

Міністерство освіти і науки України
Департамент науки і освіти Харківської облдержадміністрації
Комунальний заклад
«Харківська обласна Мала академія наук Харківської обласної ради»

Відділення наук про Землю
Секція: геоінформаційні системи та дистанційне зондування Землі

**ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИБОРУ МІСЦЯ БУДІВНИЦТВА
МІНІ-ТЕЦ НА БІОПАЛИВІ**

Роботу виконав:

Салімонович Дмитро Олексійович,
учень 11 класу комунального закладу
«Харківський ліцей № 107
Харківської міської ради»,
вихованець КЗ «Харківська обласна
МАН Харківської обласної ради»

Науковий керівник:

Буряк Юлія Леонідівна,
учитель географії комунального закладу
«Харківський ліцей № 107
Харківської міської ради

Подорожко Катерина Дмитрівна,
керівник гуртка Комунального закладу
«Харківська обласна Мала академія наук
Харківської обласної ради»

ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИБОРУ МІСЦЯ БУДІВНИЦТВА МІНІ-ТЕЦ НА БІОПАЛИВІ

Салімонович Дмитро Олексійович; Харківське територіальне відділення МАН України; КЗ «Харківська обласна МАН»; КЗ «Харківський ліцей №107 Харківської міської ради»; 11 клас; м. Харків;

Буряк Юлія Леонідівна, учитель географії КЗ «Харківський ліцей №107 Харківської міської ради»;

Подорожко Катерина Дмитрівна; керівник гуртка КЗ «Харківська обласна МАН»

Використання геоінформаційних технологій в електроенергетиці є важливим практичним завданням у контексті модернізації національної енергосистеми. Реалізація такого проєкту, як будівництво міні-ТЕЦ на біопаливі, дозволить максимально скоротити споживання газу, підвищити енергобезпеку та створити робочі місця. Особливо це стало актуальним у наш час, коли в Україні ведеться повномасштабна війна. Саме тому дана робота присвячена моделюванню основних критеріїв при будівництві міні-ТЕЦ та їх геопросторовий аналіз для полегшення прийняття рішень для вибору оптимального місця розташування об'єктів енергетичної інфраструктури на прикладі Харківської області.

У ході дослідження визначено врожайність кукурудзи, соняшника та пшениці з метою побудови картографічних моделей використання цієї сировини як біопалива; проведено аналіз рельєфу та охарактеризовано транспортну мережу Харківської області; визначено густоту населення області по адміністративним районам як споживчий чинник при розміщенні міні-ТЕЦ; побудовано комплексну картографічну модель у програмному середовищі ArcGIS з метою полегшення прийняття рішень при будівництві міні-ТЕЦ.

У програмних середовищах ArcGIS та Surfer було змодельовано основні критерії при будівництві міні-ТЕЦ, а саме: посіви сільськогосподарських культур, наявність та потужність олійно-пресових заводів, рельєф місцевості, транспортна мережа, наявність споживача. Визначено, що Красноградський та Богодухівський адміністративні райони мають найбільшу відповідність критеріям для побудови міні-ТЕЦ. Чугуївський, Куп'янський – мають найменшу відповідність критеріям через низьку сировинну базу та неможливість розміщення міні-ТЕЦ через військову агресію РФ.

Ключові слова: міні-ТЕЦ, сільськогосподарські відходи, транспортна мережа, біопаливо, картографічні моделі, програмне середовище ArcGIS

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГІЇ З БІОМАСИ В УКРАЇНІ.....	6
1.1. Сучасний стан розвитку використання біомаси для виробництва теплової енергії в Україні та Харківській області.....	6
1.2. Фактори розміщення міні-ТЕЦ із використанням сільськогосподарських відходів.....	10
РОЗДІЛ 2. ВИКОРИСТАННЯ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИБОРУ МІСЦЯ БУДІВНИЦТВА МІНІ-ТЕЦ НА БІОПАЛИВІ..	12
2.1. Побудова картографічних моделей для оцінки використання сільськогосподарських відходів як біопалива на міні-ТЕЦ	12
2.1.1. Побудова картографічних моделей для оцінки використання соняшника як біопалива	12
2.1.2. Побудова картографічних моделей для оцінки використання кукурудзи як біопалива.....	18
2.1.3. Побудова картографічних моделей для оцінки використання пшениці як біопалива.....	20
2.2. Геопросторовий аналіз рельєфу Харківської області.....	22
2.3. Побудова картографічної моделі для оцінки транспортної мережі Харківської області	28
2.4. Побудова картографічної моделі для оцінки густоти населення як споживчого фактору при будівництві міні ТЕЦ.....	31
РОЗДІЛ 3. ВИКОРИСТАННЯ ГЕОПРОСТОРОВОГО АНАЛІЗУ ПРИ ВИБОРІ ОПТИМАЛЬНОГО МІСЦЯ РОЗМІЩЕННЯ МІНІ-ТЕЦ У ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ	33
3.1. Побудова комплексної картографічної моделі для полегшення прийняття рішень при будівництві міні-ТЕЦ	33
3.2. Оцінка відповідності районів критеріям при розміщення міні-ТЕЦ.....	36
ВИСНОВКИ.....	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	41
ДОДАТКИ.....	43

ВСТУП

Щороку Україна збирає приблизно 50-65 млн тонн зерна. Із них стільки ж залишків, щонайменше 30-50% із яких може бути утилізовано для виробництва електроенергії та тепла. 2 т такої сировини – це близько 1 МВт/год електроенергії. Отже, 20 мільйонів тонн сировини = роботі 1,3 блоку АЕС. Тобто це цілий рік забезпеченням теплом та світлом такого міста як Харків! Але головне – диверсифікація ризиків, які пов'язані з потраплянням ракети РФ в одну велику ТЕЦ типу ТЕЦ-5 в Харківській області. Вартість кожної міні-ТЕЦ дорівнює, приблизно, вартості однієї ракети. Отже, немає доцільності ракетою руйнувати об'єкт, який коштує дешевше. Реалізація такого проєкту дозволить максимально скоротити споживання газу, підвищити енергобезпеку й створити робочі місця.

Актуальність роботи полягає у застосуванні геопросторового аналізу картографічних моделей для надання комплексної оцінки факторів при будівництві міні-ТЕЦ із використанням сільськогосподарських відходів, що є важливим прогнозом при підтримці прийняття рішень для вибору оптимального місця розташування об'єктів енергетичної інфраструктури на прикладі Харківської області, що дозволить стабілізувати енергосистему в країні особливо в умовах постійної агресії РФ.

Мета роботи: підвищення ефективності прийняття рішень при будівництві міні-ТЕЦ на біопаливі за рахунок побудови актуалізованих картографічних моделей за допомогою ГІС-технологій.

Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити такі **завдання**:

1. Визначити врожайність кукурудзи, соняшника та пшениці з метою побудови картографічних моделей потенційних можливостей використання цієї сировини.
2. Провести аналіз рельєфу Харківської області з метою побудови картографічної моделі поверхні рельєфу для побудови міні-ТЕЦ.
3. Охарактеризувати транспортну мережу Харківської області та визначити густоту населення області по районах як споживчий чинник при розміщенні міні-ТЕЦ.
4. Побудувати комплексну картографічну модель у програмному середовищі

ArcGIS із метою полегшення прийняття рішень при будівництві міні-ТЕЦ.

Об'єктом дослідження є фактори впливу на розміщення міні-ТЕЦ у Харківській області (додаток А).

Предметом дослідження обрано використання геоінформаційних технологій для оптимізації процесу вибору місця міні-ТЕЦ на біопаливі.

У дослідженні використано такі **методи**, як аналіз літературних та статистичних джерел інформації, ГІС-технології, метод дистанційного зондування Землі, метод просторового моделювання та аналізу в програмних середовищах ArcGIS та Surfer, картографічний метод.

Вихідні матеріали: дані Головного управління статистики в Харківській області за 2021 рік, базова карта Word Basic Imagery.

Наукова новизна полягає у побудові картографічних моделей основних факторів впливу на вибір оптимального місця розташування міні-ТЕЦ на біопаливі в Харківській області за допомогою ГІС-технологій, що не проводились раніше. Хоча наукова платформа цієї діяльності достатньо добре розроблена зарубіжними та вітчизняними фахівцями, але прикладні аспекти та алгоритм практичного втілення цих технологій на регіональному рівні розроблені недостатньо, зокрема, й для міста Харків та районів Харківської області.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що проведене дослідження дозволило спрогнозувати використання сільськогосподарських культур як біопалива, побудувати картографічні моделі основних факторів впливу на будівництво міні-ТЕЦ. Це дозволить підвищити енергобезпеку, виробляти додаткову енергію та зменшити вплив на навколишнє середовище.

Робота складається з трьох розділів, висновку, списку використаних джерел та додатків. У розділі 1 розглянуто використання біомаси та фактори розміщення міні-ТЕЦ. Розділ 2 присвячено моделюванню основних факторів впливу при будівництві міні-ТЕЦ у програмних середовищах ArcGIS та Surfer. У розділі 3 проаналізовано комплексну картографічну модель для прийняття оптимального рішення вибору місця будівництва.

РОЗДІЛ 1

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ З БІОМАСИ

1.1. Сучасний стан розвитку використання біомаси для виробництва теплової енергії в Україні та Харківській області

Альтернативна енергетика вже давно стала світовим трендом: енергія вітру, сонця та виробництво біогазу дозволяє не лише замінювати дороговартісний природний газ, але й є вирішенням ряду екологічних проблем. Перехід до раціональних моделей споживання і виробництва дозволить стимулювати економіку і бізнес.

Відомо, що біопаливо має ряд переваг перед традиційними джерелами енергії, а саме: у процесі виробництва енергії з біомаси використовуються наявні місцеві ресурси регіону, включаючи і трудові, що призводить до розвитку місцевої економіки; при раціональному використанні біопаливо є невичерпним джерелом енергії, використання якого сприяє сталому розвитку регіону, та не створює типові для традиційних енергоносіїв ризики поступового витрачання через виснаження природних родовищ; спалювання біомаси не призводить до посилення парникового ефекту та знижує негативний антропогенний вплив на оточуюче середовище; біопаливо, як правило, є більш дешевим паливом у перерахунку на одиницю енергії, ніж інші види традиційних енергоресурсів; ринок виробництва енергії з біопалива є новим сектором економічної діяльності, що створює нові робочі місця, сприяє росту регіонального валового продукту та загальному «озелененню» економіки [1].

Рівень використання відновлюваних джерел енергії, серед яких перше місце займає біомаса, в Україні значно відстає від розвинених країн. На сьогодні біомаса – це четверте за значенням паливо в світі, яке забезпечує близько 2 млрд т на рік або 14% від загального споживання первинних енергоносіїв. В Україні щорічно збирається понад 50 млн т зернових культур. У значних обсягах це солома і рослинні відходи, як побічні продукти сільськогосподарського рослинництва.

Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал твердої біомаси в Україні є еквівалентним 18 млн т н.е., а його використання дає змогу щорічно заощаджувати близько 22 млрд м кубічних природного газу. За фаховими оцінками, на кожен тону зерна можна отримати 1,5-2,0 т соломи або рослинних залишків. 50-60% соломи пшениці, ячменю, жита використовується для утримання худоби та удобрення ґрунтів, а стебла кукурудзи та соняшнику залишаються на полях після збирання врожаю. Великі земельні площі, незадіяні в сільському господарстві, та географічне розташування роблять Україну однією з найпривабливіших країн у Європі для сталого вирощування енергетичних культур без шкоди для рекреаційних або природоохоронних територій. Однією з важливих передумов успішного розвитку біоенергетики у будь-якій країні є наявність достатніх ресурсів біомаси. За даними 2019 року Україна має значний потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії, — майже 24 млн т н. е./рік (рис.1.1-1.3).

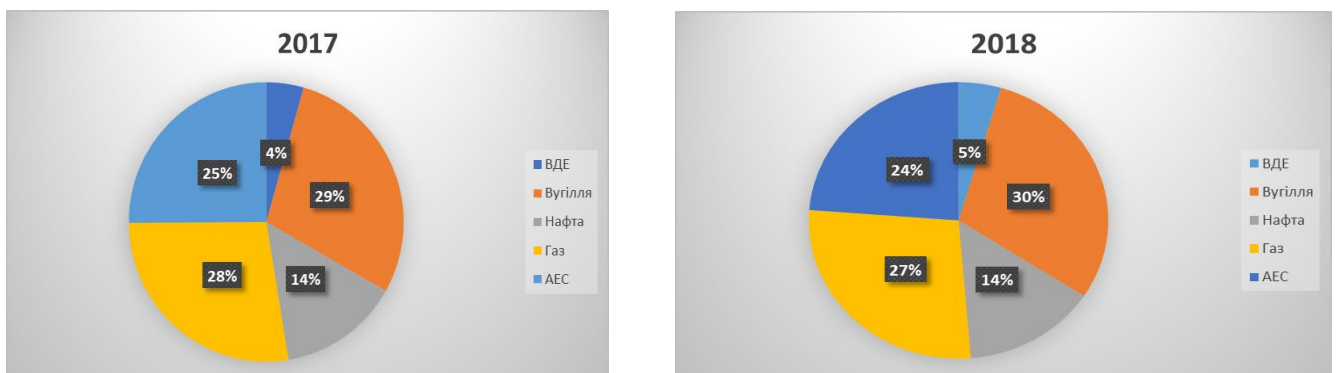


Рис. 1.1, 1.2. Розподіл джерел енергії в загальному постачанні первинної енергії в Україні за 2017-2018 р. [створено автором за матеріалами [2]]

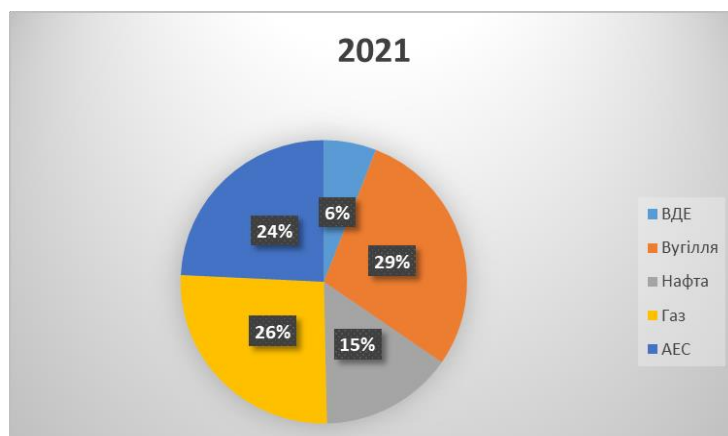


Рис. 1.3. Розподіл джерел енергії в загальному постачанні первинної енергії в Україні за 2021 р. [створено автором за матеріалами [2]]

Основними складовими енергетичного потенціалу біомаси є відходи та побічні продукти сільського господарства і енергетичні рослини, що разом визначається терміном «агробіомаса». При цьому найбільші частки потенціалу сільськогосподарських залишків припадають на побічну продукцію та відходи виробництва зернових (додаток Б) [2].

Таким чином, в Україні є достатній енергетичний потенціал соломи і рослинних відходів (додаток В). Ситуація з реальним споживанням біомаси для виробництва енергії та біопалива в Україні фактично є протилежною структурі потенціалу. Наразі найбільш активно використовують деревну біомасу (понад 90% економічного потенціалу), а застосування відходів та побічних продуктів аграрного походження залишається на низькому рівні. Із різних видів агробіомаса для потреб енергетики України досить широко використовують лише лущиння соняшнику — більш як 70% його потенціалу. Виробництво енергії / біопалива із соломи перебуває на рівні 3% наявного потенціалу. Є поодинокі приклади енергетичного використання кукурудзиння, тоді як приклади виробництва енергії зі стебел або кошиків соняшнику наразі невідомі. У середньому енергетичний потенціал біомаси України використовується на 11% [12].

Характерною особливістю Харківської області є наявність власної сировинної бази і можливість забезпечення усіх галузей економіки регіону електроенергією та природним газом. Але основу електроенергетики складають генеруючі потужності, 80% яких уже відпрацювали свій парковий ресурс і, незважаючи на те, що виробництво електроенергії задовольняє потреби області, обладнання потребує капітальних витрат на його оновлення. Отже, вищезазначені особливості суттєво впливають на реалізацію політики енергоефективності й повинні обов'язково враховуватися при прийнятті рішень щодо вибору видів та шляхів енергозабезпечення. Відповідно до Програми підвищення енергоефективності та зменшення споживання енергоресурсів по Харківській області на 2016–2022 рр., до найбільш перспективних напрямів розвитку енергозбереження області є впровадження нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії, обсяги яких необхідно системно створювати в регіоні. Це організація децентралізованих

заготівель, переробки та використання місцевих видів палива – відходів сільськогосподарського виробництва (додаток Г) [10].

Аналіз потенціалу відновлюваних джерел енергії вказує, що найбільшим потенціалом як в масштабах регіону, так і в масштабах країни є відходи рослинництва та інші джерела біомаси.

Незважаючи на певні коливання, обсяги біомаси аграрного походження у Харківській області майже щороку збільшуються на тлі загальної тенденції зростання виробництва та врожайності основних сільськогосподарських культур. У 2021 р. у країні було зібрано рекордні за останні 20 років врожаї соняшнику, кукурудзи на зерно, деяких інших зернових культур (табл. 1.1.). За період із 2000 р. енергетичний потенціал соломи зернових колосових культур, побічної продукції та відходів виробництва кукурудзи на зерно та соняшнику зріс більш ніж утричі — з 2,76 млн т н. е. у 2000 р. до 9,07 млн т н. е. у 2021 р. [10].

Таблиця 1.1.

**Динаміка виробництва зернових культур і соняшнику в Харківській області
(за матеріалами [4])**

Сільськогосподарські культури	2000	2006	2010	2015	2021
Соняшник: обсяг виробництва (валовий збір), тис ц	3424,4	3766,4	7031,1	11721,7	14196,1
Зернові: валовий збір, млн т	12675,8	17167,6	12665,1	42096,6	49369,1

Отже, аналіз структури споживання біомаси для енергетичних потреб свідчить про необхідність більш широкого використання біомаси аграрного походження та енергетичних культур як в Україні, так і в Харківській області. А за умов повного використання потенціалу ВДЕ і збереження сучасного рівня енергоспоживання в Харківській області, можна замістити енергією біомаси, стічних вод, надлишкового тиску газу, та ін. майже 60 % споживання природного газу, що видобувається з надр, і тим самим підвищити рівень регіональної та національної енергетичної безпеки.

1.2. Фактори розміщення міні-ТЕЦ із використанням сільськогосподарських відходів

Сьогодні досягнення в області дистанційного зондування та ГІС надають різноманітні інструменти для підтримки прийняття рішень у сфері управління електроенергетикою. Українська енергетика потребує не лише тотальної модернізації об'єктної складової, а й інноваційних підходів до управління виробничою діяльністю та економічного використання енергоресурсів. У цьому контексті впровадження ГІС на підприємствах енергетичної галузі України є необхідним кроком [3].

Ефективність будь-якого виробництва прямо залежить від того, настільки правильно та повно враховані всі фактори, що впливають на його розміщення. Тому головним етапом моделювання розміщення міні-ТЕЦ є аналіз факторів розміщення даних підприємств. Проектування міні-ТЕЦ слід вести з таким розрахунком, щоб, з урахуванням всіх важливих діючих і перспективних факторів, вона працювала з найбільшою ефективністю. Повинні бути досконально опрацьовані місцеві особливості. Розглянемо основні чинники розміщення міні-ТЕЦ на біопаливі.

Оскільки міні-ТЕЦ працює на біопаливі, а саме на сільськогосподарських відходах, соломі, стеблах та стрижнях кукурудзи, стеблах та лушпинні соняшника, необхідно врахувати посівні площі цих культур. Оскільки лушпиння соняшнику звозитимуть із олійнопресових заводів, то для можливості кооперації роботи підприємств із переробки соняшника та міні-ТЕЦ обов'язково треба врахувати наявність та потужність цих заводів поблизу ТЕЦ. Так, наприклад, практичний досвід заготівлі значних обсягів кукурудзи на зерно напрацьований у США компанією DuPont, яка відкрила у м. Невада 24 найбільший у світі завод із виробництва целюлозного біоетанолу та виробляє більш ніж 110 млн л целюлозного біоетанолу на рік, свідчить, що важливою умовою вирощування кукурудзи за системою обробки ґрунту No-till або консервуючою є урожайність не менше 12,2 т/га.

Рельєф є одним із факторів перерозподілу тепла і води на земній поверхні. Зі зміною висоти місцевості змінюється водний і тепловий режими ґрунту. Особливості рельєфу пов'язані з характером впливу на ґрунт підземних вод, талих і дощових вод, міграцією водорозчинних речовин. Рельєф місцевості є одним із основних факторів, що впливають на транспортування, розсіювання або накопичення домішок в атмосферному повітрі. Тому поля мають бути відносно рівні (нахил поверхні не більше 4%).

Транспортний чинник різною мірою впливає на більшість складових структури господарства. Це пов'язано з необхідністю перевозити сировину, матеріали, обладнання та готову продукцію. Значення цього чинника змінюється залежно від вартості перевезень та їх частки в усіх витратах на виробництво готової продукції. Отже, розвиток транспортної інфраструктури є також важливим чинником.

При формуванні як поточних, так і майбутніх транспортно-економічних зв'язків, що впливають на їх раціональність, є споживчий попит на біоенергію. Це може бути велике місто або підприємства, тому цей фактор обов'язково треба враховувати під час будівництва міні-ТЕЦ (рис.1.4).

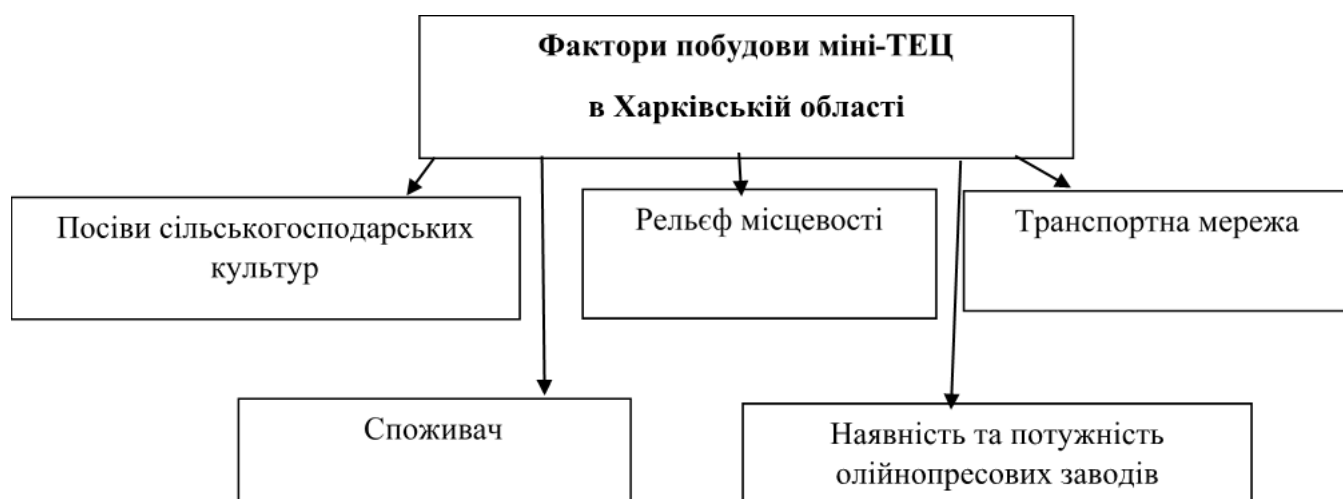


Рис. 1.4. Схема факторів побудови міні-ТЕЦ на біопаливі в Харківській області [створено автором]

Отже, аналіз факторів для побудови міні-ТЕЦ дозволяє визначити основні, а саме: врожайність сільськогосподарських культур, наявність та потужність олійнопресових заводів, рельєф місцевості, добре розвинута транспортна мережа, наявність споживача.

РОЗДІЛ 2

ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИБОРУ МІСЦЯ БУДІВНИЦТВА МІНІ- ТЕЦ НА БІОПАЛИВІ

2.1. Побудова картографічних моделей для оцінки перспективи використання сільськогосподарських відходів, як біопалива на міні -ТЕЦ

2.1.1. Побудова картографічних моделей для оцінки перспективи використання соняшника, як біопалива. Для побудови картографічної моделі врожайності за різними сільськогосподарськими культурами Харківської області було використано програмний комплекс ArcGIS 10.8. До фрейму даних проекту спершу було завантажено базову карту OpenStreetMap, діалогове вікно налаштування якої представлено на рис. 2.1.

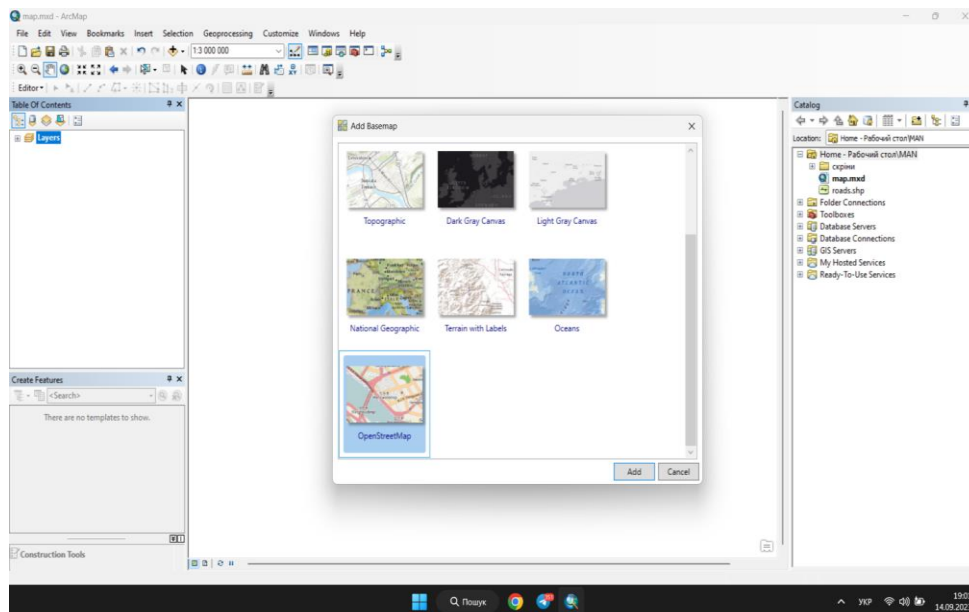


Рис. 2.1. Діалогове вікно завантаження базової карти OpenStreetMap [складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Для кращої візуалізації кордонів Харківської області було також додано шар Kharkiv Region та шар адміністративних районів (далі районів) Харківської області, що представлено на рис. 2.2.

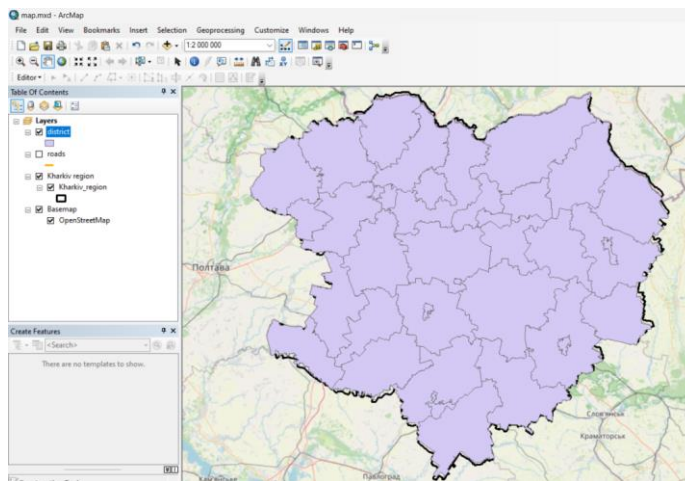


Рис. 2.2. Завантажений шар районів Харківської області

[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Для побудови карти врожайності було створено новий шейп файл Sunflower, тип об'єктів – point, система координат WGS 1984, в якому було виконано редагування шару, а саме: заповнення атрибутивної таблиці значеннями обсягу врожаю культури соняшника по кожному району. Для редагування шару було активовано Editor (Редактор). До атрибутивної таблиці було додано нове поле Value, тип комірки – double. Дане поле зберігає інформацію про обсяг врожаю соняшнику в центнерах по кожному району (рис. 2. 3).

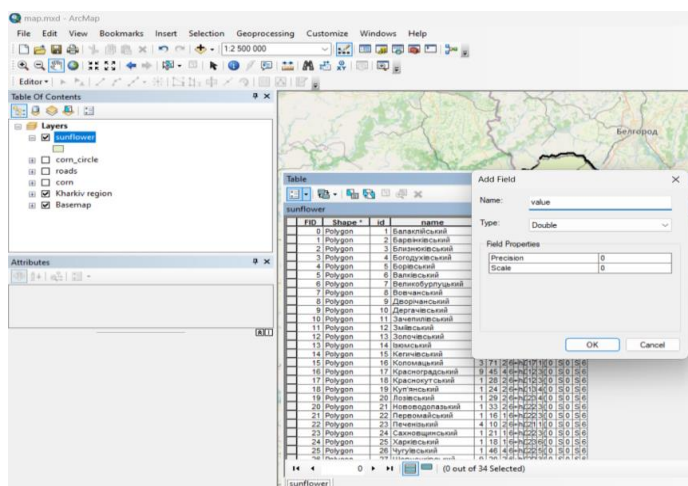


Рис. 2.3. Налаштування нового поля в атрибутивній таблиці

[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Використовуючи дані Головного управління статистики у Харківській області [4] врожайності соняшника в 2021 р. (додаток В), до атрибутивної таблиці були внесені дані обсягу врожаю соняшника в центнерах, що представлено на рис. 2.4.

ID	Shape	ID	name	POLYID	AREA	PERIMETER	CIRCLE	value
0	Polygon	1	Балаклійський	1	82.46971426	0	SD	23.4
1	Polygon	2	Барвінківський	1	22.16972240	0	SD	25.0
2	Polygon	3	Білопільський	1	19.06723330	0	SD	25.0
3	Polygon	4	Богородицький	1	39.3674230	0	SD	27.5
4	Polygon	5	Борівський	8	17.26725220	0	SD	23.4
5	Polygon	6	Валківський	1	32.06729230	0	SD	27.5
6	Polygon	7	Великобурлучий	1	22.16971730	0	SD	25.0
7	Polygon	8	Вовчанський	1	47.26729640	0	SD	24.9
8	Polygon	9	Дворічанський	1	17.16972240	0	SD	25.0
9	Polygon	10	Деражнівський	8	95.16971120	0	SD	22.0
10	Polygon	11	Зачепилівський	7	15.06721120	0	SD	26
11	Polygon	12	Зміївський	1	72.06721130	0	SD	24.9
12	Polygon	13	Золочівський	9	27.26721220	0	SD	27.5
13	Polygon	14	Ізюмський	1	17.16971540	0	SD	23.4
14	Polygon	15	Кегичівський	7	21.26721120	0	SD	26
15	Polygon	16	Колочинський	3	71.26721110	0	SD	27.5
16	Polygon	17	Красноградський	8	45.26721230	0	SD	26
17	Polygon	18	Краснокутський	1	28.26721120	0	SD	27.5
18	Polygon	19	Купишинський	1	24.26721120	0	SD	25.0
19	Polygon	20	Лозівський	1	29.26722240	0	SD	25.0
20	Polygon	21	Новгородківський	1	33.26722240	0	SD	26
21	Polygon	22	Перемішський	1	16.16972230	0	SD	25.0
22	Polygon	23	Печеринський	4	10.26721110	0	SD	24.9
23	Polygon	24	Саковичинський	1	21.16972230	0	SD	26
24	Polygon	25	Харківський	1	10.16972230	0	SD	22.0
25	Polygon	26	Чугуївський	1	48.46972220	0	SD	24.9
26	Polygon	27	Шевченківський	8	72.46972220	0	SD	24.9

Рис. 2.4. Атрибутивна таблиця шару Sunflower

[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Для кращої візуалізації врожайності соняшника по районах було використано метод відображення просторових даних – Quantities – Graduated colors. Тобто, дані відображаються за градацією кольорів. Для налаштування даного методу відображення було запущено діалогове вікно шару Sunflowers, у вкладці Symbology обрано потрібний тип відображення, налаштовано кількість класів кольорів, обрано кольорову шкалу для градації. Важливим елементом є обрання правильного поля таблиці атрибутів, з якого програма зчитує значення для їх подальшого конвертування в класи кольорів та коректного відображення користувачеві (рис. 2.5).

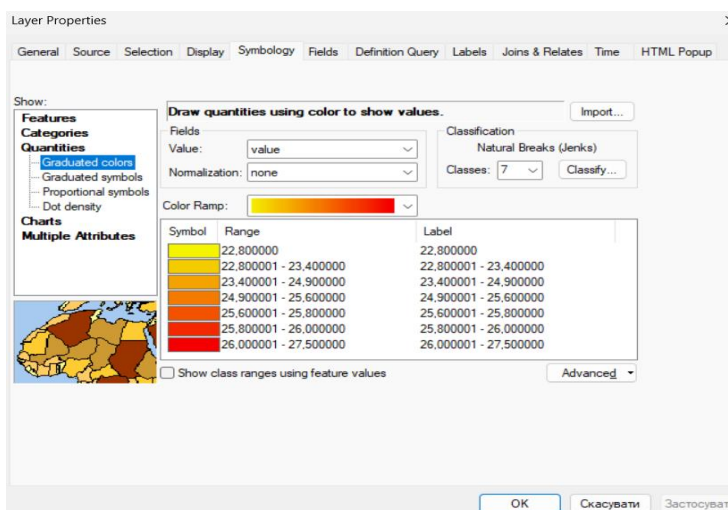


Рис. 2.5. Вікно налаштування градації кольорів

[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

У результаті було отримано шар Харківської області з 7 районами, кожний з яких має своє значення кольору, відповідно до обсягу врожайності (рис. 2.6).

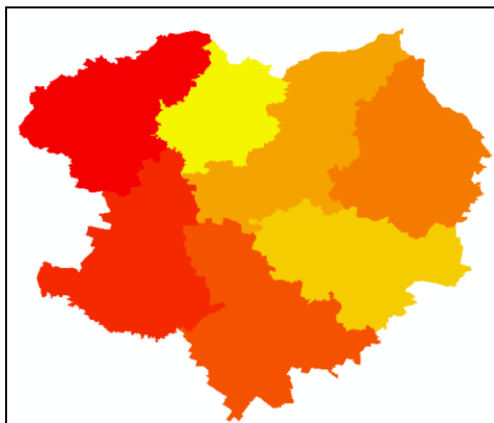


Рис. 2.6. Шар градації врожайності соняшника по районах Харківської області
[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Для кращої візуалізації районів області було виконано налаштування відображення назв для кожного. Для цього в налаштуваннях шару Sunflower було обрано вкладку Labels, де обрано поле name атрибутивної таблиці для відображення написів для 7 районів. Також було використано додатковий метод відображення даних – у вигляді пунсонів. Для цього було створено новий шейп файл типу об'єктів point, з системою координат WGS 1984. Для кожного з 7 районів було нанесені точкові позначення, що містять інформацію по обсягу врожайності. Таким чином в налаштуваннях шару було обрано тип відображення просторових даних – Graduated Symbols, поле – cornV (обсяг врожаю), кількість класів 7 (відповідно до кількості районів) (рис.2.7.).

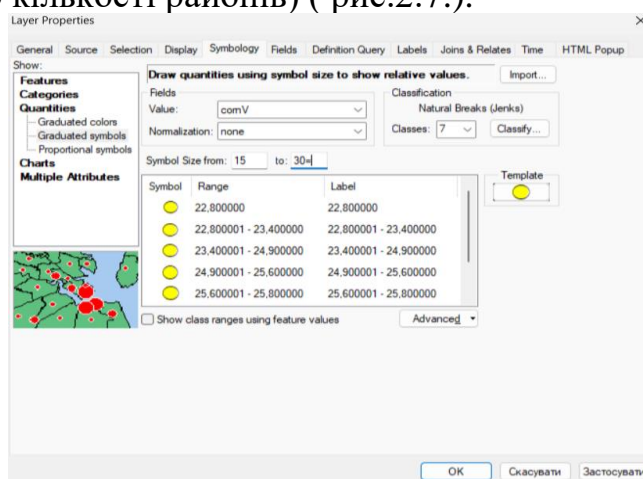


Рис. 2.7. Вікно налаштування градації символів пунсонів

[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Таким чином, було відображено врожайність соняшнику Харківської області по районах.

Оскільки лушпинням соняшника міні ТЕЦ забезпечує олійноекстракційний завод, необхідно визначити наявність та їх потужність в Харківській області. Станом на 23.10.2023 в області зосереджено 38 підприємств. Для нанесення підприємств на карту враховувалися заводи з потужністю не менше 2000 т олії на рік [11].

Було створено додатковий точковий шейп файл, який містить інформацію про розташування заводів із переробки соняшника для подальшого кооперування виробництва та використання відходів для застосування в ТЕЦ (додаток Д). Спираючись на вже створений раніше шар районів Харківської області, було розташовано точки, що відповідають територіальному розміщенню заводів із переробки соняшника. Кожну точку було пронумеровано (рис. 2.8) для подальшої візуалізації назв заводів.

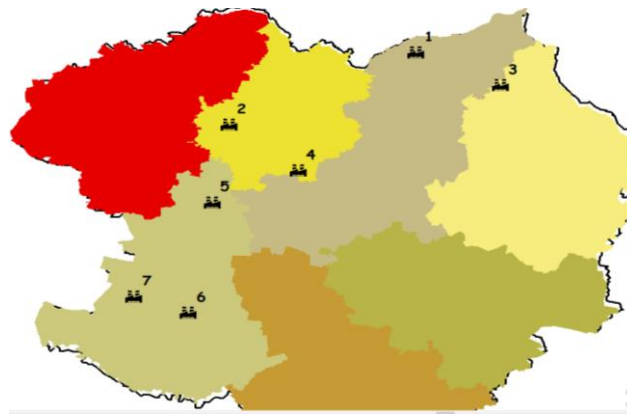


Рис. 2.8. Створений точковий шар заводів з переробки соняшника [складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

У таблиці атрибутів даного шару було створено додаткове поле name, яке було заповнено відповідно до назв заводів для кожної точки (рис. 2.9).

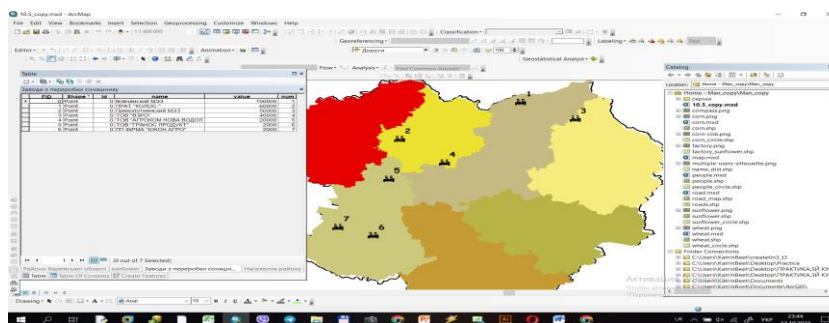


Рис. 2.9. Атрибутивна таблиця шару заводів з переробки соняшника [складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Далі на етапі візуалізації було виконано крок відображення назв заводів у легенді карти. Для цього в налаштуваннях шару було прописано назви заводів для кожної з 7 точок (рис. 2.10).

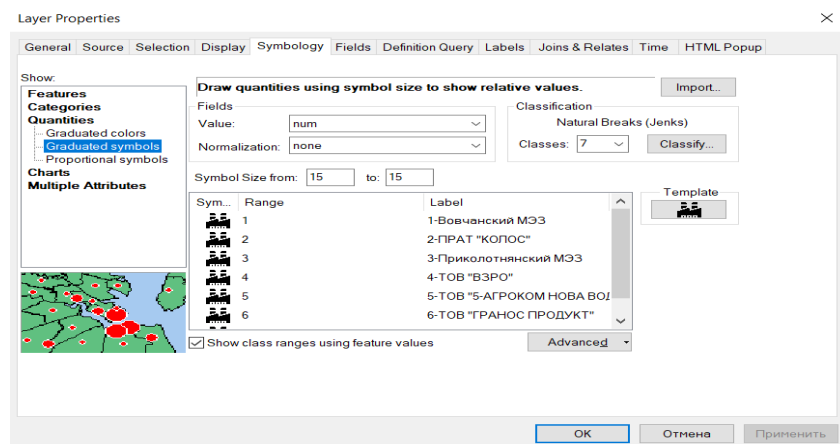


Рис. 2.10. Налаштування відображення назв заводів на карті соняшника [складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Для побудови картографічної моделі для оцінки перспективи використання соняшника як біопалива було виконано картографічну компоновку за допомогою вікна компонування Layout View. У вкладці Insert було обрано необхідні елементи карти, такі як масштаб, легенда карти, стрілка на північ (рис. 2.11).

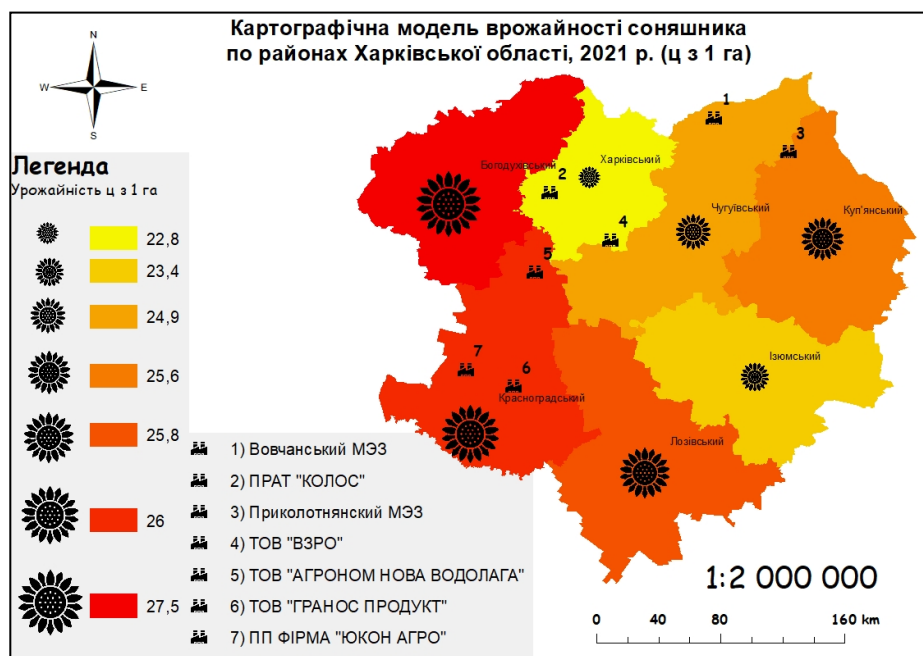
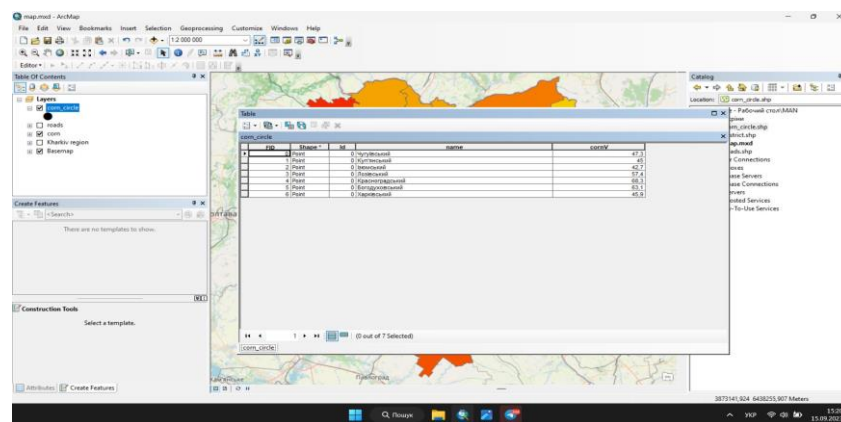


Рис. 2.11. Картографічна модель перспектив використання соняшника як біопалива [складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Отже, аналіз картографічної моделі врожайності соняшника та наявність олійноекстракційних підприємств по районах Харківської області вказує, що найбільшу врожайність мають Богодухівський, Красноградський, та Лозівський райони. А найменша врожайність спостерігається у Харківському та Ізюмському районах. Найбільші підприємства з переробки соняшника зосереджено у Харківському та Красноградському районах

2.1.2. Побудова картографічних моделей для оцінки перспективи використання кукурудзи як біопалива. Для побудови карти врожайності було створено новий шейп файл Sunflower, тип об'єктів – point, система координат – WGS 1984, в якому було виконано редагування шару, а саме: заповнення атрибутивної таблиці значеннями обсягу врожаю культури кукурудзи по кожному району. Використовуючи дані Головного управління статистики у Харківській області [4] врожайності кукурудзи у 2021 р. (додаток Д.1.), до атрибутивної таблиці були внесені дані обсягу врожаю кукурудзи в центнерах, що представлено на рис. 2.12.



№	Район	Врожайність	Врожайність
1	Богодухівський	47,2	47,2
2	Красноградський	49,1	49,1
3	Лозівський	42,7	42,7
4	Харківський	38,1	38,1
5	Ізюмський	35,1	35,1
6	Харківський	45,2	45,2

Рис. 2.12. Атрибутивна таблиця шару Sunflower

[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Аналогічно соняшнику було виконано налаштування відображення назв для кожного району, а для кращої візуалізації врожайності кукурудзи по районам було використано метод відображення просторових даних – Quantities – Graduated colors та використано додатковий метод відображення даних у вигляді пунсонів (рис. 2.13, 2.14).

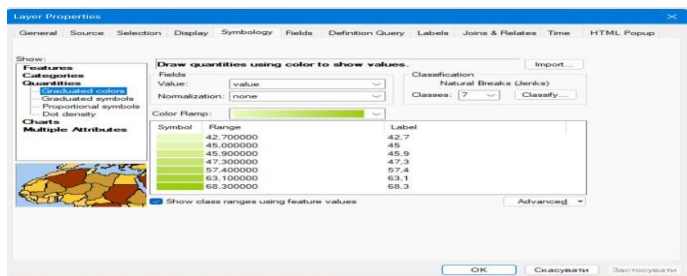


Рис. 2.13. Вікно налаштування градації кольорів

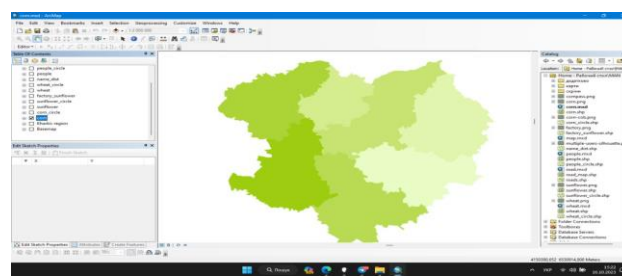


Рис. 2.14. Шар градації врожайності кукурудзи по районах Харківської області

[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Для побудови картографічної моделі для оцінки перспективи використання кукурудзи як біопалива було виконано картографічну компоновку за допомогою вікна компонування Layout View (рис. 2.15).

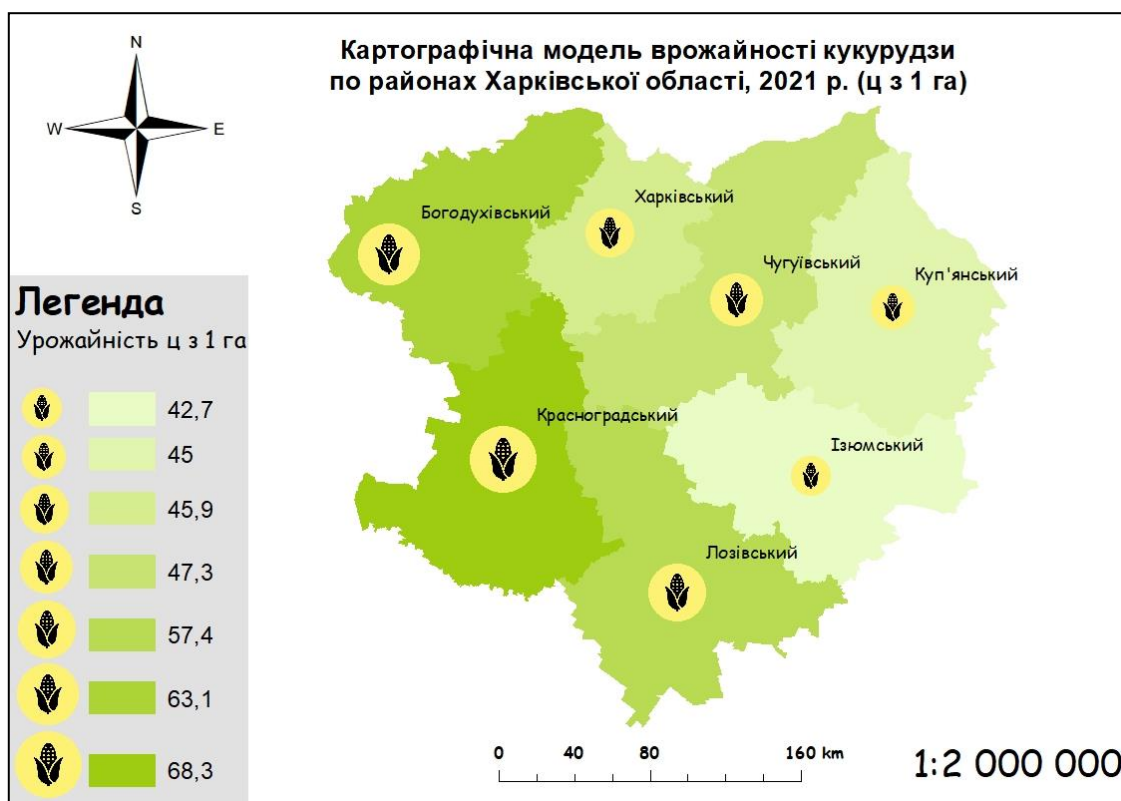


Рис. 2.15. Картографічна модель перспектив використання кукурудзи як біопалива [складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Отже, аналіз картографічної моделі врожайності кукурудзи по районах Харківської області вказує, що найбільшу врожайність мають Красноградський, Богодухівський та Лозівський райони. А найменша врожайність спостерігається у Куп'янському та Ізюмському районах.

2.1.3. Побудова картографічних моделей для оцінки перспективи використання пшениці як біопалива. Для побудови карти врожайності було створено новий шейп файл Sunflower, тип об'єктів – point, система координат WGS 1984, в якому було виконано редагування шару, а саме – заповнення атрибутивної таблиці значеннями обсягу врожаю культури пшениці по кожному району. Використовуючи дані Головного управління статистики у Харківській області [4] врожайності пшениці у 2021 р. (додаток Д.2), до атрибутивної таблиці були внесені дані обсягу врожаю пшениці в центнерах (рис.2.16).

ID	name	value
1	Львівська	35.1
2	Тернопільська	35.1
3	Хмельницька	35.1
4	Вінницька	35.1
5	Черкаська	35.1
6	Полтавська	35.1
7	Сумська	35.1

Рис. 2.16. Атрибутивна таблиця шару Sunflower

[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Аналогічно кукурудзі було виконано налаштування відображення назв для кожного району, а для кращої візуалізації врожайності пшениці по районах було використано метод відображення просторових даних – Quantities – Graduated colors та використано додатковий метод відображення даних – у вигляді пунсонів (рис.2.17 – 2.19).

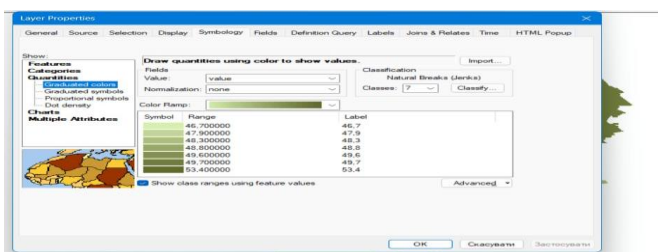


Рис. 2.17. Вікно налаштування градації кольорів

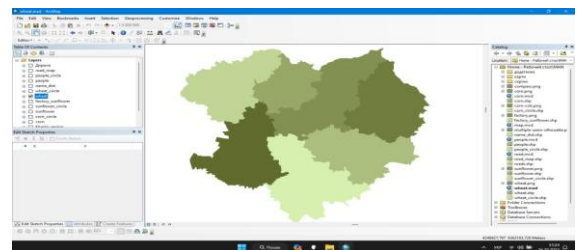


Рис.2.18. Шар градації врожайності пшениці по районах Харківської області

[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

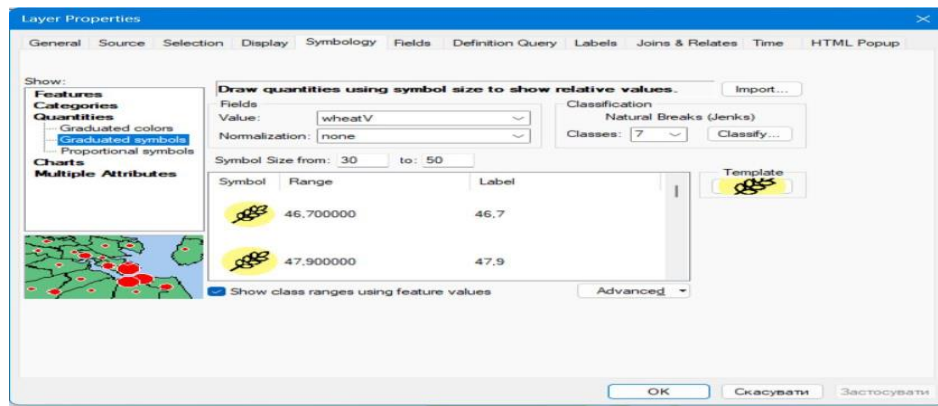


Рис. 2.19. Вікно налаштування градації символів пунсонів

[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Для побудови картографічної моделі для оцінки перспективи використання пшениці, як біопалива було виконано картографічну компоновку за допомогою вікна компонування Layout View (рис. 2.20).

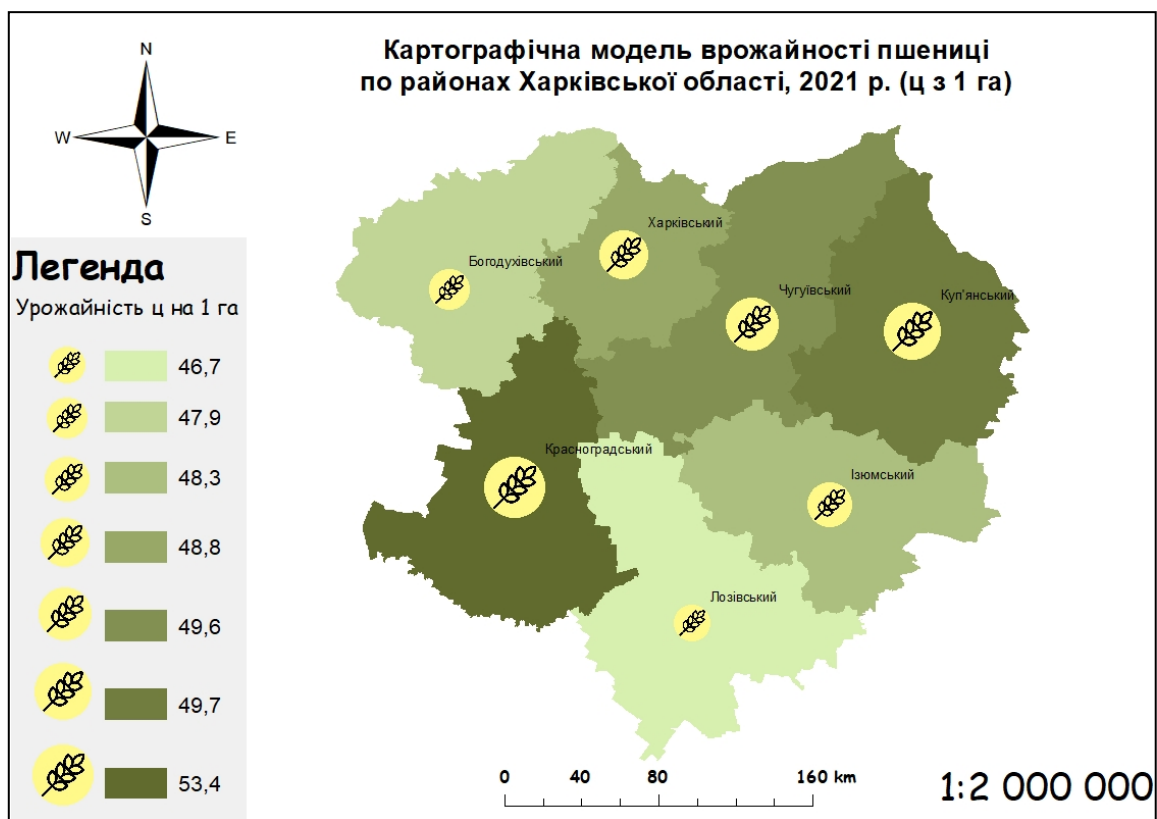


Рис. 2.20. Картографічна модель перспектив використання пшениці як біопалива

[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Отже, аналіз картографічної моделі врожайності пшениці по районах Харківської області вказує, що найбільшу врожайність мають Красноградський та Куп'янський райони. А найменша врожайність спостерігається у Лозівському та Богодухівському районах.

2.2. Геопросторовий аналіз рельєфу Харківської області

Аналіз рельєфу Харківської області мав за мету побудову поверхні рельєфу та аналіз даних висот області для вибору території для побудови міні-ТЕЦ.

Для побудови поверхні з використанням параметрів за замовчуванням, було розглянуто Харківську область та дані висот по області. Для досягнення поставленої мети було використано додатковий модуль Geostatistical Analyst. Даний модуль надає можливість моделювати поверхню за допомогою детермінантних та геостатистичних методів. Надані інструменти повністю інтегровані в модельне середовище ГІС і дозволяють ГІС створювати моделі інтерполяції та оцінювати їх якість перед подальшим аналізом. Поверхні (на виході) можуть використовуватися в більш пізніх моделях (в ModelBuilder і Python), відображаються і аналізуються за допомогою інших додаткових модулів ArcGIS, таких як просторовий аналітик ArcGIS і аналітик ArcGIS 3D [14].

Першим кроком було підключено додатковий модуль Geostatistical Analyst. Вікно для підключення даного модуля представлено (рис.2.21).

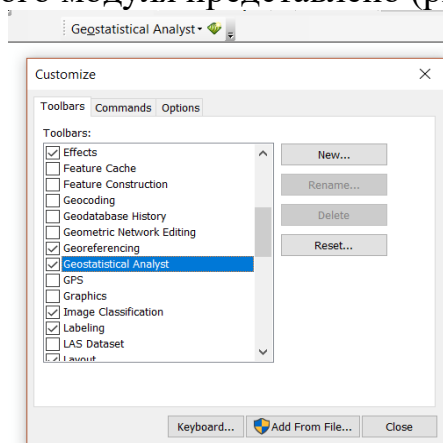


Рис. 2.21. Вікно для підключення додаткового модулю Geostatistical Analyst[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Наступним кроком було завантажено до проєкту два шейп-файли, які містять атрибутивну інформацію: relef-P – про точки з позначеними висотами рельєфу по області, relef-L – про лінійний шар із кордоном та лініями рельєфу Харківської області. Важливим елементом є ознайомлення з таблицею атрибутів кожного шару

для подальшої оцінки виконаної роботи та порівняння даних. Атрибутивна таблиця для точкового шару представлена на рисунку 2.22.

relief_P	FID	Shape	HEIGHTS	DOMINATE	PLACESHA	CODEOBJ	CODETOPO
1	Point	222	1	0	0	1200000000	0
2	Point	182	2	0	0	1200000000	0
3	Point	236	2	0	0	1200000000	0
4	Point	222	2	0	0	1200000000	0
5	Point	211	2	0	0	1200000000	0
6	Point	227	2	0	0	1200000000	0
7	Point	202	2	0	0	1200000000	0
8	Point	192	2	0	0	1200000000	0
9	Point	163	2	0	0	1200000000	0
10	Point	219	2	0	0	1200000000	0
11	Point	205	2	0	0	1200000000	0
12	Point	234	2	0	0	1200000000	0
13	Point	220	2	0	0	1200000000	0
14	Point	213	2	0	0	1200000000	0
15	Point	215	2	0	0	1200000000	0
16	Point	220	2	0	0	1200000000	0
17	Point	208	2	0	0	1200000000	0
18	Point	211	2	0	0	1200000000	0
19	Point	194	2	0	0	1200000000	0
20	Point	221	2	0	0	1200000000	0
21	Point	178	2	0	0	1200000000	0
22	Point	183	2	0	0	1200000000	0
23	Point	160	2	0	0	1200000000	0
24	Point	223	1	0	0	1200000000	0
25	Point	233	2	0	0	1200000000	0
26	Point	215	2	0	0	1200000000	0
27	Point	231	2	0	0	1200000000	0
28	Point	228	2	0	0	1200000000	0
29	Point	133	2	0	0	1200000000	0
30	Point	201	2	0	0	1200000000	0
31	Point	210	2	0	0	1200000000	0
32	Point	223	2	0	0	1200000000	0
33	Point	208	2	0	0	1200000000	0
34	Point	176	2	0	0	1200000000	0
35	Point	199	2	0	0	1200000000	0

Рис. 2.22. Атрибутивна таблиця для точкового шару relief-P
[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Результат додавання даних шейп-файлів до проєкту представлено на рисунку 2.23.

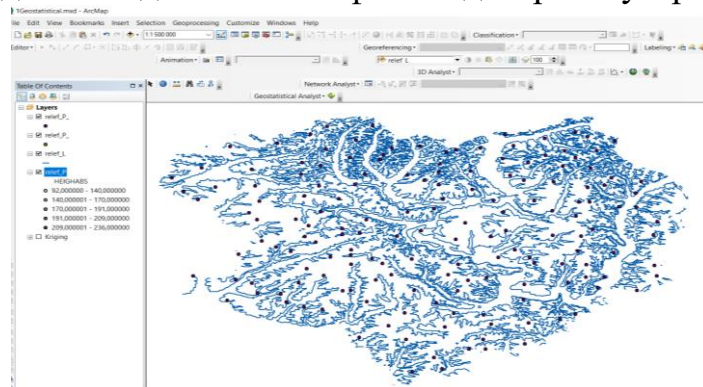


Рис. 2.23. Початковий вигляд проєкту із завантаженими шейп-файлами
[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Для покращення візуалізації було змінено символ для позначення точкового шару висот. Для цього в таблиці змісту було обрано параметри шару relief-P та налаштовано його символи, а саме колір: Градуйовані кольори, поле – Neighabs (рис. 2.24).

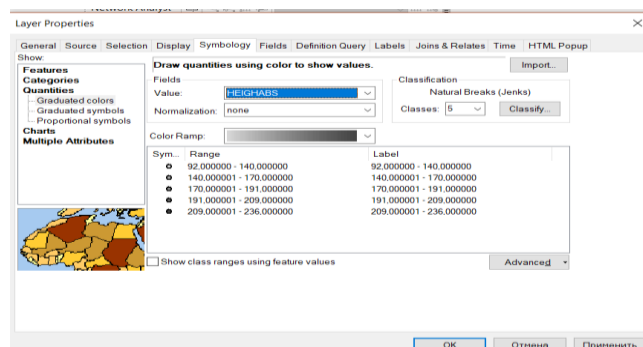


Рис. 2.24. Вікно налаштувань параметрів шару

[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Наступним кроком було розпочато процес створення поверхні висот Харківської області, використовуючи параметри Geostatistical Analyst за

замовчуванням. У якості вхідного набору даних було обрано точковий набір даних за висотами relief-P, а інтерполяція значень висот у точках, де висоти невідомі, була виконана методом крікінга. Для цього у вікні Geostatistical Analyst було обрано Geostatistical Wizard, що є універсальним інструментом геостатистики (рис.2.25).

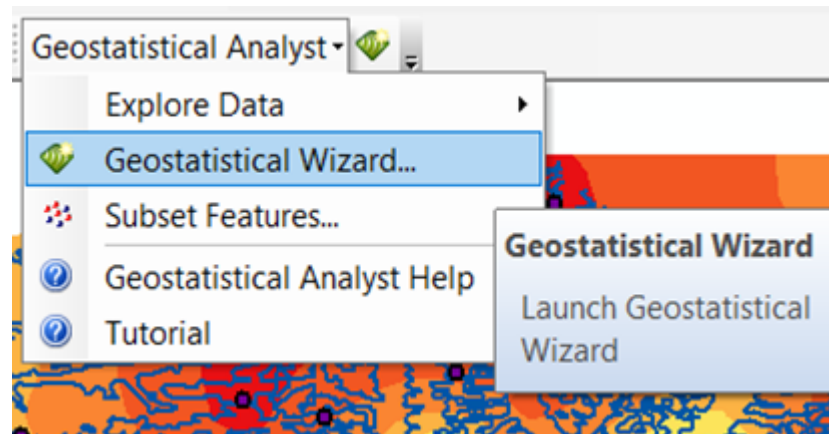


Рис. 2.25. Функція Geostatistical Wizard

[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

У першому вікні налаштувань було обрано метод інтерполяції та вхідні дані, що представлено на рисунку 2.26.

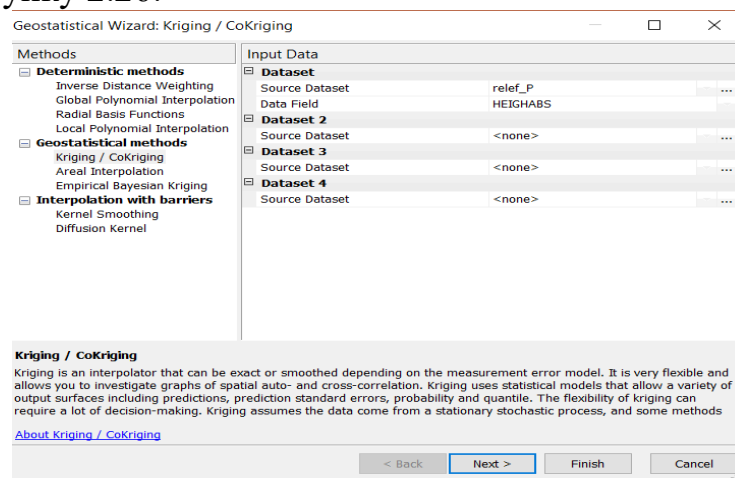


Рис. 2.26. Налаштування методу інтерполяції та вхідних даних

[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Наступне вікно налаштувань відповідає за тип крікінгу та тип вихідних даних. Було обрано ординарний крікінг та карту проінтерпольованих значень, як тип вихідних даних (рис. 2.27).

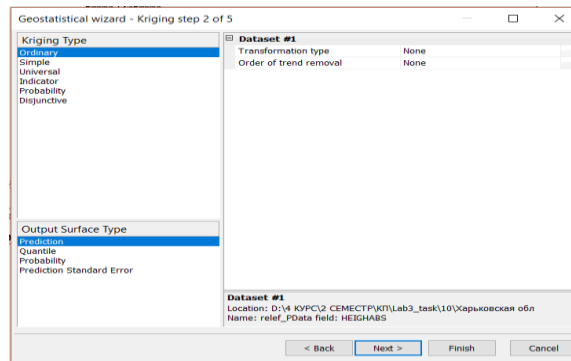


Рис. 2.27. Налаштування типу крігінгу та типу вихідних даних
[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Обравши кнопку Finish, було видно діалогове вікно із переліком усіх налаштованих параметрів та властивостей створюваної поверхні (рис.2.28).

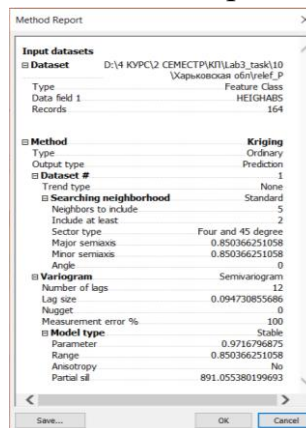


Рис. 2.28. Діалогове вікно кінцевих налаштувань поверхні
[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS].

До таблиці змісту проєкту було автоматично додано новий шар – Kriging. Даний шар містить атрибутивну інформацію про інтерпольовані значення висот – Predicted (рис. 2.29).

ID	Shape *	HEIGHABS	DOMINAT	PLACECHA	COBEGIBI	CODE_LAND	TITLE	TITLE_R	TITLE_E	Included	Predicted	StdError
0	Point	222	1			120000000				Yes	222	0
1	Point	182	2			120000000				Yes	182	0
2	Point	212	2			120000000				Yes	212	0
3	Point	236	2			120000000				Yes	236	0
4	Point	222	2			120000000				Yes	222	0
5	Point	211	2			120000000				Yes	211	0
6	Point	227	2			120000000				Yes	227	0
7	Point	202	2			120000000				Yes	202	0
8	Point	192	2			120000000				Yes	192	0
9	Point	163	2			120000000				Yes	163	0
10	Point	219	2			120000000				Yes	219	0
11	Point	206	2			120000000				Yes	206	0
12	Point	224	2			120000000				Yes	224	0
13	Point	240	2			120000000				Yes	240	0
14	Point	213	2			120000000				Yes	213	0
15	Point	212	2			120000000				Yes	212	0
16	Point	226	2			120000000				Yes	226	0
17	Point	208	2			120000000				Yes	208	0
18	Point	211	2			120000000				Yes	211	0
19	Point	194	2			120000000				Yes	194	0
20	Point	221	2			120000000				Yes	221	0
21	Point	178	2			120000000				Yes	178	0
22	Point	193	2			120000000				Yes	193	0
23	Point	159	2			120000000				Yes	159	0
24	Point	223	2			120000000				Yes	223	0
25	Point	233	2			120000000				Yes	233	0
26	Point	216	2			120000000				Yes	216	0
27	Point	231	2			120000000				Yes	231	0
28	Point	228	2			120000000				Yes	228	0
29	Point	133	2			120000000				Yes	133	0
30	Point	201	2			120000000				Yes	201	0
31	Point	210	2			120000000				Yes	210	0
32	Point	223	2			120000000				Yes	223	0
33	Point	206	2			120000000				Yes	206	0
34	Point	178	2			120000000				Yes	178	0
35	Point	199	2			120000000				Yes	199	0
36	Point	199	2			120000000				Yes	199	0
37	Point	220	1			120000000				Yes	220	0
38	Point	214	2			120000000				Yes	214	0

Рис. 2.29. Таблиця атрибутів проінтерпольованих значень висот
[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Було створено карту проінтерпольованих значень висот Харківської області. Дану карту було розміщено під точковим та лінійними шарами для кращого читання карти. Далі створену поверхню було обрізано зайві ділянки та підігнано поверхню до контуру Харківської області (рис. 2.29).

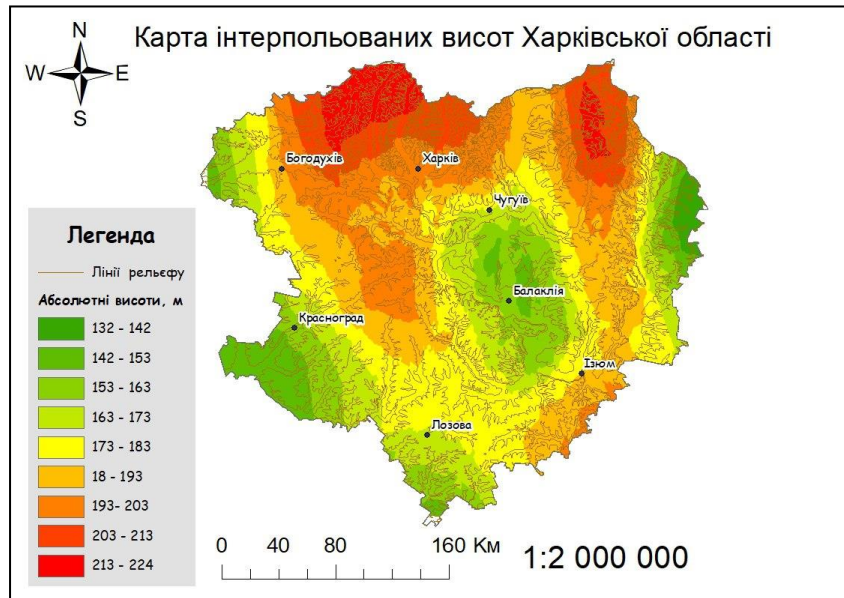


Рис. 2.29. Карта інтерпольованих висот Харківської області

[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Побудована інтерпольована поверхня висот не є точною моделлю відображення рельєфу території та не є універсальною для аналізу рельєфу рівнинних та гірських територій. Для покращення ефективності та оптимізації аналізу рельєфу було побудовано додаткову картографічну модель рельєфу на основі даних дистанційного зондування Землі, а саме даних SRTM. Для побудови карти рельєфу Харківської області було використано програмний продукт Golden Software Surfer. Дана програма була обрана через великий набір інструментів для побудови цифрової моделі поверхні, допоміжних операцій з цифровими моделями поверхні та візуалізації поверхні. У якості вхідних даних було взято SRTM дані Дистанційного зондування Землі з ресурсу [15]. Shuttle radar topographic mission (SRTM), радарна топографічна зйомка більшої частини території земної кулі, за винятком найпівнічніших (>60), найпівденніших широт (>54), а також океанів, яка проведена за 11 днів у лютому 2000 р. за допомогою спеціальної радарної системи. Початкові дані розповсюджуються квадратами розміром 1×1 градус. Дані

є простими 16 бітовим растром (без заголовка) у форматі .BIL, референц-еліпсоїд даних – WGS84.

Було завантажено 6 квадратів, що покривають територію Харківської області, а також шейп-файл кордонів Харківської області, що представлено на рис. 2.30.

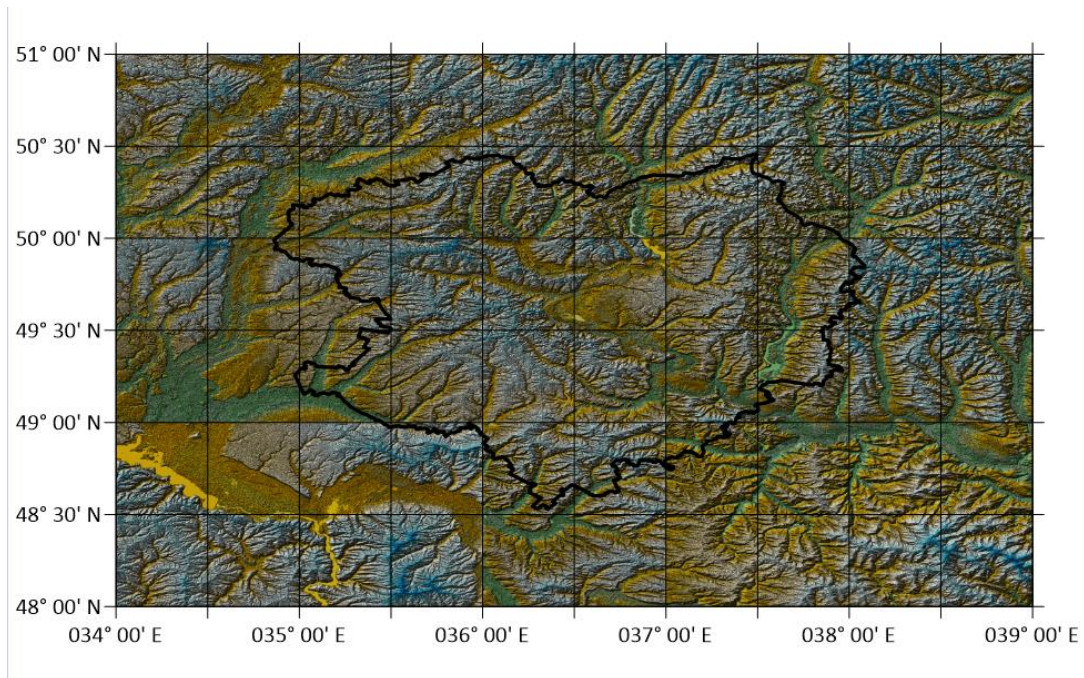


Рис. 2.30. Завантажені растрові квадрати рельєфу території Харківської області

[складено автором за допомогою програмного середовища Surfer]

Для аналізу рельєфу області було побудовано два профілі АВ (напрямок Північний захід – Південний схід) та CD (Напрямок Південний захід – Північний схід). Дані профілі дозволяють виконати кращу візуалізацію рельєфу області для оптимізації процесу підтримки прийняття рішень при побудові ТЕЦ. Побудовані профілі представлено на рис.2.31.

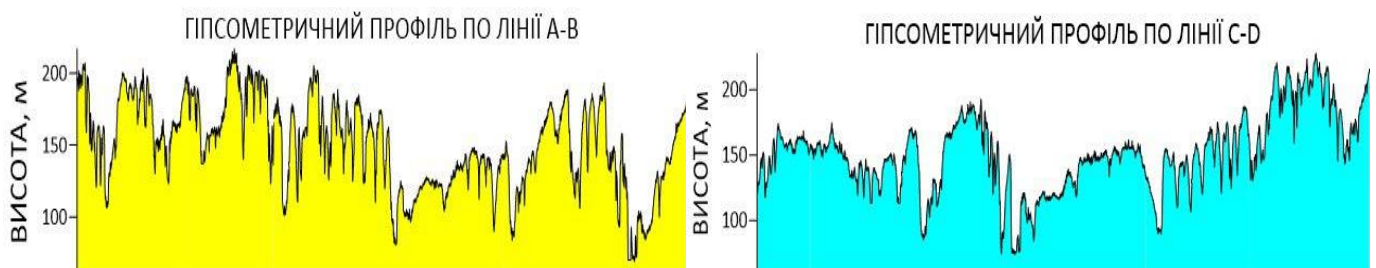


Рис 2.31. Профілі рельєфу Харківської області

[складено автором за допомогою програмного середовища Surfer]

Для компонування карти було додано основні базові елементи: Назва карти, масштаб, кольорова шкала висот (рис. 2.32).

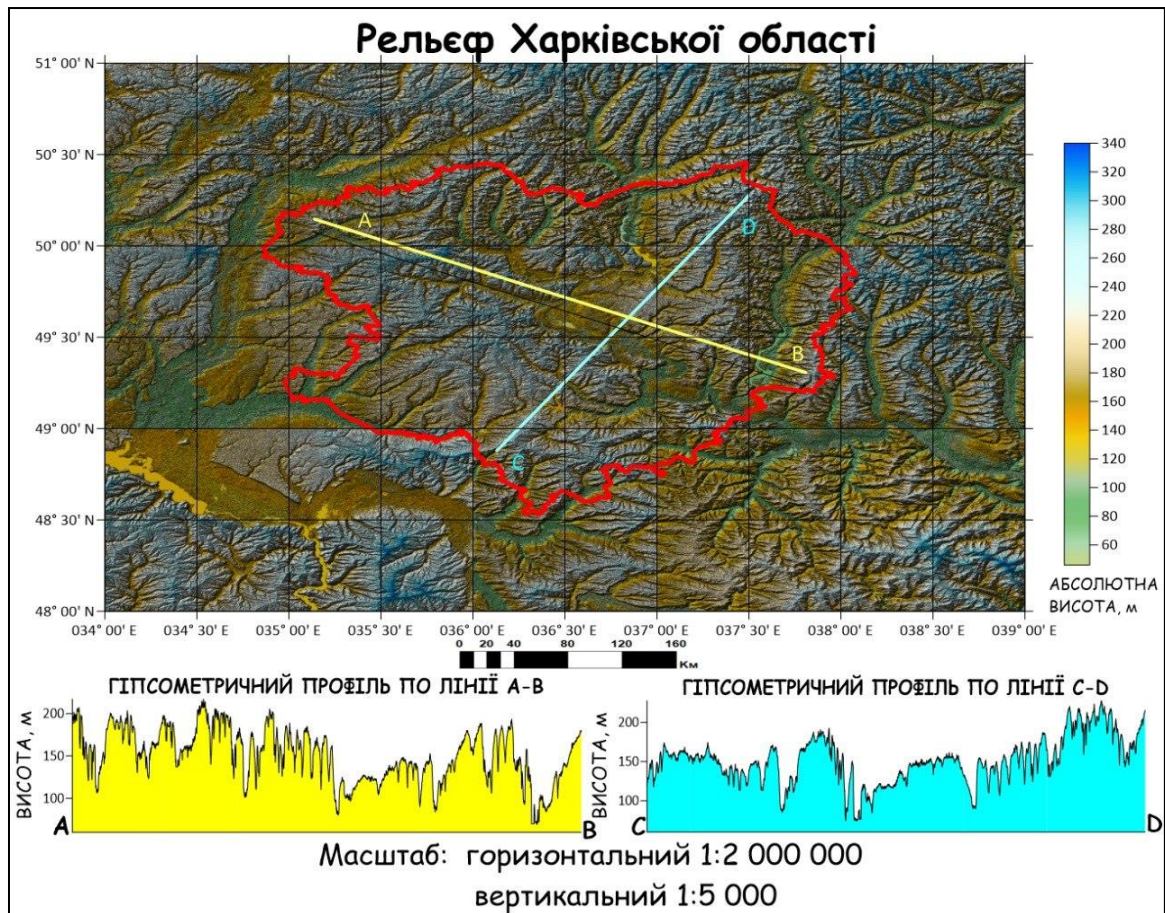


Рис. 2.32. Картографічна модель рельєфу Харківської області

[складено автором за допомогою програмного середовища Surfer]

Отже, аналіз картографічної моделі рельєфу Харківської області вказує, що в області переважає рівнинний рельєф. Найбільший ухил поверхні має Куп'янський, Харківський та північна частина Богодухівського району.

2.3. Побудова картографічної моделі для оцінки транспортної мережі Харківської області

Для побудови картографічної моделі транспортної мережі Харківської області було використано програмний комплекс ArcGIS 10.8. До фрейму даних проекту спершу було завантажено базову карту OpenStreetMap, діалогове вікно налаштування якої представлено на рис. 2.33.

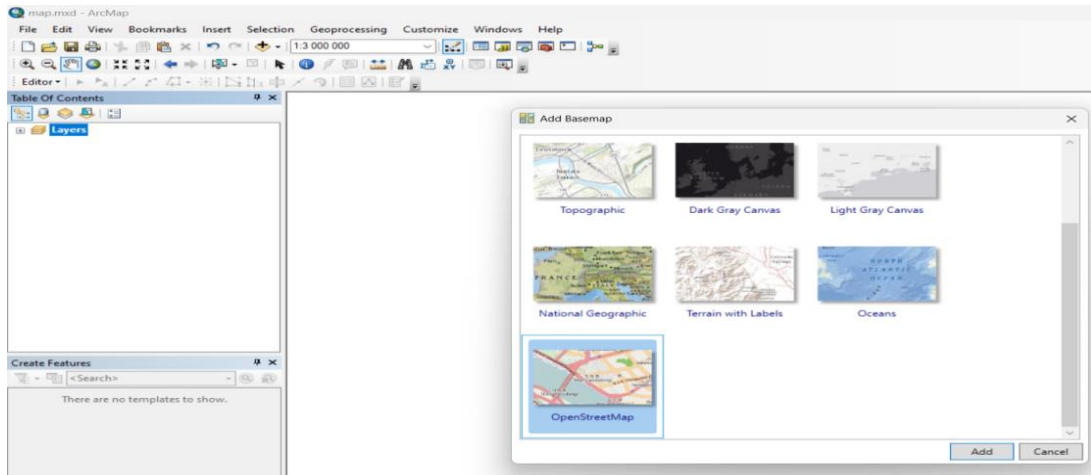


Рис. 2.33. Діалогове вікно завантаження базової карти OpenStreetMap
[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Було обрано саме цей базовий шар, оскільки він містить чітку інформацію про вулиці та дороги, що є надзвичайно важливим при створенні векторної карти транспортної мережі області. Для побудови транспортної мережі було створено новий шейп файл Roads, тип об'єкту – Polyline, система координат WGS 1984 (рис.2.34).

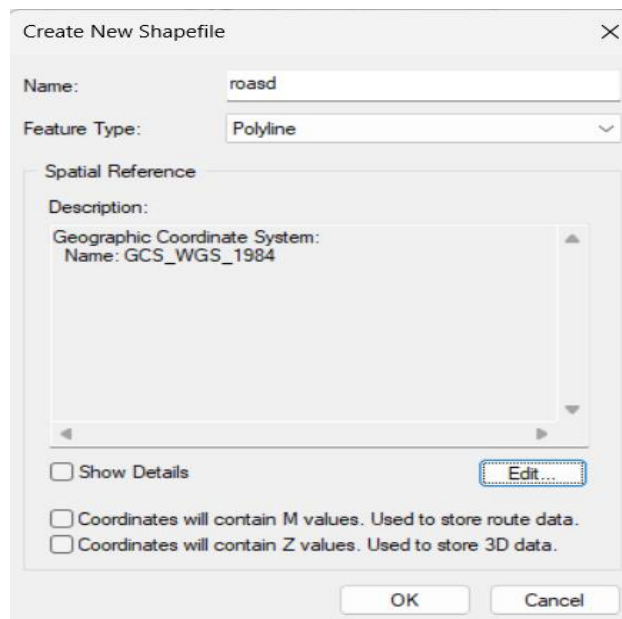


Рис. 2.34. Діалогове вікно налаштування шейпу доріг
[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Наступним кроком було виконано векторизацію базової карти та нанесення векторного шару основних доріг. Для цього було активовано Editor (Редактор карти) та Create Features, що дозволяє обрати тип лінії. Кожну основну дорогу області було векторизовано з максимально можливою точністю (рис. 2.34).

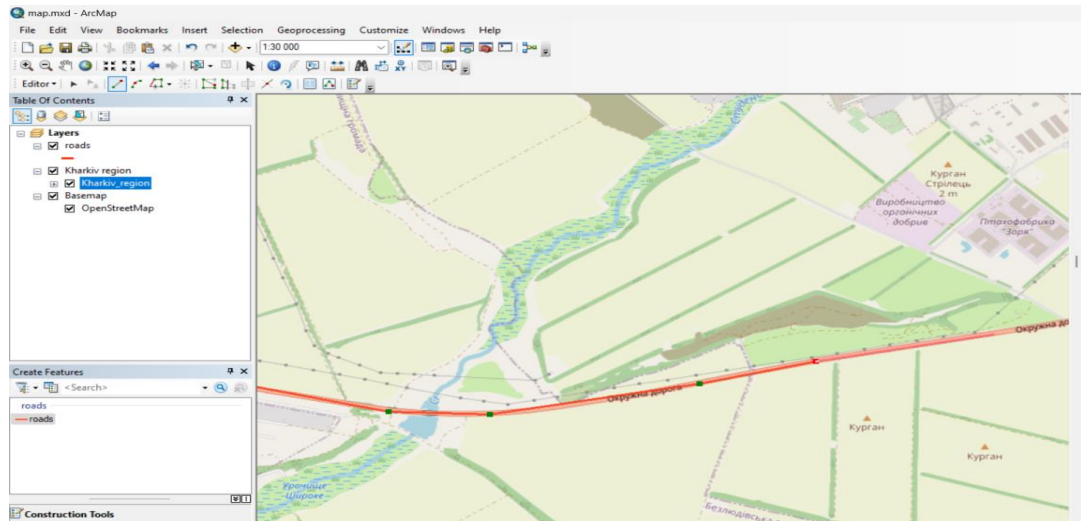


Рис. 2.35. Процес векторизації окружної дороги Харкова

[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Таким чином було створено шар транспортної мережі (рис. 2.36).

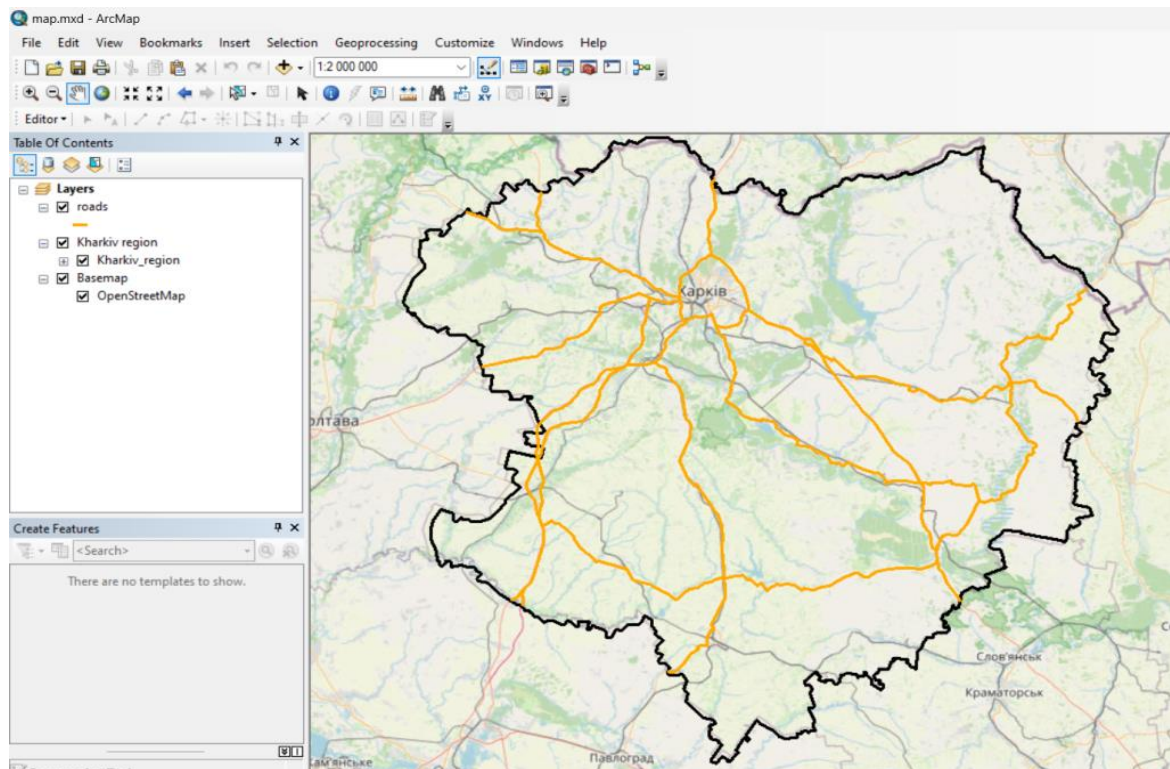


Рис. 2.36. Векторизований шар транспортної мережі області [складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Оскільки отриманий шар ще не є готовою картографічною моделлю, було виконано картографічну компоновку даного шару. Для цього було відкрито вікно компоновання Layout View. У вкладці Insert було обрано необхідні елементи карти, такі як: Масштаб, Легенда карти, стрілка на північ (рис. 2.37).

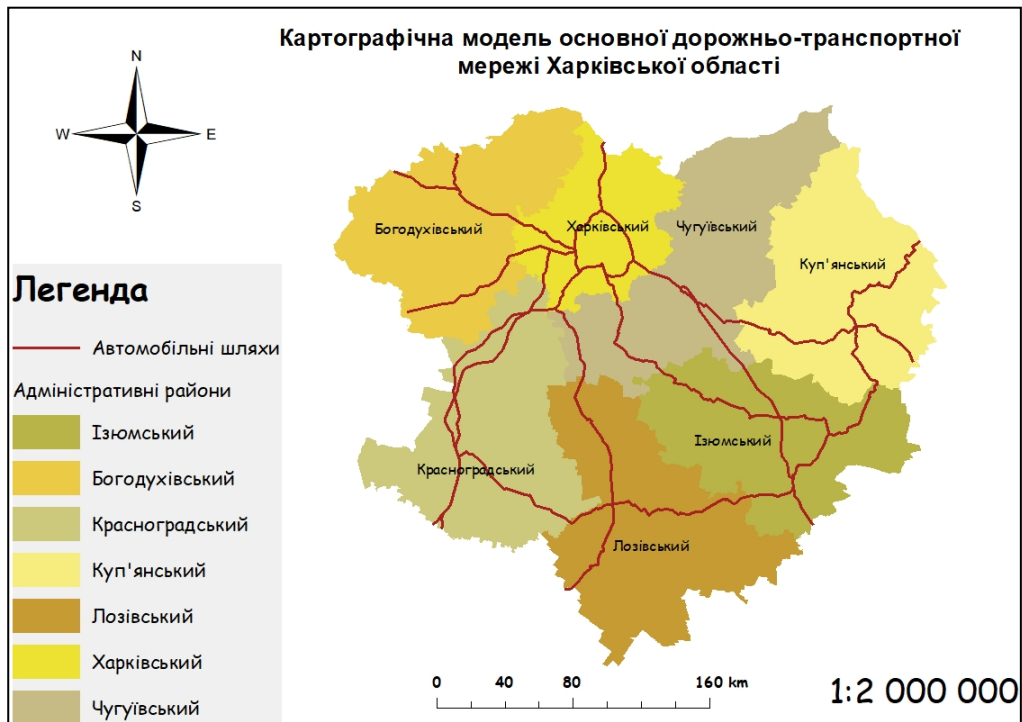


Рис. 2.37. Картографічна модель основних автомобільних шляхів Харківської області [складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Отже, аналіз картографічної моделі транспортної мережі, а саме основних автомобільних шляхів по районах Харківської області вказує, що найбільшу густоту мають Харківський, Богодухівський та Лозівський райони. Найгірше розвинена транспортна мережа північної частини Чугуївського та Куп'янського району.

2.4. Побудова картографічної моделі для оцінки густоти населення як споживчого фактору при будівництві міні ТЕЦ

Оскільки споживчий фактор є обов'язковим для врахування під час будівництва міні-ТЕЦ, треба розглянути густоту населення по районах Харківської області. Для цього було використано дані Головного управління статистики щодо кількості населення та площі районів Харківської області [4] (додаток Ж). Розрахунки густоти населення було внесено до атрибутивної таблиці (рис. 2.38).

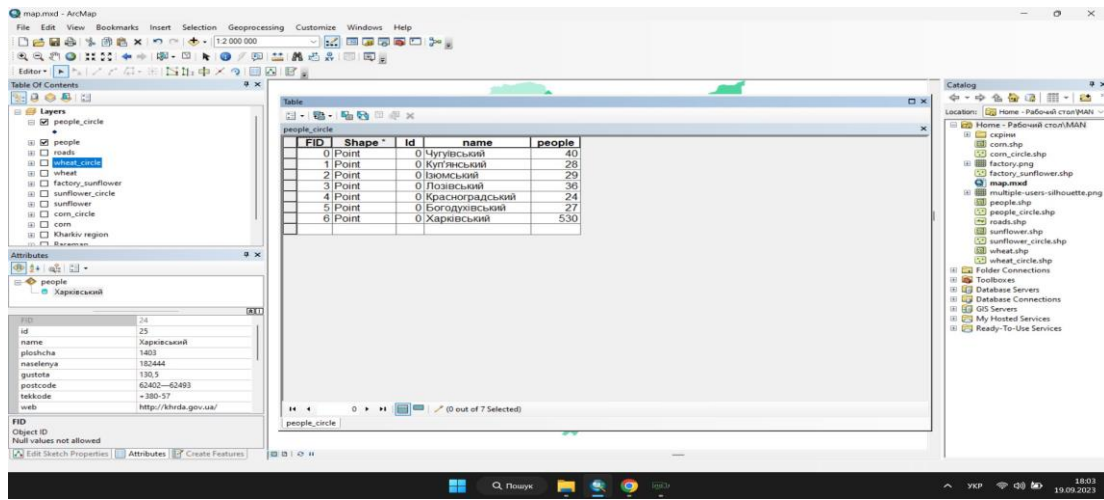


Рис. 2.38. Атрибутивна таблиця шару Sunflower

[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Для кращої візуалізації густоти населення по районах було використано метод відображення просторових даних – Quantities – Graduated colors. Тобто, дані відображаються за градацією кольорів (рис. 2.39) .

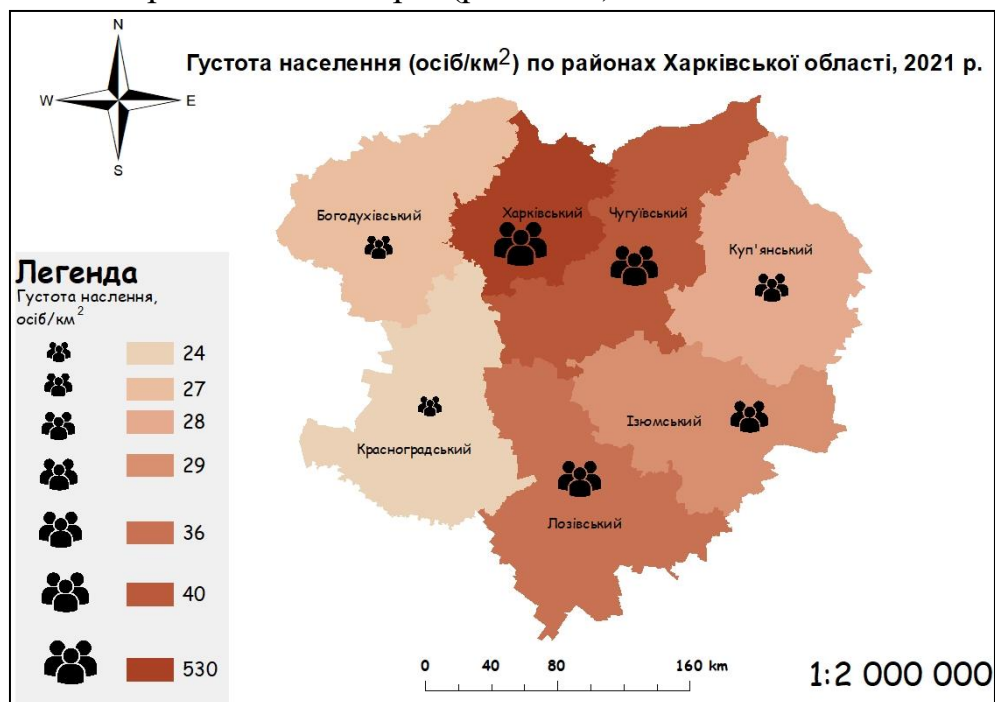


Рис. 2.39. Картографічна модель густоти населення по районах Харківської області [складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Отже, аналіз картографічної моделі густоти населення по районах Харківської області вказує, що найбільшу густоту мають Харківський, Чугуївський та Лозівський райони. А найменша густота населення спостерігається у Красноградському районі.

РОЗДІЛ 3

ВИКОРИСТАННЯ ГЕОПРОСТОРОВОГО АНАЛІЗУ ПРИ ВИБОРІ ОПТИМАЛЬНОГО МІСЦЯ РОЗМІЩЕННЯ МІНІ-ТЕЦ В ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

3.1. Побудова комплексної картографічної моделі для полегшення прийняття рішень при будівництві міні-ТЕЦ

Комплексний аналіз критеріїв для побудови міні-ТЕЦ, а також детальне дослідження районів Харківської області на наявність відповідних умов дозволив оптимізувати підтримку прийняття управлінських рішень. Застосування технологій ГІС, а саме програмного забезпечення ArcGIS дозволило побудувати комплексну карту, яка відображає рівень відповідності кожного району критеріям для побудови міні-ТЕЦ.

Для створення комплексної карти відповідності критеріям було завантажено створені на минулих етапах шейп-файли, які містять інформацію про врожайність соняшнику, кукурудзи та пшениці, розташування заводів з переробки соняшнику, транспортну розв'язку Харківської області, густоту населення районів. Дані шейп-файли було завантажено до фрейму даних проєкту та розміщено їх в таблиці змісту порядку, що візуально зрозумілий для подальшого аналізу карти (рис. 3.1).

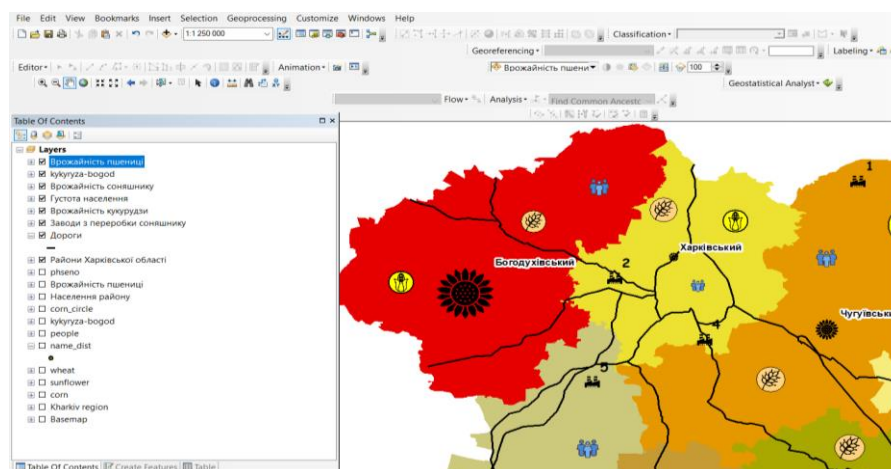


Рис. 3.1. Завантажені шари до таблиці змісту

[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Для уникнення перекриття шарів, дані про райони області було розташовано нижче за інші. Шари, що містять інформацію про врожайність культур було відображено вище, оскільки дані тут представляються у вигляді точок пунсонів

Оскільки завантажені шари ще не є готовою комплексною картою, було перейдено до етапу візуалізації даних. Для цього було обрано нове вікно LayOutView, що є робочим фреймом для компонування карти та підготовки її до публікації. У вкладці Insert було спочатку обрано стрілку на північ, що є важливим елементом карти. Наступним важливим етапом візуалізації даних було налаштування легенди карти. Оскільки комплексна карта містить велику кількість шарів, створення та відображення легенди карти стало нелегким процесом. Для відображення у легенді усіх необхідних шарів на першому кроці побудови легенди було обрано необхідні дані для візуалізації (рис 3.2).

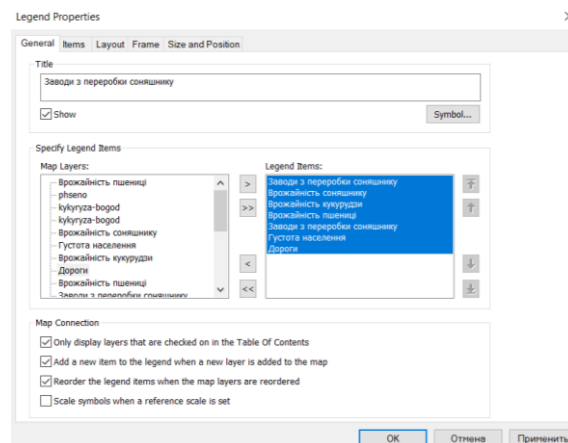


Рис. 3.2. Вибір шарів карти для легенди

[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Оскільки побудова легенди є автоматизованим процесом, програма не може врахувати вимогу до розміру фрейму карти. Саме через це перший варіант легенди мав розмір більший, ніж розмір полотна карти. Для подолання цієї проблеми було вручну налаштовано розташування у легенді позначень врожайності пшениці, кукурудзи та соняшнику, позначень заводів із переробки соняшнику, позначень густоти населення районів Харківської області, позначень доріг. Для цього у налаштуваннях легенди було обрано потрібний для редагування шар відображення – «Врожайність соняшнику» – та обрано функцію «Place items in a new column»

(рис. 3.3), що дозволяє розташовувати умовні позначення не в одну колонку, а в окрему колонку для кожного типу умовного позначення.

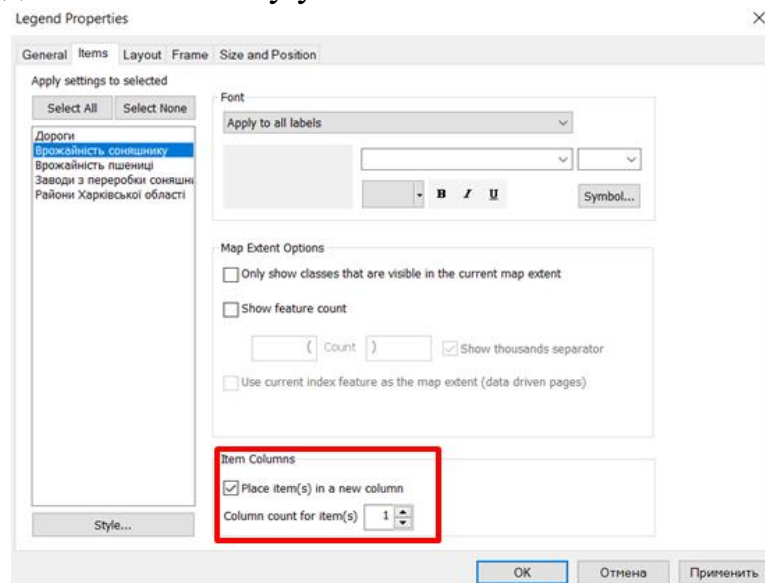


Рис.3.3. Діалогове вікно налаштування коректного відображення умовних позначень [складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Таким чином було вручну налаштовано розташування для кожного типу позначень. Готову легенду було розташовано так, що вона, разом із іншими елементами карти займала 80% полотна карти, що відповідає правилами картографування. Наступним кроком було додано до полотна масштаб карти, що було представлено у двох форматах для ефективного сприйняття даних: числовий та лінійний (рис.3.4).

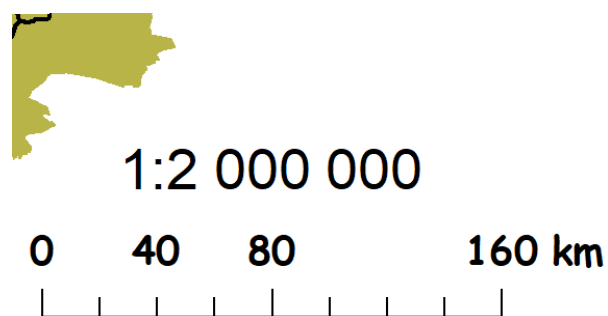


Рис.3.4. Додані до карти два формати представлення масштабу [складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]

Таким чином було завершено компоунання карти та виконано її експорт у формат .jpg (рис.3.5.)



Рис. 3.5. Комплексна картографічна модель основних факторів впливу на розміщення міні-ТЕЦ у Харківській області

[складено автором за допомогою програмного середовища ArcGIS]



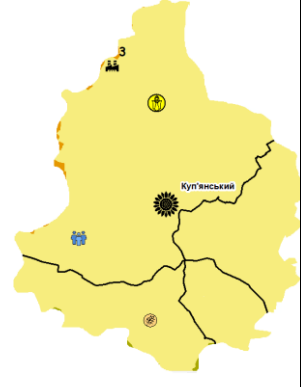
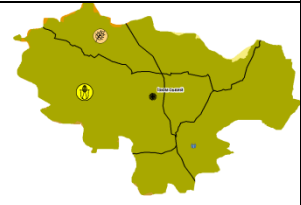
Отже, побудова комплексної картографічної моделі дає можливість провести комплексну оцінку всіх факторів, які впливають на розміщення міні-ТЕЦ на біопаливі, що дозволить прийняти оптимальне рішення щодо визначення місця її розташування.




3.2. Оцінка відповідності районів критеріям при розміщення міні-ТЕЦ

Для підтримки прийняття рішень щодо вибору району для побудови міні-ТЕЦ було складено комплексну узагальнену таблицю, яка відображає райони Харківської області та відповідність кожного району певному критерію (табл. 3.1). В таблиці знаком « - » позначено комірку для того критерію, якому район не відповідає. Знаком «+» позначено комірку для того критерію, якому район відповідає. У якості критеріїв було обрано наявність сировинної бази соняшнику, наявність сировинної бази пшениці, наявність сировинної бази кукурудзи, наявність зручної транспортної розв'язки, наявність заводів із переробки соняшнику в легкій транспортній доступності, наявність попиту – споживача (табл.3.1).

Таблиця 3.1.

Оцінка відповідності районів критеріям при розміщення міні-ТЕЦ

Район	Критерій						Картографічне відображення
	Розвинутість транспортної мережі	Сложивач	Урожайність соняшника	Урожайність пшениці	Урожайність кукурудзи	Потужність підприємств з переробки соняшника	
Харківський	+	+	-	+	+	+	
Чугуївський	+	-	+	+	+	+	
Куп'янський	+	+	+	-	+	+	
Ізюмський	+	+	-	+	+	-	

Район	Критерій						Картографічне відображення
	Розвинутість транспортної мережі	Споживач	Урожайність соняшника	Урожайність пшениці	Урожайність кукурудзи	Потужність підприємств з переробки соняшника	
Лозівський	-	+	+	-	+	-	
Красноградський	+	+	+	+	+	+	
Богодучівський	+	+	+	+	+	-	

Аналіз даної комплексної таблиці критеріїв дає змогу визначити, який саме район є оптимальним для побудови міні-ТЕЦ, а саме Красноградський та Богодучівський райони мають найбільшу відповідність критеріям для побудови міні-ТЕЦ. Ізюмський, Чугуївський, Куп'янський мають найменшу відповідність критеріям через низьку сировинну базу та неможливість розміщення міні-ТЕЦ через військову агресію РФ (додаток К).

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження основних факторів впливу на розміщення міні-ТЕЦ на біопаливі в Харківській області за допомогою програмного середовища ArcGIS дозволяють зробити такі висновки:

1. У ході моделювання було визначено врожайність кукурудзи, соняшника та пшениці та побудовано картографічні моделі потенційних можливостей використання цієї сировини. Аналіз картографічної моделі врожайності соняшника та наявності олійноекстракційних підприємств по районах Харківської області вказує, що найбільшу врожайність мають Богодухівський, Красноградський, та Лозівський райони. А найменша врожайність спостерігається у Харківському та Ізюмському районах. Найбільші підприємства з переробки соняшника зосереджено у Харківському та Красноградському районах. Аналіз картографічної моделі врожайності кукурудзи по районах Харківської області вказує, що найбільшу врожайність мають Красноградський, Богодухівський, та Лозівський райони. А найменша врожайність спостерігається у Куп'янському та Ізюмському районах. Аналіз картографічної моделі врожайності пшениці по районах Харківської області вказує, що найбільшу врожайність мають Красноградський та Куп'янський райони. А найменша врожайність спостерігається у Лозівському та Богодухівському районах.

2. У програмному середовищі ArcGis було проінтерпольовано висоти Харківської області та, для покращення ефективності та оптимізації аналізу рельєфу, побудовано картографічну модель рельєфу на основі даних дистанційного зондування Землі, а саме даних SRTM, аналіз якої вказує, що в області переважає рівнинний рельєф. Найбільший ухил поверхні має Куп'янський, Харківський та північна частина Богодухівського району.

3. Аналіз картографічної моделі транспортної мережі, а саме основних автомобільних шляхів по районах Харківської області вказує, що найбільшу густоту мають Харківський, Богодухівський та Лозівський райони. Найгірше розвинена транспортна мережа північної частини Чугуївського та Куп'янського

району. При побудові картографічної моделі густоти населення по районах Харківської області визначено, що найбільшу густоту мають Харківський, Чугуївський та Лозівський райони. А найменша густота населення спостерігається у Красноградському районі.

4. Геопросторовий аналіз комплексної картографічної моделі основних критеріїв визначення місця розташування міні-ТЕЦ на біопаливі дає змогу визначити, який саме район є оптимальним для побудови міні-ТЕЦ, а саме Красноградський та Богодухівський райони мають найбільшу відповідність критеріям для побудови міні-ТЕЦ. Ізюмський, Чугуївський, Куп'янський мають найменшу відповідність критеріям через низьку сировинну базу та неможливість розміщення міні-ТЕЦ через військову агресію рф .

Таким чином, виявлено і обґрунтовано необхідність впровадження геоінформаційних систем в українську електроенергетику в умовах її модернізації. Проведене дослідження дозволило оптимізувати використання сільськогосподарських культур як біопалива, змодельовати основні критерії будівництва міні-ТЕЦ, що стане важливим прогнозом при підтримці прийняття рішень для вибору оптимального місця розташування об'єктів енергетичної інфраструктури на прикладі Харківської області. Це надає можливість підвищити енергобезпеку, стабілізувати енергосистему в країні особливо в умовах постійної агресії рф, виробляти додаткову енергію та зменшити вплив на навколишнє середовище.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Виробництво енергії з біомаси в Україні: технології , розвиток, перспективи / Інститут технічної теплофізики НАН України; за ред. Г. Гелетухи. — Київ: Академперіодика, 2022. — 373 с.
2. Гелетуха Г.Г. Енергозабезпечення України: погляд у 2050 р. / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Желєзна, М.М. Жовмір та ін. // Зелена енергетика. – 2003. – № 4 (12). – С. 4-10.
3. Геоінформаційні системи. Розробка геоінформаційних систем. URL: https://regionet.org.ua/ua/Rozrobka_ta_aktuvne_vukorustannya_geoinformatsiynuh_sustem_GIS_2632633.html#page_title (серпень 2023).
4. Головне управління статистики у Харківській області. URL: <http://kh.ukrstat.gov.ua/roslynyystvo> (серпень-жовтень 2023).
5. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/signal/kr06145a.doc>.
6. Кудря С.О. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / С.О. Кудря, В.Ф. Резцов, Т.В. Суржик та ін.]. – К.: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2008. – 55 с.
7. Малярєнко В.А., д-р техн. наук, професор І. К. ГАЛЄТИЧ, канд. фіз.-мат. наук, доцент Ю.І. Вергелєс, ст. викладач Харківська національна академія міського господарства, м. Харків Відновлювані джерела енергії для Харківської області: Сучасний стан, тенденції, перспективи
8. Наш енергетичний потенціал //Альтернативні джерела енергії.– 2009. – № 2.– С. 1-6.
9. Огляд відновлюваних джерел енергії в сільському та лісовому господарстві України. URL: http://biomass.kiev.ua/Assets/files/AgPP6_U.pdf (13.09.2023).
10. Програма підвищення енергоефективності, енергозбереження та зменшення споживання енергоресурсів у Харківській області на 2016-2022 роки. URL: <https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/833/83229/files/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82.pdf> (02.09.2023).

11. Переробники соняшника в Харківській області.

URL: <https://tripoli.land/ua/infraestructura/maslozavody-mezy/pererabotchiki-podsolnechnika/harkovskaya> (14.10.2023).

12. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні. Аналітична записка БАУ №7.

URL: <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-7-ua.pdf> (29.08.2023).

13. Підготовка та впровадження проєктів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. Практичний посібник/За ред. Г. Гелетука. – К.: «Поліграф плюс», 2015. – 72 с.

14. Самойленко В.М. Основи геоінформаційних систем. – К.: Ніка-Центр, 2003. – 276 с.

15. Сервіс Геологічної служби США (USGS) URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата звернення 24 вересня 2023)

16. Сергієнко Д. Особливості застосування ГІС в електроенергетиці/Д. Сергієнко// — Connect. Світ зв'язку.— 2012.— № 3

17. Ткачук С.М. ГІС як системи підтримки прийняття рішень в електроенергетиці. Київський національний університет ім. Т.Г. Шевченка. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії, збірник наукових праць. – Харків 2014. – випуск № 19 – с. 102-105.

18. Федоренко В. Використання біопалива для виробництва теплової енергії, ТОВ «АРНІКА-Центр» URL: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00MD8R.pdf

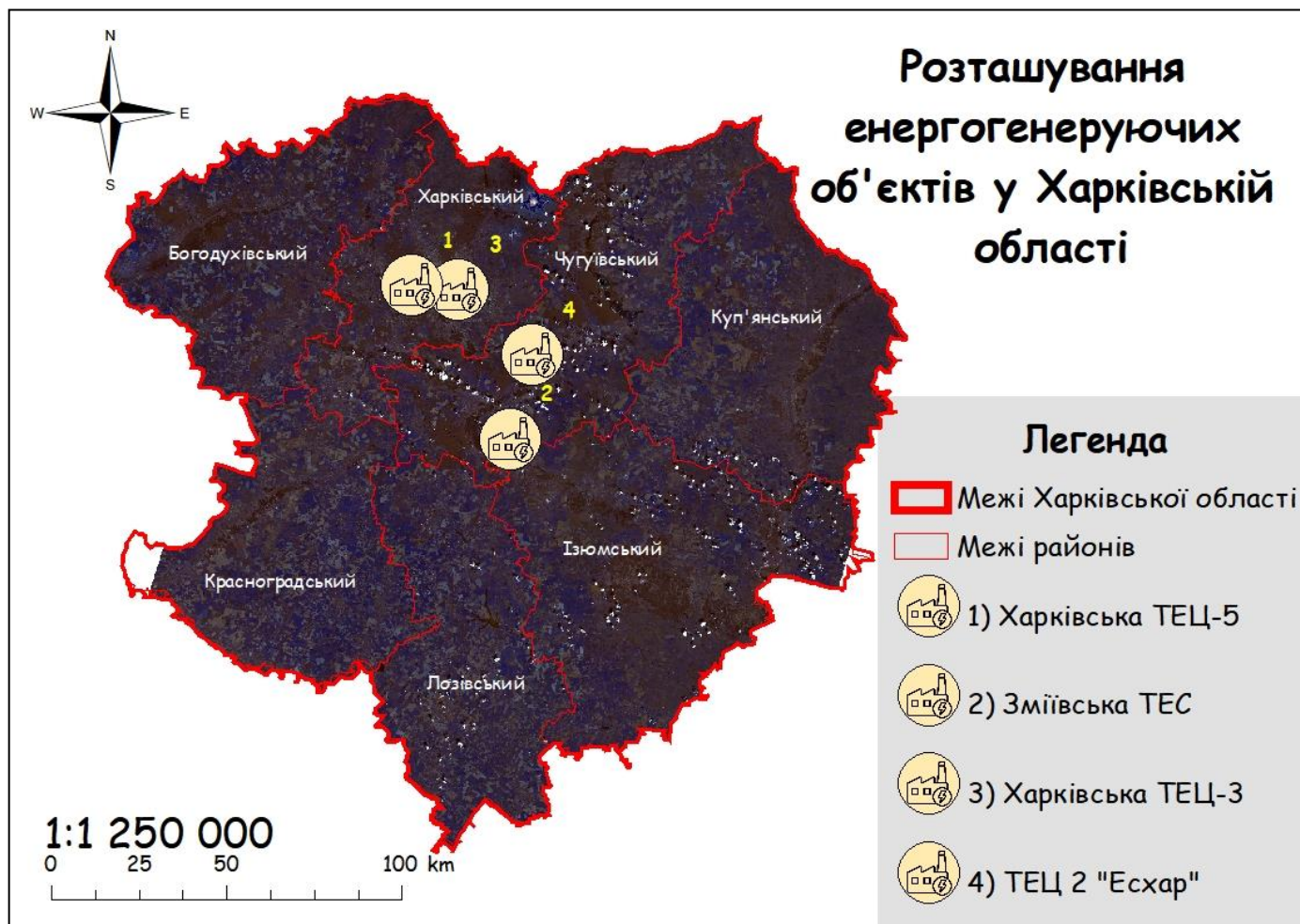
19. Шипулін В.Д. Основні принципи геоінформаційних систем. Харків. 2010. 313 с.

20. EO Browser URL <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/?zoom=10&lat=41.9&lng=12.5&themeId=DEFAULT-THEME&toTime=2022-12-19T17%3A55%3A37.123Z> (дата звернення 6 вересня 2023)

ДОДАТКИ

Додаток А

КОСМІЧНИЙ ЗНІМОК ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ, 14.06.2023



(Розмір 7931*8021, вага 89.4 Мб, ресурс Earth Explorer USGS)

[з доповненнями автора у середовищі ArcGIS]

ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ БІОМАСИ В УКРАЇНІ

Вид біомаси та напрям використання	Потенціал, доступний для енергетики, тис т	Обсяг, що вже використовуєть ся для енергетики		Частка використання загального потенціалу, %
		тис т	тис т н. е.	
Солома зернових / ріпаку	13604	445	157	3,3
спалювання (тюки)		350	119	2,6
виробництво, спалювання гранул / брикетів		100	36	0,7
виробництво та експорт гранул		4,9	2	0
ПП виробництва кукурудзи на зерно	18660	15	5	0,1
ПП виробництва соняшнику	11590	0	0	0
Деревна біомаса	10941	10251	2799	93,6
спалювання (дрова, тріска)		8900	2337	81,3
експорт паливної деревини		600	158	5,5
виробництво, спалювання гранул / брикетів		300	122	2,7
виробництво та експорт гранул		451	183	4,1
Лушпиння соняшнику	2585	1890	789	73,1
спалювання		1280	535	49,5
виробництво, спалювання гранул / брикетів		400	167	15,5
виробництво та експорт гранул		210	88	8,1
Жом цукрового буряку	4410	360	18,4	8,2
Силос кукурудзи (зелений)	27000	33	4,1	0,1
Гній	30020	440	16,9	1,5
Разом	118810	13444	3790	В середньому 11,3

Складено автором за матеріалами [2]

**СУМАРНИЙ ДОЦІЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ (ГВТ•ГОД / РІК) У ХАРКІВСЬКІЙ
ОБЛАСТІ**

Тип відновлюваних джерел енергії	Доцільно - економічний річний потенціал (1 ВТ год/рік)	Частка від загального потенціалу для території України, %
Сонячна енергетика	270	5,02
Гідропотенціал малих річок	80	2,14
Біомаса - відходи тваринництва	5,89	5,4
Біомаса - продукція рослинництва	9246	7,05
Геотермальна енергія	0,01	0,004
Енергія надлишкового тиску природного газу	106	9,7
Низько-потенціальна теплова енергія стічних вод	1059	8,3
Енергетичний потенціал теплоти ґрунту та ґрунтових вод	153	1,45
Разом:	10920	

Складено автором за матеріалами [4]

**ВИРОБНИЦТВО СОНЯШНИКУ У ПІДПРИЄМСТВАХ ПО РАЙОНАХ
ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ У 2021 РОЦІ**

Виробництво соняшнику у підприємствах по районах у 2021 році	Урожайність, ц з 1 га площі зібраної
Богодухівський	27,5
Ізюмський	23,4
Красноградський	26,0
Куп'янський	25,6
Лозівський	25,8
Харківський	22,8
Чугуївський	24,9

Складено автором за матеріалами Головного управління статистики у Харківській області [4]

**ВИРОБНИЦТВО КУКУРУДЗИ У ПІДПРИЄМСТВАХ ПО РАЙОНАХ
ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ У 2021 РОЦІ**

Виробництво кукурудзи у підприємствах по районах у 2021 році	Урожайність, ц з 1 га площі зібраної
Богодухівський	63,1
Ізюмський	42,7
Красноградський	68,3
Куп'янський	45,0
Лозівський	57,4
Харківський	45,9
Чугуївський	47,3

Складено автором за матеріалами Головного управління статистики у Харківській області [4]

**ВИРОБНИЦТВО ПШЕНИЦІ У ПІДПРИЄМСТВАХ ПО РАЙОНАХ
ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ У 2021 РОЦІ**

Виробництво пшениці у підприємствах по районах у 2021 році	Урожайність, ц з 1 га площі зібраної
Богодухівський	47,9
Ізюмський	48,3
Красноградський	53,4
Куп'янський	49,7
Лозівський	46,7
Харківський	48,8
Чугуївський	49,6

Складено автором за матеріалами Головного управління статистики у Харківській області [4]

**ГУСТОТА НАСЕЛЕННЯ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ПО РАЙОНАХ,
2021 Р.**

Райони	Площа (км²)	Населення	Густота, (осіб/км²)
Богодухівський район	4508	122570	27
Ізюмський район	5906	173179	29
Красноградський район	4333	104473	24
Куп'янський район	4613	130710	28
Лозівський район	4207	148691	36
Харківський район (в тому числі Харків)	3222	1707670	530
Чугуївський район	4804	193321	40

Складено автором
за матеріалами Головного управління статистики у Харківській області [4]

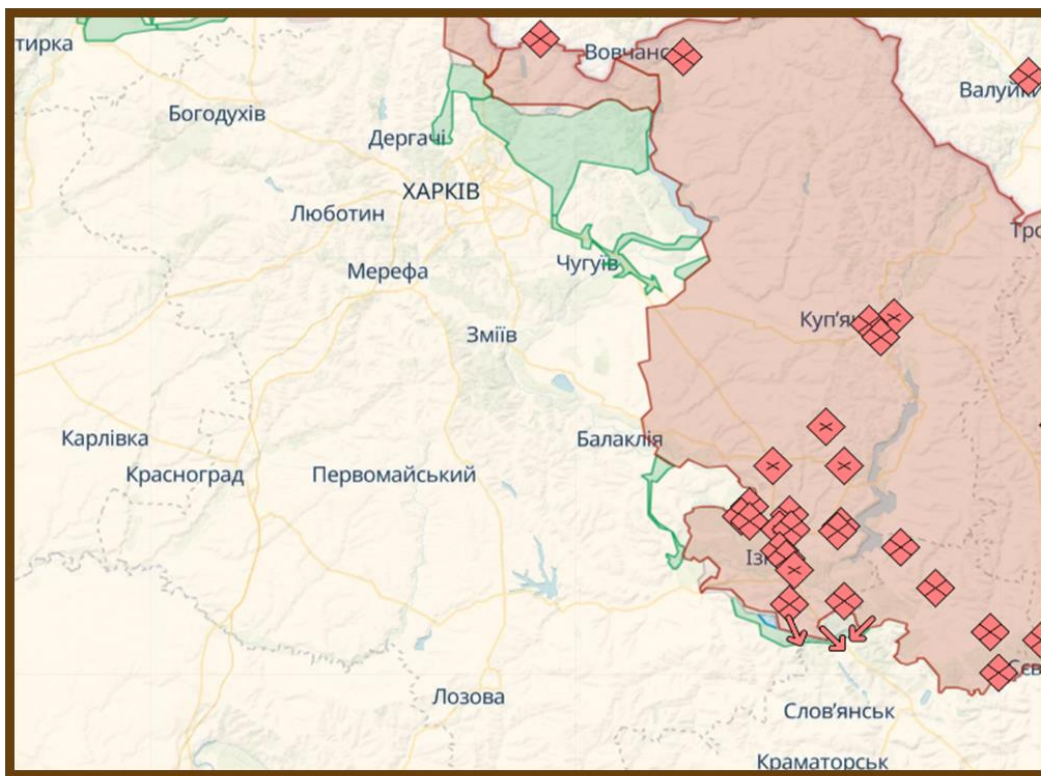
БОЙОВІ ДІЇ НА ТЕРИТОРІЇ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Рис. К.1. Deep State Map станом на 01.09.2022

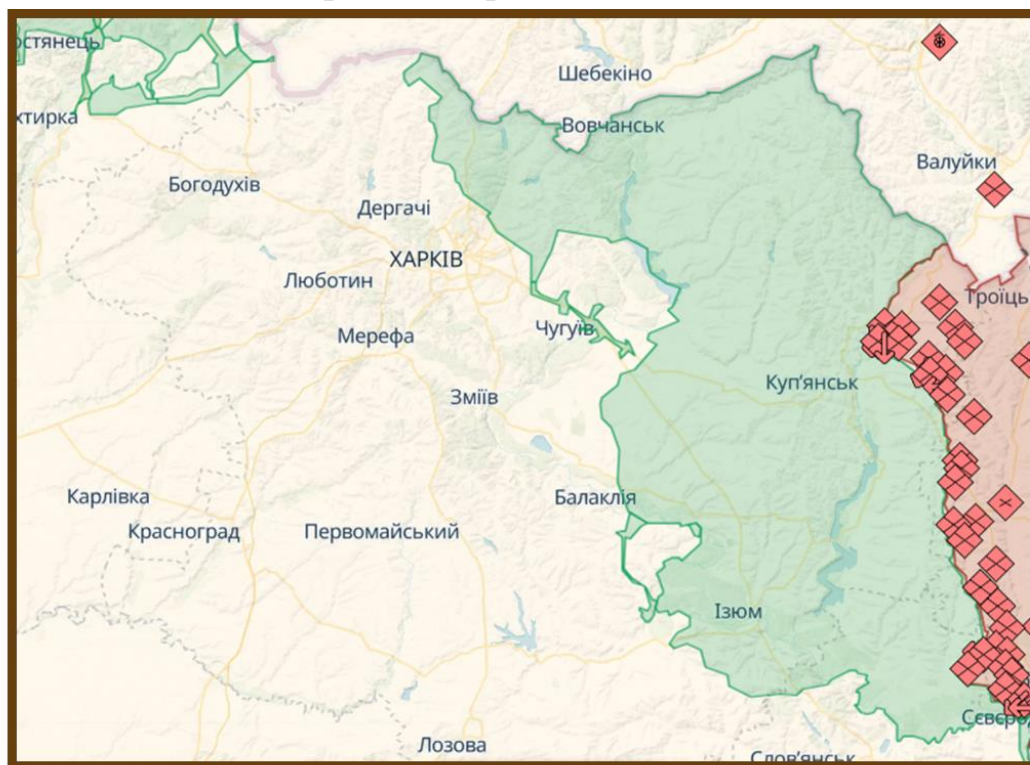


Рис. К.2. Deep State Map станом на 01.02.2024