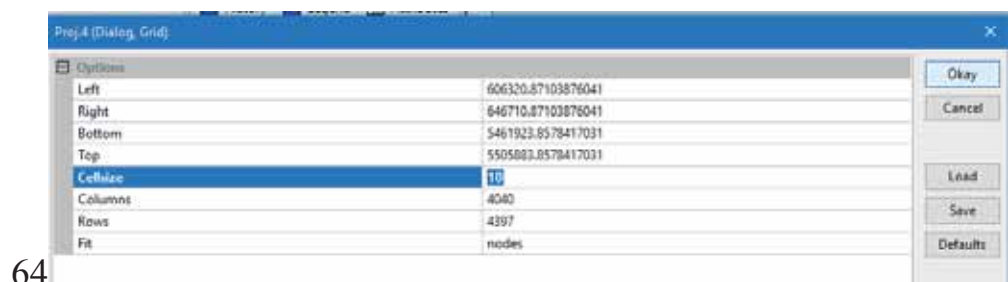
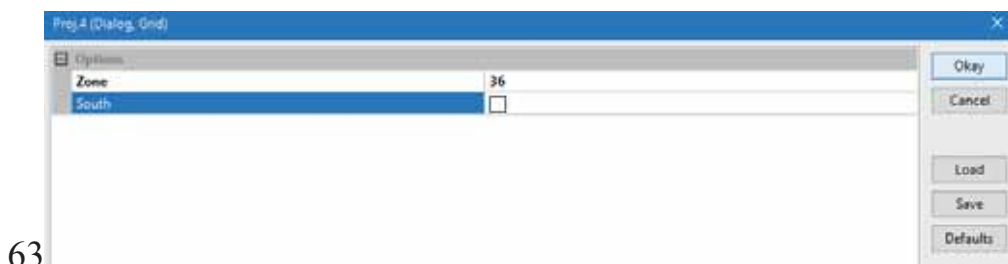
Додатково у вікні «Datum Shift» (опускаємо донизу віконце до вкладки «General Settings») вносимо дані про центральний меридіан зони, який попередньо розраховується у відповідності зоні топографічної карти (крок 61), похибку східного схилення 500 км (крок 61), масштабний коефіцієнт для центрального меридіану (крок 61) і натискаємо «Okay».



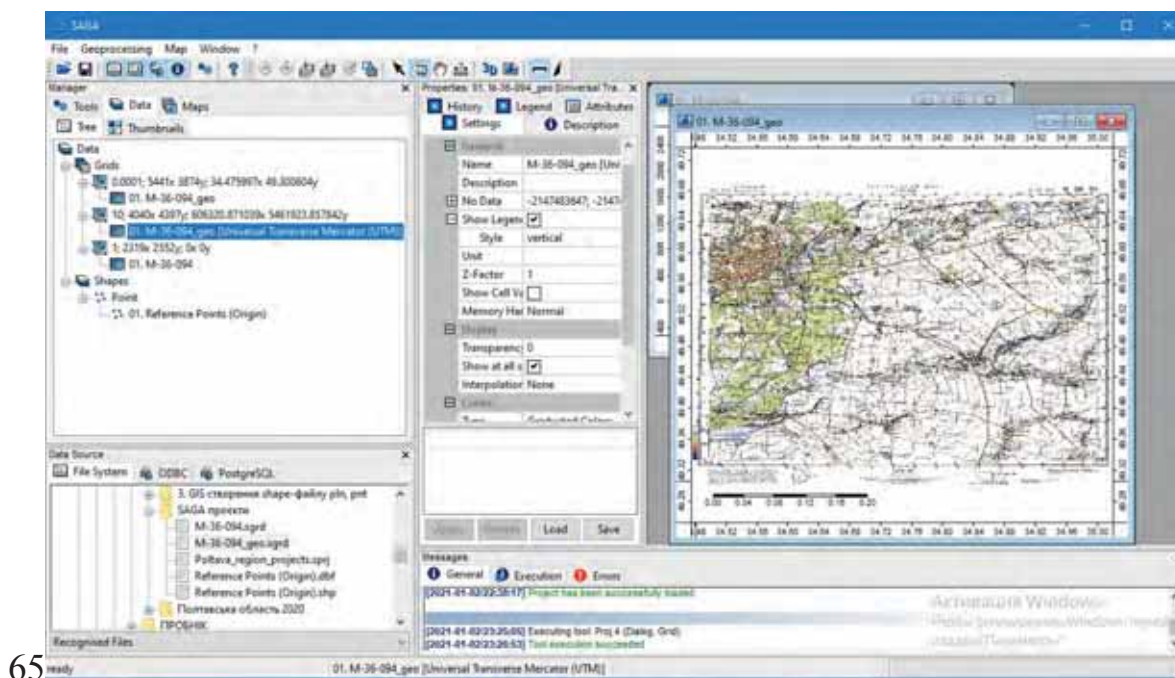
В якості методу передислокації встановлюємо «*Nearest Neighbor*» (крок 62) і натискаємо «*Okay*».



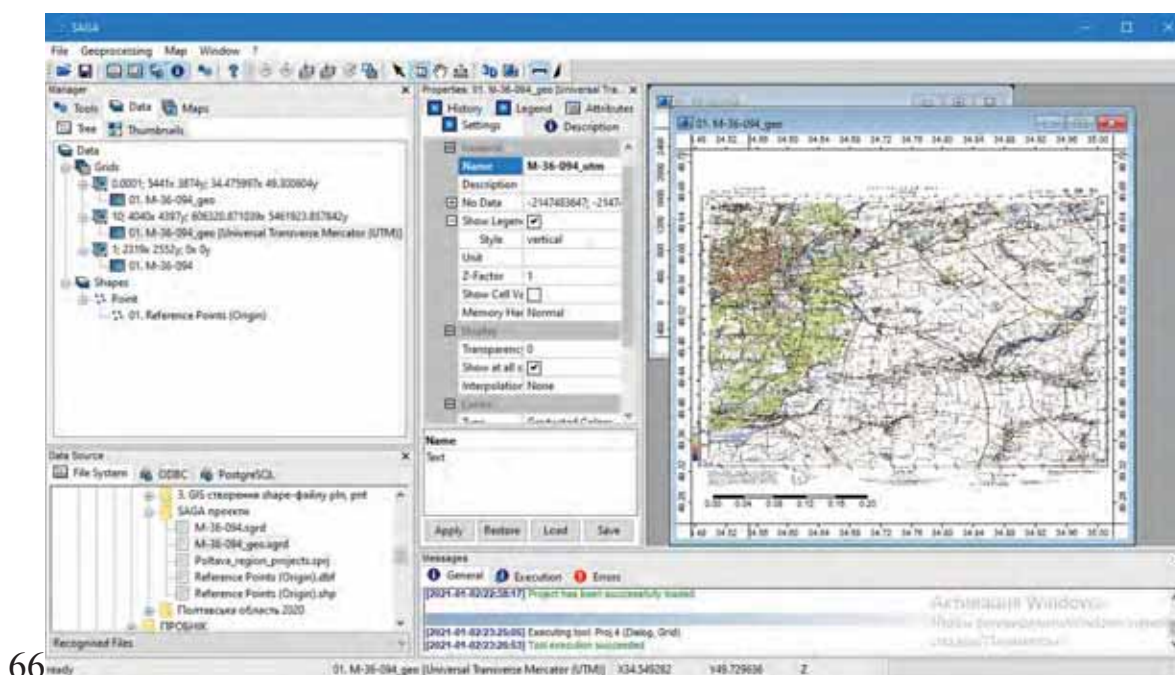
У новому вікні зазначаємо номер зони, попередньо розрахувавши її у відповідності масштабу і номенклатури топографічної карти (крок 63). Після натискання «*Okay*» необхідно у новому вікні здійснити перерахунок параметрів растру, корегуючи роздільну здатність комірки до цілого числа (до 10 м). Остаточню натиснути «*Okay*» (крок 64).

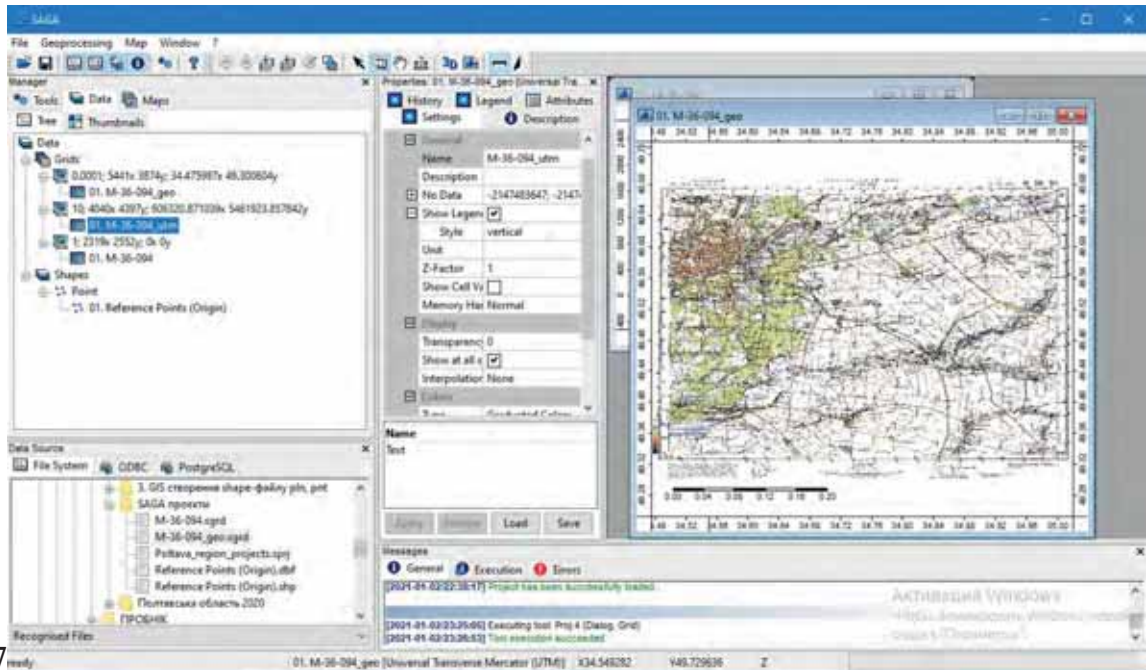


Після завершення процесу зазначення проєкції та її параметрів у вкладці «Data» з'явиться новий елемент «M-36-094» (крок 65). В його системі координат значення X та Y буде відповідати значенням спроектованих координат, а розмір комірки 10.



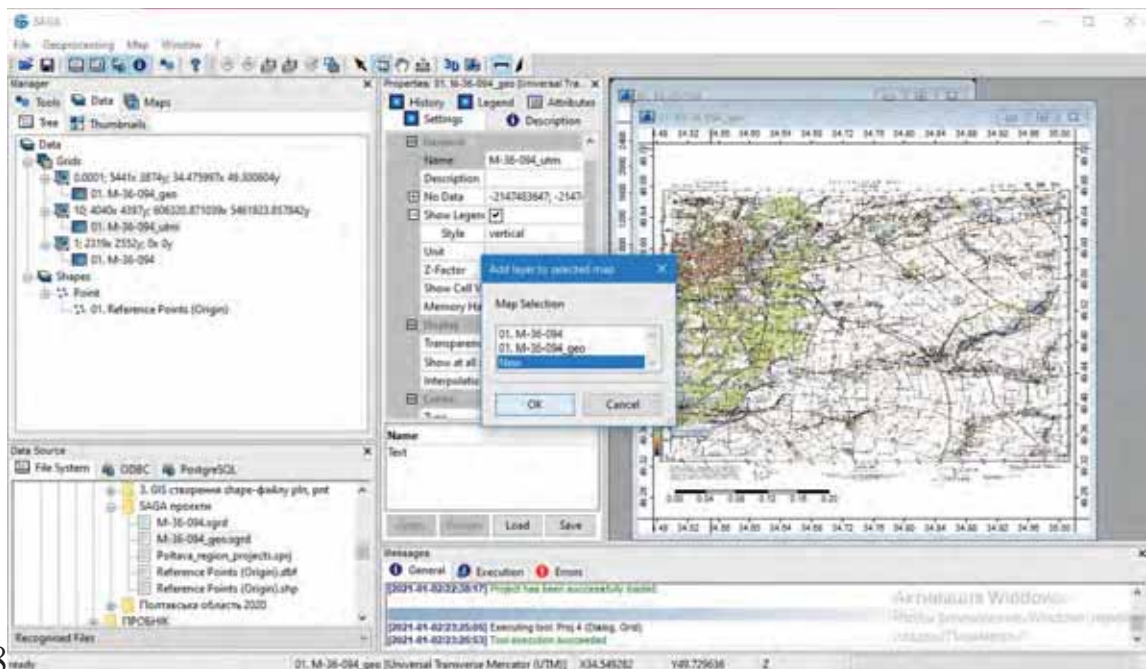
Для чіткого розрізнення файлів необхідно здійснити перейменування елемента «M-36-094_geo», замінивши в імені «_geo» на «_utm». При назві чи перейменуванні файлів слід звернути увагу на коректність записів: назви давати латиницею, пробіли замінювати на знак нижнього підкреслювання (кроки 66, 67). Для завершення перейменування необхідно натиснути «Apply».





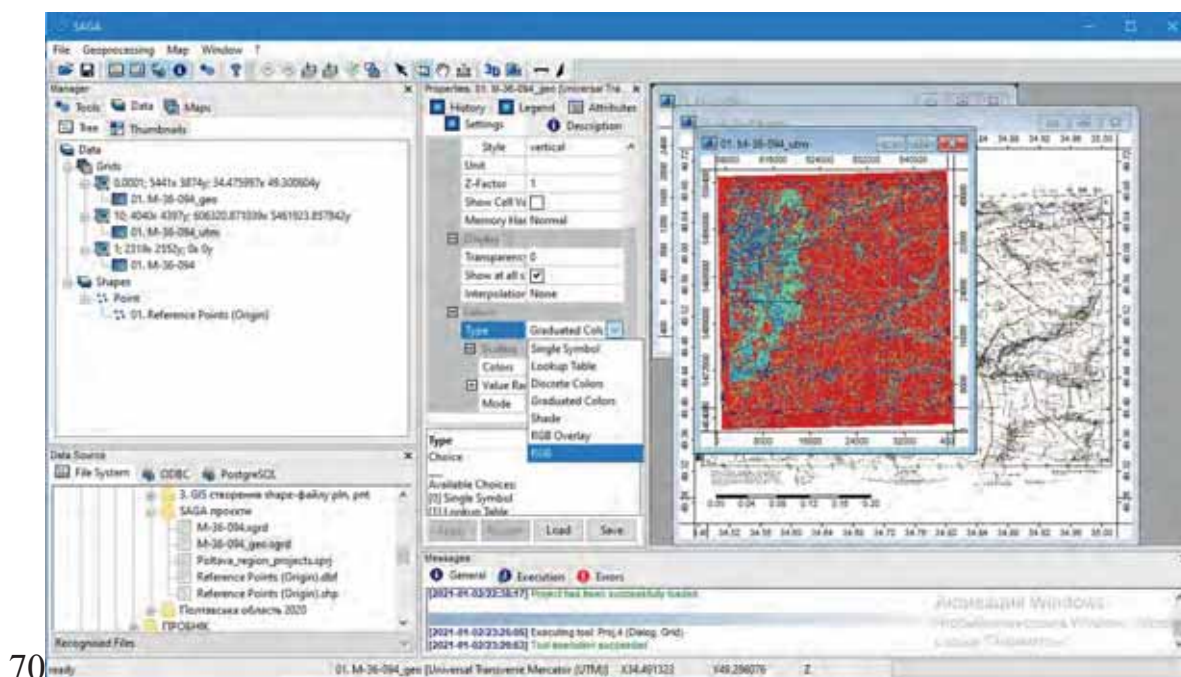
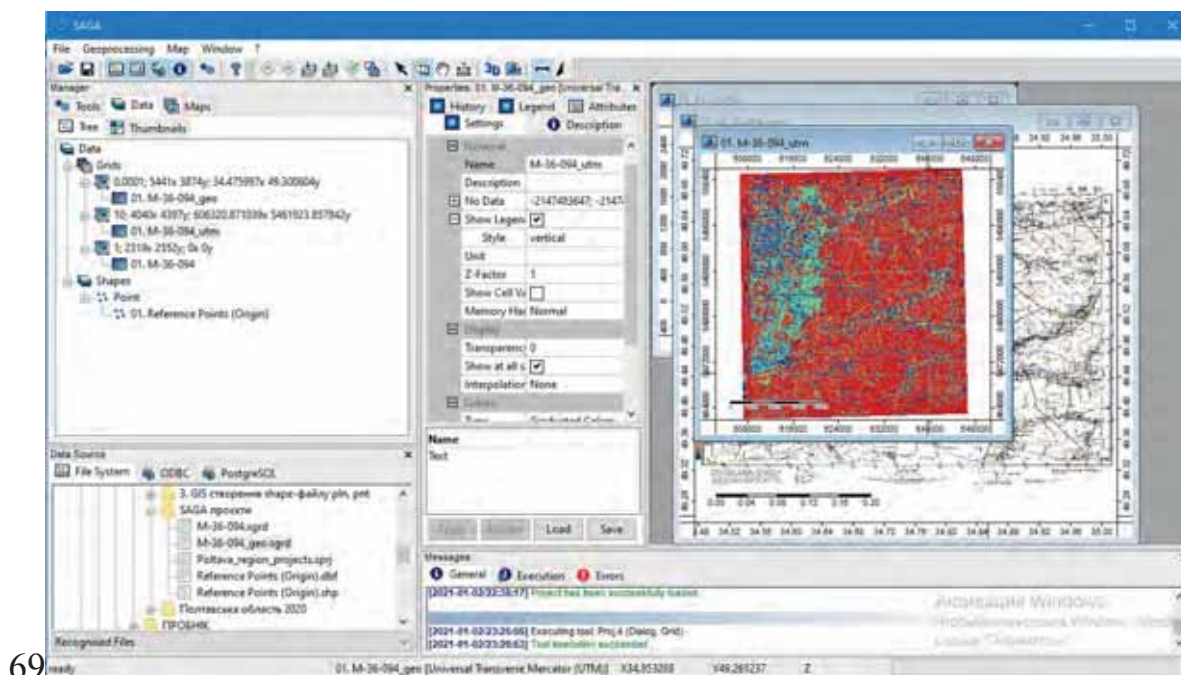
67

Подвійним кліканням необхідно відкрити файл в нову карту (крок 68).



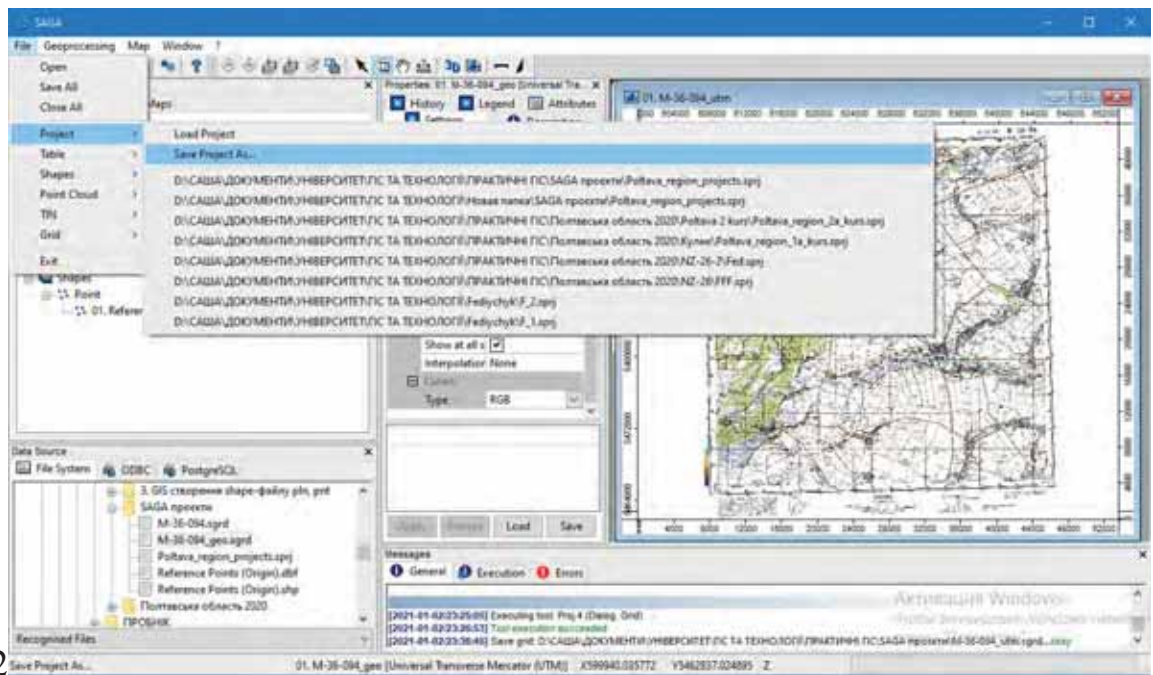
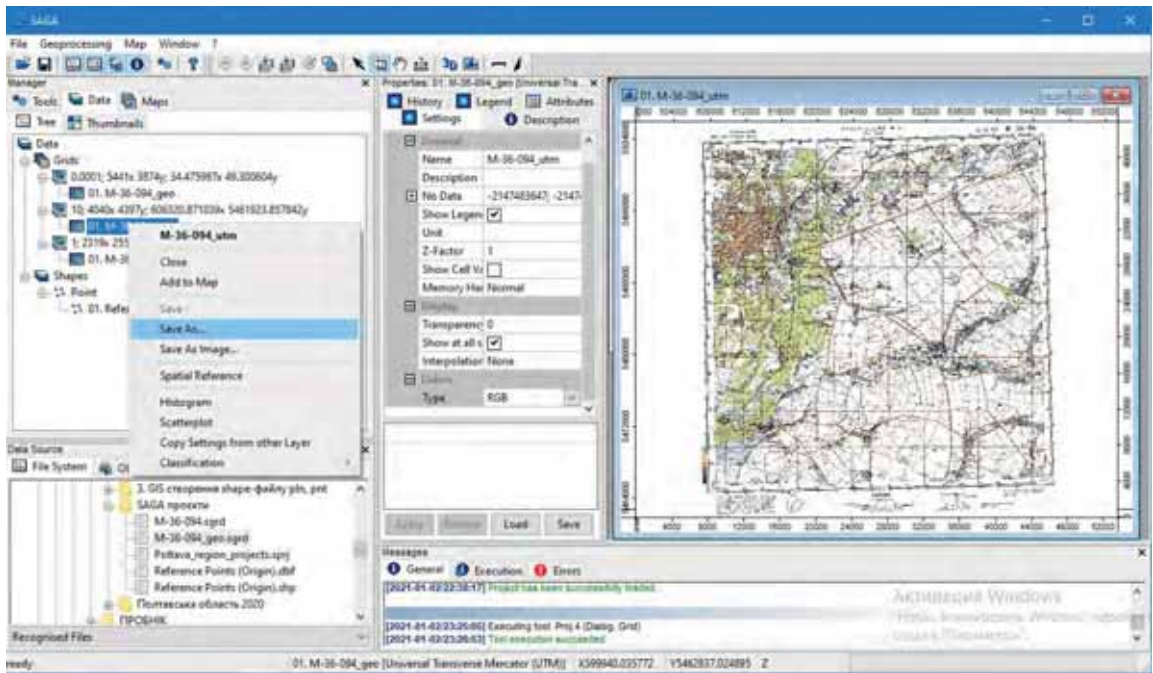
68

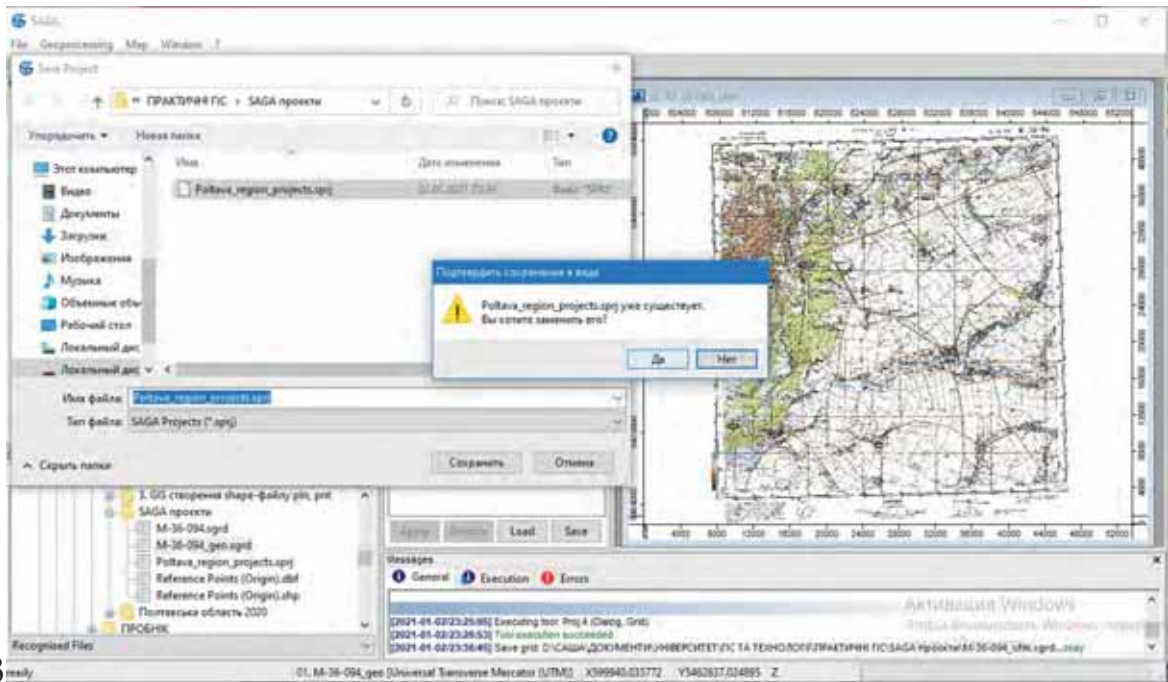
Для коректного відображення кольорів у вкладці «Settings» (праворуч) у блоці «Colors» – «Type» вибрати «RGB» і натиснути «Apply» (кроки 69, 70).



Тепер кожний піксель на карті описується значеннями географічної широти та довготи у метрах відповідно до параметрів проєкції, про що свідчать дані нового елемента «M-36-094_utm» ліворуч у вкладці «Data» або знизу карти при переміщенні курсора.

Для збереження файлів «M-36-094_utm» у контекстному меню натискаємо «Save As...» (крок 71). Для збереження проєкту необхідно на панелі меню «File» вибрати «Project», а потім «Save Project As...» (крок 72). Потім вибрати існуючий проєкт і погодитися на заміну (крок 73).

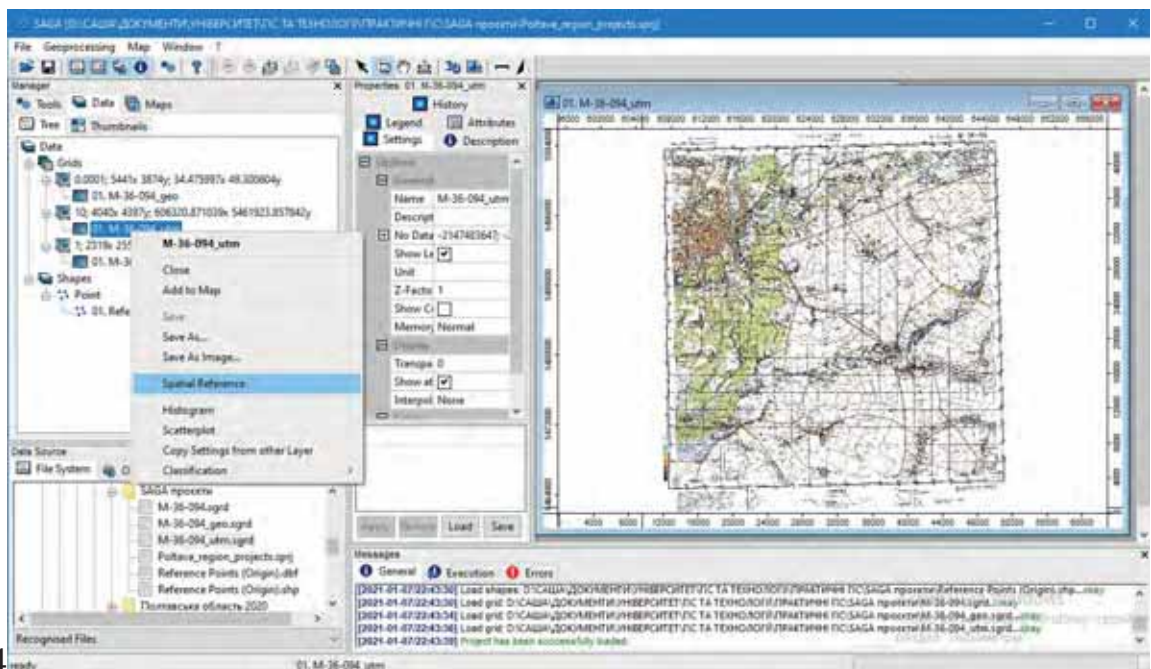




73

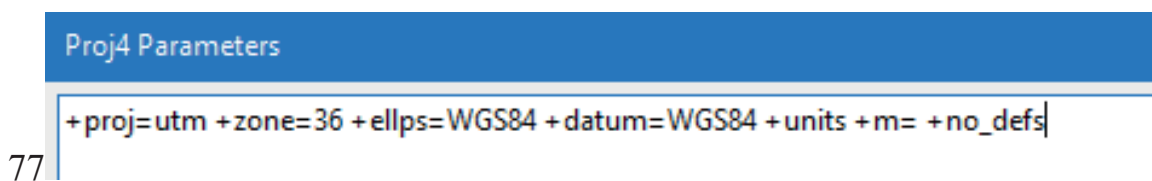
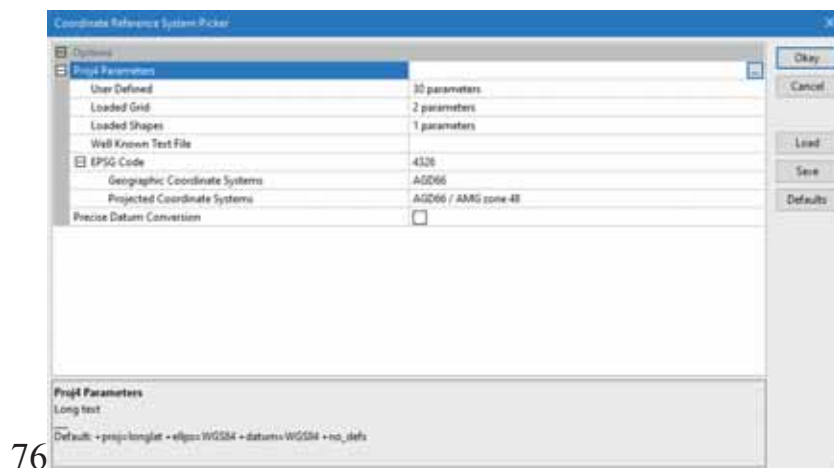
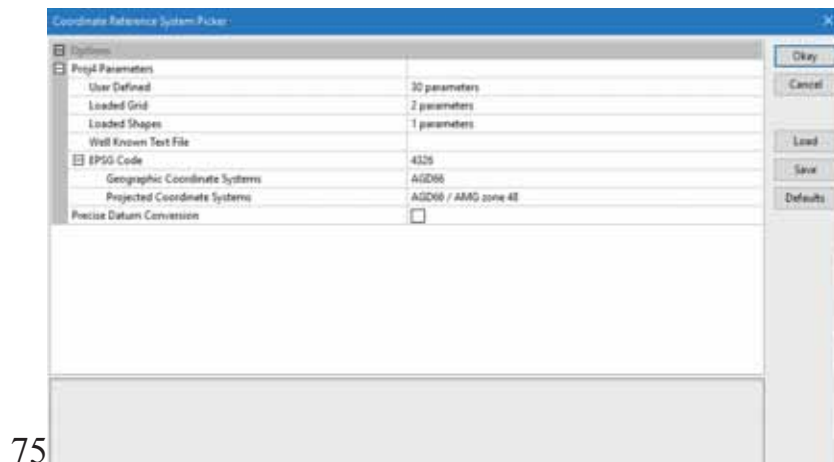
2.5. Призначення відомостей про проєкцію

Програма SAGA не присвоює інформацію про проєкцію автоматично, тому необхідно цю інформацію прописати через контекстне меню шару «*Spatial Reference*». Це необхідно для того, щоб створений проєкт міг бути переданий іншим користувачам або доповнений даними з інших джерел. В контекстному меню шару діалог «*Coordinate Reference System Picker*» дозволяє призначити файлу проєкцію (крок 74).



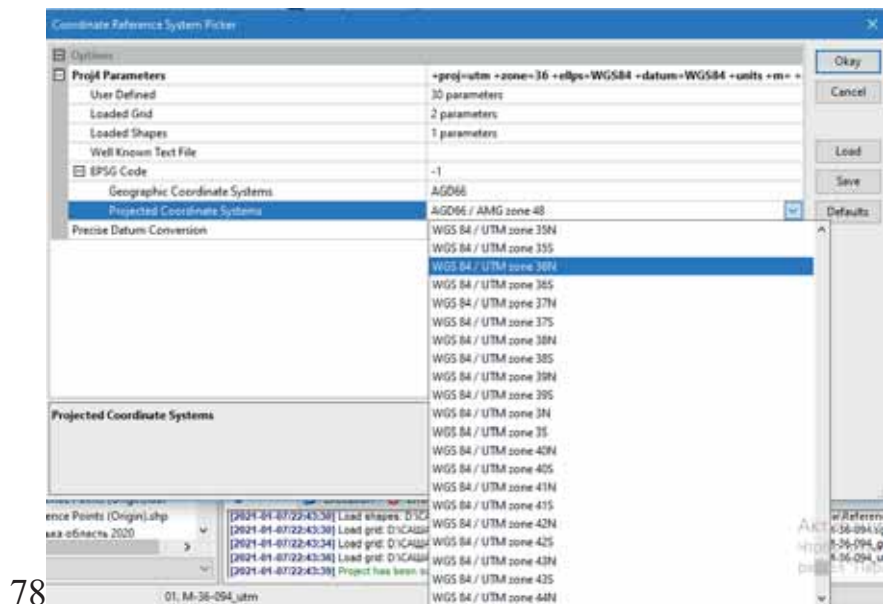
74

У відкритому вікні у вкладці «*Proj4 Parameters*» необхідно натиснути біле поле (кроки 75, 76) і білому полі прописати дані про проекцію і зону, яка відповідає нашій топографічній карті (крок 77).

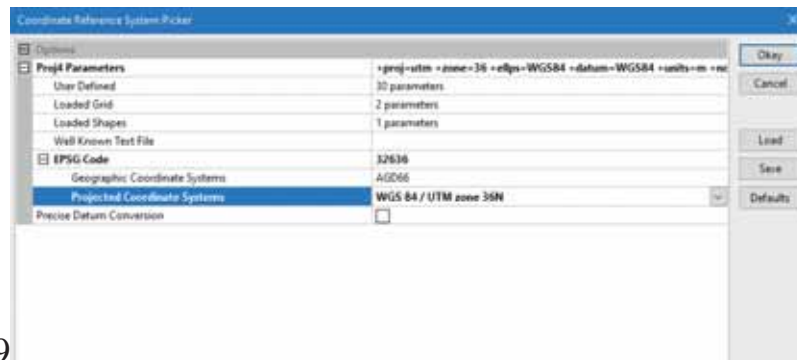


При необхідності можна встановити дані про 30 параметрів, 2 параметри (інформацію про систему координат з наявного растру), 1 параметр (інформацію про систему координат з наявного векторного шару шейп-файлу). Але це стосується карт, з якими не здійснювали попередні процеси геоприв'язки.

Після вказування проекції та зони у строчці «*Projected Coordinate Systems*» (у нашому випадку це «*WGS84 / UTM zone 36 N*») (крок 78, 79) автоматично зміняться «*EPSG Code*» і «*Proj4 Parameters*».

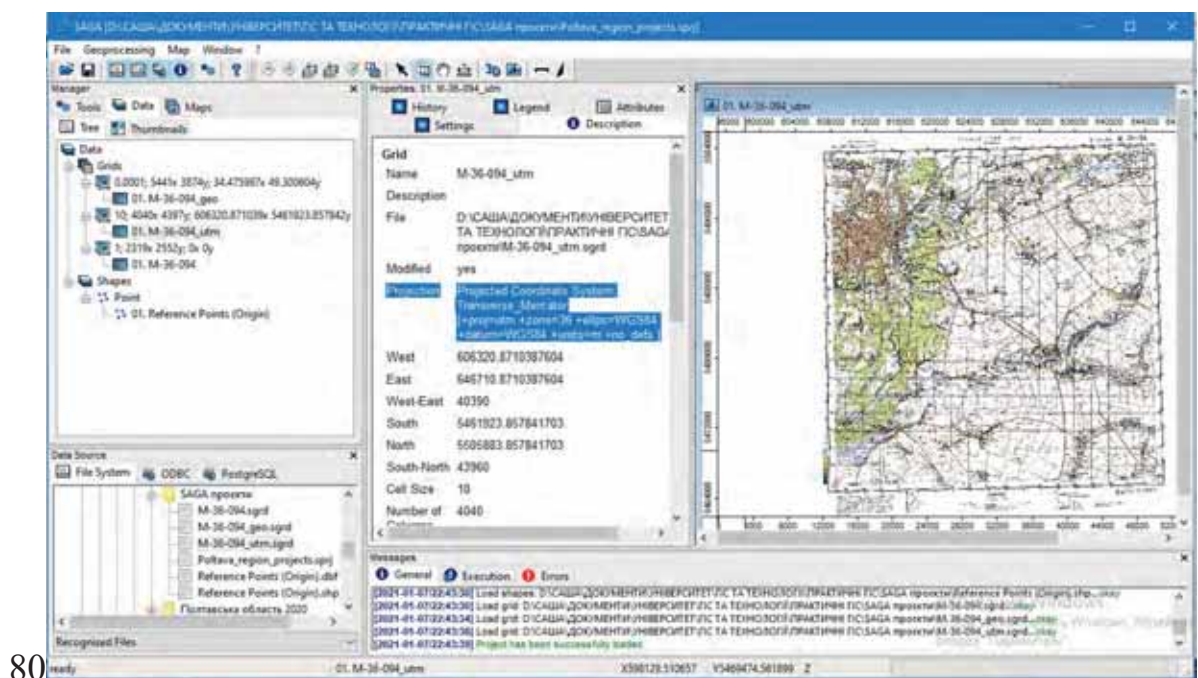


78



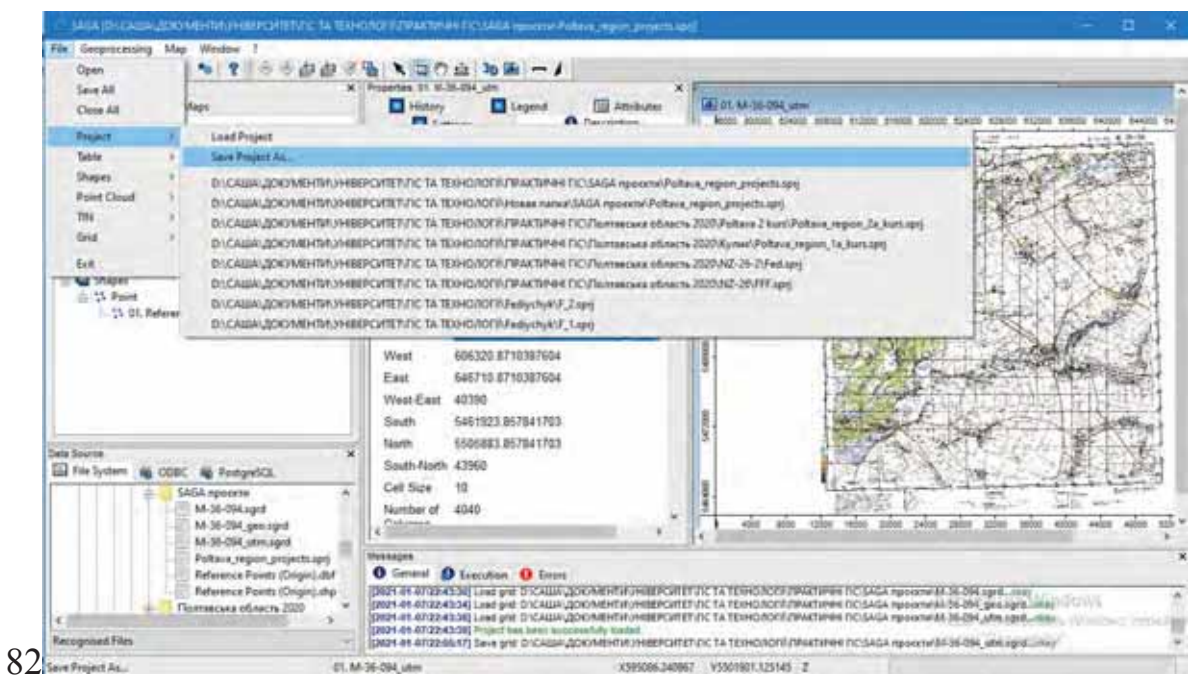
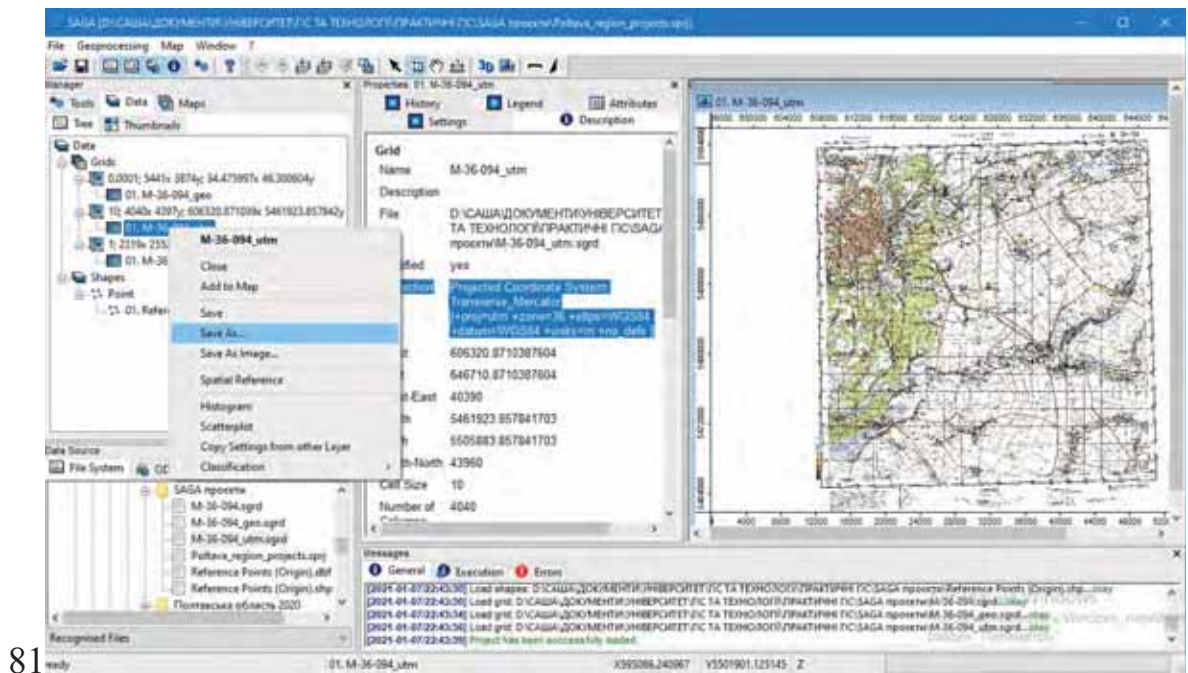
79

Після натискання «*Okay*» у блоці «*Properties: Data*» у вкладці «*Description*» з'явиться інформація про проєкцію та інші характеристики (крок 80).



80

Для остаточного завершения процесу геоприв'язки зберігаємо файл через його контекстне меню (крок 81) та весь проєкт, замінюючи вже існуючий (крок 82).



Питання і завдання для самоконтролю:

1. Розкрийте поняття «геоприв'язка». З якою метою здійснюється геоприв'язка?
2. Відпрацюйте основні алгоритми завантаження сканованих карт, аерофотознімків чи інших зображень.
3. Відпрацюйте основні алгоритми розставлення точок прив'язки.

4. Поясніть з якою метою здійснюється перехід з файлової до географічної системи координат. Які існують загальноприйняті системи географічних координат?

5. Дайте коротку характеристику загальноземній геодезичній системі 1984 року (WGS 84) та референц геодезичній системі 1942 року (Pulkovo 1942).

6. Поясніть особливості растрового зображення. Що означає поняття «растрове зображення»?

7. Дайте характеристику проєкціям, які використовуються для спроектованих координат: універсальній проєкції Меркатора (UTM) та Гаусса-Крюгера (ГК).

8. Поясніть необхідність переходу з географічної до спроектованої системи координат.

9. Відпрацюйте основні алгоритми переходу з файлової до географічної системи координат.

10. Відпрацюйте основні алгоритми переходу з географічної до спроектованої системи координат.

РОЗДІЛ 3

ЦИФРОВА МОДЕЛЬ РЕЛЬЄФУ

ЯК СПОСІБ ВІДОБРАЖЕННЯ ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ

3.1. Поняття «цифрова модель рельєфу»

Рельєф є одним з найвагоміших елементів геоаналізу, так як є одночасно і фізико-географічним фактором, і відображенням особливостей природи певної місцевості через розчленованість і перепад висот, динаміку температурного режиму і опадів, ландшафтне різноманіття і фізико-географічні процеси тощо, а також визначає суспільно-географічні закономірності – розміщення промислових та сільськогосподарських підприємств з їхньою спеціалізацією, розселення населення тощо. Тому, аналіз рельєфу важливий і можливий на основі цифрової моделі рельєфу (ЦМР).

Цифрова модель рельєфу (ЦМР) або Digital terrain model (DTM) – це цифрове представлення рельєфу в його геоморфологічному розумінні, тобто топографічна модель поверхні. В англійській науковій літературі застосовують Digital Elevation Model (DEM), а термін DTM має неточність, оскільки його дослівним перекладом з англійської мови є термін «цифрова модель місцевості». ЦМР містить інформацію про висоти певної місцевості без відображення об'єктів та рослинності. Щоб отримати детальну візуалізацію більш локальної ділянки, з деталізацією особливостей ландшафту (рослинність, споруди тощо) створюється цифрова модель поверхні (ЦМП) або Digital surface model (DSM) – це цифрова модель зовнішньої оболонки земної поверхні (крон дерев, будівель, поверхня рівня океану не в стані спокою, тощо). Процеси створення ЦМР та ЦМП дуже схожі. ЦМР передбачає аналіз великої (глобальної) ділянки земної поверхні, а ЦМП – детальний аналіз локальної земельної ділянки.

Термін ЦМР був введений в 1970-х роках для растрових уявлень з метою виокремлення рельєфу місцевості від більш складних типів електронного відображення поверхні. Альтернативними поняттями також є:

- цифрова модель місцевості (ЦММ) або digital terrain model (DTM);
- цифрова модель земної поверхні (ЦМЗП) або digital ground model (DGM);
- цифрова модель висот місцевості (ЦМВМ) або digital terrain elevation model (DTEM);
- цифрова модель висот (ЦМВ) або digital elevation model (DEM).

ЦМВ – це загальний термін, цифрове представлення певної ділянки земної поверхні, що використовується для статистичних поверхонь, які містять висотні дані, і не передбачає визначення властивостей самої поверхні. Таку модель застосовують для подальшої обробки та аналізу засобами ГІС (рис. 3).



Рис. 3. Співвідношення понять ЦМП, ЦМР і ЦМВ

Цифрові моделі рельєфу створюються шляхом обробки просторових даних, отриманих за допомогою безпілотників, топографічних карт, аерокосмічних та аерофотозйомок. Аерофотозйомка за допомогою дрону в сучасних умовах є найефективнішим способом отримання даних, так як має високу якість та деталізацію при мінімальних витратах часу та фінансів.

3.2. Збір даних та створення цифрової моделі рельєфу

ЦМР характеризується доступністю, практичністю, функціональністю. Геопросторовий аналіз включає:

I. Збір даних та генерування ЦМР

Виділяють три класи первинних топографічних даних, а саме:

А) Дані наземного топографічного знімання. Сучасні топографо-геодезичні інструменти та прилади GPS зробили наземне топографічне знімання досконалим і більш доступним. Перевагами даних наземного знімання є висока точність «каркасу» рельєфу – відображення форми земної поверхні за рахунок фіксації висот у найбільш важливих точках та лініях, до яких належать найвищі та найнижчі висотні відмітки, сідловинні точки, структурні лінії (тальвеги, гребені, вододіли тощо). Але сам процес знімання часо- та трудомісткий. Наземне топографічне знімання виконується для конкретних невеликих проєктів або коригування результатів дистанційного знімання.

Б) Дані ДЗЗ та фотограмметрії. Основними типами дистанційних технологій для вивчення особливостей форми земної поверхні є зондування за допомогою радарів та лідарів, встановлених на борту авіа- і космічних носіїв, а також фотограмметрична обробка знімків. Фотограмметрія – технологія визначення властивостей та місцеположення наземних об'єктів та їх картографування на основі аналізу фотографічних зображень земної поверхні. В її основі лежить дистанційне отримання зображень камерами, встановленими на борту аеро- або космічних літальних апаратів. Знімання може здійснюватися фотоапаратами (кадровими, щілинними та

панорамними), а також за допомогою радіолокаційних, телевізійних, теплових та лазерних систем.

В) Картографічні джерела. Цей метод є домінуючим, так як є велика кількість наявних топографічних карт різних масштабів, а прямі методи отримання даних за вартістю дорогі. Векторизація топографічних карт базується на відображенні на них горизонталей та точкових відміток висот. Горизонталі добре передають характерні риси рельєфу, що забезпечує поєднання з висотними відмітками вздовж структурних ліній.

З метою створення ЦМР із значенням висоти земної поверхні для будь-якої точки заданого простору, необхідно по-перше, встановити топологічні зв'язки між елементами даних, а по-друге, вибрати інтерполяційну модель відповідну характеру поверхні. Вихідні дані про рельєф визначають вибір типу структури – **GRID** (від англ. *Grid* – решітка, сітка) та **TIN** (від англ. *Triangulated Irregular Network* – триангуляційна нерегульована мережа). Тобто в ГІС використовують два способи представлення неперервних поверхонь за кінцевим підбором точок: **регулярно-коміркові моделі (модель GRID)** та **триангуляційні сітки (модель TIN)** (рис. 4, 5).

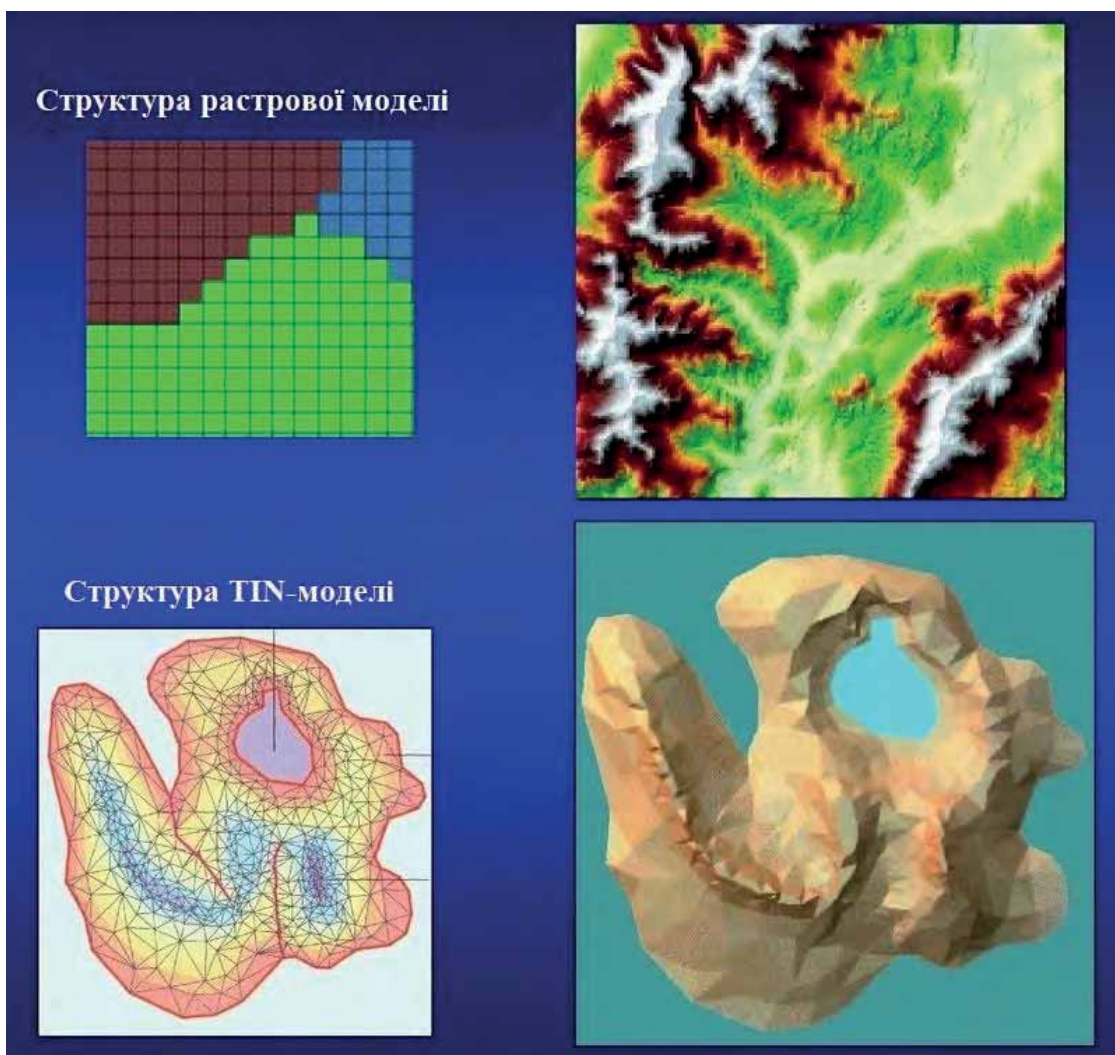


Рис. 4. Типи структур моделей ЦМР

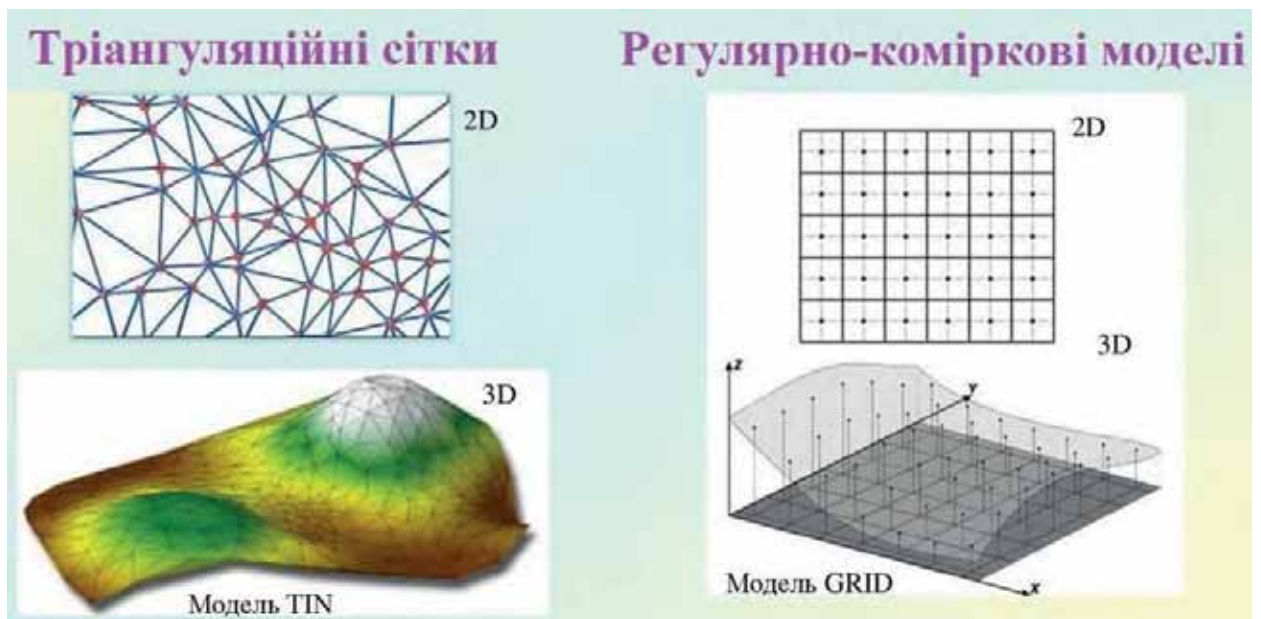


Рис. 5. Моделі ЦМР

Найбільш поширеним типом структури ЦМР є цифрове подання топографічної поверхні у вигляді растра (растрова ЦМР, сіткова ЦМР, grid DEM) (рис. 4, 5). Побудова ЦМР в такій структурі полягає в поширенні наявного обмеженого набору точкових даних про відмітки топографічної поверхні в прилеглі комірки растра, що суцільно покриває дану територію, з використанням методів просторової інтерполяції. Просторова інтерполяція точкових даних ґрунтується на виборі аналітичної моделі топографічної поверхні. У загальному випадку топографічна поверхня являє собою функцію двох змінних $Z=f(X, Y)$. Завдання інтерполяції полягає в тому, щоб побудувати за цими даними цю функцію для всієї області, тобто задати алгоритм обчислення функції $f(X, Y)$ у будь-якій точці з координатами X, Y .

TIN-моделі одна з поширених типів структур ЦМР. Триангуляційні нерегулярні мережі (TIN) просторових даних (рис. 4, 5), є сукупністю сполучених між собою плоских трикутних граней, що спираються на нерівномірно розміщену в просторі мережу точок з відомими відмітками топографічної поверхні. TIN-модель рельєфу дозволяє уникнути «надмірності» растрового різновиду ЦМР, що вимагає обов'язкового зберігання інформації про відмітки топографічної поверхні у всіх без винятку осередках растра. В TIN-моделі може зберігатися інформація тільки про відмітки характерних точок поверхні, розміщених на структурних лініях рельєфу, – вододілах, тальвегах, а також переломах поздовжнього і поперечного профілів схилів. У зв'язку з цим цей різновид ЦМР може забезпечити дуже компактне і досить ефективне і для візуального подання, і для виконання багатьох аналітичних процедур (обчислення відхилень, експозицій та ін.) зберігання інформації про рельєф даної території.

II. Маніпулювання

Під цим терміном розуміють здійснення різноманітних процедур, спрямованих на модифікацію та покращення первинної ЦМР й отримання похідних продуктів її обробки. Основними операціями, які об'єднує в собі поняття маніпулювання ЦМР, є:

- редагування – виправлення похибок та оновлення ЦМР;
- конвертування – перехід між різними структурами даних (з GRID до TIN і навпаки) або форматами файлів (наприклад, з ESRI Grid до SAGA Grid);
- злиття та об'єднання – комбінування окремих фрагментів ЦМР з одного або різних джерел даних в єдине ціле;
- обрізання – зменшення просторового охоплення ЦМР відповідно до території дослідження;
- передискретизація (англ. resampling) – процес генерування нових значень комірок растра при трансформуванні в нову систему координат або зміні розміру пікселя, наслідком виконання передискретизації є зміна просторової роздільної здатності растра. Перерахунок значень комірок для континуальних поверхонь здійснюється за допомогою алгоритмів білінійної інтерполяції або кубічного викривлення;
- фільтрація – процес в результаті якого вихідні значення пікселів растрового шару замінюються новими в разі задоволення однієї або декількох визначених умов. Одним з найбільш важливих напрямків застосування фільтрації є підготовка ЦМР, отриманих в результаті ДЗЗ, до аналізу.

III. Інтерпретація

Під інтерпретацією розуміють сукупність даних, значень, понять, які розкривають певну сутність отриманих результатів. Вона вибудовує зв'язок між результатами обробки даних, з одного боку, і теоретичними основами – з іншого. Інтерпретація ЦМР – це її аналіз та отримання інформації на їх основі.

IV. Візуалізація

Візуалізація являє собою процес побудови графічного образу даних. Вона є своєрідним унаочненням оброблених даних в єдиній моделі. Візуалізована ЦМР – це графічне її подання та отриманої на їх основі інформації.

V. Прикладне застосування

Прикладне застосування означає розробку моделей ЦМР для різних дисциплін. ЦМР застосовується в будівельних роботах (оцінка форм поверхні, планування споруд на територіях, якісне використання земельних ресурсів тощо), у моделюванні доріг і автомагістралей (аналіз стану рельєфу, інформація про можливе просідання ґрунту та рівень ґрунтових вод тощо), в ландшафтному дизайні (розташування схилів та височин, місця скупчення води та просідання ґрунту тощо), в туризмі (аналіз зон видимості, крутості схилів під час прокладання маршрутів тощо), і комунальних інженерних роботах (проектування та монтаж комунікаційних систем тощо), в наукових

дослідженнях (інформація для проведення наукової роботи геологами, екологами, біологами тощо), у військовій сфері та плануванні (моніторинг стратегічно важливих територій, аналіз ландшафтних змін та особливостей території тощо), в картографії (складання нових та оновлення старих карт місцевості, створення електронних карт та навігаторів тощо) в геодезії та землевпорядкуванні (розробки планів та карт місцевості тощо).

3.3. Цифрова модель рельєфу за даними SRTM з каталогу CGIAR-CSI

Однією з моделей ЦМВ відкритого доступу є SRTM (від англ. SRTM DEM – *Shuttle Radar Topography Mission Digital Elevation Model* – цифрова модель рельєфу місії радарної топографії). Дані ЦМВ SRTM – результат співпраці Національного управління США з авіації та досліджень космічного простору (*National Aeronautics and Space Administration* – NASA), Лабораторії реактивного руху NASA (*NASA's Jet Propulsion Laboratory* – JPL), NGA (колишнє *National Imaging and Mapping Agency* – NIMA), Національних космічних агентств Німеччини та Італії. Місія SRTM тривала з 11 по 22 лютого 2000 р., коли космічний корабель багаторазового використання Шаттл «Endeavour» протягом всього 11 днів здійснив 176 навколоземних витків (по 16 щоденно). Повний об'єм зібраних даних склав 12 терабайт.

ЦМР всієї земної поверхні охоплюють всі країни світу і доступні для завантаження. Загальна площа покриття результатів роботи складає 80% земної поверхні (119,56 млн. км²) і охоплює територію між 60° пн. ш. та 56° пд. ш. ЦМР SRTM (90 м) має роздільну здатність 90 м на екваторі і являє собою ділянки 5°×5°. З веб-каталогу CGIAR-CSI дані поширюються в географічній системі координат WGS 84, фрагментами розграфки 5°×5° – назва кожного з фрагментів складається з номера стовпчика (від 1 до 72) та рядка (від 1 до 24). До прикладу, *srtm_43_02.zip* (рис. 6, 7).

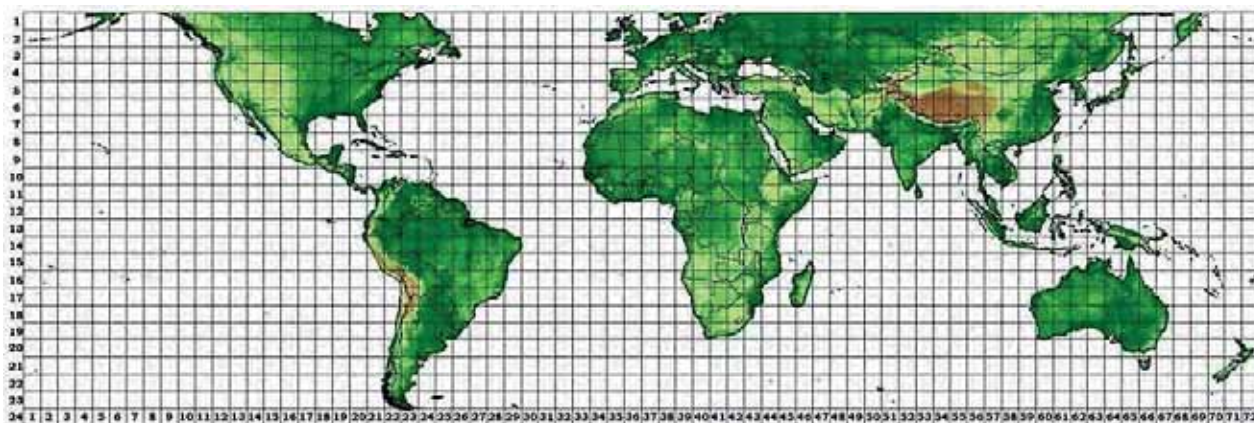


Рис. 6. Схема розграфки даних 3" (90 м) ЦМВ SRTM від CGIAR-CSI

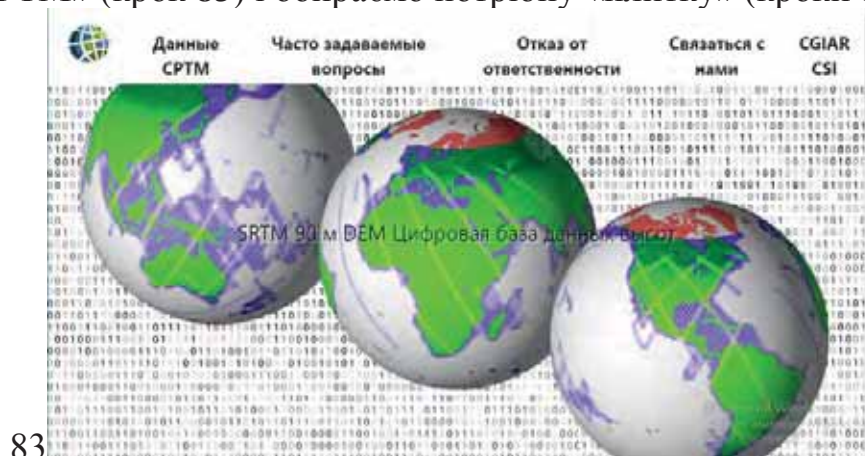


Рис. 7. Фрагмент листа розграфки «srtm_43_02.zip»

Дані постачаються у двох форматах – ArcInfo ASCII та GeoTIFF, що полегшує їхнє використання в різних додатках для обробки зображень та ГІС. В даному випадку під ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) розуміється текстове представлення масиву даних з заголовком в перших 5 рядках, які містять інформацію про просторове охоплення та роздільну здатність покриття. Також в заголовку записані координати лівого нижнього кута лівого нижнього пікселя (початок координат). Значення NoData представлені записами -9999. Цей формат коректно інтерпретується та імпортується більшістю програмного забезпечення ГІС. GeoTIFF – формат растрових зображень (16-бітне ціле з діапазоном значень від -32 768 до 32 767) з вбудованою географічною прив'язкою, значення NoData -32 768. Окрім основних файлів до кожного з фрагментів додаються файли-маски, які містять лише два типи записів: 1 для деяких пікселів та NoData (-9999 для ASCII або GeoTIFF для -32 768) для всіх інших. Їх призначення – допомогти ідентифікувати ті ділянки, які були пропущені в оригінальному наборі даних від NASA. Відповідно, значення 1 маскують пікселі, які містять інтерпольовані значення, що первинно були відсутні, тому очікується, що в їх межах похибка буде вищою.

3.4. Завантаження фрагменту ЦМР SRTM з каталогу CGIAR-CSI

На головній сторінці каталогу (<http://srtm.csi.cgiar.org/>) натискаємо «Данные СРТМ» (крок 83) і обираємо потрібну «плитку» (кроки 84, 85, 86).



Карта відкритої сторінки допоможе обрати потрібний елемент у розграфці (див. рис. 7 та крок 86). Обраний фрагмент або фрагменти завантажують у створену папку, до прикладу, «ЦМР_Полтава» і розархівовують. В розархівованій папці буде міститися чотири файли: «*readme.txt*» – загальна інформація про дані, «*srtm_43_02.hdr*» – допоміжний файл для коректного імпорту в середовище ГІС, «*srtm_43_02.tfw*» – допоміжний файл з інформацією про геопросторову прив'язку, «*srtm_43_02.tif*» – основний файл з даними (рис. 8). При копіюванні та переміщенні всі файли повинні бути в одній папці.






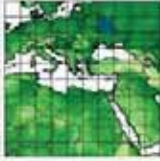

 readme.txt	19.09.2008 14:05	Текстовый докум...	3 КБ
 srtm_43_02.hdr	19.09.2008 17:41	Файл "HDR"	2 КБ
 srtm_43_02.tfw	19.09.2008 17:41	Файл "TFW"	1 КБ
 srtm_43_02.tif	19.09.2008 17:41	Файл "TIF"	70 407 КБ

Рис. 8. Типи файлів даних ЦМР




Данные SRTM
Часто задаваемые вопросы
Отказ от ответственности
Связаться с нами
CGIAR CSI

Описание	Расположение	Изображение
<p>Продукт: SRTM 90m ЦМР Версия 4</p> <p>Имя файла данных: srtm_43_02.zip</p> <p>Имя файла маски: srtm_msk_43_02.zip</p> <p>Широта Мин.: 30 с.ш. Макс.: 35 с.ш.</p> <p>Долгота Мин.: 50 в.д. Макс.: 55 в.д.</p> <p>Центральная точка Шир.: 32,5 с.ш., долгот.: 52,5 в.д.</p> <p style="text-align: center;">Скачать SRTM</p>		
Описание	Расположение	Изображение

86

Також можна завантажити фрегмент (архів з даними) у через портал <http://dwtkns.com/srtm/>. Обираємо «плитку», дивлячись на карту в межах червоного розфарбування і натискаємо «*Download GeoTIFF*» (кроки **87**, **88**).

Topography Mission. Click on red tiles to download their corresponding data.



87

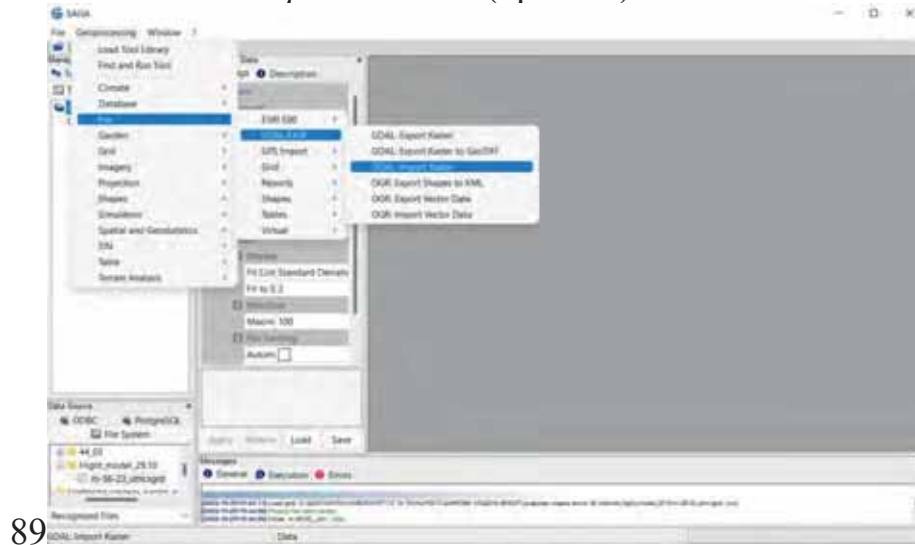
Topography Mission. Click on red tiles to download their corresponding data.



88

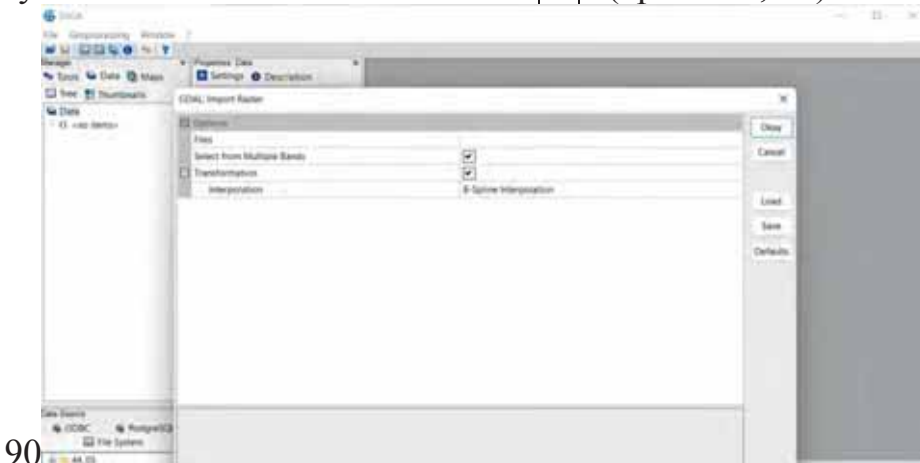
3.5. Імпорт даних ЦМР SRTM в середовище ГІС SAGA

В середовищі ГІС імпортуємо дані, користуючись інструментом «File» – «GDAL/OGR» – «GDAL: Import Raster» (крок 89).

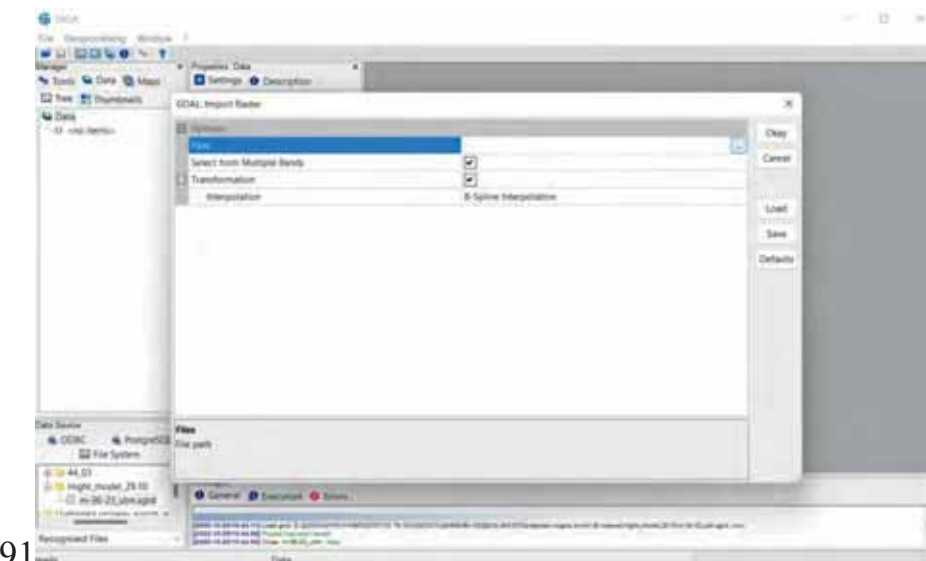


89

Активуємо поле «Files» і натискаємо «...» (кроки 90, 91).

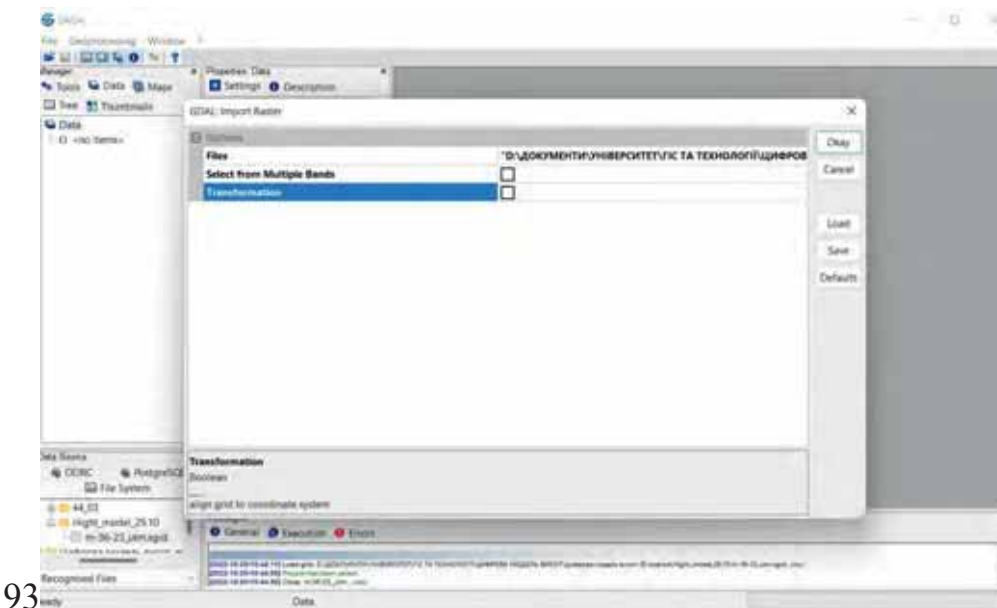
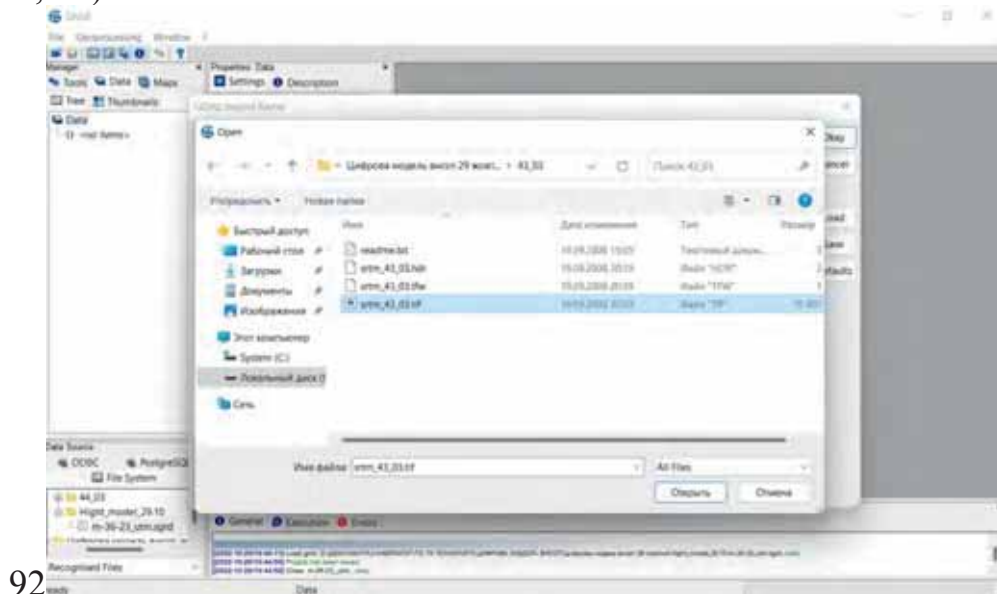


90



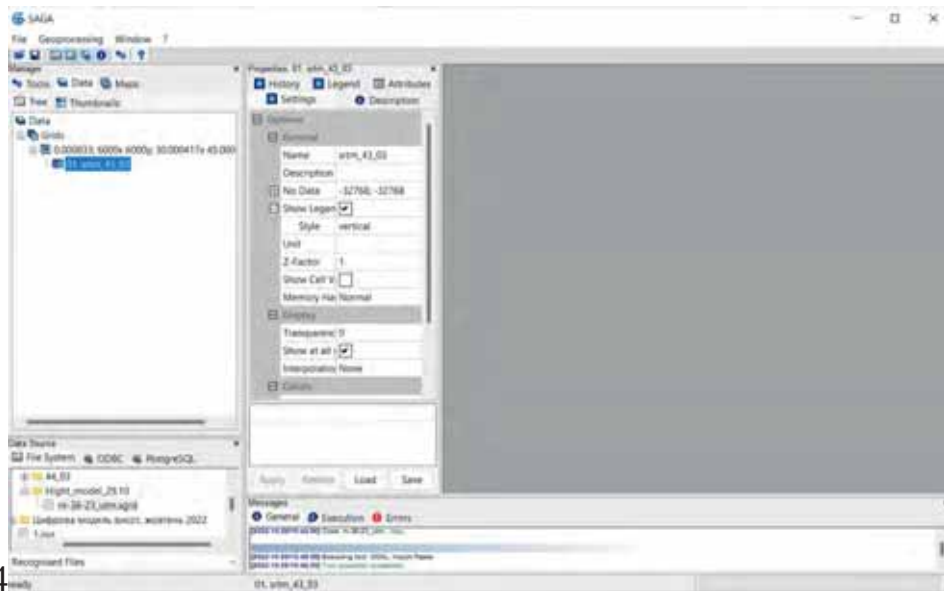
91

Обираємо з папки розархівованій елемент «*srtm_43_02.tif*» або «*srtm_43_03.tif*», залежно від майбутнього об'єкту обробки, вимикаємо «**V**» поряд з «*Select from Multiple Bands*» та «*Transformation*» і натискаємо «*Окay*» (кроки **92**, **93**).

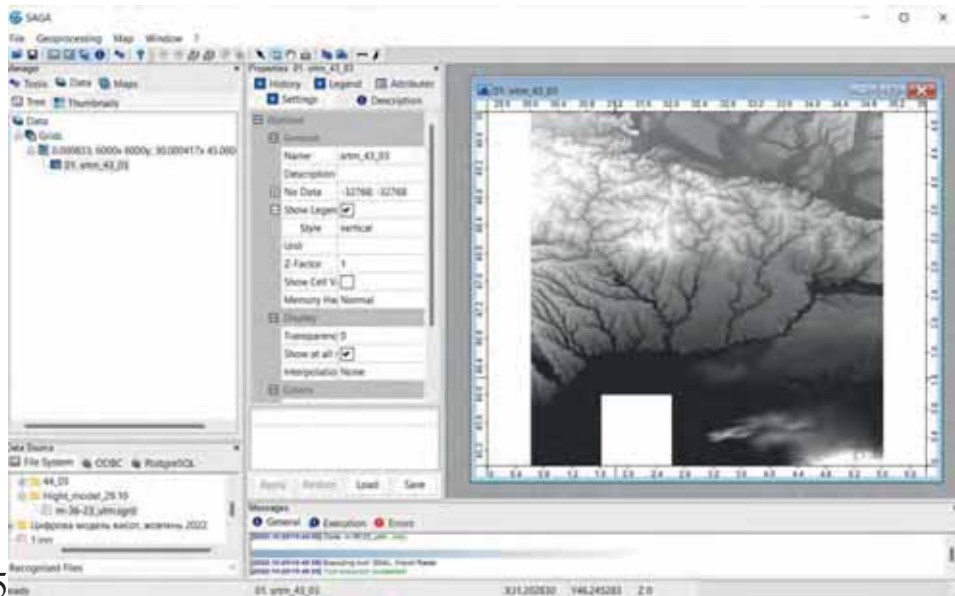


Після появи у робочому полі «*Data*» елементу «*srtm_43_03.tif*» необхідно по ньому двічі клікнути і відкрити у просторі ГІС SAGA (кроки **94**, **95**).

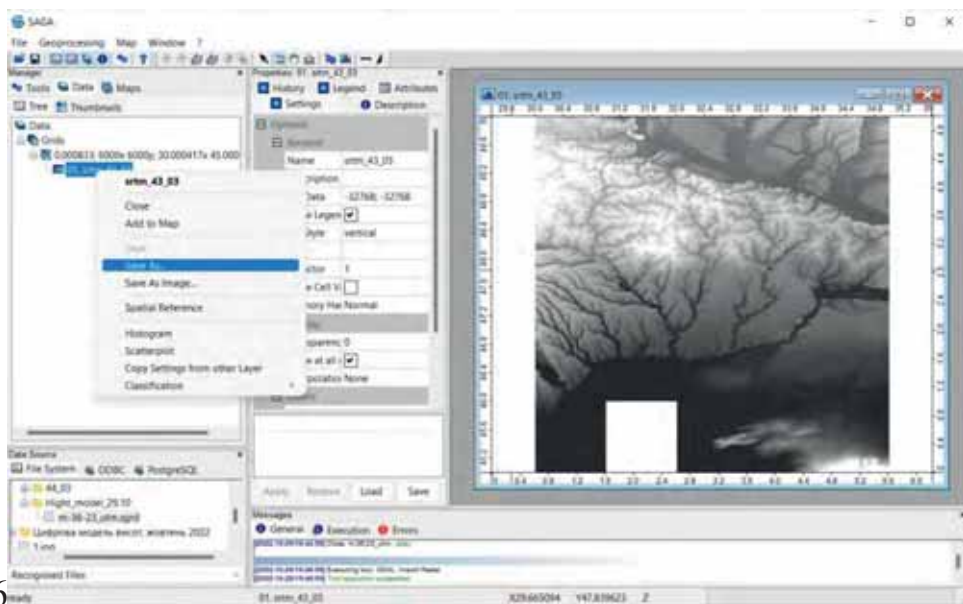
Цей елемент відобразиться у головному вікні як карта. Для збереження імпортованого елементу необхідно правою кнопкою миші натиснути на нього і у контекстному меню вибрати «*Save As...*» (крок **96**).



94

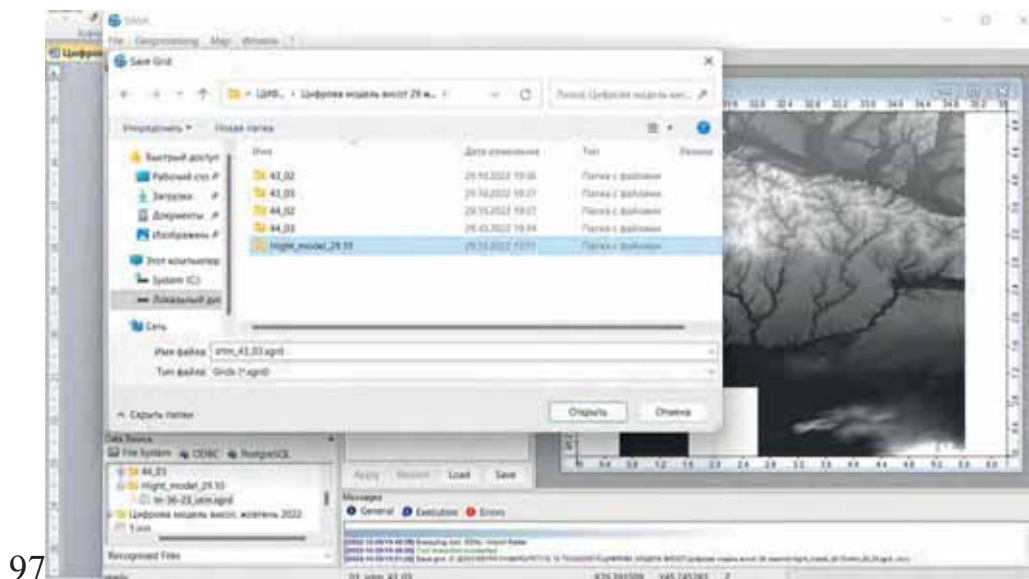


95



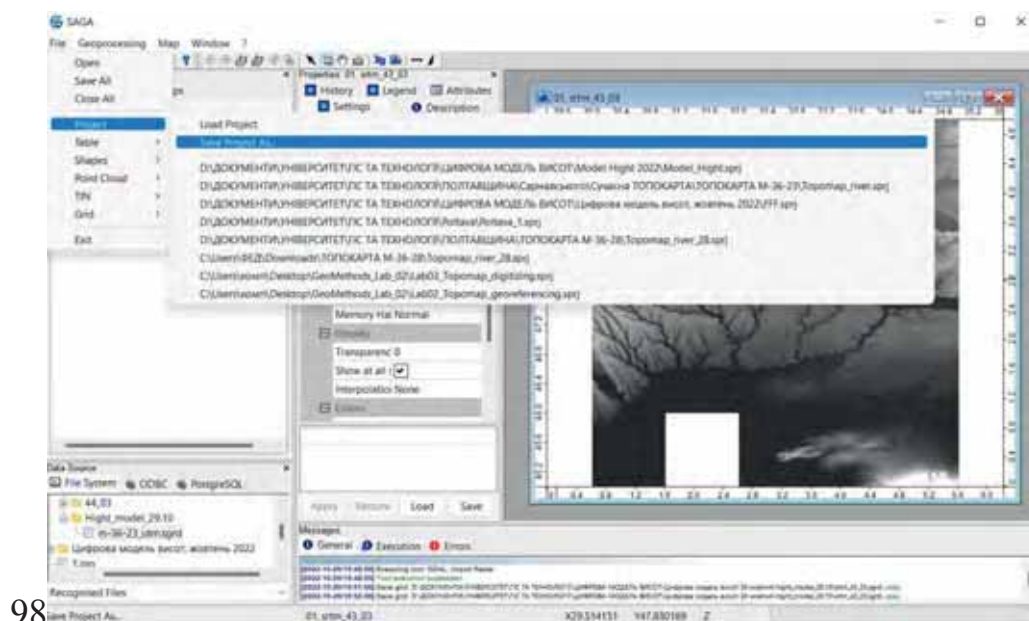
96

У створеній папці «*Hight_model_29.10*» (крок 97) зберігаємо елемент. Формат файлів проєкту пропонується за замовчуванням SAGA «*Project - *.sprj*».



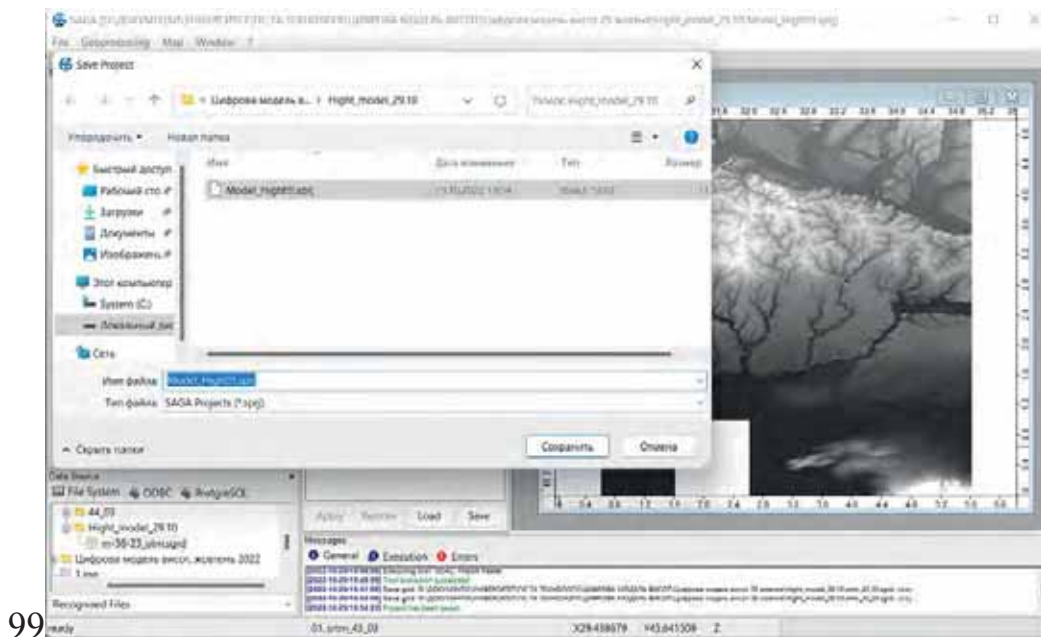
97

Паралельно зберігаємо проєкт, який об'єднає всі файли у єдиний проєкт. Для цього необхідно на панелі меню «*File*» вибрати «*Project*», а потім «*Save Project As...*» (крок 98).



98

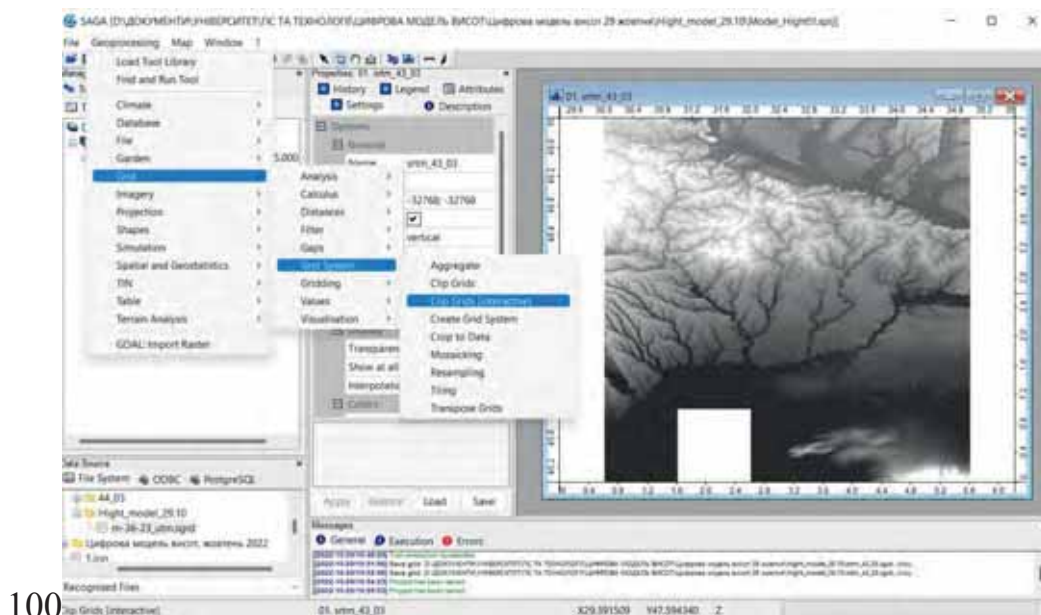
Наш проєкт буде називатися «*Model_Hight!!!*» (крок 99).



99

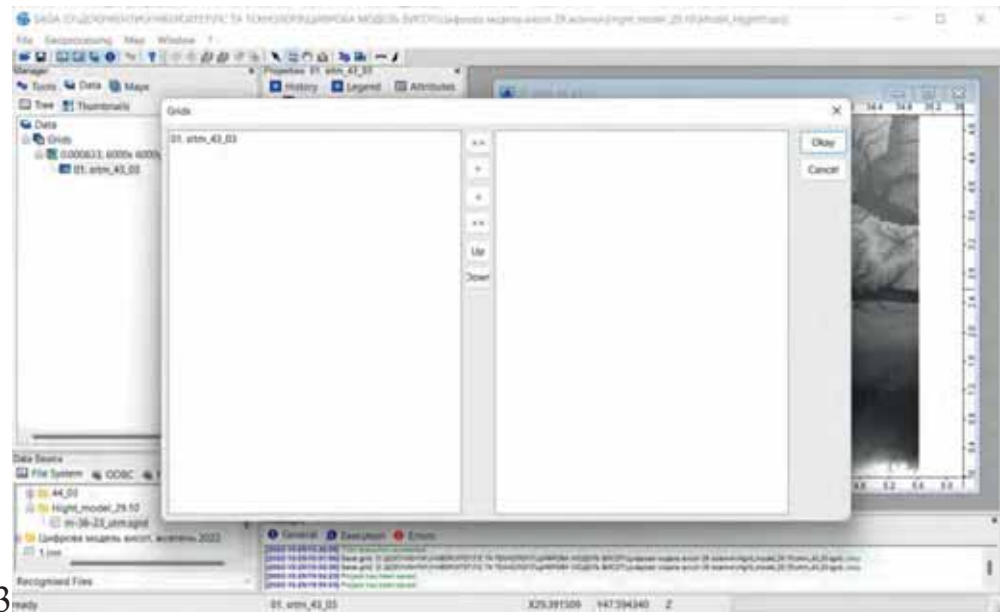
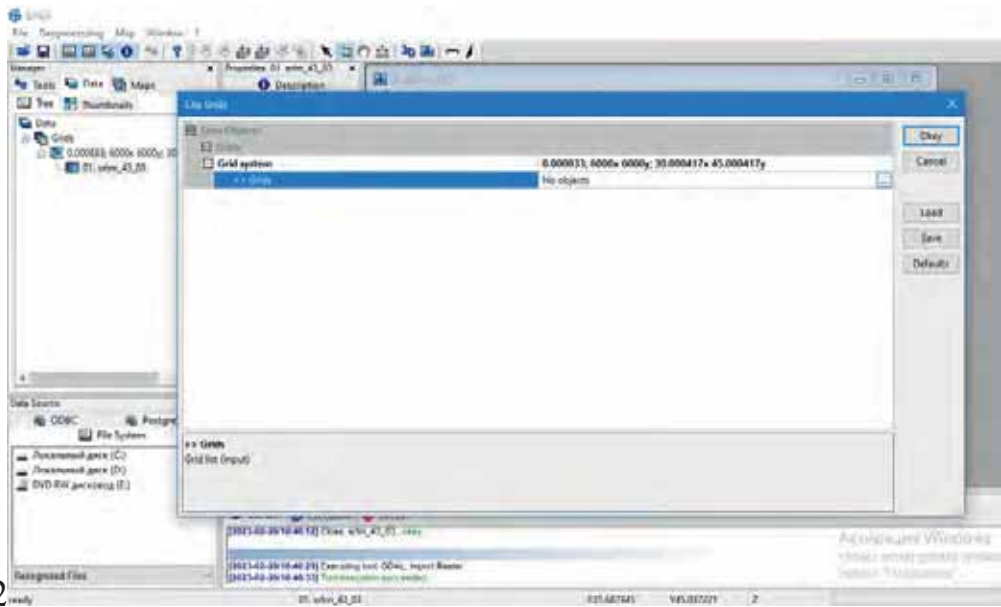
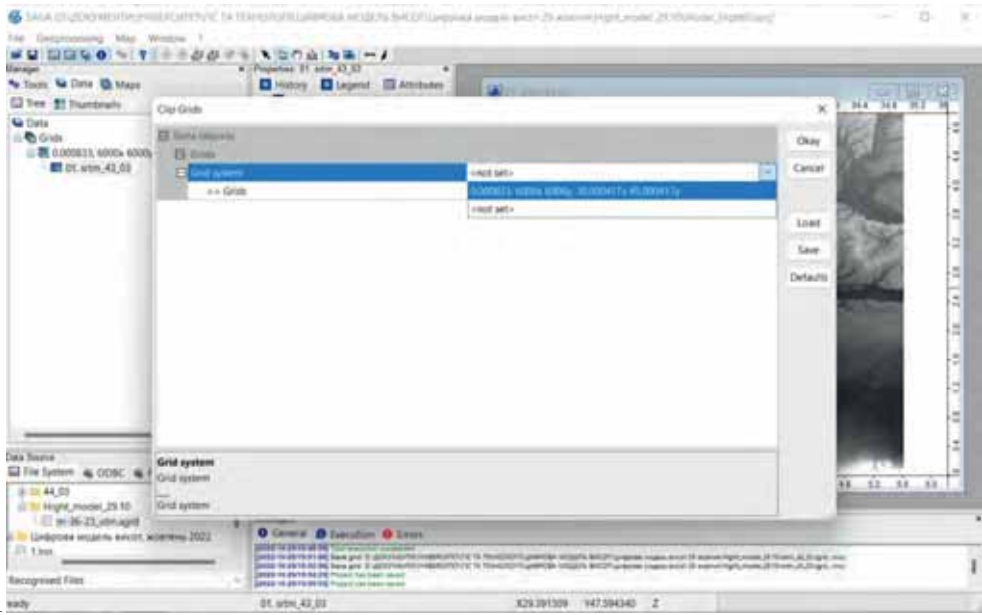
3.6. Обрізання фрагменту

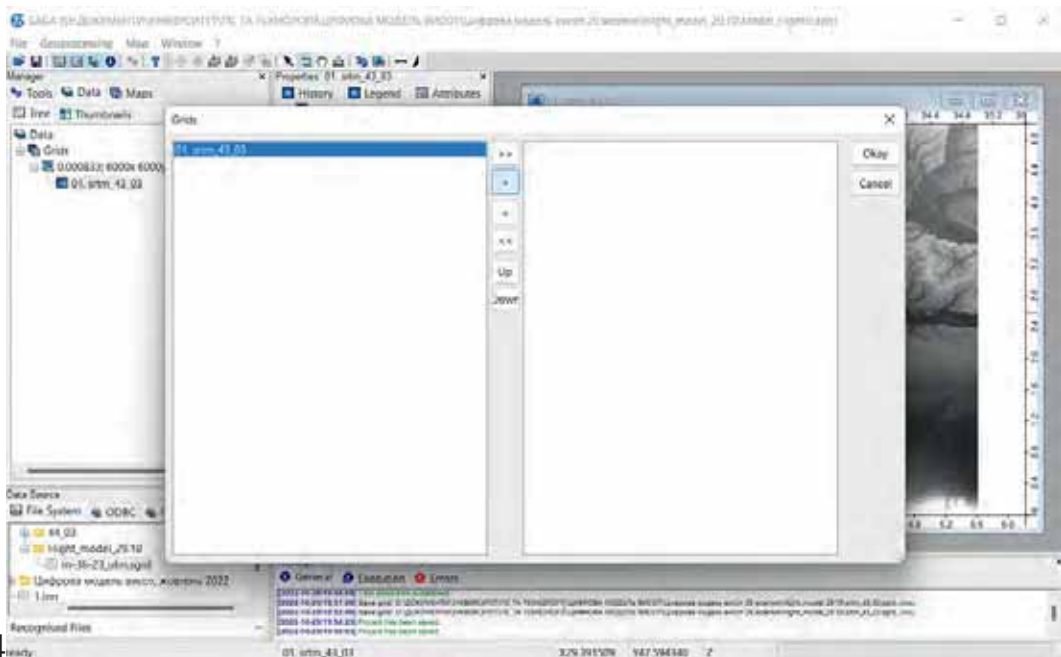
Подальші дії пов'язані з необхідністю обрізання фрагменту топографічної карти, оскільки він менший за ЦМР SRTM. Обрізку варто здійснити за координатами аркушу топографічної карти. В нашому випадку топографічна карта «М-36-XXIII» обрізається за координатами: 49° і 50° північної широти та 34° і 35° східної довготи. Для цього запускаємо інструмент «*Grid – Grid System – Clip Grids [interactive]*» (крок 100).



100

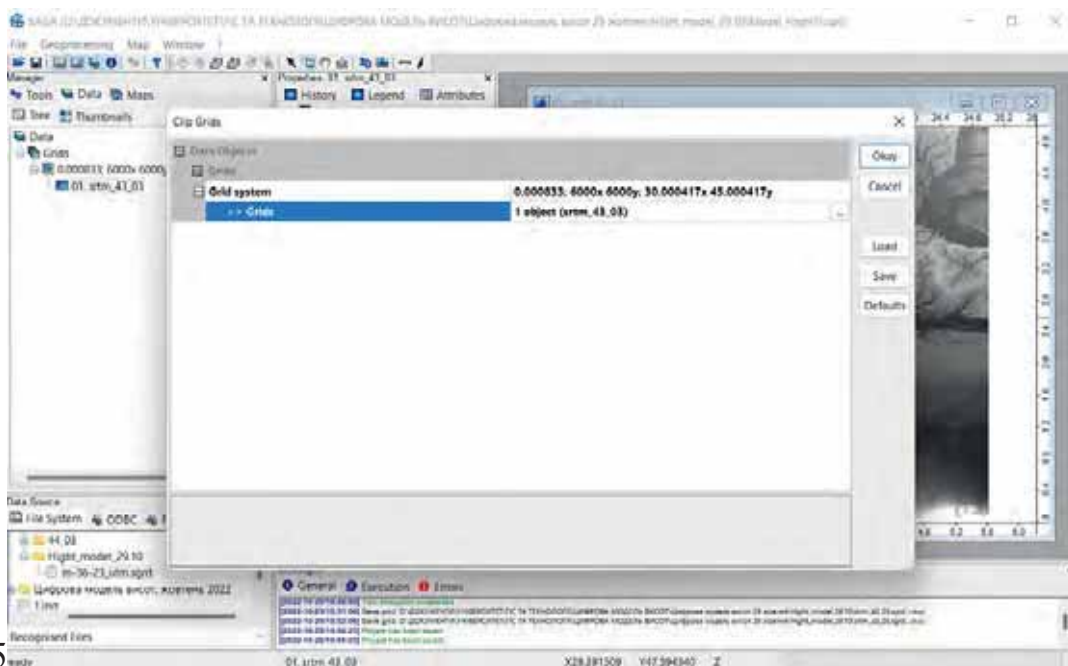
У діалоговому вікні, яке з'явиться після запуску інструменту, потрібно обрати растрове зображення у «*Grid system*» (крок 101), об'єкт у «*Grids*», натискаючи «» і обираючи «01. srtm_43_03» натиснути «» (кроки 102, 103, 104).






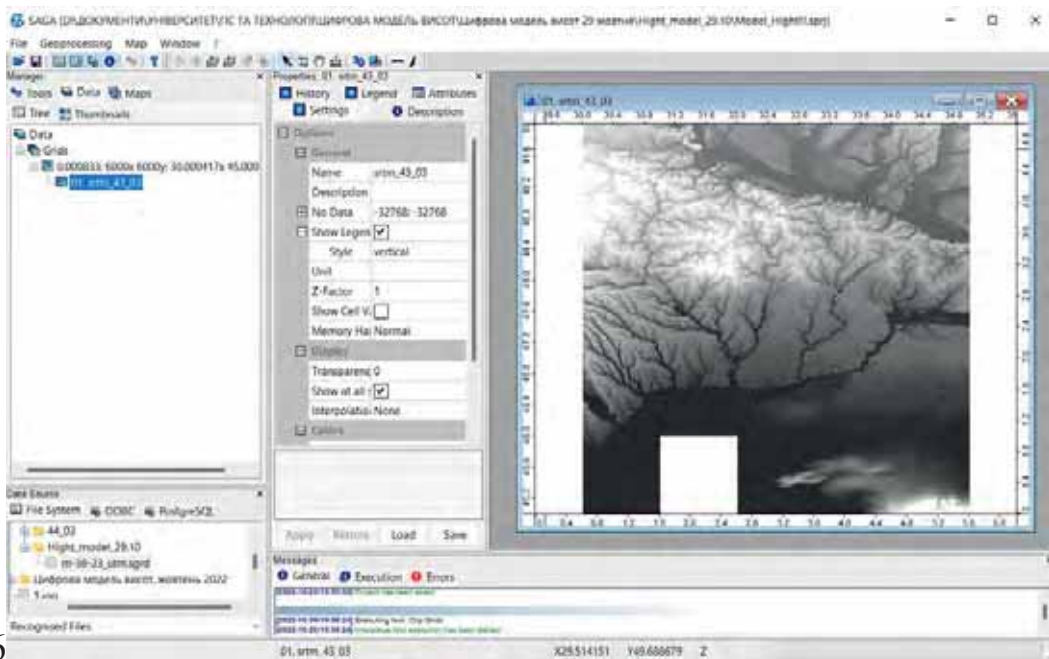
104

Погоджуємося і натискаємо «Окay» (крок 105).



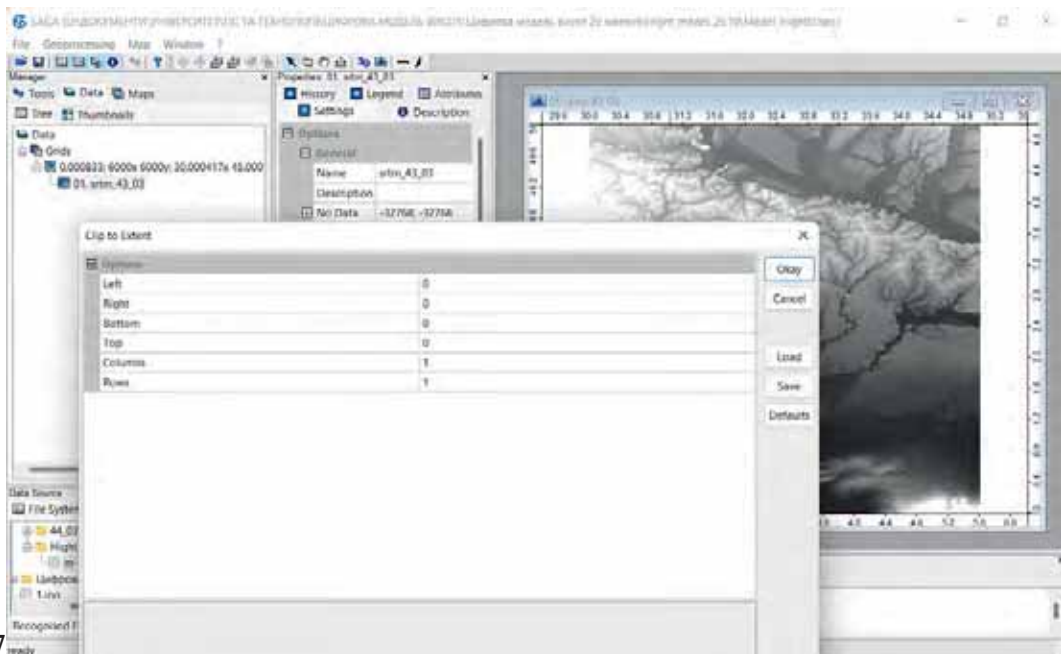
105

Застосовуючи інструмент  – «Action», необхідно клікнути на зображенні у робочому просторі (на зображенні) в будь-якому місті (крок 106):



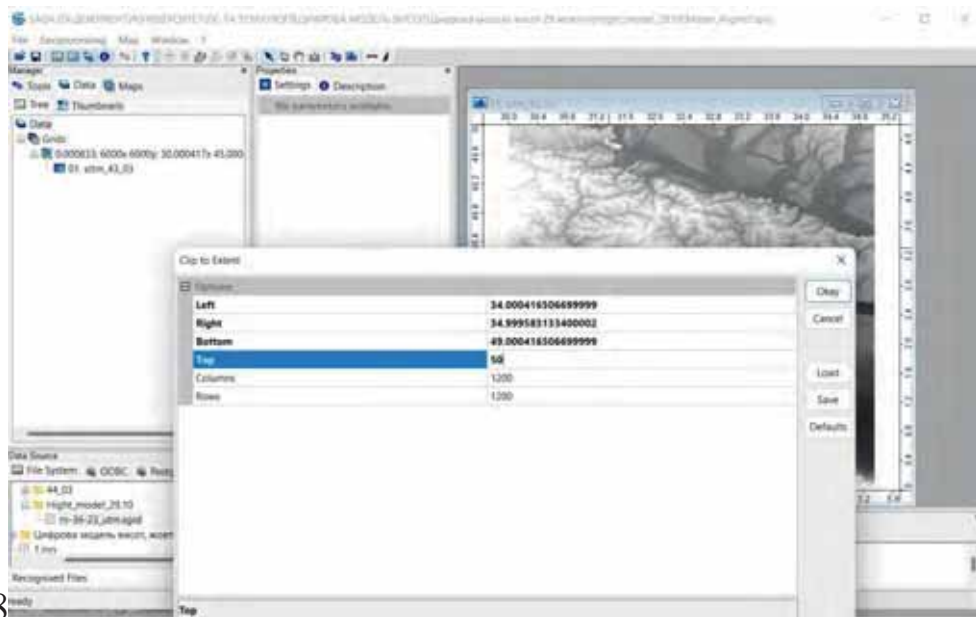
106

В результаті клікання з'явиться вікно, в якому необхідно ввести координати нашої топографічної карти. Для нашого прикладу це наступні координати: Left 34°, Right 35°, Bottom 49°, Top 50° (кроки 107, 108). Координати потрібно вносити у десяткових градусах (для випадку, якщо крім градусів є кутові мінут).



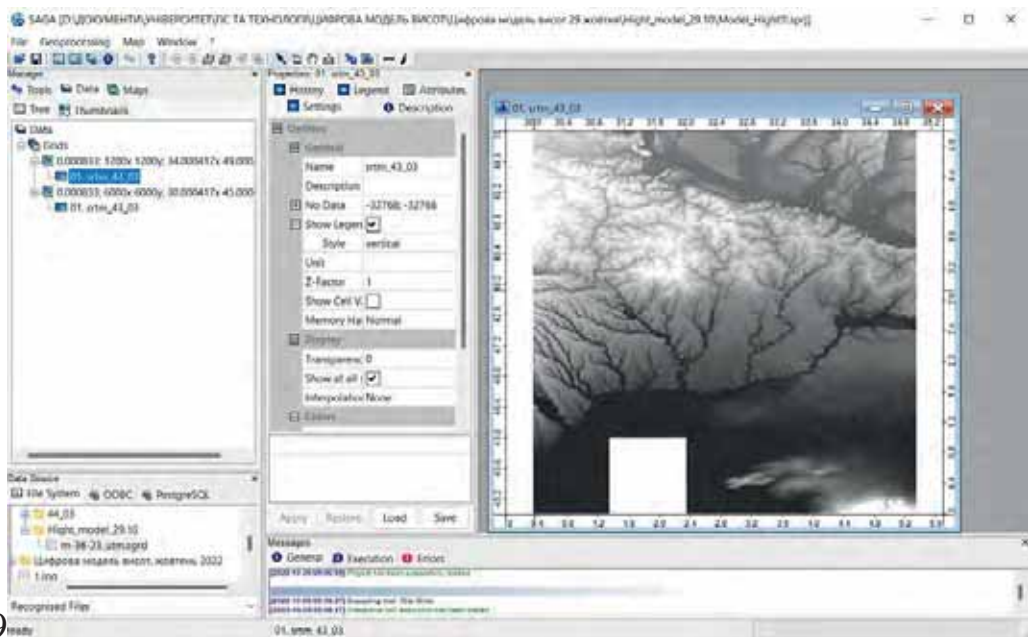
107

Необхідно звернути увагу, що програма автоматично підбирає координати відповідно растровому зображенню.



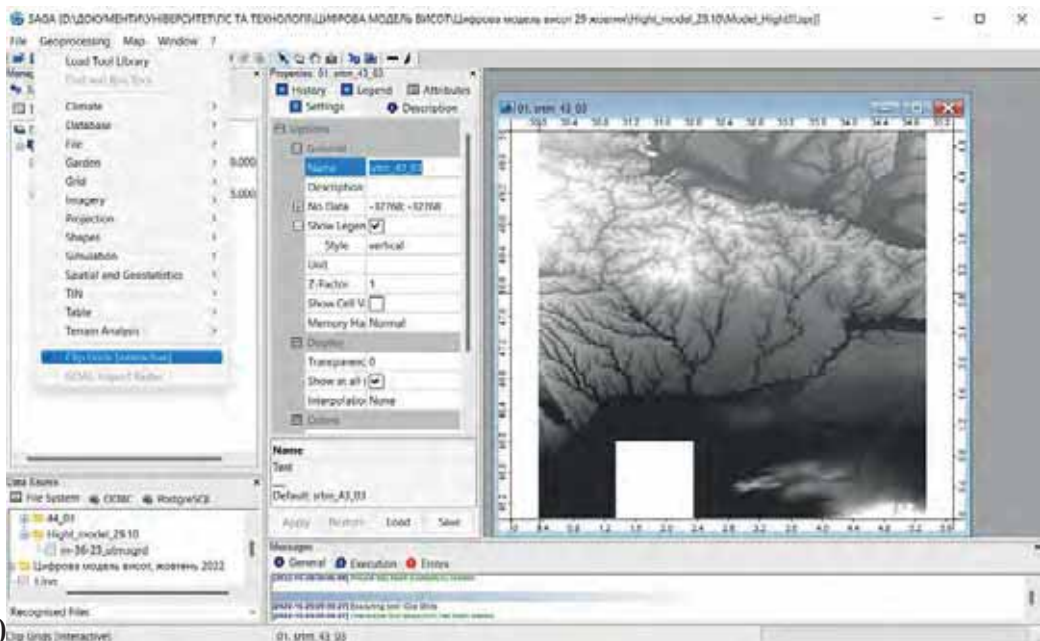
108

Після натискання «*Okay*» у вікні «*Manager*» у вкладці «*Data*» з'явиться новий об'єкт з іншим числом рядків і колонок та іншими координатами (крок 109).

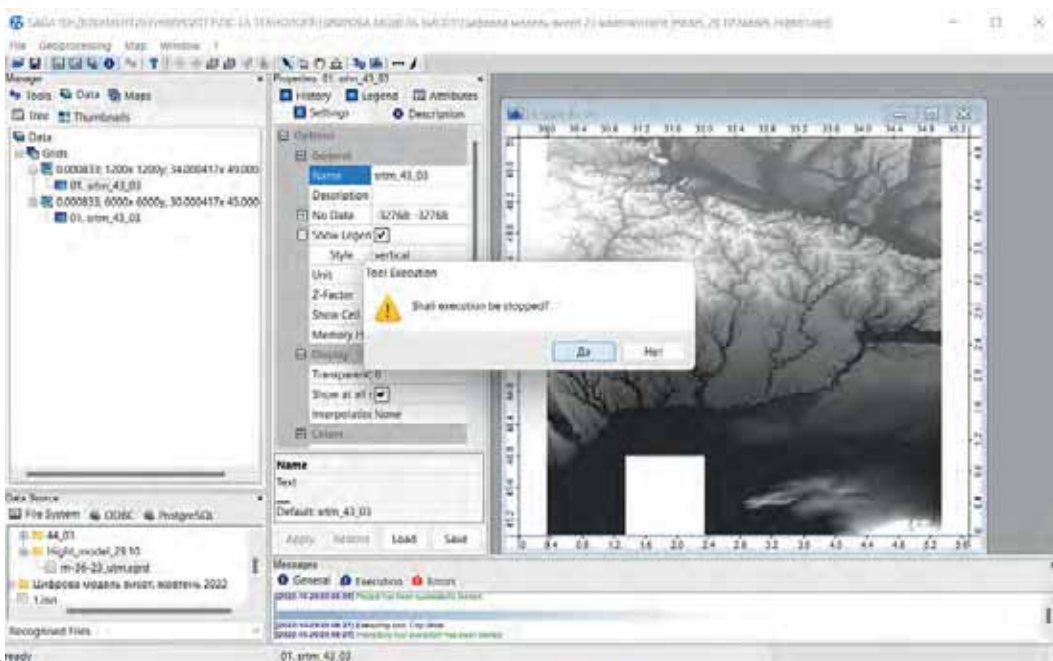


109

Для припинення роботи інструменту з обрізання фрагменту необхідно зняти знак «*v*» (кроки 110, 111) і погодитися.

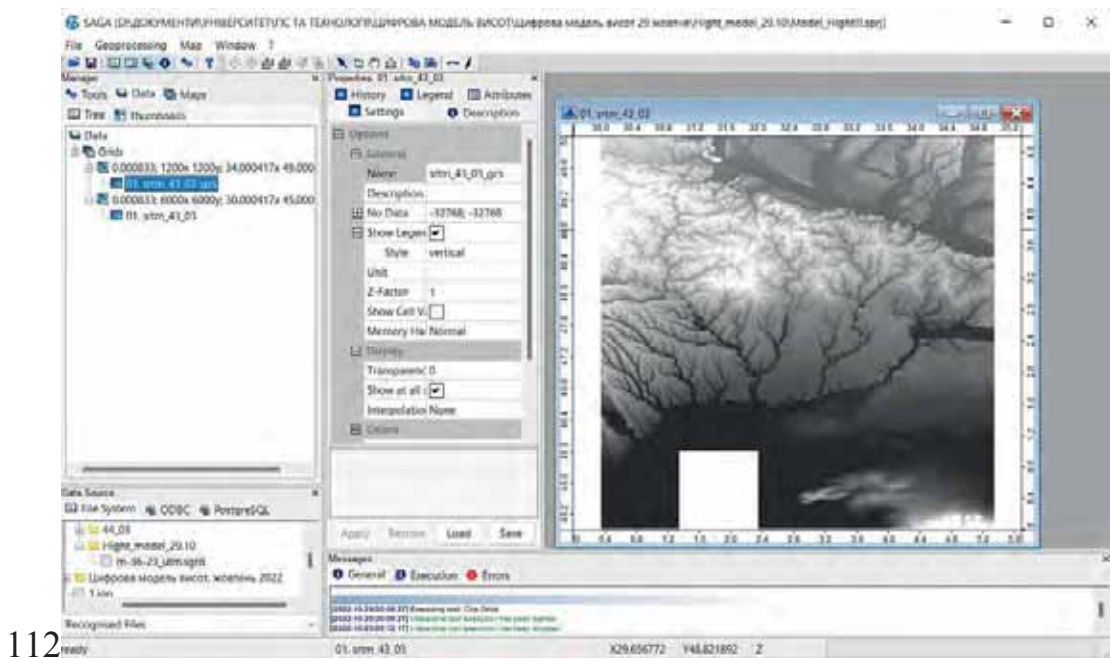


110



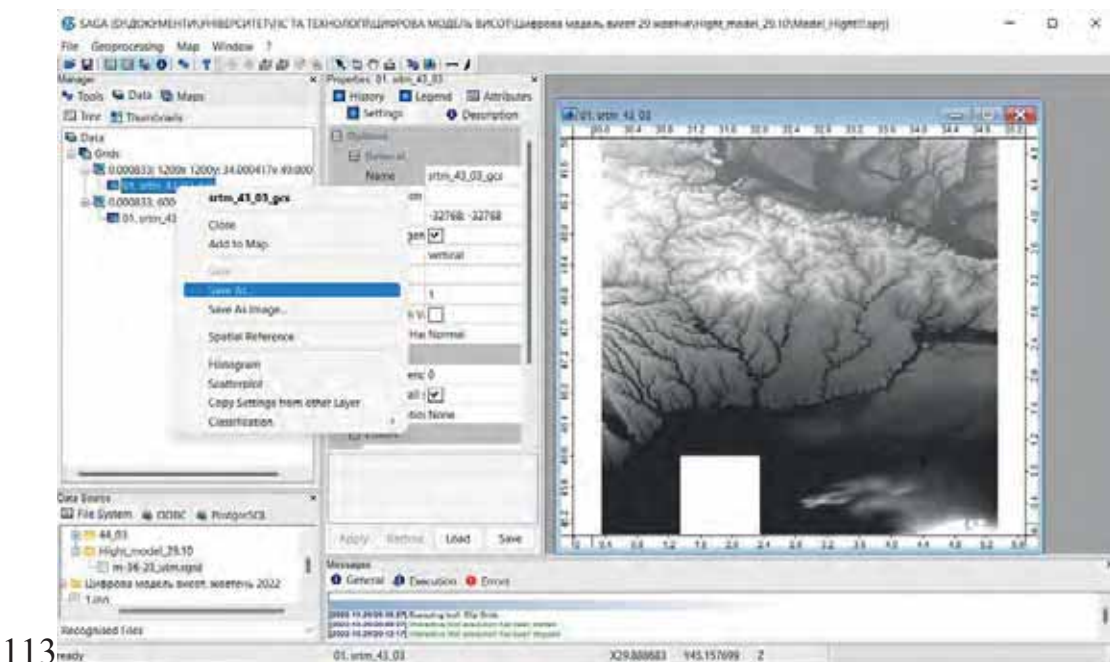
111

Для коректної роботи у вікні «*Properties*» перейменовуємо новий елемент з «*srtm_43_03*» на «*srtm_43_03_gcs*», а для більшої зручності можна дати назву відповідно номенклатурі топографічної карти, до прикладу, «*srtm_m_36_23_gcs*». Натискаємо «*Apply*» (крок 112) і подвійним кліканням відкриваємо файл в нову карту. Попередній елемент можна закрити.



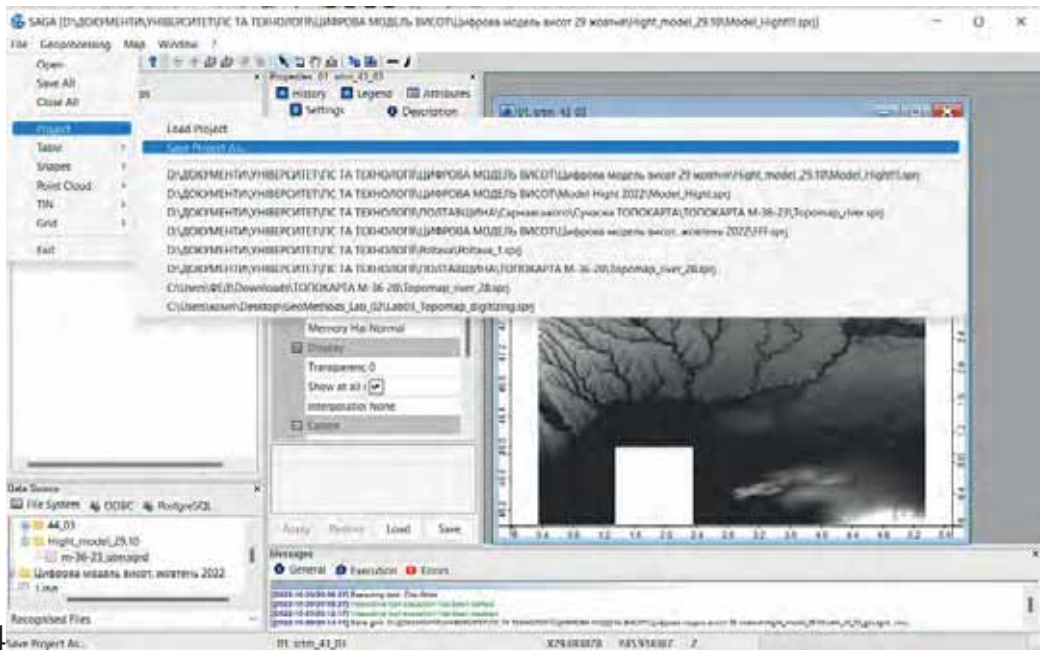
112

Для збереження файлу «*srtm_43_03_gcs*» у контекстному меню натискаємо «*Save As...*» (крок 113).

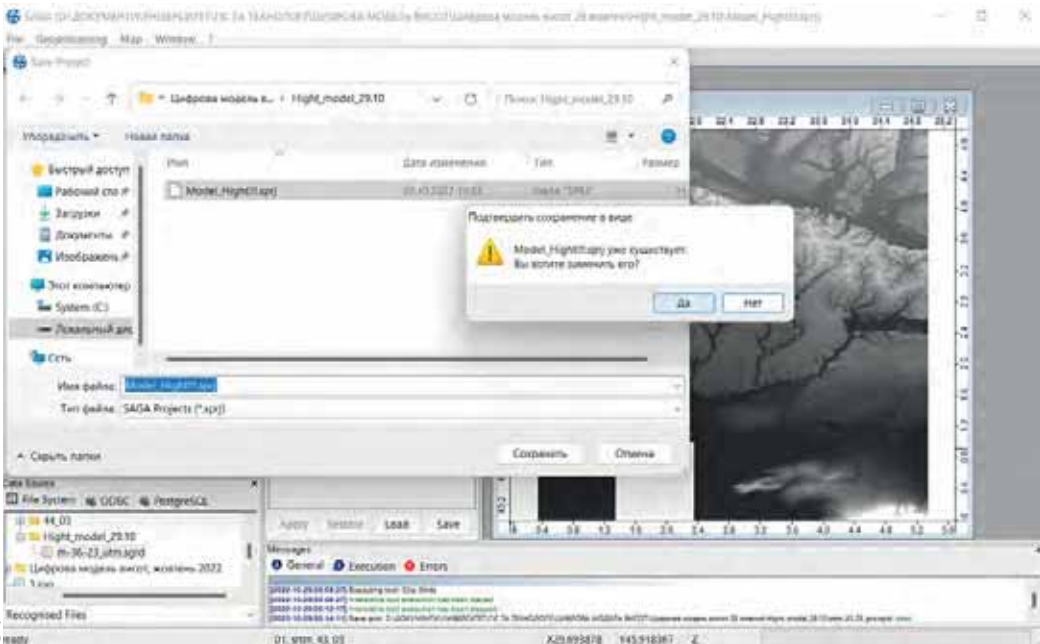


113

Для збереження проєкту необхідно на панелі меню «*File*» вибрати «*Project*», а потім «*Save Project As...*» (крок 114). Потім вибрати існуючий проєкт і погодитися на заміну (крок 115).



114

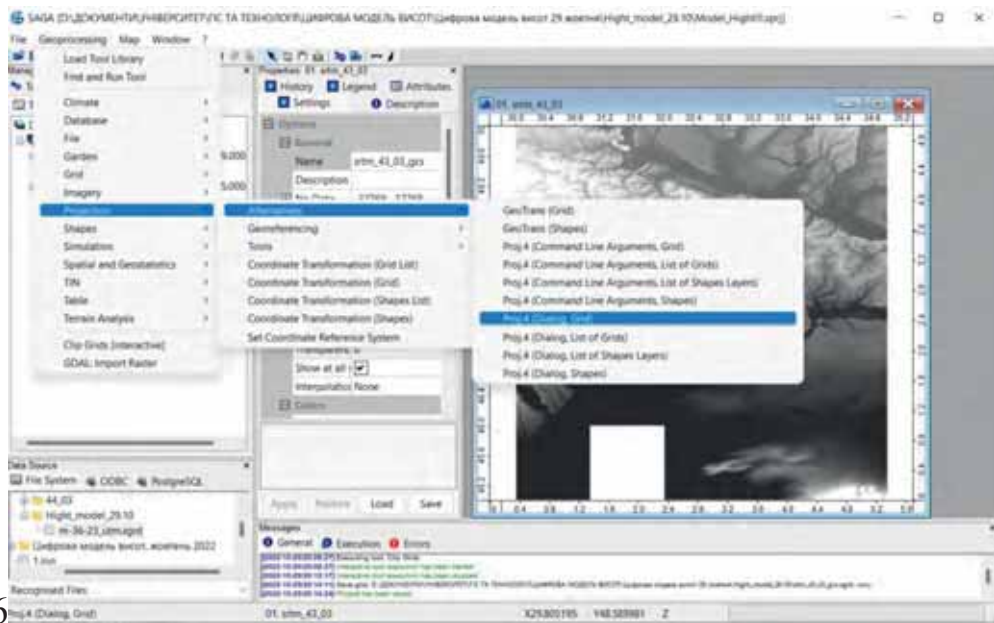


115

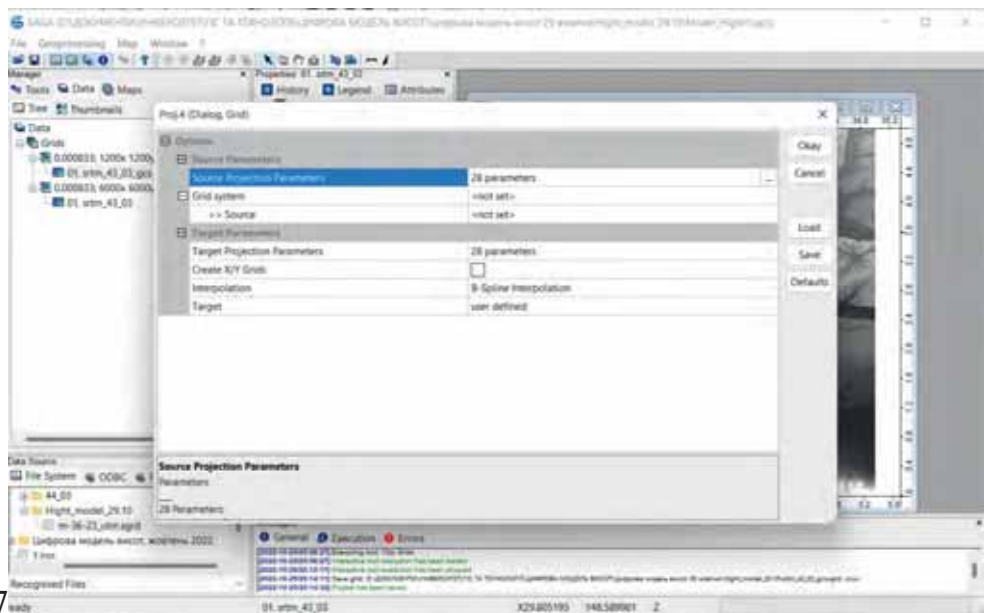
3.7. Перехід до спроектованої системи координат

Дані ЦМР SRTM представлені в географічній системі координат, тому для подальшої роботи необхідно перейти до спроектованої (прямокутної) системи координат. Для цього застосовуємо інструмент «*Projection – Alternatives – Proj.4 (Dialog, Grid)*» (крок 116).

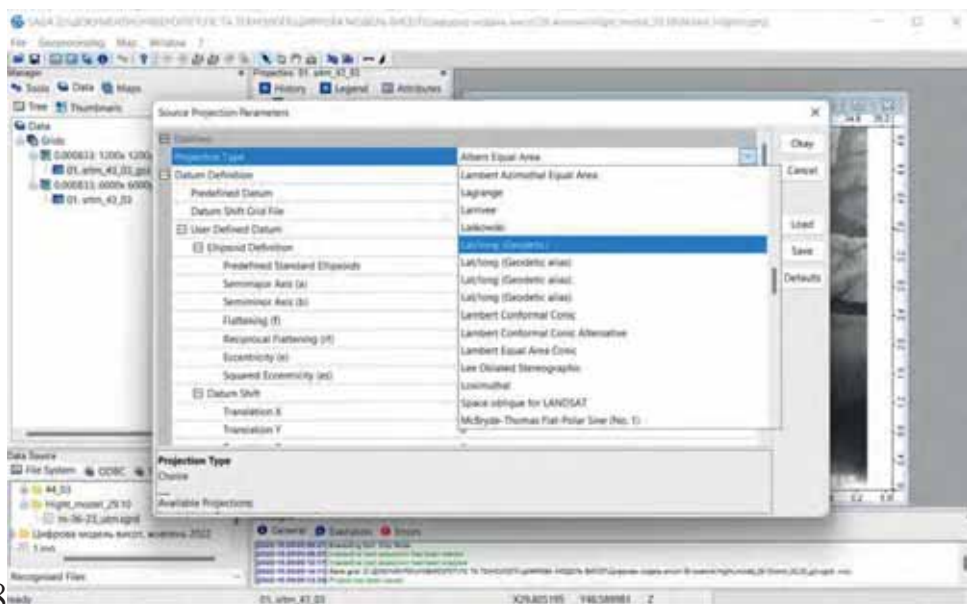
У блоці «*Source Projection Parameters*» у вкладці «*28 parameters*» (крок 117) обираємо параметри початкової проекції (крок 118) і натискаємо «*Okay*».



116

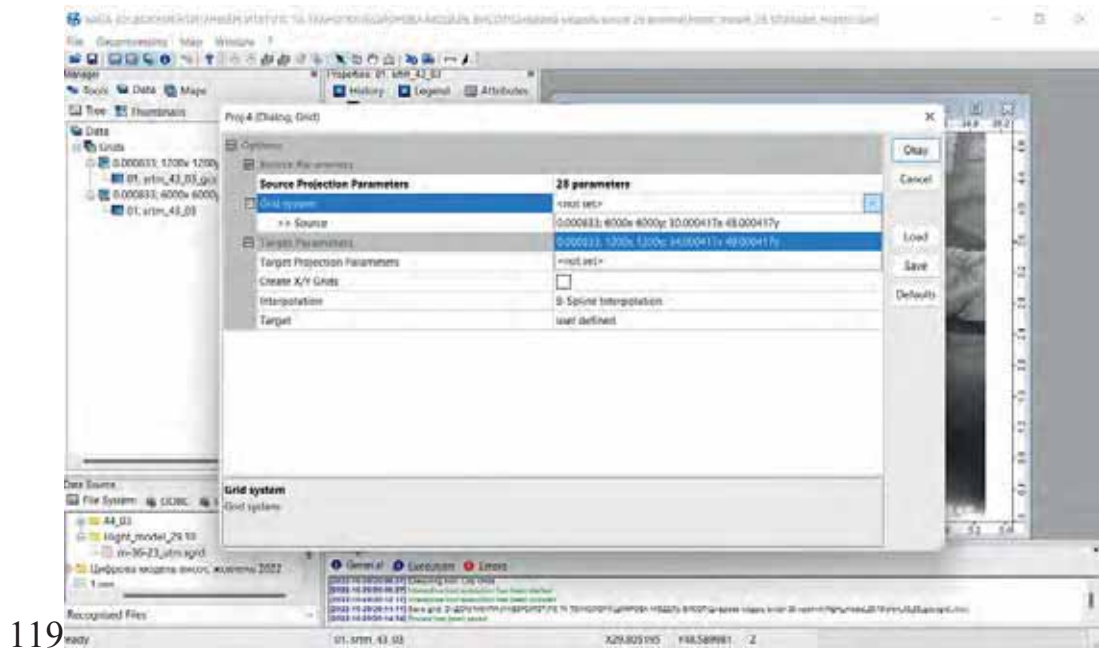


117



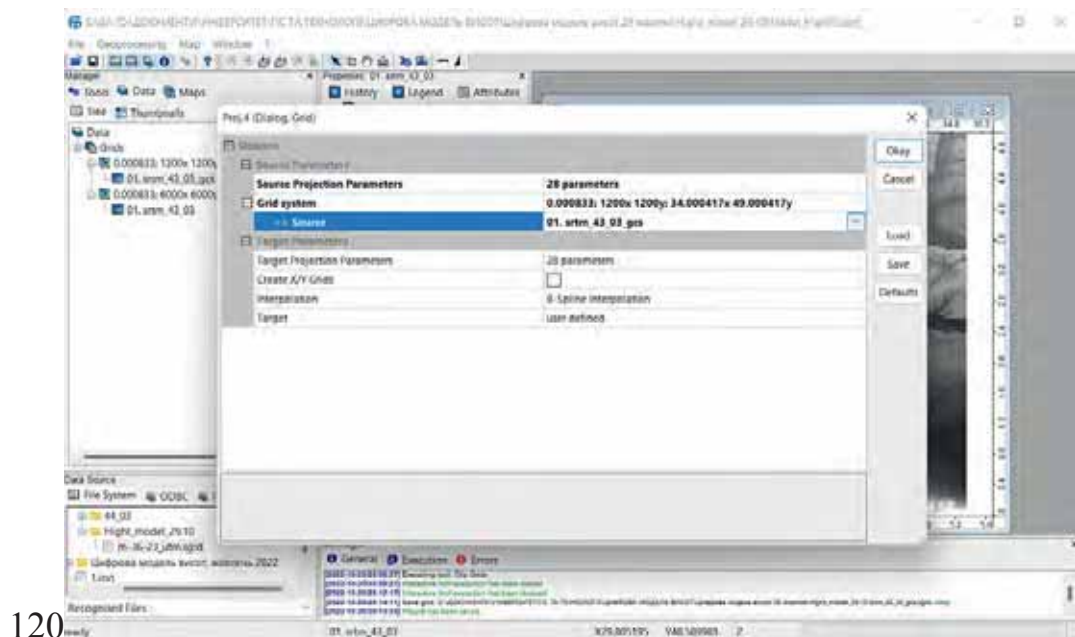
118

У блоці «*Grid System*» прописуємо растрове зображення, яке переводимо в спроектовану систему (крок 119).



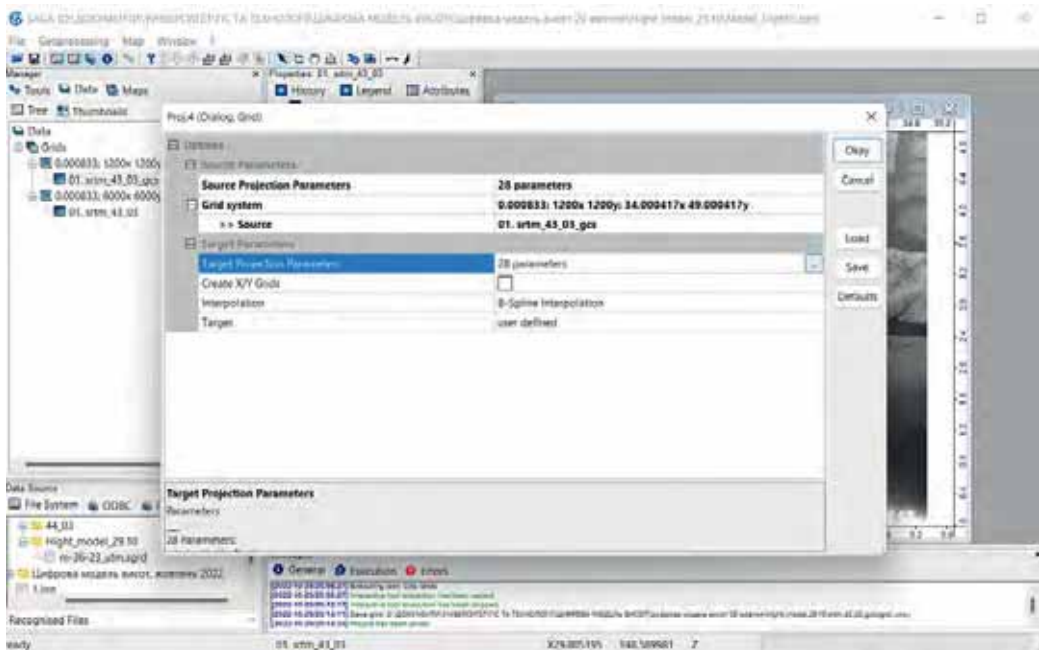
119

В якості вихідного встановимо растр «*srtm_43_03_gcs*» (крок 120).

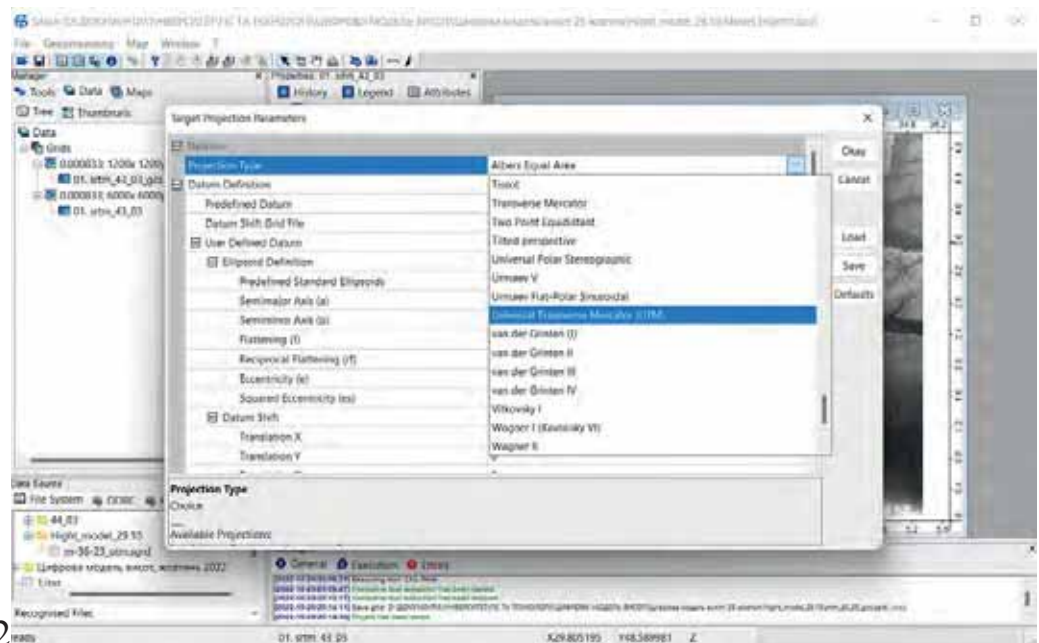


120

У блоці «*Target Projection Parameters*» змінюємо в 28 параметрах проєкцію «*Universal Transverse Mercator (UTM)*» (кроки 121, 122).



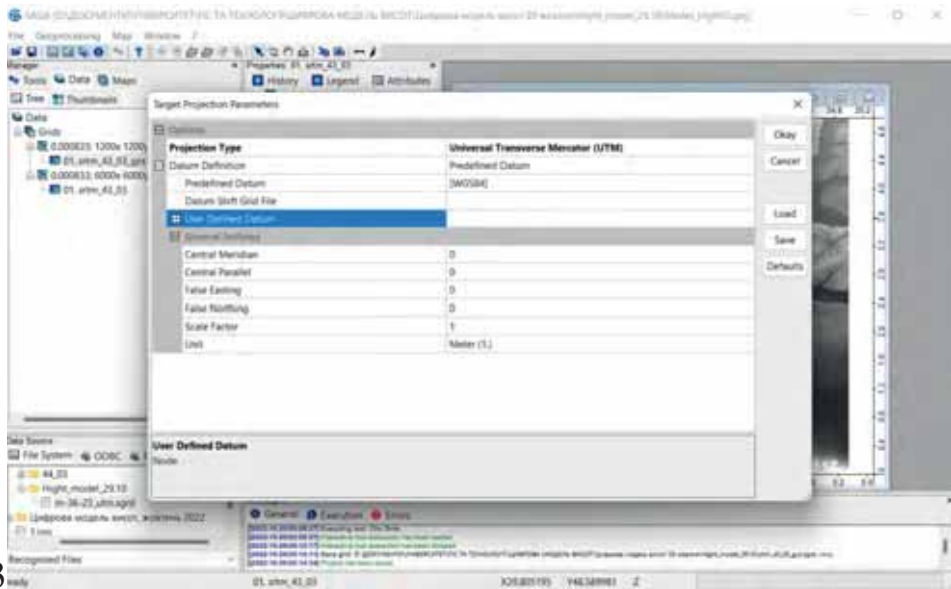
121



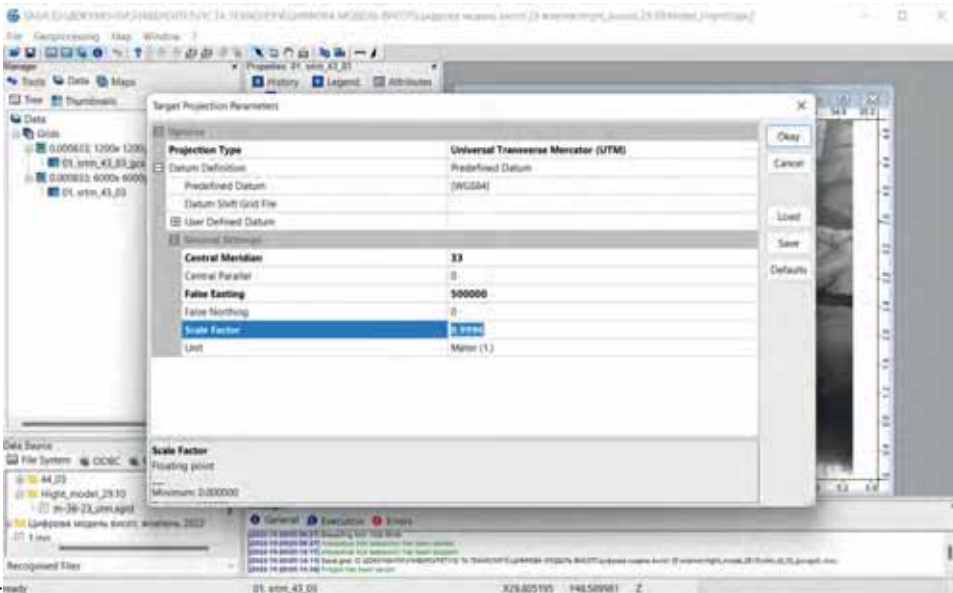
122

У вкладці «*General Settings*») вносимо дані про центральний меридіан зони, який попередньо розраховується у відповідності зоні топографічної карти, похибку східного схилення 500 км, масштабний коефіцієнт для центрального меридіану (кроки 123, 124) і натискаємо «*Okay*».

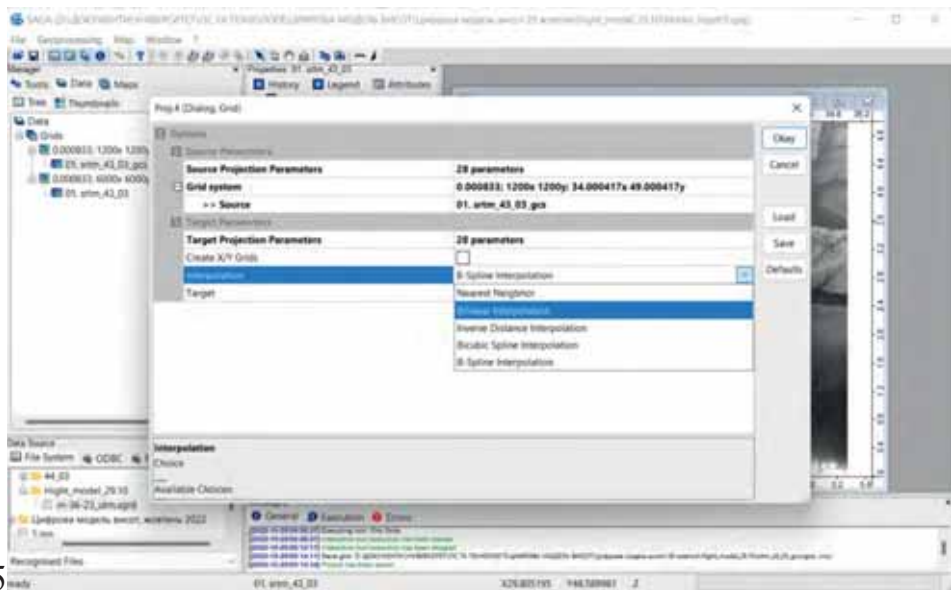
В якості методу передислокації встановлюємо «*Bilinear Interpolation*» (крок 125) і натискаємо «*Okay*».



123

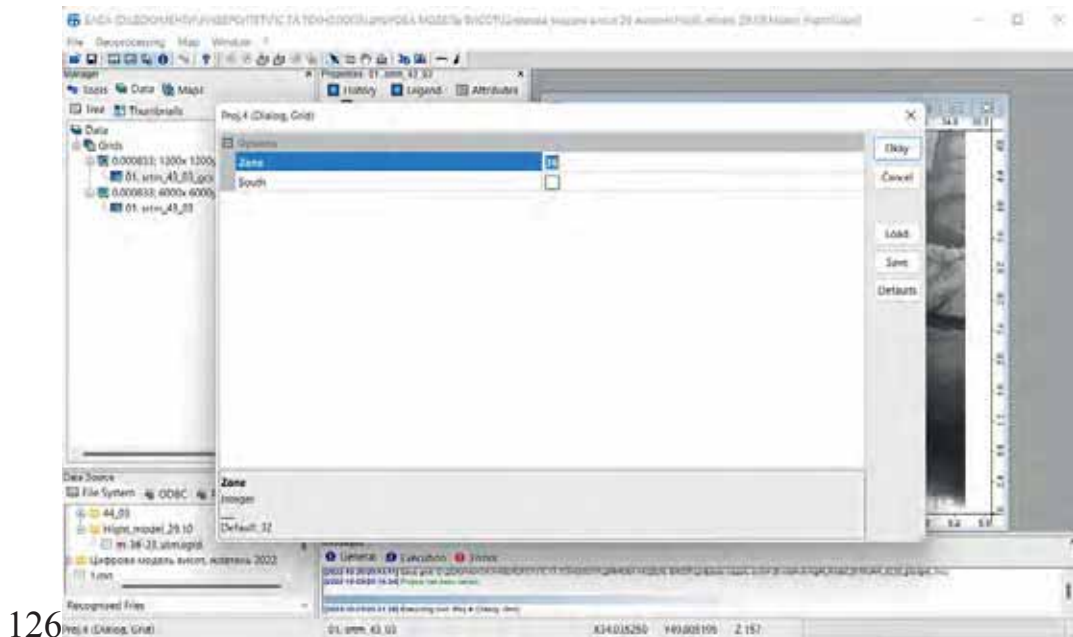


124

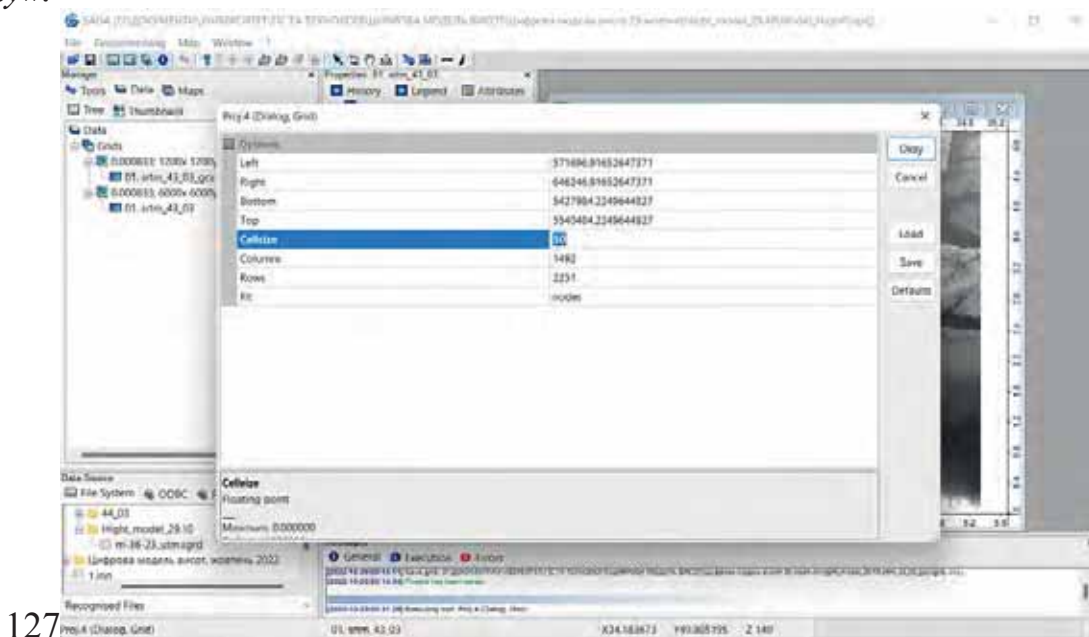


125

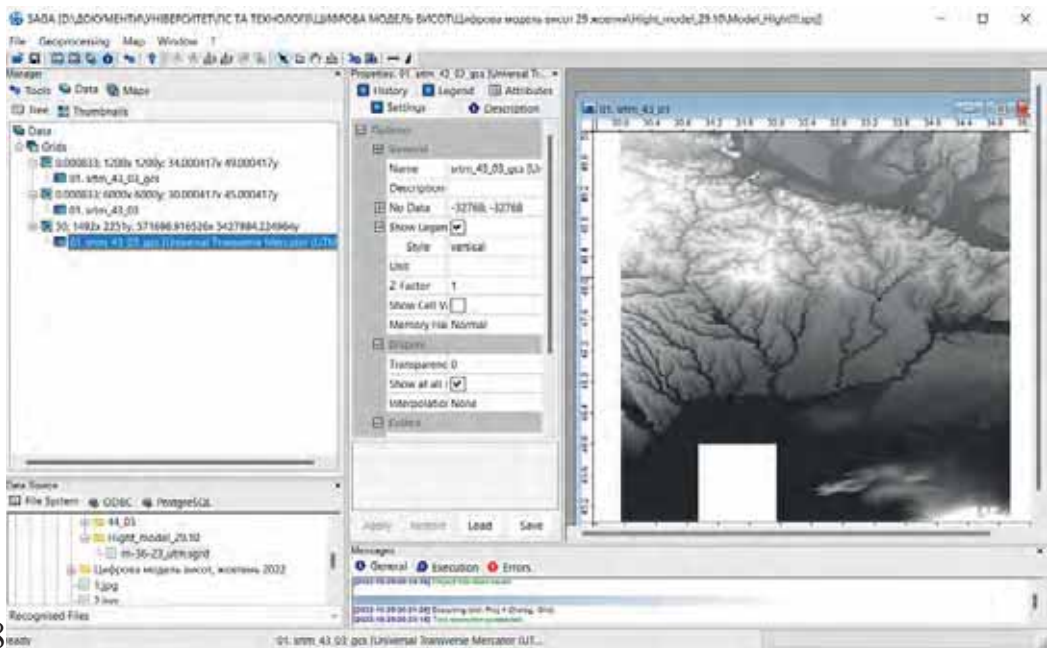
Після натискання «*Ок*» відкривається вікно, в якому необхідно вказати номер зони, попередньо розрахувавши її у відповідності масштабу і номенклатури топографічної карти (крок 126).



Розмір комірки растра встановлюємо 50 м (крок 127). Натискаємо «*Ок*».

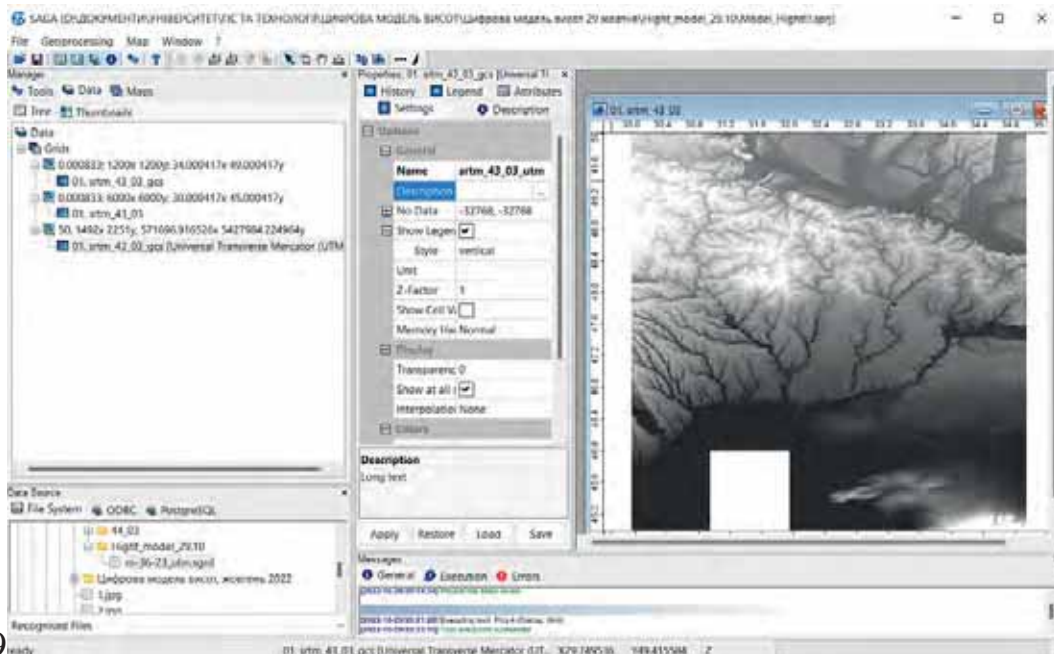


Після завершення процесу зазначення проєкції та її параметрів у вкладці «*Data*» з'явиться новий елемент «*srtm_43_03_gcs [Universal Transverse Mercator (UTM)]*» (крок 128).



128

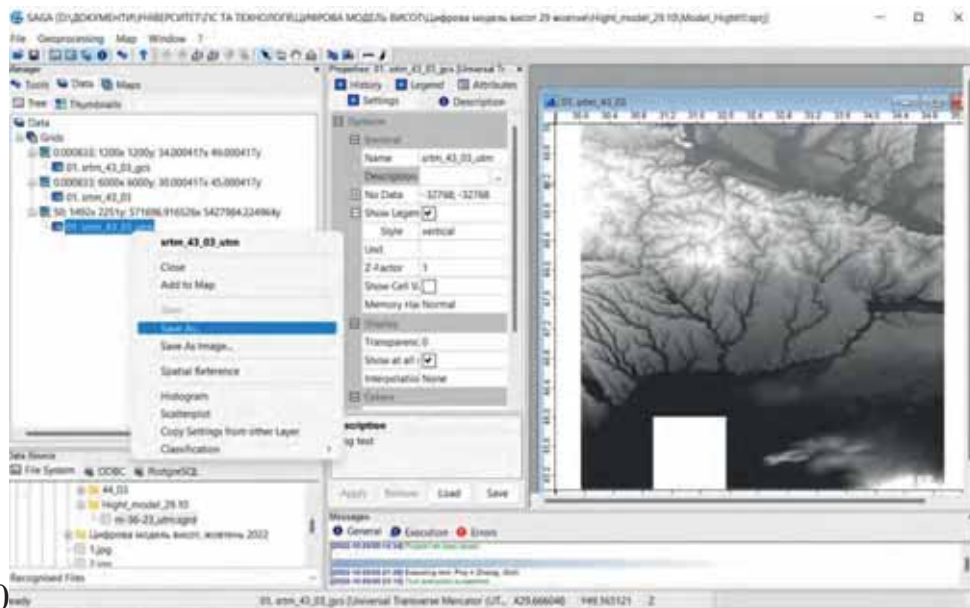
Новий елемент «*srtm_43_03_gcs [Universal Transverse Mercator (UTM)]*» перейменовуємо на «*srtm_43_03_utm*» (крок 129). Для завершення перейменування необхідно натиснути «*Apply*».



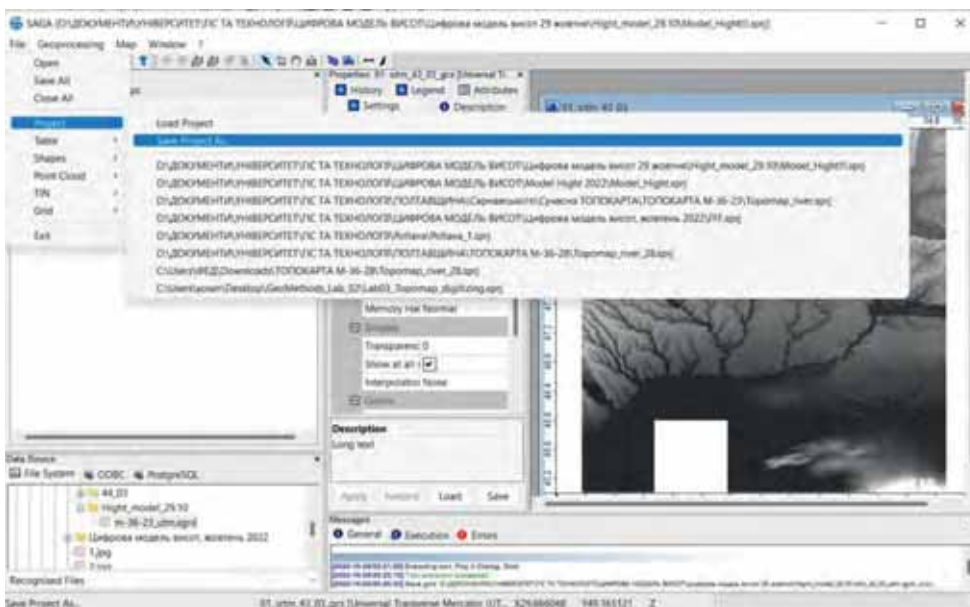
129

Для збереження файлу «*srtm_43_03_utm*» у контекстному меню натискаємо «*Save As...*» (крок 130). Для збереження проекту необхідно на панелі меню «*File*» вибрати «*Project*», а потім «*Save Project As...*» (крок 131). Потім вибрати існуючий проект і погодитися на заміну.

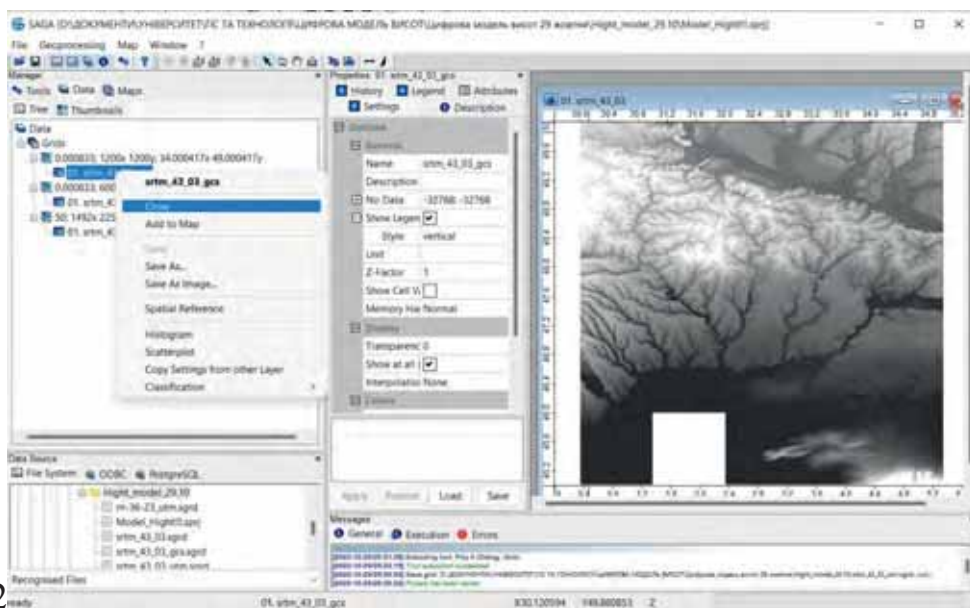
Попереднє растрове зображення можна закрити (крок 132).



130

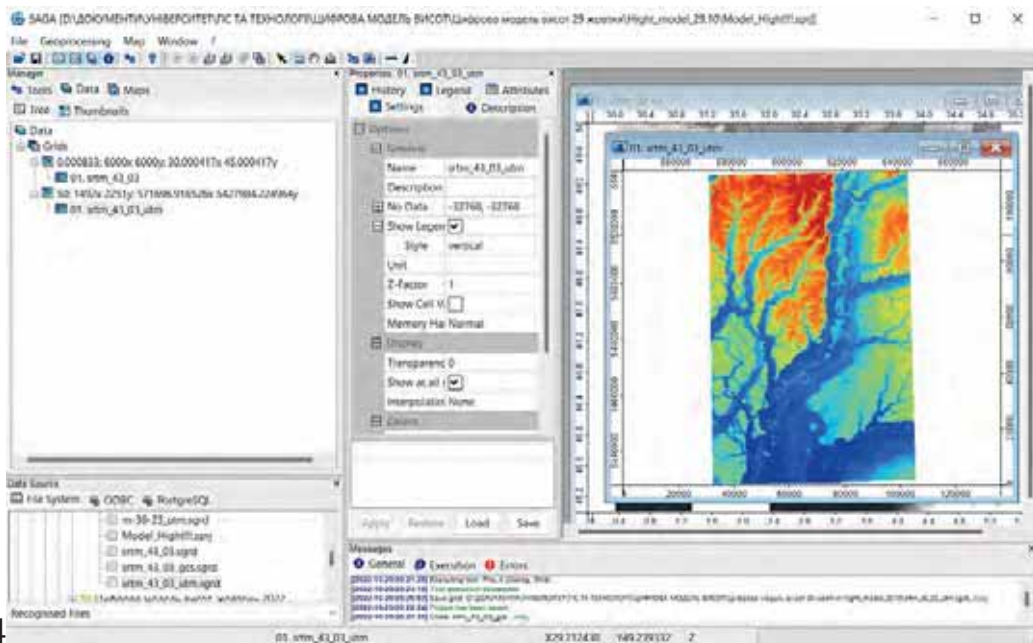
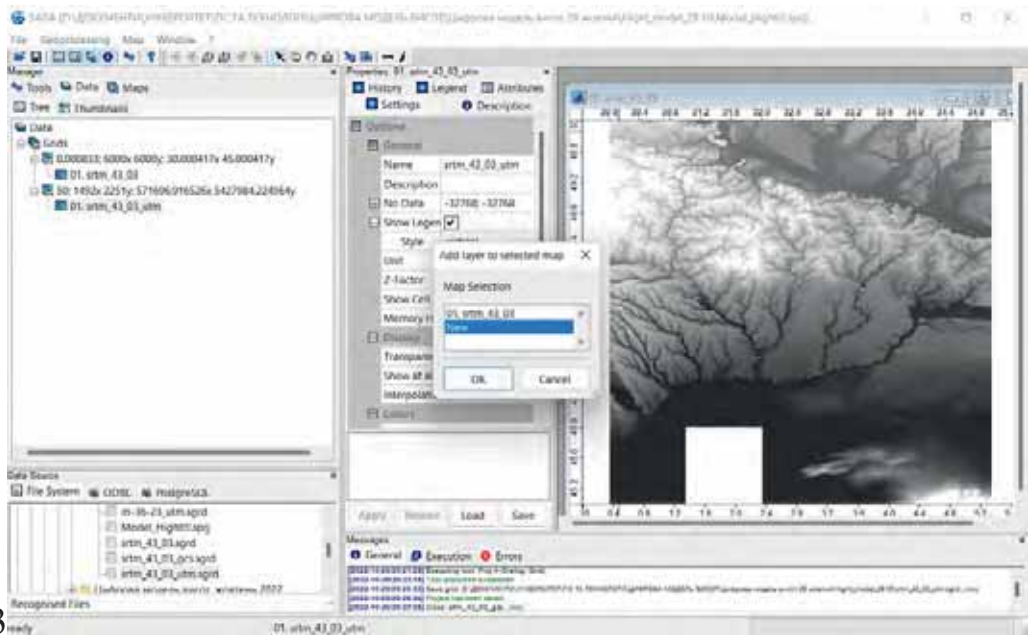


131

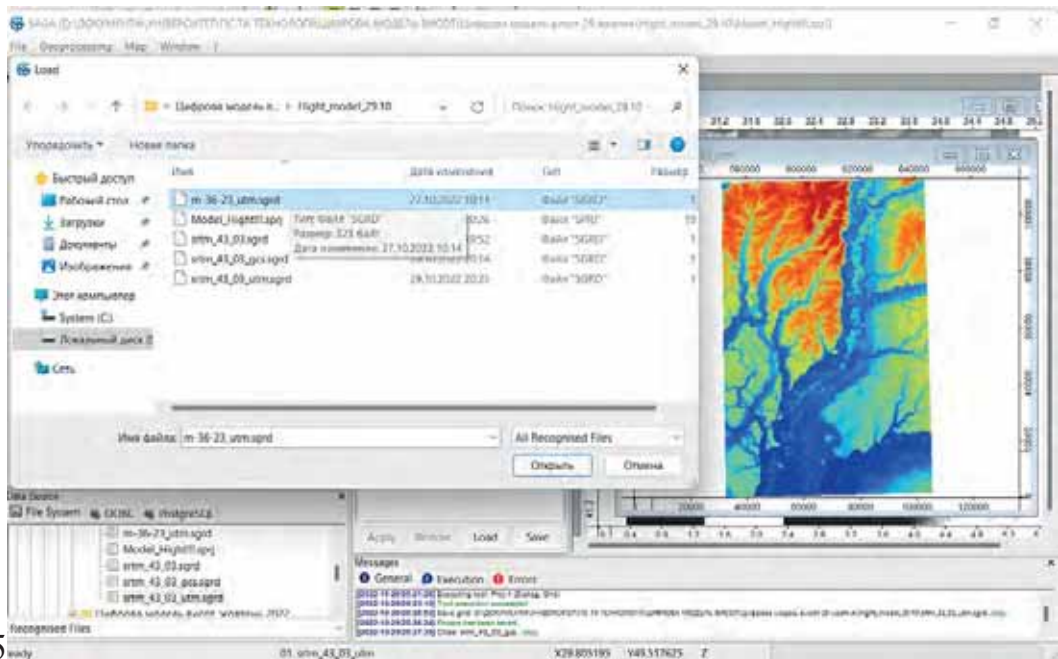


132

Файл «srtm_43_03_utm» відкриваємо в нову карту (кроки 133, 134).

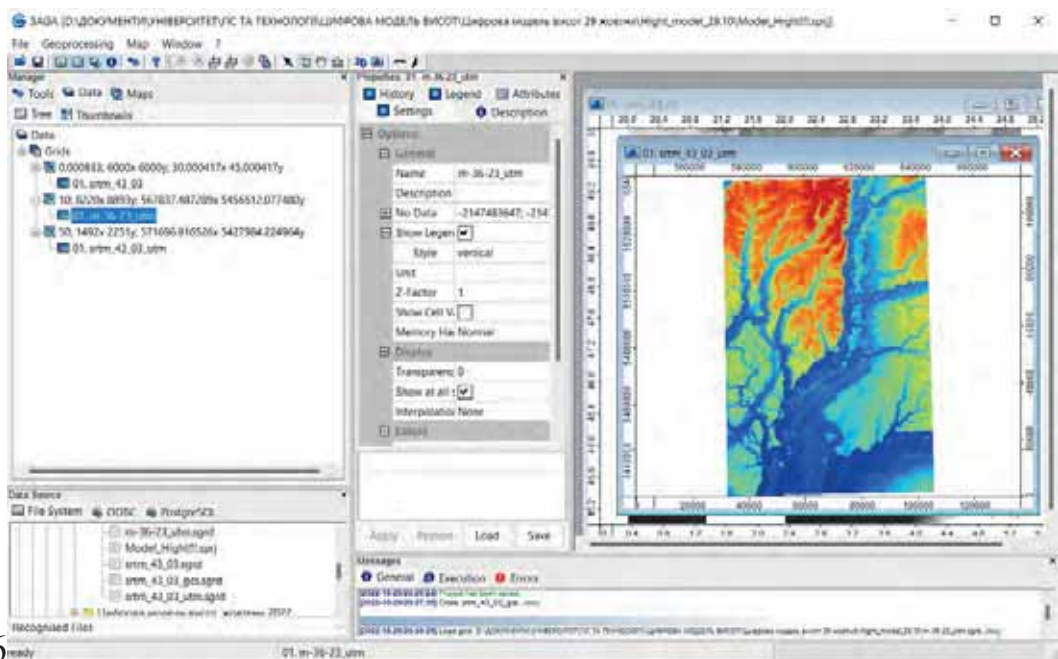


Для подальшої роботи необхідно відкрити топографічну карту, яка попередньо була переведена у спроектовану систему координат. Її можна знайти у збережених файлах (якщо вона не була розроблена для цього проєкту), або у цьому проєкті (якщо робота починалася з неї) (крок 135).



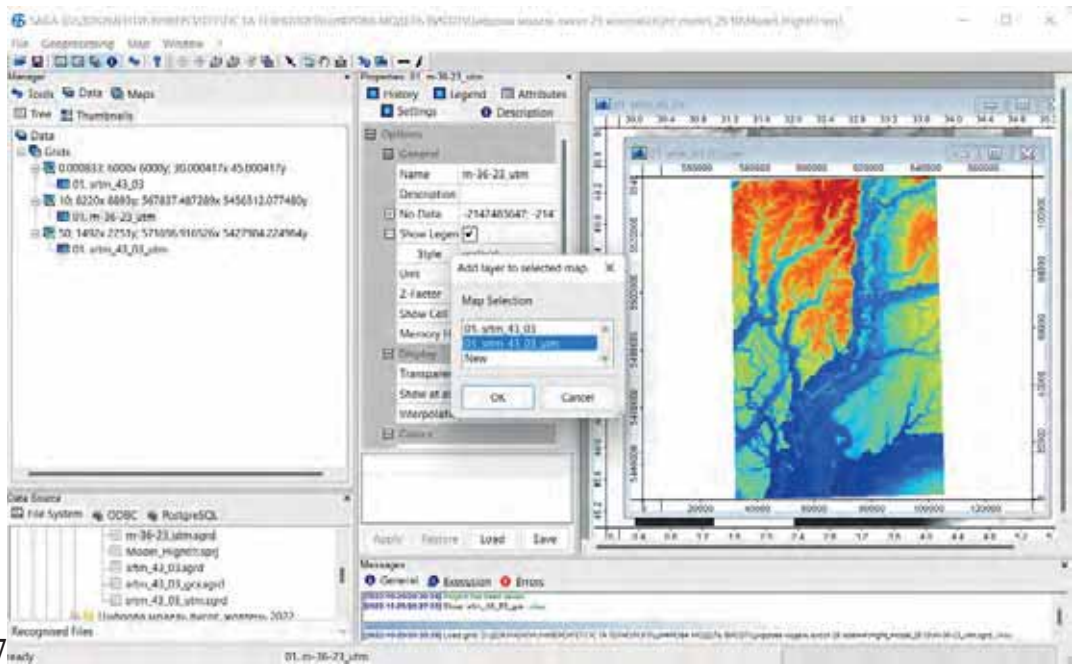
135

У вкладці «Data» з'явився новий елемент «m_36_23_utm» (крок 136).



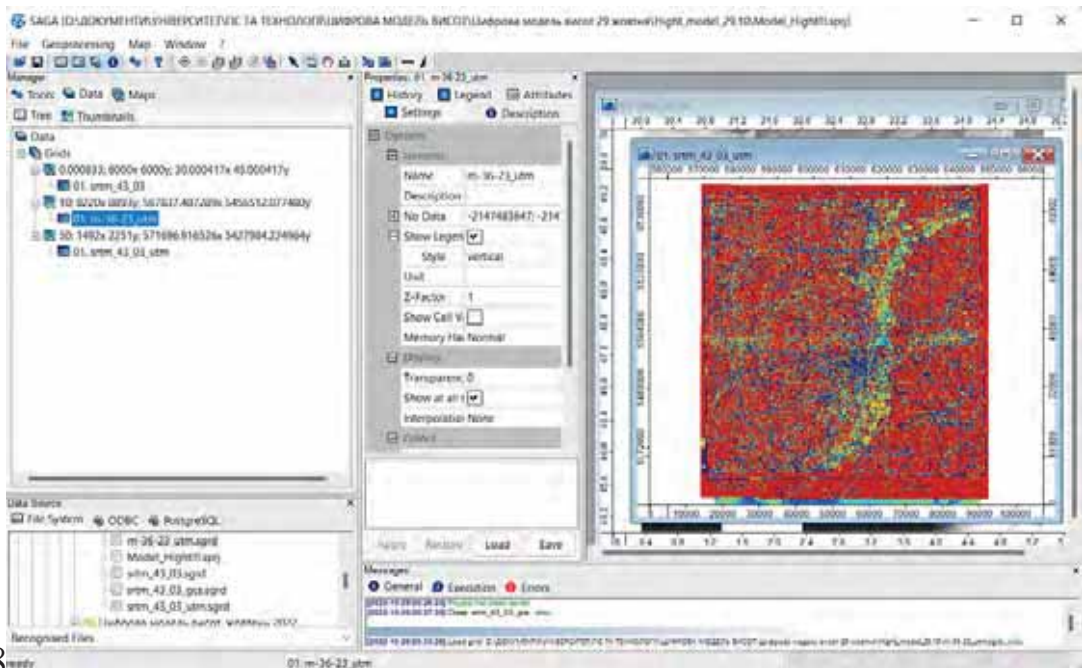
136

Подвійним кліканням на елемент «m_36_23_utm» відкриваємо його на карту «srtm_43_03_utm» (крок 137). Завдяки тому, що растри ЦМР та топографічної карти відповідають одній і тій самій території, а також мають геопросторову прив'язку, їх шари накладаються і утворюють своєрідну модель.

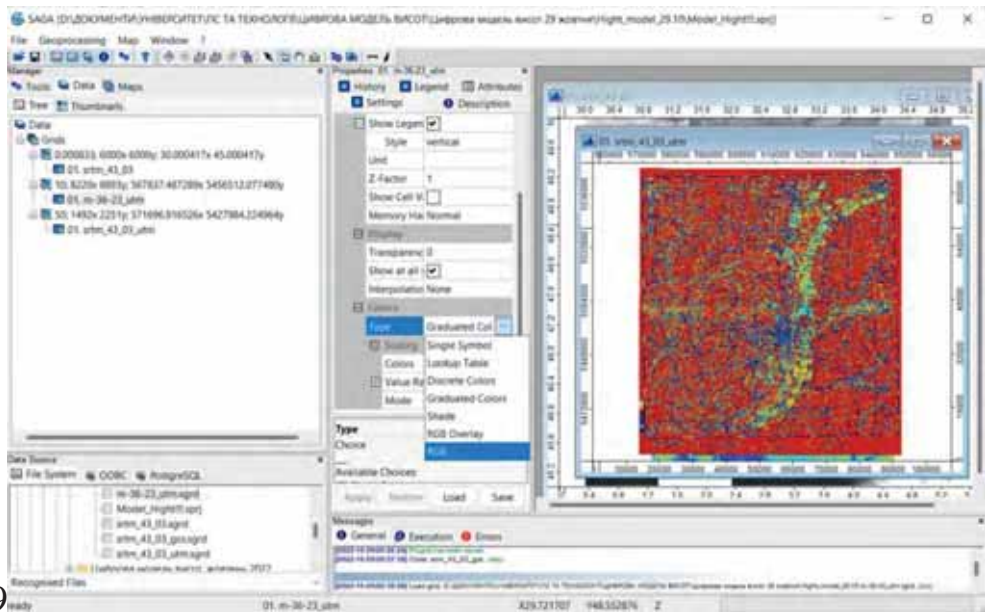


137

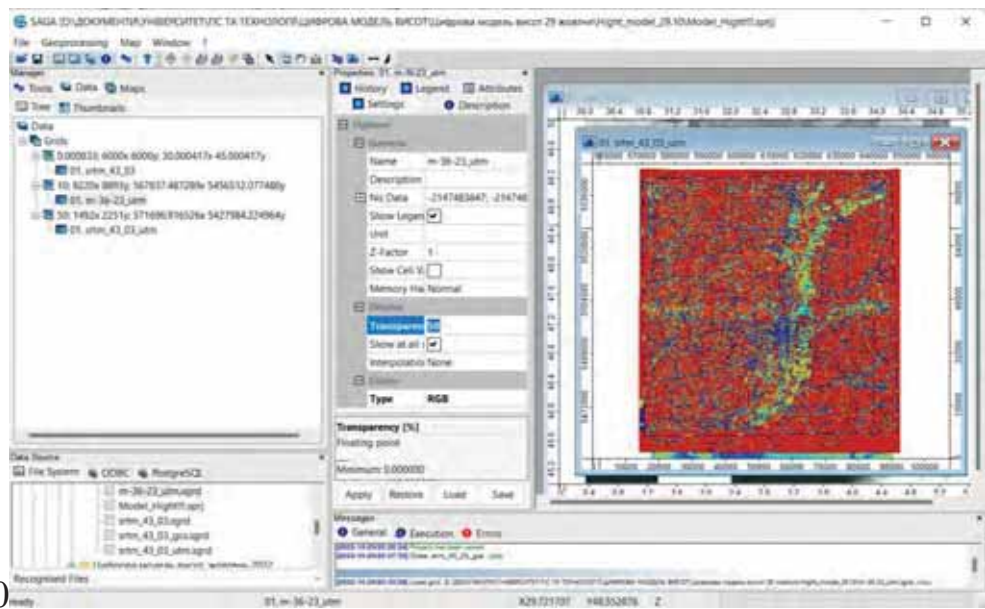
Для коректного відображення кольорів у вкладці «*Settings*» (праворуч) у блоці «*Colors*» – «*Type*» необхідно вибрати «*RGB*», а у розділі «*Display*» встановити значення параметру «*Transparency*» 50%. Натискаємо «*Apply*» (кроки 138, 139, 140, 141).



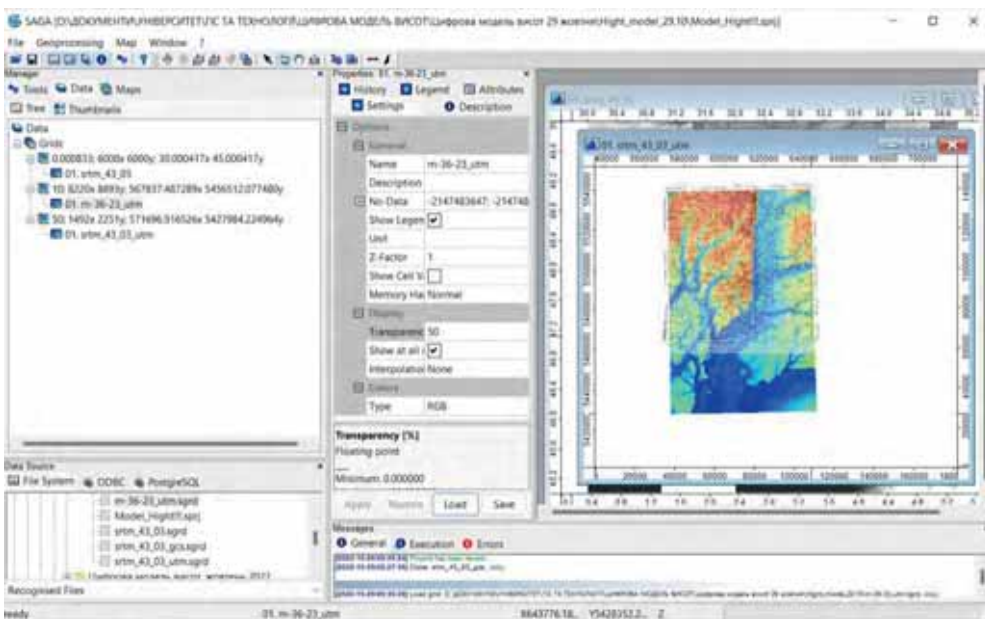
138



139

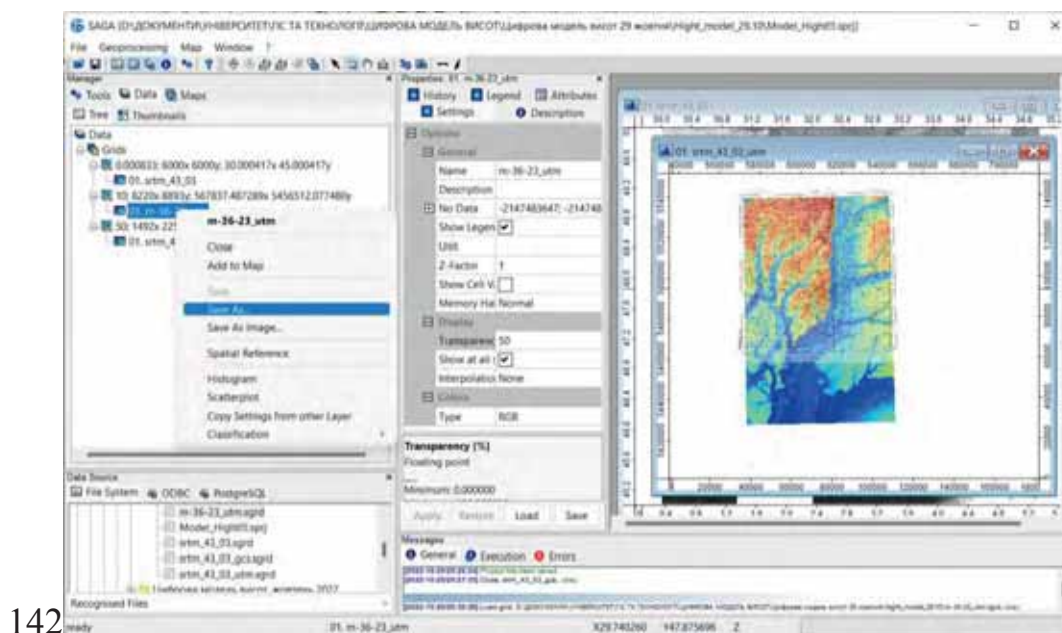


140

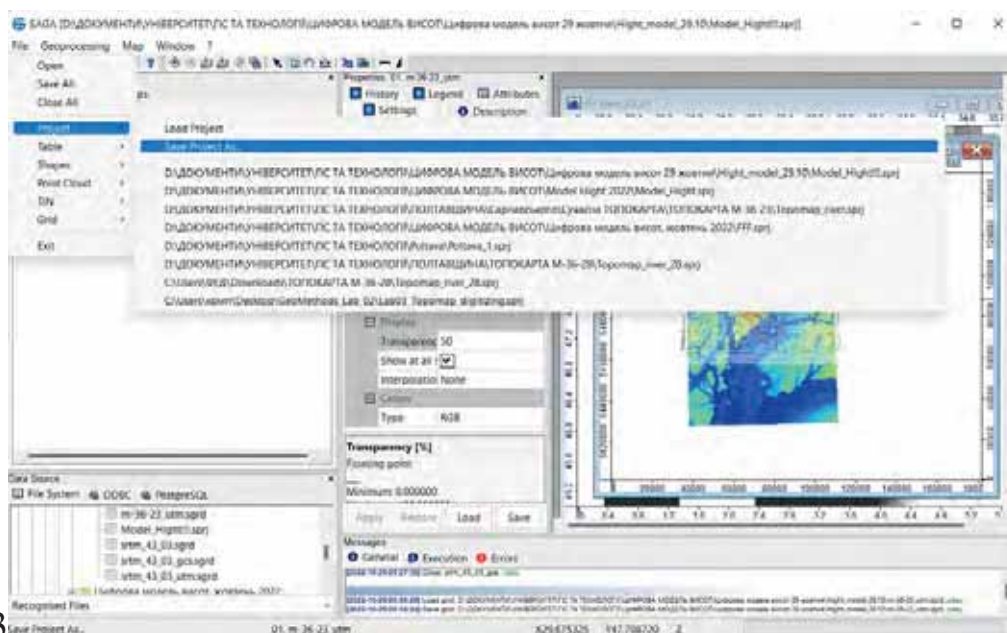


141

Для збереження файлу «*m-36-094_utm*» у контекстному меню натискаємо «*Save As...*» (крок 142). Для збереження проекту необхідно на панелі меню «*File*» вибрати «*Project*», а потім «*Save Project As...*» (крок 143). Потім вибрати існуючий проект і погодитися на заміну.



142



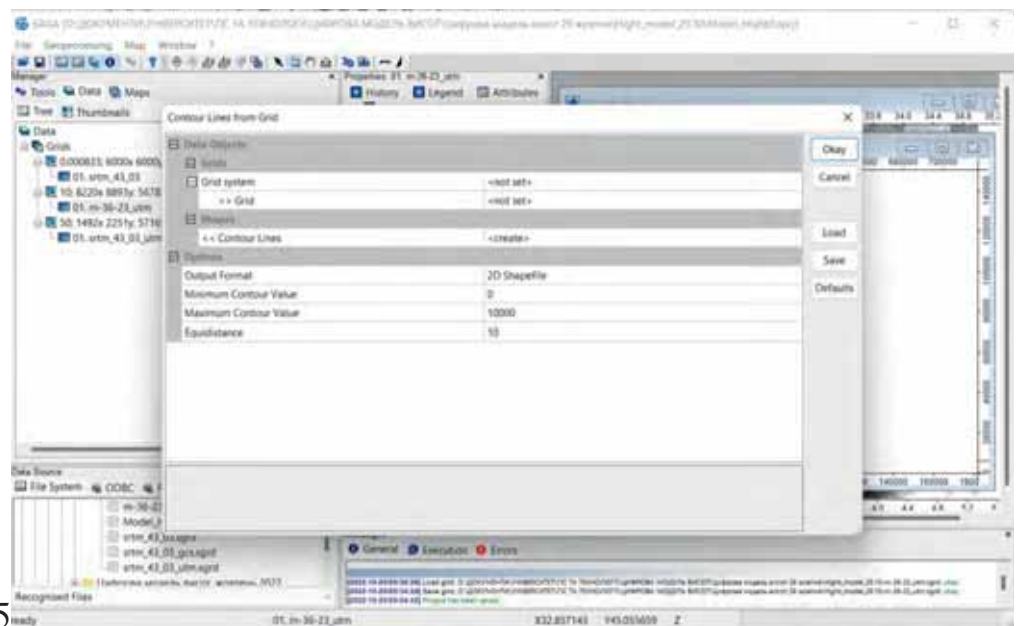
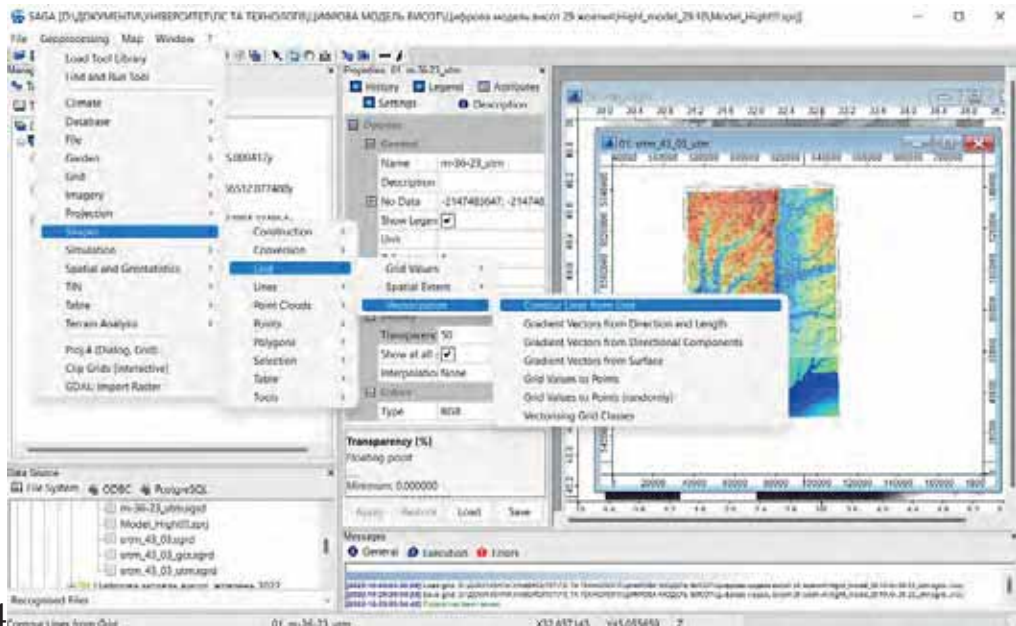
143

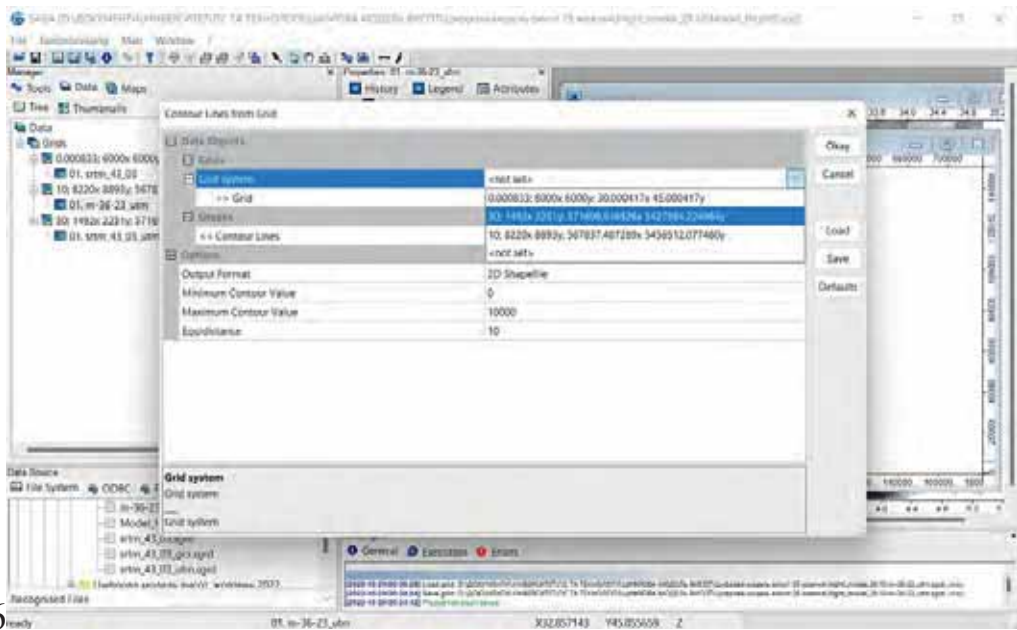
3.8. Побудова горизонталей та фільтрація

Фільтрація належить до методу, який здійснює абстрагування низки впливу факторів на відображення горизонталей. Тобто нерівності, які мають горизонталі після побудови, фільтрація «згладжує» без втрат характеристик рельєфу.

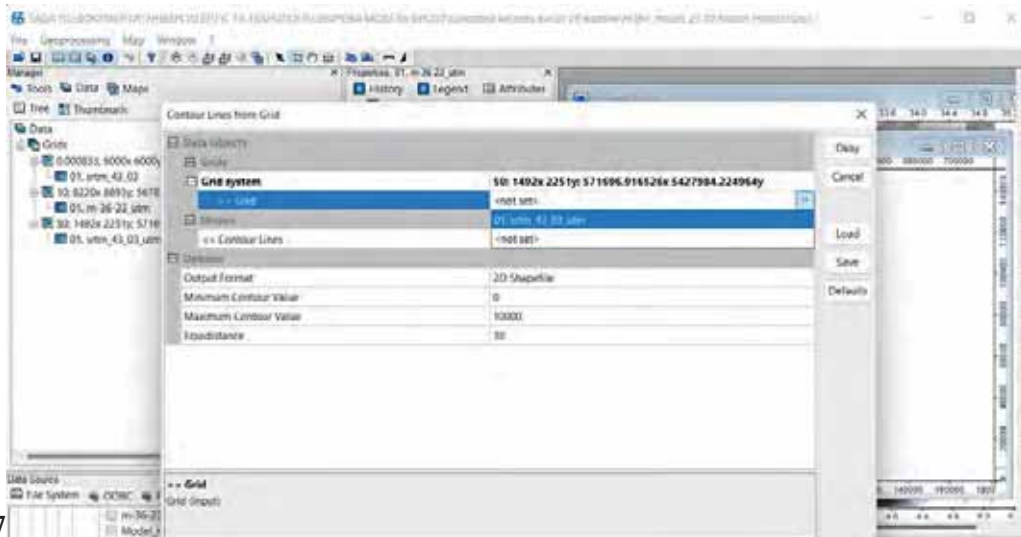
Для побудови горизонталей на основі елементів «*srtm_43_03_utm*» та «*m_36_23_utm*» запускаємо інструмент «*Shapes – Grid – Vectorization –*

Contour Lines from Grid». У вкладці «*Output Format*» обираємо шейп-файл з підтримкою значень Z-3D shapefile. Висоту перерізу рельєфу у вкладці «*Equidistance*» обираємо, залежно від масштабу карти (для нашого прикладу – 5 м) (кроки 144, 145, 146, 147, 148).

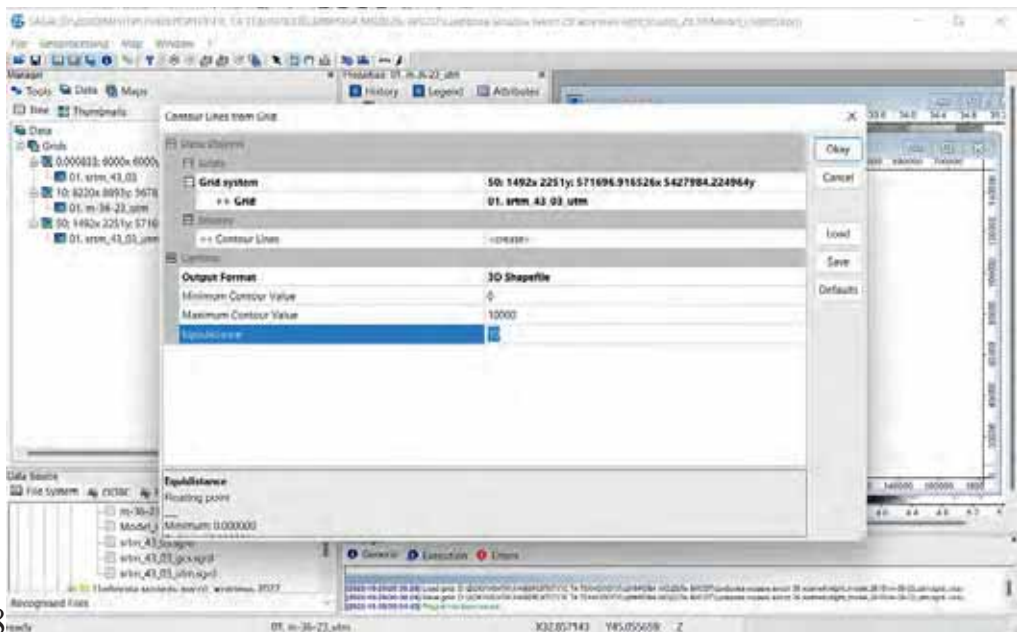




146

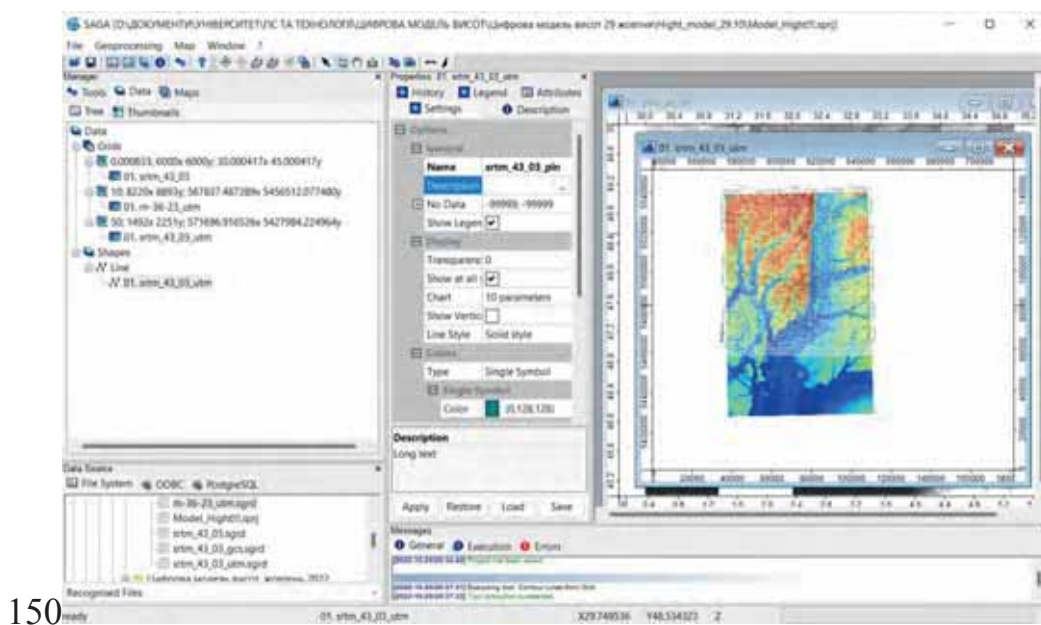
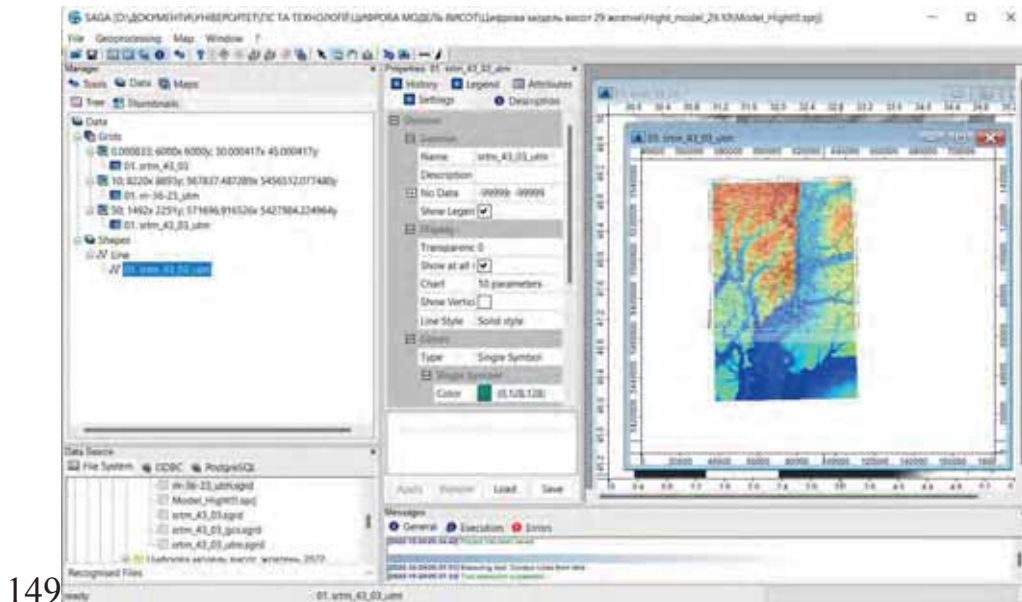


147

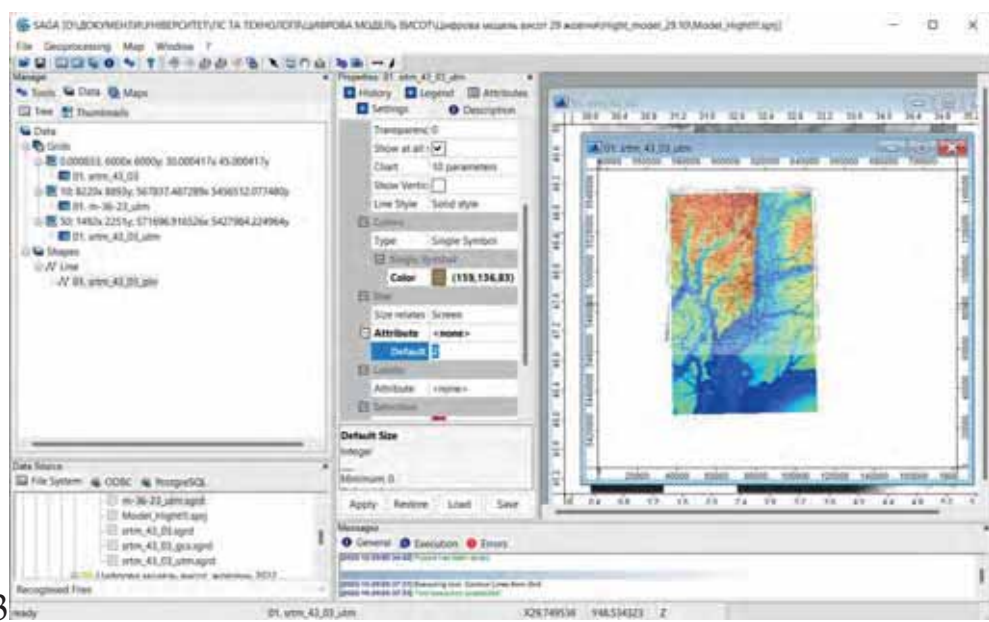
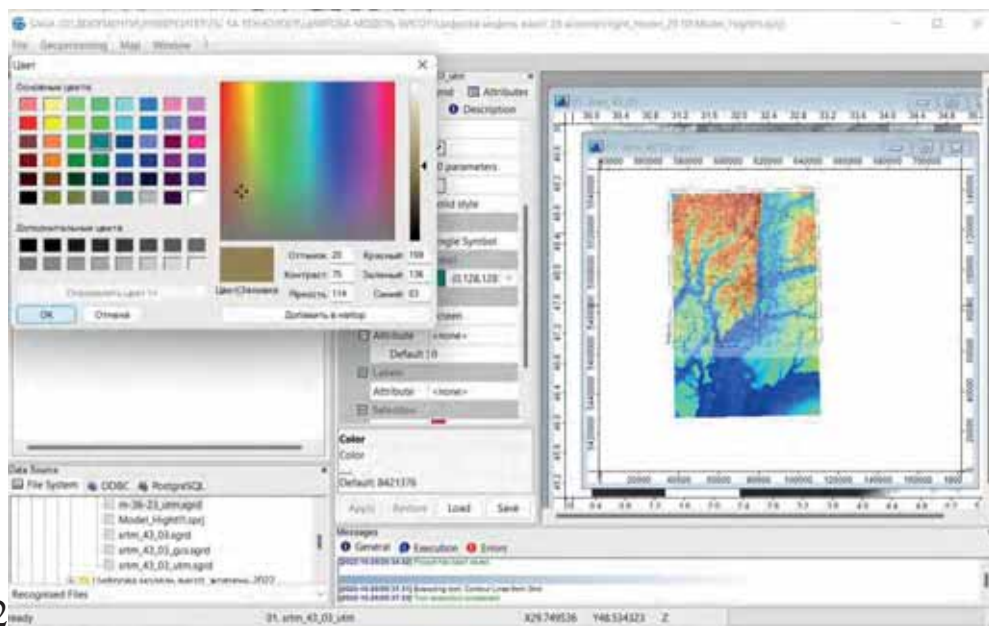
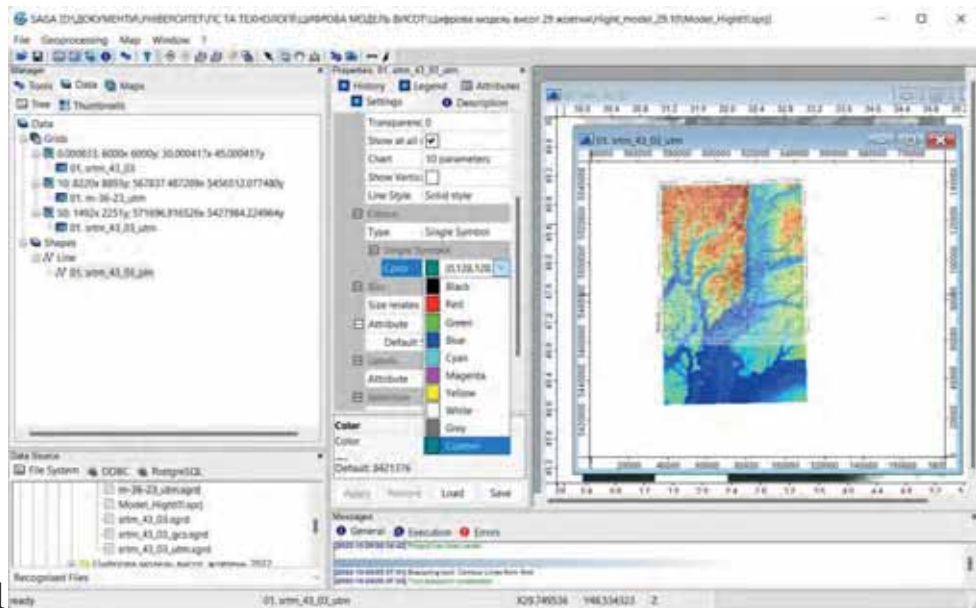


148

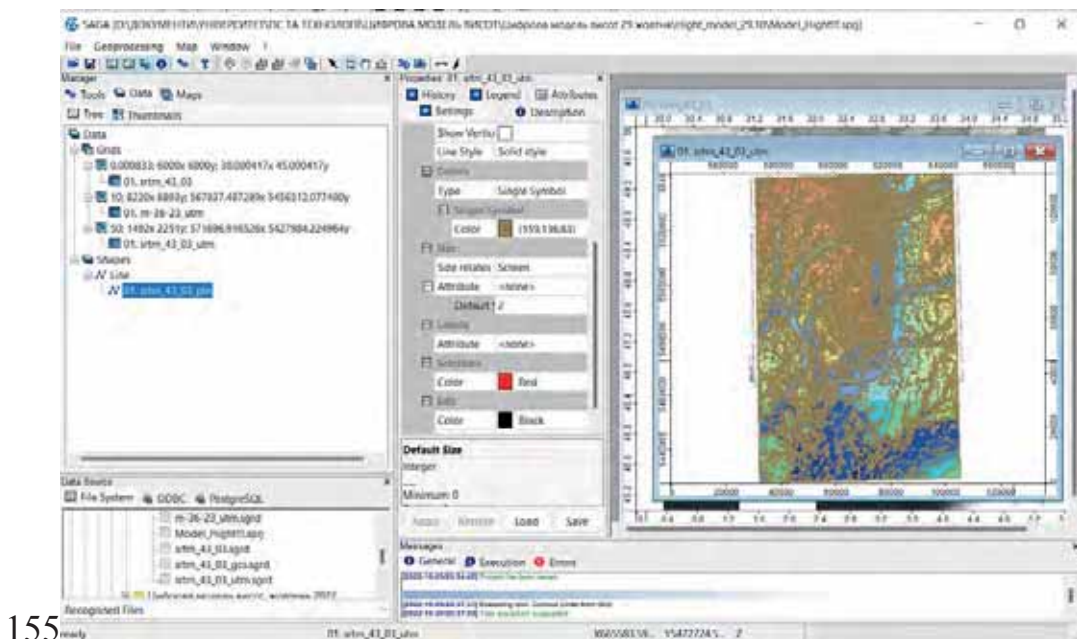
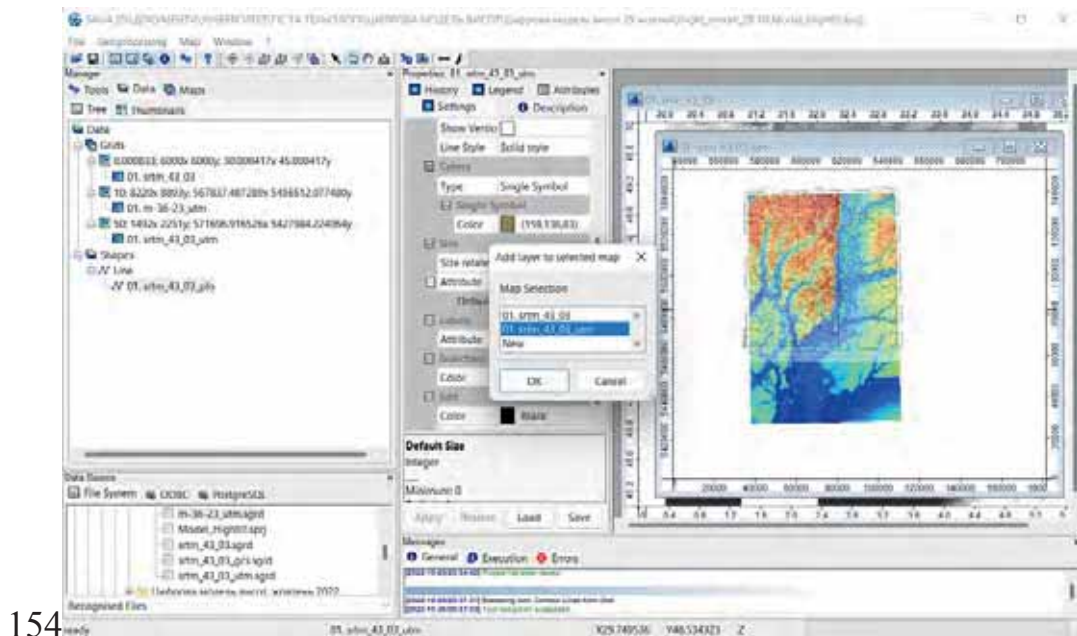
У вкладці «Data» з'явився полілінійний елемент – шейп-файл «srtm_43_03_utm» (крок 149), який потрібно перейменувати на «srtm_43_03_pln» (крок 150), зберегти його через контекстне меню «Save As...», а потім зберегти весь проєкт (необхідно на панелі меню «File» вибрати «Project», потім «Save Project As...», обрати існуючий проєкт і погодитися на заміну).





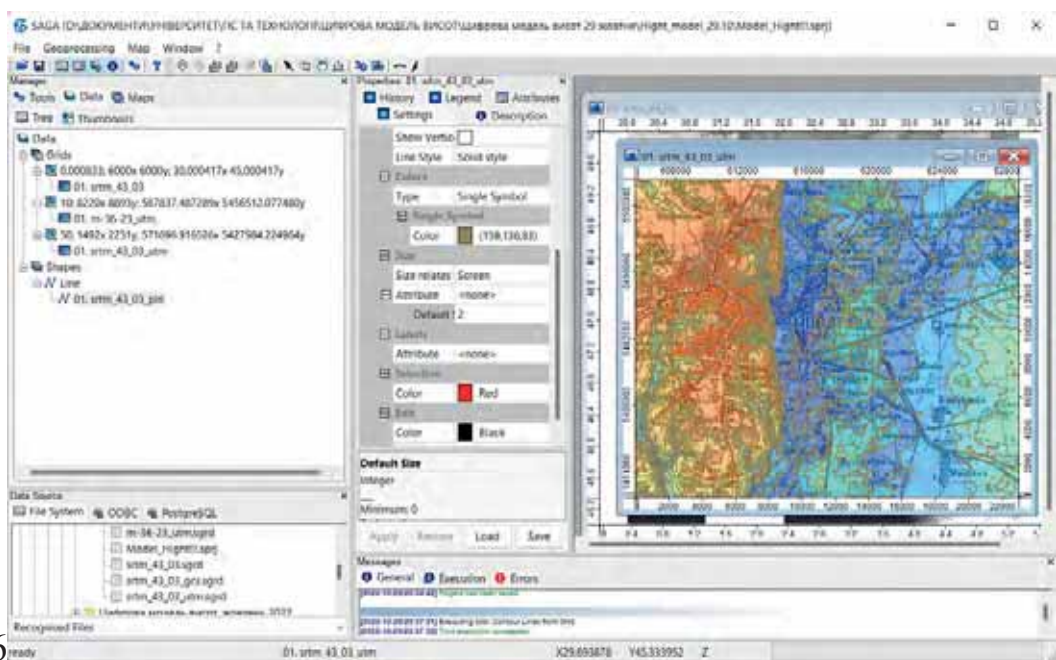
Для коректного відображення параметрів (кольорів та розмірів) горизонталей у вкладці «Settings» (праворуч) у блоці «Colors» – «Custom» необхідно вибрати колір з палітри (кроки 151, 152), а у блоці «Size» – «Default» встановити значення 2 (крок 153) і натиснути «Apply».



Подвійним кліканням мишки відкриваємо шейп-файл «*srtm_43_03_pln*» на існуючу карту «*srtm_43_03_utm*» (кроки 154, 155).

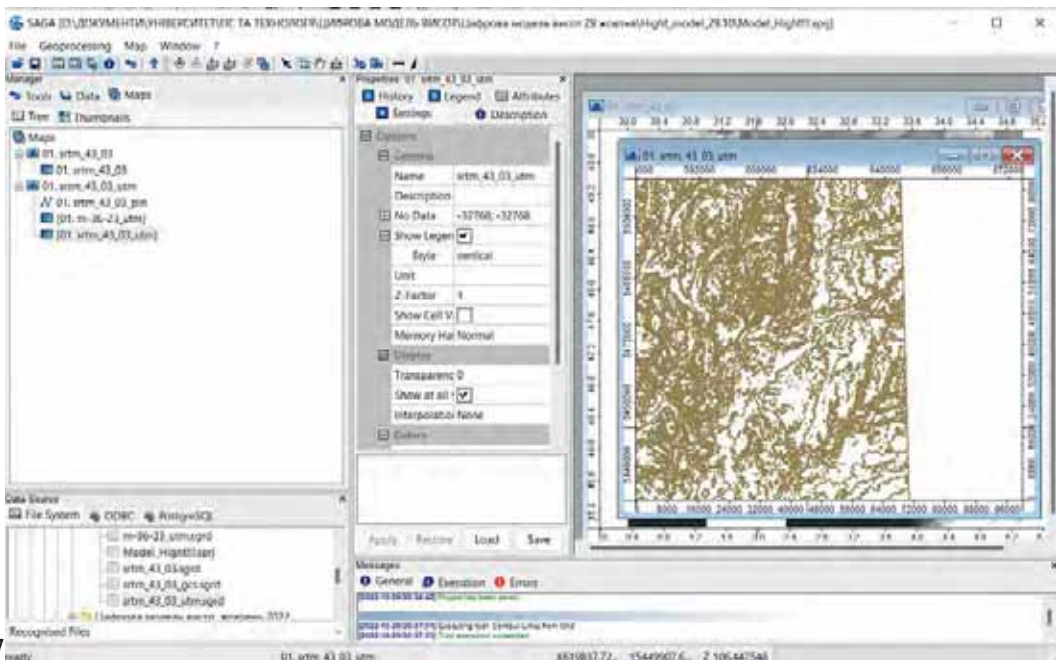


Створену карту можна масштабувати, використовуючи інструмент панелі меню  – «*Zoom*» та переміщувати аркуш карти інструментом  – «*Pan*» (крок 156).

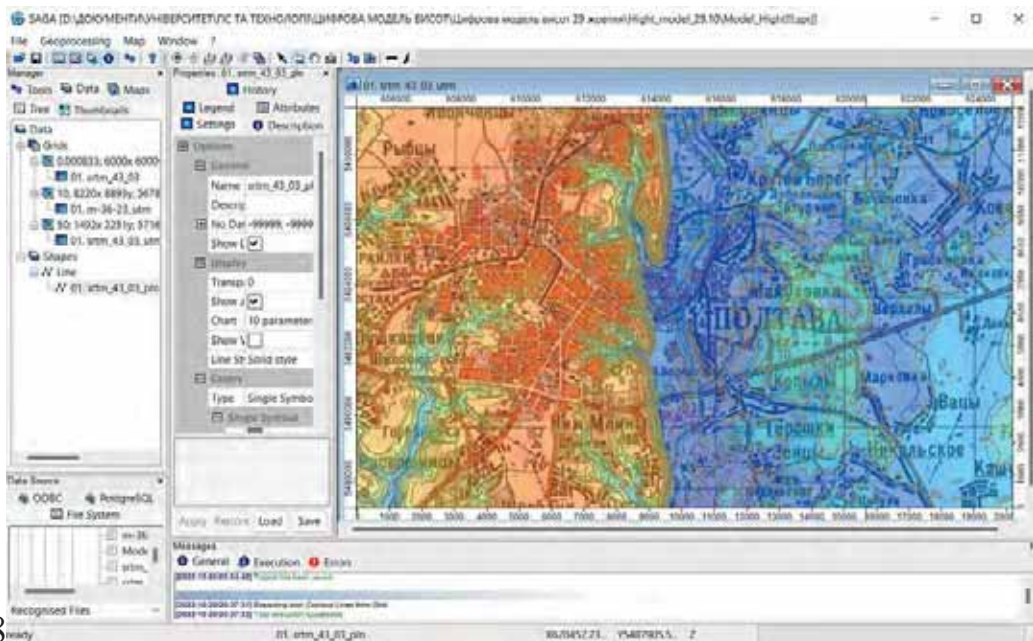


156

Для прибирання «підкладки» можна обрати у вкладці «Maps» растрові зображення та подвійним кліканням «захопити» їх у квадратні дужки. В результаті можна побачити побудовані горизонталі обраної території (крок 157). Для повернення до нашого проєкту необхідно зняти квадратні дужки на растрових «підкладках» у вкладці «Maps» і відкрити вкладку «Data» (крок 158).

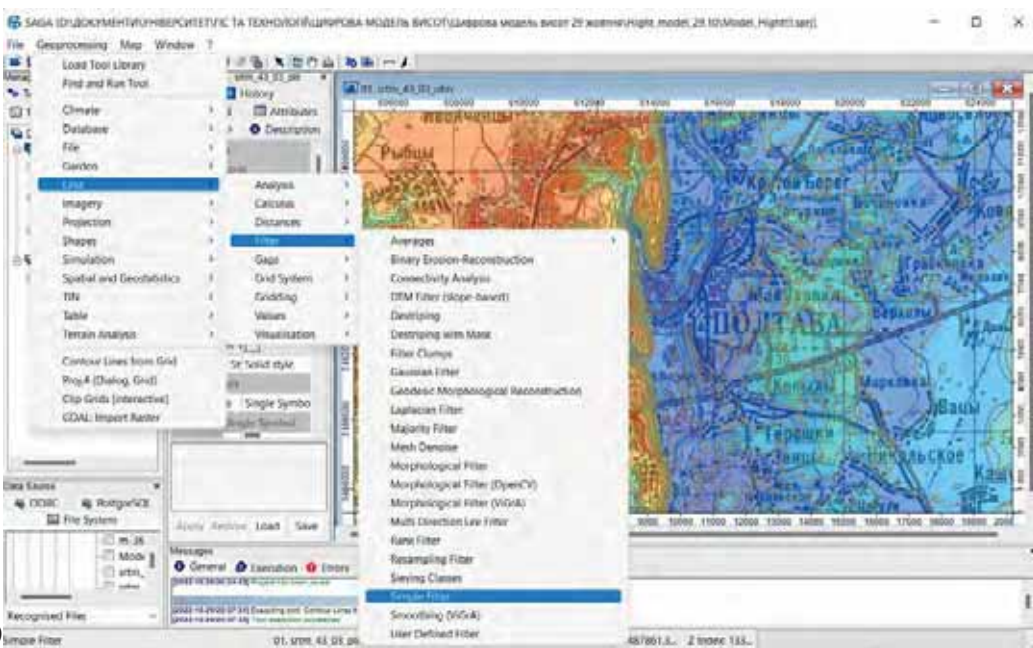


157



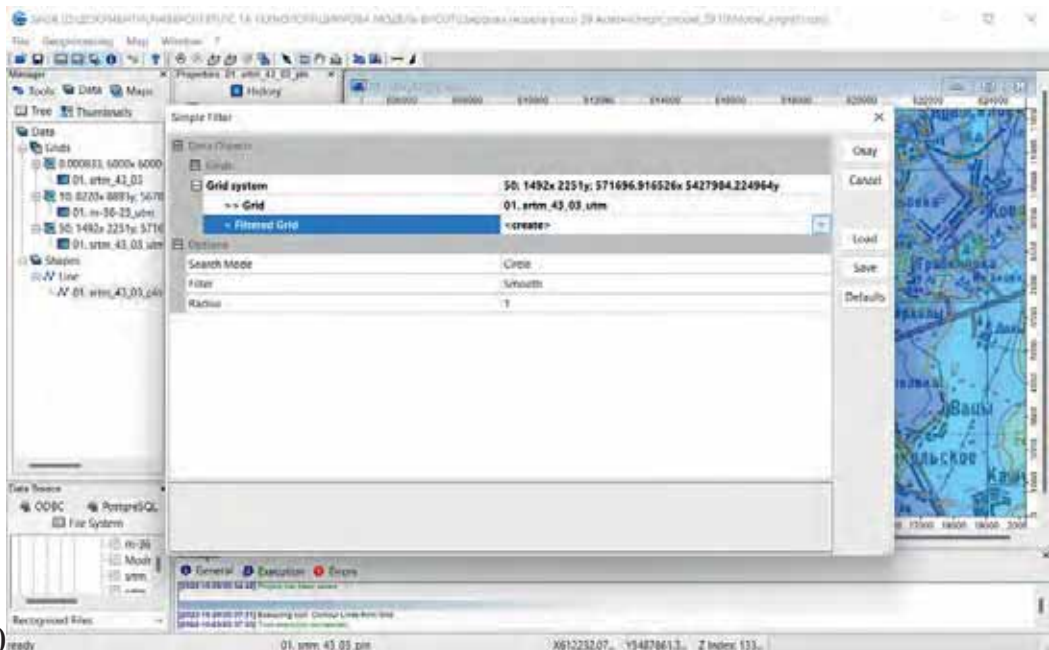
158

Для здійснення фільтрації (вирівнювання нерівностей горизонталей) запускаємо інструмент «Grid – Filter – Simple Filter» (крок 159).



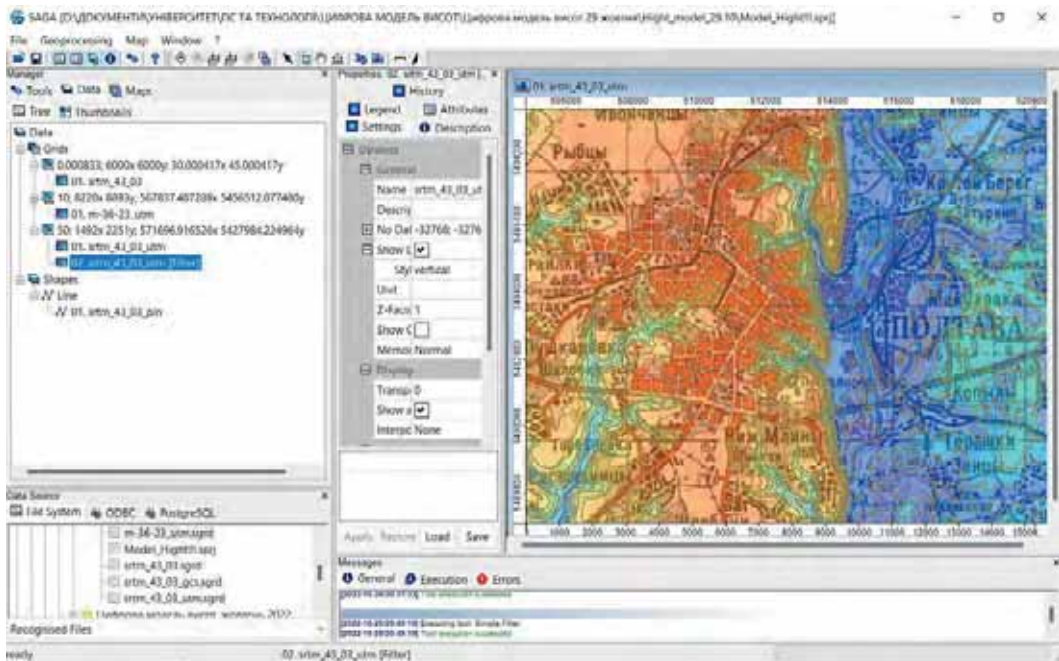
159

При запуску інструмента відкривається вікно, в якому виставляємо параметри створеного нового елемента. В ньому розраховані нові значення комірок растра за математичною формулою, тобто перераховані значення центральної комірки на основі значень її сусідів (крок 160).

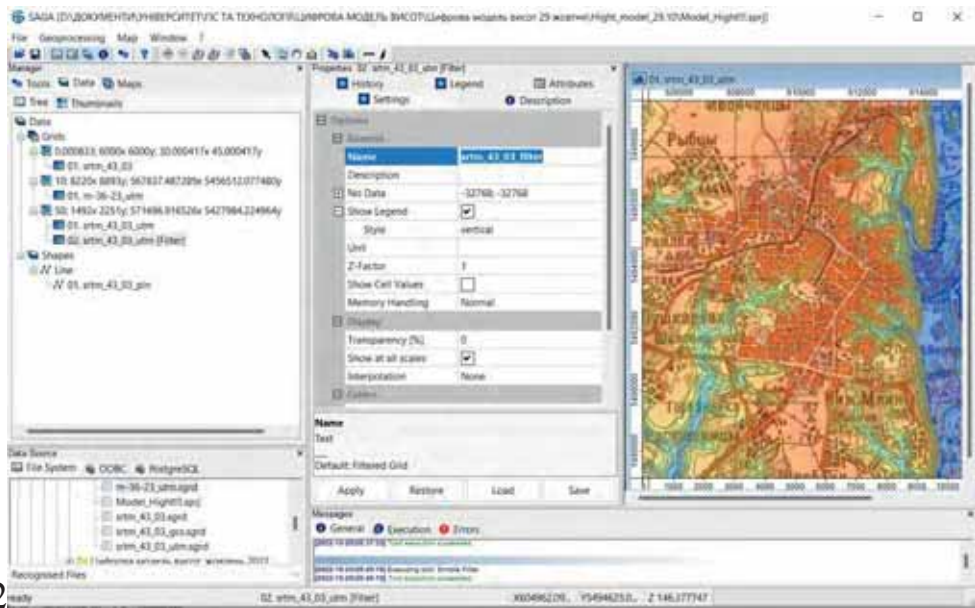


160

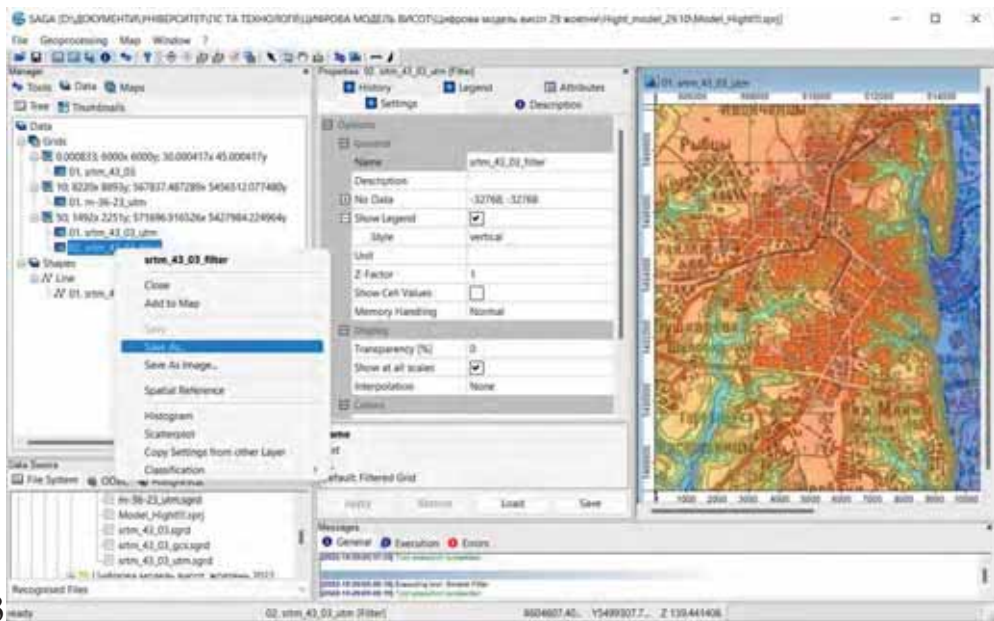
У вкладці «Data» з'явився новий елемент – «srtm_43_03_utm [Filter]», який необхідно перейменувати на «srtm_43_03_filter», зберегти спочатку як файл, а потім – як елемент проєкту (кроки 161, 162, 163, 164). Для остаточних змін натискаємо «Apply».



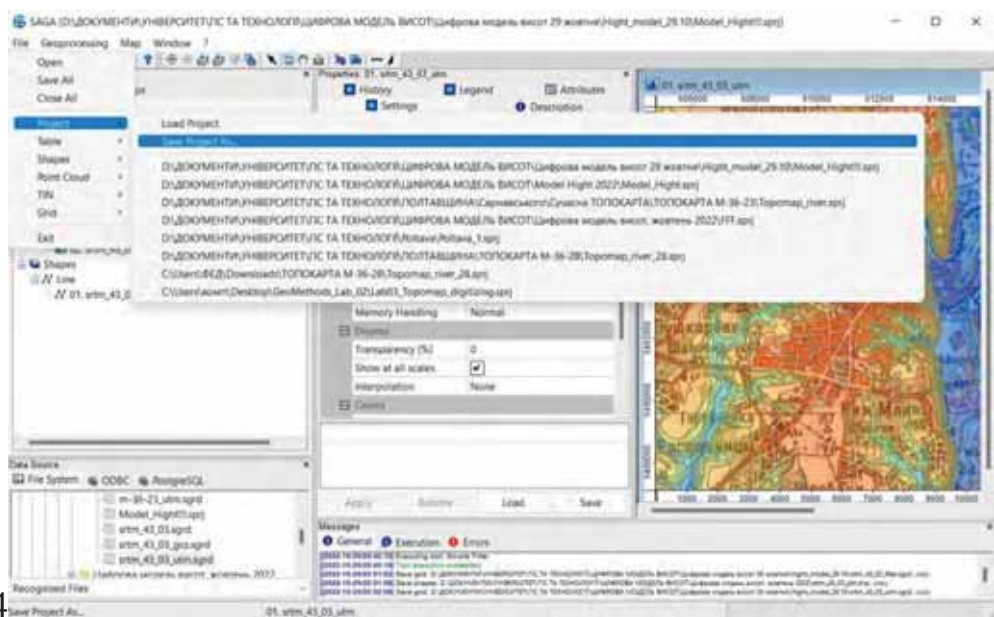
161



162

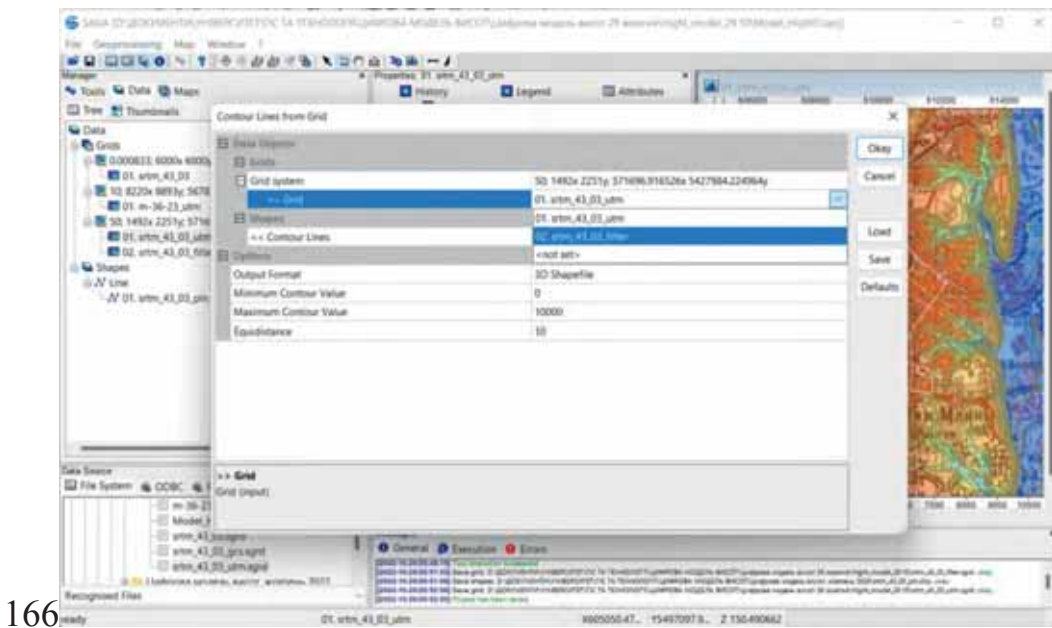
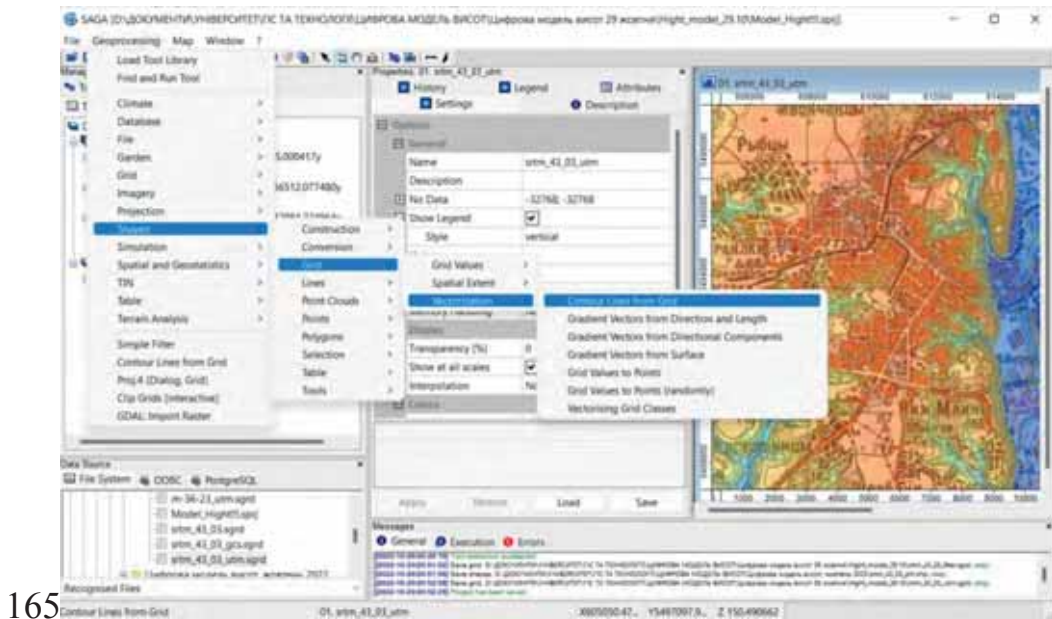


163

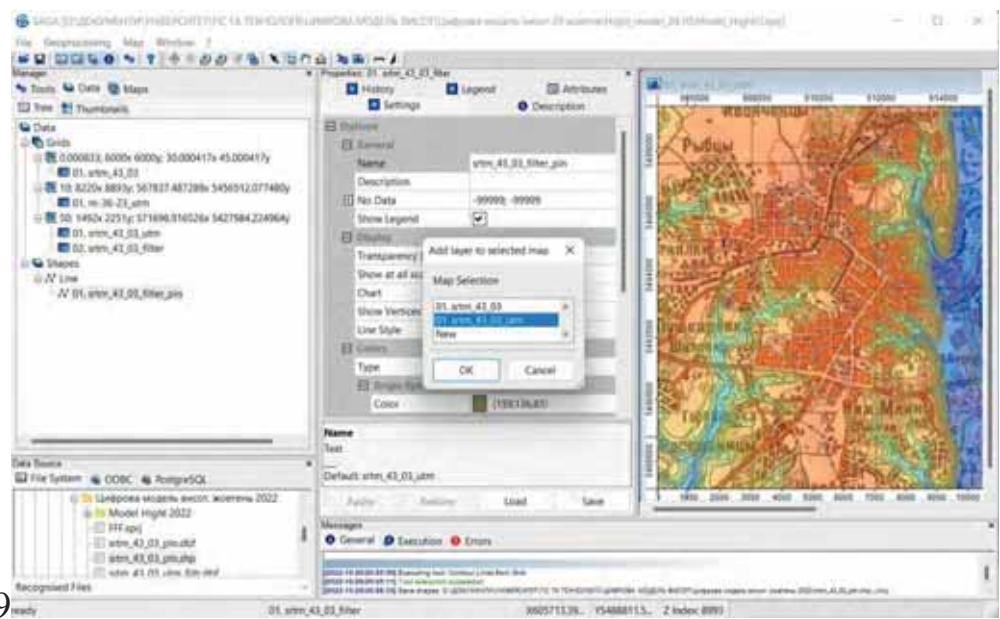
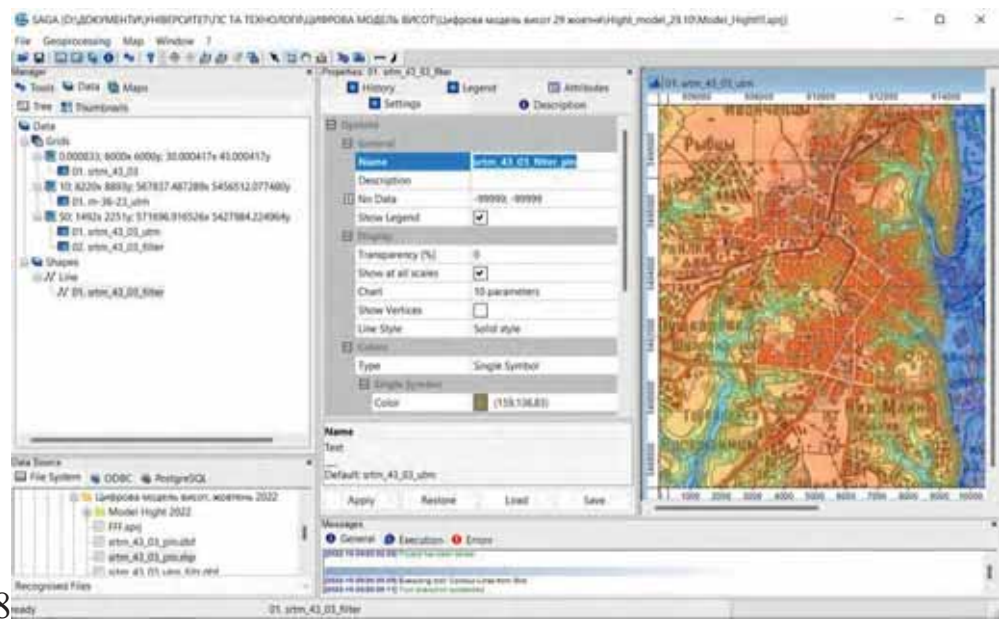
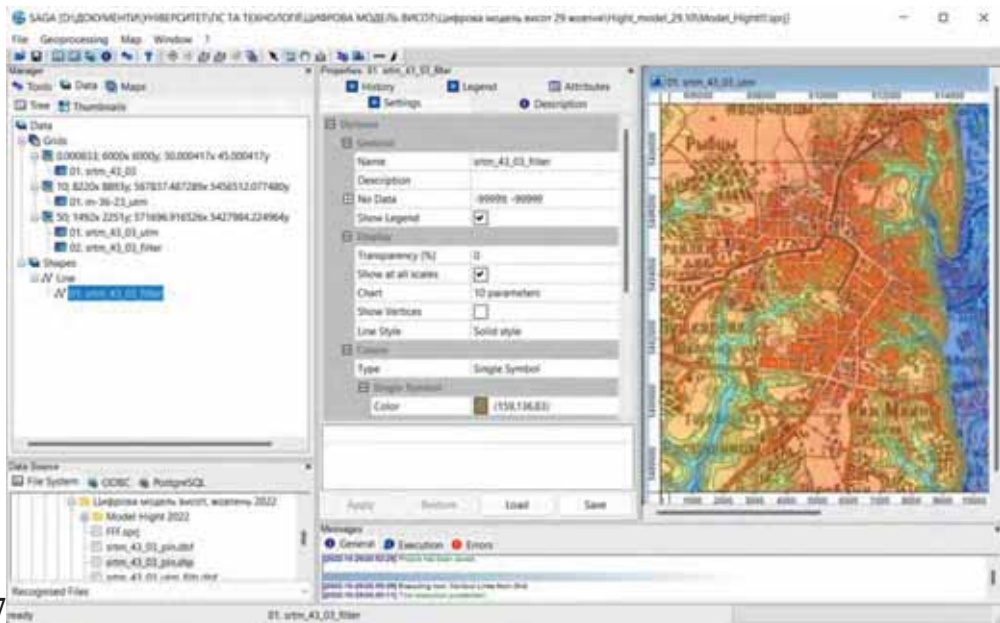


164

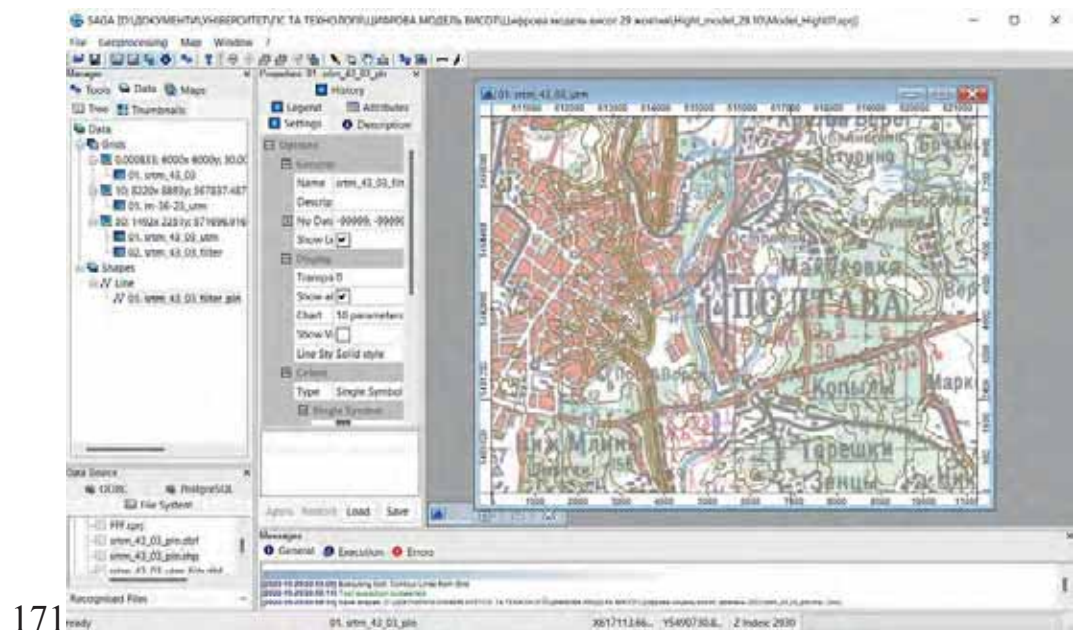
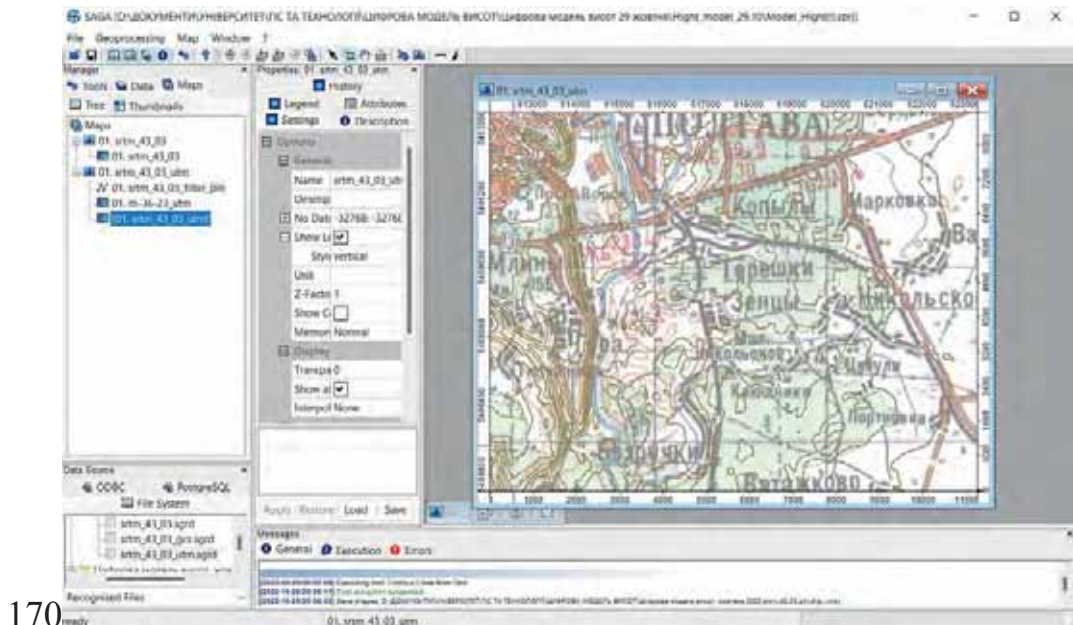
Застосовуючи інструмент «*Shapes – Grid – Vectorization – Contour Lines from Grid*», будуємо нові горизонталі на файлі «*srtm_43_03_filter*» (кроки 165, 166).



Елемент, який був створений, перейменуємо на «*srtm_43_03_filter_pln*» (кроки 167, 168), спочатку зберігаємо через контекстне меню «*Save As...*», а потім – як проєкт (необхідно на панелі меню «*File*» вибрати «*Project*», потім «*Save Project As...*», обираємо існуючий проєкт і погоджуємося на заміну). Файл «*srtm_43_03_filter_pln*» відкриваємо на основі профільованого фрагменту «*srtm_43_03_utm*» (крок 169).

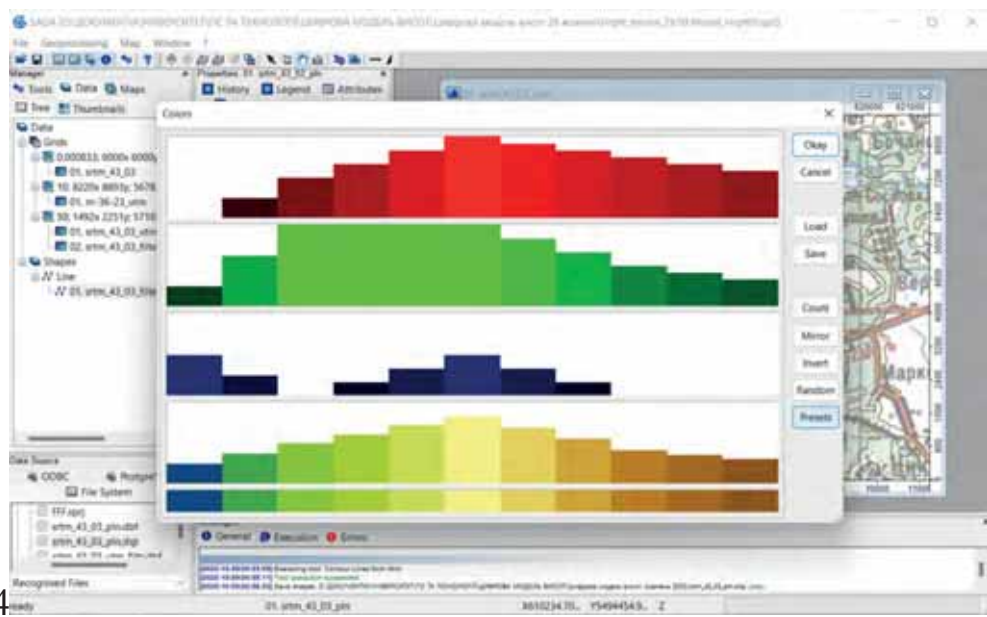
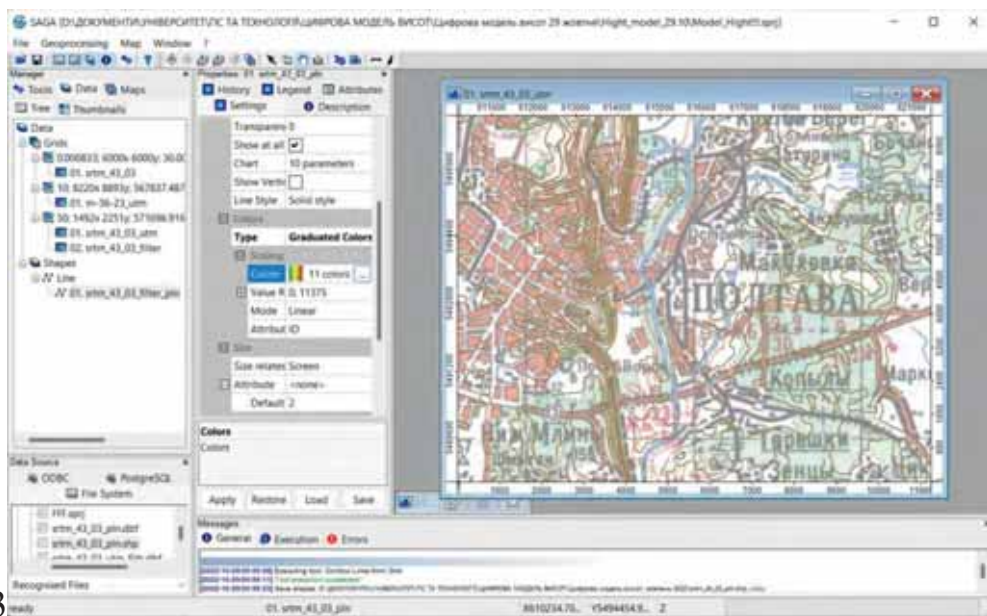
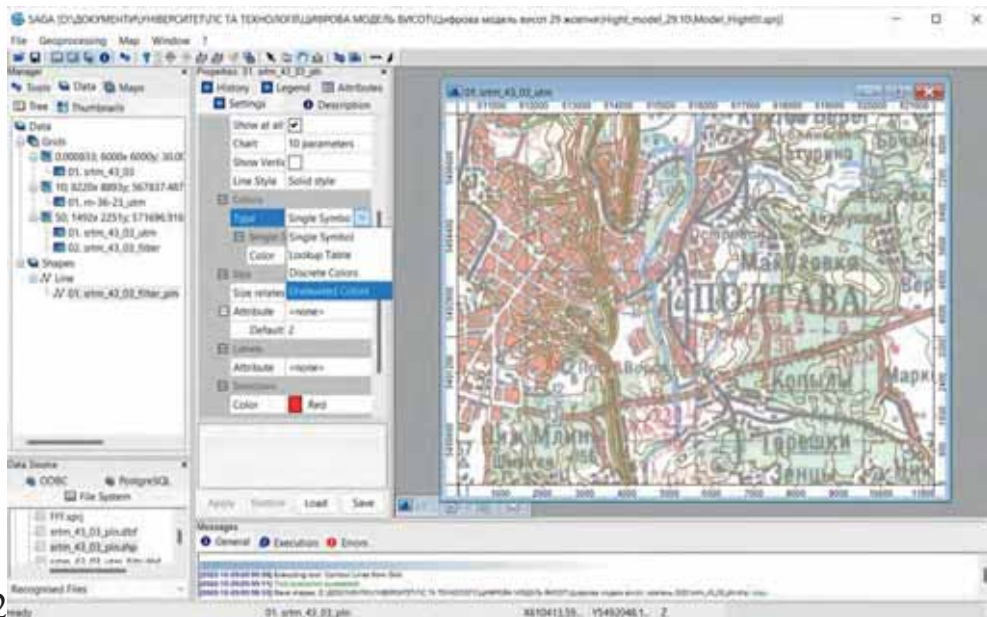


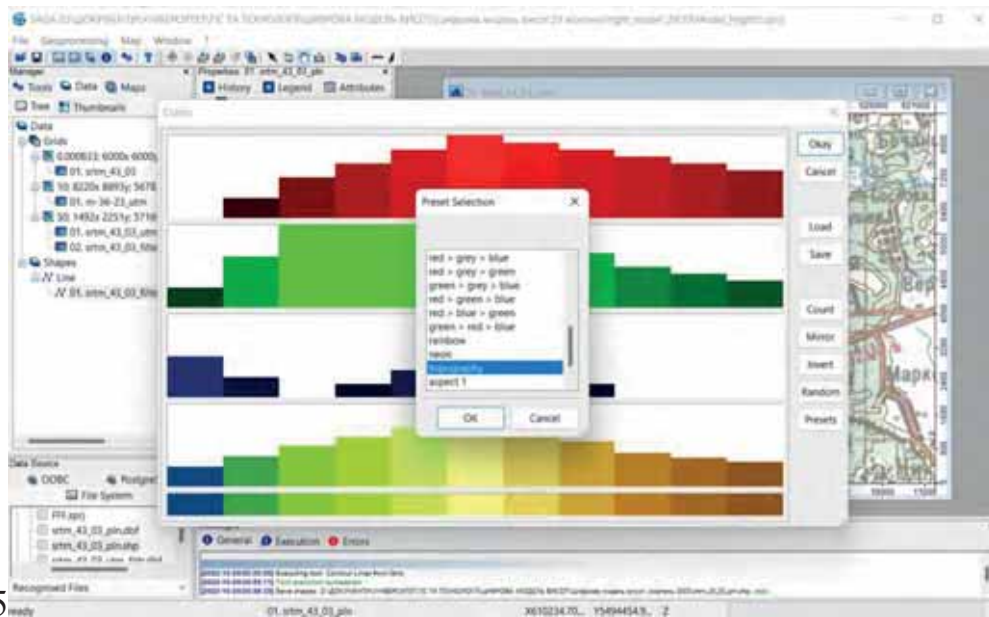
У блоці «Maps» можна «помістити» зайві елементи в квадратні дужки (двічі клікнути на ньому) для перегляду зображення горизонталей (крок 170) і повернутися до блоку «Data» (крок 171). За необхідності фільтрацію можна здійснювати декілька разів, оскільки горизонталі можуть з першого разу не згладитися.



Для зміни кольорів горизонталей у блоці «Colors» – «Type» вибрати «*Graduated Colors*» (крок 172), обрати «*11 colors*» та [...] (крок 173), обрати «*Presets – topography*» (кроки 174, 175) і натиснути «*Apply*» (крок 176).

У блоці «Maps» можна «помістити» зайві елементи в квадратні дужки (двічі клікнути на ньому) для перегляду зображення горизонталей, масштабуючи зображення (кроки 177, 178) і повернутися до блоку «Data».

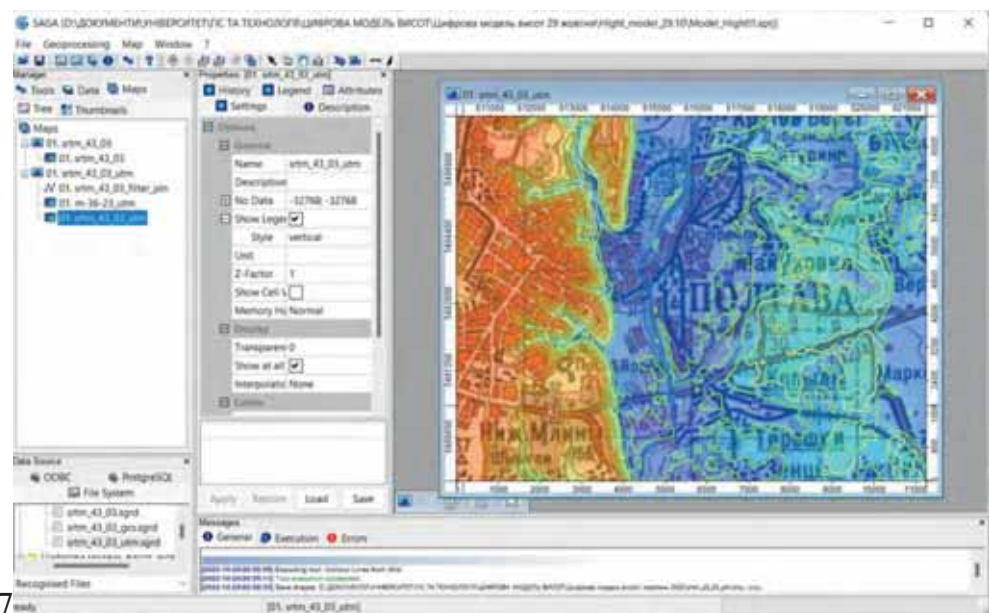




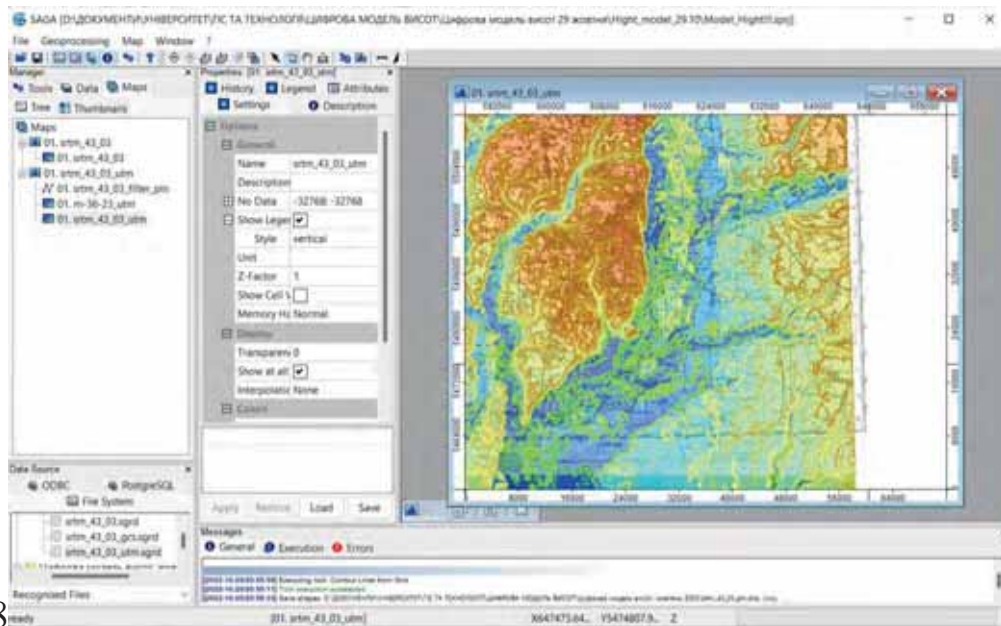
175



176

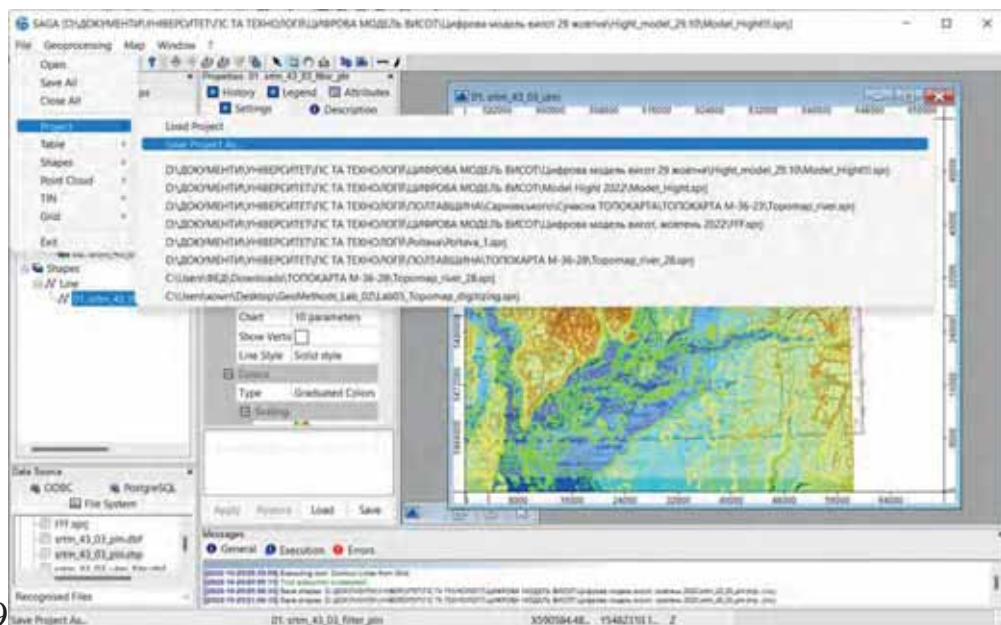


177



178

Зберігаємо файл через контекстне меню «Save As...», а потім – як проєкт (необхідно на панелі меню «File» вибрати «Project», потім «Save Project As...», обираємо існуючий проєкт і погоджуємося на заміну) (крок 179).



179

Питання і завдання для самоконтролю:

1. Розкрийте сутність поняття «Цифрова модель рельєфу» та інших термінів, які застосовують в ГІС для аналізу поверхні.
2. Які дані використовують для побудови цифрової моделі рельєфу?
3. Які типи структур використовують в моделях ЦМР?
4. В яких сферах застосовують цифрові моделі висот?
5. Дайте коротку характеристику даним SRTM?
6. Опишіть алгоритм створення цифрової моделі рельєфу.

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Геоінформаційні системи. URL: <http://ukrdoc.com.ua/text/6141/index-1.html>
2. Даценко Л. М., Остроух В. І. Основи геоінформаційних систем і технологій : навч. посібник. Київ : ДНВП «Картографія», 2013. 184 с.
3. Даценко Л. М. Навчальна картографія в умовах інформатизації суспільства: теорія і практика. Монографія. Київ : ДНВП «Картографія», 2011. 228 с.
4. Міхно О. Г., Патракеєв І. М. Прикладні геоінформаційні системи : навчальний посібник. Київ, 2020. 98 с.
5. Привязка топографических карт в SAGA. URL: https://wiki.gis-lab.info/w/Привязка_топографических_карт_в_SAGA
6. Самойленко В. М., Топузов О. М., Вішнікіна Л. П., Надтока О. Ф., Діброва І. О. Дидактика географії. Київ : Педагогічна думка, 2014. 586 с.
7. Самойленко В. М. Географічні інформаційні системи та технології : підручник. Київ : Ніка-Центр, 2010. 448 с.
8. Самойленко В. М., Даценко Л. М., Діброва І. О. Проектування ГІС : Підручник. Київ : ДП Прінт-Сервіс, 2015. 256 с.
9. Свідзінська Д. В. Методи геоекологічних досліджень : геоінформаційний практикум на основі відкритої ГІС SAGA: навчальний посібник. Київ : Логос, 2014. 402 с.
10. Світличний О.О., Плотницький С.В. Основи геоінформатики. URL: https://geoknigi.com/book_view.php?id=619
11. Федій О. А. Методичні рекомендації по роботі з відкритою ГІС SAGA: навч.-метод. посіб. / Полтав. нац. пед. ун-т імені В. Г. Короленка. Полтава, 2020. 85 с. URL: <http://dspace.pnpu.edu.ua/handle/123456789/15919>
12. SRTM 90m DEM Digital Elevation Database. URL: <http://srtm.csi.cgiar.org/>