

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра водогосподарської інженерії

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри водогосподарської
інженерії

доцент _____ Андрій ТКАЧУК

«_____» червня 2025 р.

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
ступінь вищої освіти «Бакалавр»

на тему **Удосконалення методики калібровки даних
дистанційного зондування Землі для оцінки
вологозабезпеченості пшениці озимої в умовах
Дніпропетровської області**

Виконала: студентка 4 курсу,
групи БЦІ-1-21

Спеціальність – 192 "Будівництво та
цивільна інженерія"

Освітня програма „Гідротехніка (водні
ресурси)”

Надія ХМЕЛЬНИЧЕНКО

Керівник : доцент Володимир КОВАЛЕНКО

Рецензент : _____

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра водогосподарської інженерії
ступінь вищої освіти «Бакалавр»
Спеціальність – 192 "Будівництво та цивільна інженерія"
Освітня програма „Гідротехніка (водні ресурси)”

ЗАТВЕРДЖУЮ :
Зав. кафедрою водогосподарської інженерії
доцент _____ Андрій ТКАЧУК
__ квітня 2025р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студентці
Хмельниченко Надії Володимирівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту: **Удосконалення методики калібровки даних
дистанційного зондування Землі для оцінки
вологозабезпеченості пшениці озимої в умовах
Дніпропетровської області**

керівник проекту _____ Коваленко Володимир Васильович, к. с.-г. н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по агроуніверситету від «16» квітня 2025 р. № 767

1. Термін здачі студентом закінченого проекту : « 17 » червня 2025 р.
2. Вихідні дані до роботи Довідники з клімату. Виміряні запаси вологи під пшеницею озимою в межах Дніпропетровської області за 2005-2022 рр. Інтернет джерела: метеоданих (meteorpost.ua, та ін.); цифрової моделі рельєфу (<https://earthexplorer.usgs.gov/>); даних дистанційного зондування Землі (<https://land.copernicus.eu/>; <https://eos.com/>).
3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити) Вступ; 1. Характеристика природних умов району дослідження; 2. Методи визначення та розрахунку ґрунтової вологи; 3. Характеристика даних ДЗЗ з моніторингу поверхневої вологи. 4. Розробка методики калібровки даних ДЗЗ. 5 Розрахунок запасів вологи та вологозабезпеченість пшениці озимої. 6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; 7. Економічне обґрунтування ефективності ГІС. Висновки.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 1. Презентація в середовищі Power Point.

5. Консультанти розділів проекту

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання: «17» квітня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пп	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Збір матеріалів до ДР	2023-2025 р	
2	Формування теми ДР, мети, завдань, змісту. Вибір методів дослідження та способів рішення поставлених задач	11.2024 р.	
3	Коротка характеристика природних умов району дослідження	02.2025 р.	
4	Моделі визначення та розрахунку ґрунтової вологи	03.2025 р	
5	Обґрунтування параметрів моделі розрахунку запасів ґрунтової вологи	04.2025 р.	
6	Розробка ГІС режиму ґрунтової вологи	04.2025 р.	
7	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	05.2025 р.	
8	Економічне обґрунтування ефективності ГІС. Висновки.	13.06.2025 р	
	Підготовка записки, графічної частини проекту, перевірка Антиплагіат	17.06.2025 р.	
	Передзахист ДП на кафедрі	20.06.2025 р	
	Представлення ДП на рецензію	23.06.2025 р.	

Студент-дипломник _____
(підпис)

Керівник проекту _____ / Коваленко .В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ВСТУП.....	7
1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ УМОВ РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ	8
1.1 Кліматичні умови Дніпропетровщини	9
1.2 Рельєф території дослідження QGIS	11
1.3 Ґрунти і їх агрогідрологічні властивості	13
1.4 Сільськогосподарське використання земель	16
1.5 Вологозабезпеченість пшениці озимої.....	18
2. ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТА РОЗРАХУНКУ ЗАПАСІВ ГРУНТОВОЇ ВОЛОГИ	20
2.1 Інструментальні методи визначення запасів вологи	20
2.2 Методи розрахунку вологозапасів в посівах с.-г культур	23
3 ДЖЕРЕЛА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ДАНИХ ДЗЗ З МОНІТОРИНГУ ПОВЕРХНЕВОЇ ВОЛОГИ	25
3.1 Основи ДЗЗ	25
3.2 Глобальний портал даних ДЗЗ Hydroshare	27
3.3 Глобальний портал даних ДЗЗ Copernicus.....	28
4 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ КАЛІБРОВКИ ДАНИХ ДЗЗ.....	32
4.1 База даних	32
4.2 Обґрунтування необхідності калібровки.....	36
4.3 Результати калібровки для озимої пшениці	46
4.4 Розрахунок запасів вологи та вологозабезпеченість озимої пшениці..	50
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	52
5.1 Основні вимоги техніки безпеки та охорони праці при роботі з комп'ютерами	52
5.2 Техніка безпеки при роботі за комп'ютером під час війни	54
5.3 Дії в надзвичайній ситуації при пожежі	55
6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІС	57
ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	63

ДОДАТКИ.....	68
--------------	----

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 80 сторінок, 17 таблиць, 18 рисунків. Список літератури складає 35 джерела інформації.

Об'єкт дослідження – режим формування запасів вологи під посівами озимої пшениці в умовах Дніпропетровської області

Предметом дослідження є дослідження можливості використання даних ДЗЗ про поверхневу вологу для оцінки її запасів під посівами сільськогосподарських культур.

Метою роботи є удосконалення методики калібровки даних ДЗЗ для оцінки вологозабезпеченості озимої пшениці.

В якості вихідних даних використали дані порталу Copernicus про поверхневу вологу SSM та індексу ґрунтової вологи SWI, довідникові матеріали з гідрології суші та інструментально визначені запаси вологи на метеостанціях.

Картографічне проектування виконано в ГІС з відкритим кодом QGIS.

Результати роботи можуть бути використані як методика калібровки даних ДЗЗ по оцінці вологозабезпеченості с.-г. культур.

Ключові слова: ДЗЗ, індекс ґрунтової вологи, калібровка, запаси вологи.

ВСТУП

У сучасних умовах особливого значення набувають дистанційні методи оцінки стану сільськогосподарських полів, зокрема щодо контролю ґрунтової вологи. Сьогодні дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) активно використовується для отримання просторово розподілених даних щодо вологості ґрунту. Перевага таких методів полягає у можливості отримання інформації про стан культури в режимі реального часу без необхідності трудомістких польових вимірювань.

Дистанційні методи — це сучасний, технологічно обґрунтований підхід до управління водними ресурсами у сільському господарстві, що дозволяє оптимізувати агровиробництво й знизити ризики, пов'язані з нестачею або надлишком вологи.

Об'єкт — режим ґрунтових запасів під сільськогосподарськими культурами. У даній роботі об'єктом дослідження є озима пшениця.

Предмет — калібрування даних дистанційного зондування Землі за допомогою наземних вимірювань ґрунтової вологи

Мета дослідження - удосконалення методики калібровки даних дистанційного зондування Землі для оцінки вологозабезпеченості пшениці озимої в умовах Дніпропетровської області

Завдання — дати опис кліматичної характеристики; дати опис методів визначення та розрахунку запасів ґрунтової вологи; надати характеристику даним моніторингу дистанційного зондування; розробити методику калібровки даних дистанційного зондування землі.

Для реалізації поставлених завдань необхідно створити базу даних, що охоплює період з 2015 по 2020 рік. Окремо за 2019 рік — завантажити 91 щоденний каталог, що охоплює весь період вегетації сільськогосподарських культур. З допомогою цих даних виявити динаміку зміни вологості ґрунту протягом активного росту рослин.

1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ УМОВ РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дніпропетровська область розташована у південно-східній частині України та є однією з найбільших адміністративно-територіальних одиниць країни як за площею, так і за населенням. Її площа становить приблизно 31,9 тис. км², що дорівнює близько 5,3% від загальної території держави. Регіон займає центральне положення на межі степової та лісостепової природно-географічних зон, що зумовлює його різноманітні природні умови та ресурсний потенціал.

Згідно з адміністративним поділом, область межує з вісьмома іншими регіонами України: на півночі – з Полтавською і Харківською, на заході – з Кіровоградською, на півдні – з Запорізькою і частково Херсонською, на сході – з Донецькою областю. Таке розташування сприяє налагодженню міжрегіональних економічних зв'язків і забезпечує транспортну доступність як до центральних, так і до східних та південних регіонів країни.

Територія області охоплює частину Придніпровської височини та Причорноморської низовини. Значну частину її перетинає річка Дніпро, яка є однією з головних водних артерій України. В межах області також розташовані численні малі річки, водосховища та зрошувальні системи, що мають велике значення для сільськогосподарського виробництва.

«Координати області в географічній сітці – від 47°28' до 49°11' північної широти та від 32°59' до 36°55' східної довготи. Протяжність території із заходу на схід складає близько 300 км, з півночі на південь – 190 км» [4]. Такий просторовий розмах впливає на кліматичну неоднорідність, особливо в умовах глобальних змін клімату.

Вигідне географічне положення Дніпропетровської області сприяє розвитку промисловості, сільського господарства, логістики та формуванню міжобласних економічних зв'язків. У поєднанні з розгалуженою

транспортною мережею та наявністю природних ресурсів, розташування області відіграє важливу роль у соціально-економічному розвитку як самого регіону, так і всієї України.

1.1 Кліматичні умови Дніпропетровщини

Клімат Дніпропетровської області належить до помірно-континентального типу, який характеризується чітко вираженою сезонністю, відносно спекотним і тривалим літом та короткою м'якою зимою. Такі особливості клімату є визначальними для природно-господарських умов регіону та істотно впливають на водний баланс, аграрне виробництво, ґрунтові характеристики і ризики деградації ландшафтів.

«Середньорічна температура повітря на території області коливається в межах від 8,4 до 9,0 °С. У найхолодніший місяць року (січень) середньодобові значення досягають від –2,3 до –4,0 °С. Найвищі температури спостерігаються в липні – у цей період середньодобові значення досягають 21,4–22,9 °С» [4] .

Таблиця 1.1 – Середня місячна температурна за даними МС Дніпро (°С)
[2]

Місяць	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
t	-5,5	-4,1	0,8	9,4	16,0	19,6	21,3	20,6	15,4	8,4	2,4	-2,1

По області середня річна температура повітря становить 8,5 °С.

Температура є одним із ключових кліматичних чинників, що безпосередньо впливають на ріст, розвиток і врожайність сільськогосподарських культур. Умови температурного режиму визначають тривалість вегетаційного періоду, строки сівби, дозрівання та збирання врожаю, а також ступінь ефективного використання вологи й добрив.

Високі температури влітку сприяють інтенсивному розвитку теплолюбних культур – кукурудзи, соняшнику, сорго, баштанних. Водночас для озимих зернових (особливо пшениці) важливими є не лише теплі умови навесні, а й достатній запас вологи після танення снігу.

Таблиця 1.2 – Середня місячна та річна кількість опадів (мм) Дніпропетровської області [4]

Метеостанція	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Рік
Губиниха	48	34	31	40	46	69	58	43	41	36	44	55	545
Чаплине	50	36	36	40	50	68	54	48	44	27	45	55	553
Комісарівка	41	31	28	39	48	64	57	45	35	35	40	45	508

Щорічна кількість опадів у регіоні коливається в межах 450–600 мм, що значно нижче оптимального рівня для стабільного землеробства. Основна частина опадів припадає на теплу пору року, зокрема на травень–липень. Водночас, літні дощі часто мають зливовий характер і швидко випаровуються через високу температуру повітря та низьку вологість ґрунту. У зимові місяці спостерігається незначна кількість опадів, переважно у вигляді снігу або дощу при плюсовій температурі.

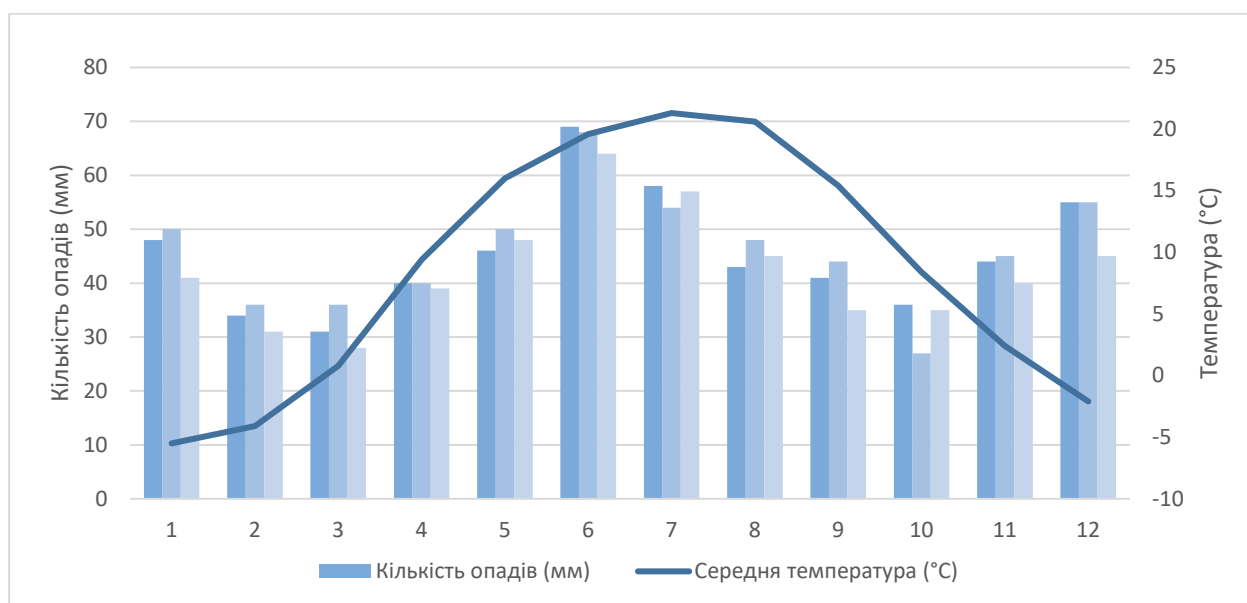


Рисунок 1.1 – Розподіл середньомісячних температур та кількості атмосферних опадів у Дніпропетровській області [4]

Однією з основних кліматичних проблем регіону є дефіцит вологи, що особливо відчутний у період активної вегетації сільськогосподарських культур. В умовах недостатнього зволоження та підвищеного випаровування у весняно-літній сезон виникає нестача вологи в ґрунті, яка призводить до зниження врожайності культур, погіршення якості продукції та потребує застосування зрошувальних систем. У середньому, вегетаційний період охоплює близько 250–270 днів на рік, з яких понад половина супроводжується недостатнім природним зволоженням.

1.2 Рельєф території дослідження QGIS

У сучасних природничих та геоінформаційних дослідженнях особливе значення має аналіз рельєфу місцевості. Це дозволяє отримати важливу інформацію про форму земної поверхні, крутизну схилів, напрямки стоку води, потенційні ділянки ерозії, а також інші характеристики, що впливають на розвиток природних процесів і господарську діяльність людини.

Для аналізу території Дніпропетровської області було використано інструменти геоінформаційної системи QGIS (Quantum Geographic Information System – тобто Квантова Геоінформаційна Система) [1].

Дніпропетровська область розташована в межах Придніпровської височини та Придніпровської низовини, що формує її переважно рівнинний, хвилястий рельєф. Висоти коливаються від 50–60 м на південному сході та до 200 м на північному заході [4].

У межах дослідження розглядалися ділянки поблизу населених пунктів Губиниха, Комісарівка та Чаплине.

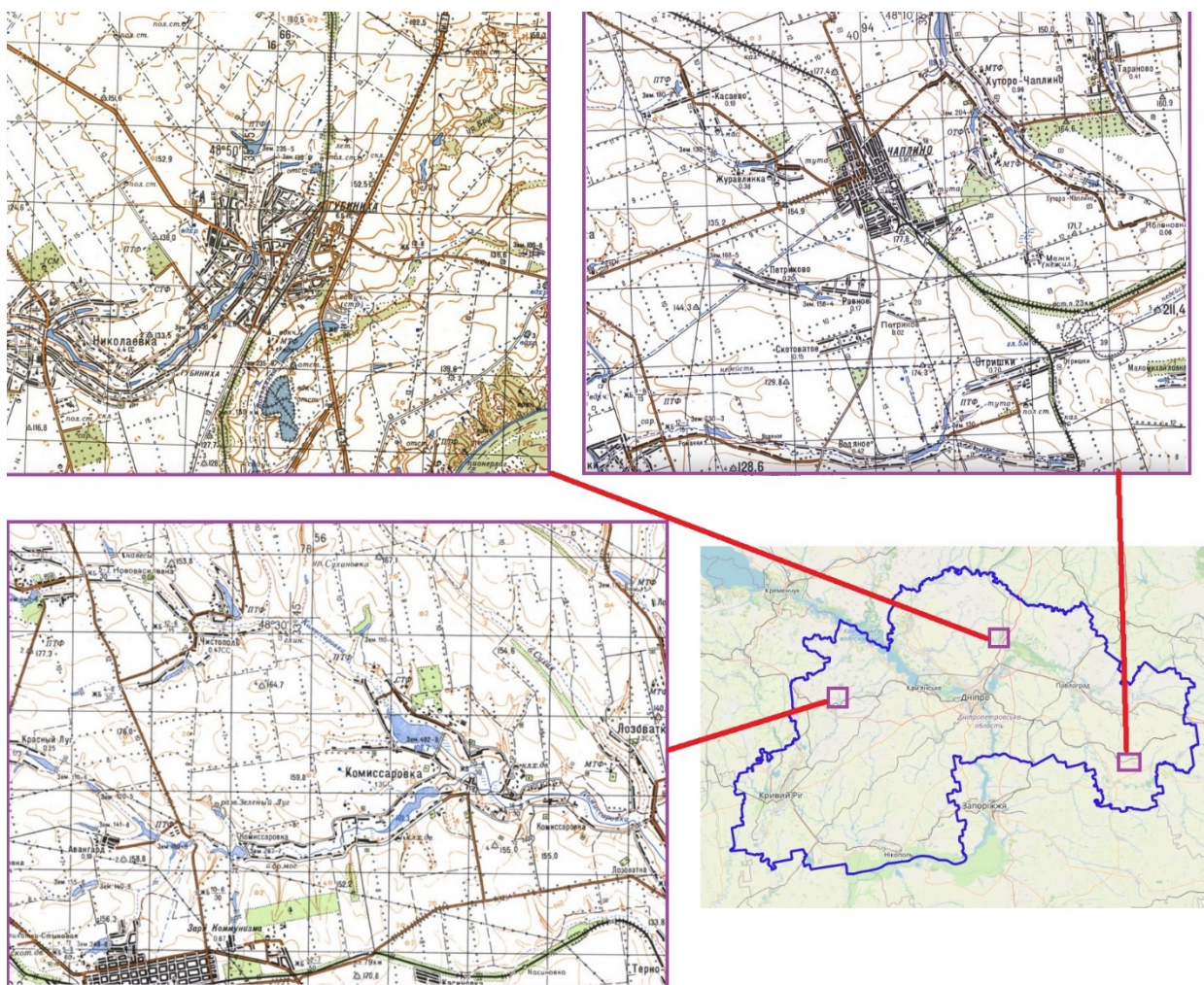


Рисунок 1.2 – Представлення рельєфу територій дослідження (Губиниха, Комісарівка, Чаплине) [7]

Губиниха (Новомосковський район) розташована на півночі області, на межі Придніпровської височини. Рельєф помірно-хвилястий, з висотами близько 120–140 м над рівнем моря. Є незначні ухили до річкової долини Самари, де відмічається підвищена вологість.

Комісарівка (Криворізький район) – цей пункт розташований у південно-західній частині області, де переважає хвилястий рельєф Придніпровської височини. Висоти коливаються в межах 120–160 м. Через наявність глибоких ярів і балок місцевість більш схильна до водної ерозії. Водночас така структура забезпечує природний стік і часткове накопичення вологи в пониженнях.

Чаплине (Синельниківський район) – населений пункт розташований на південному сході області. Рельєф рівнинний, з невеликим заглибленням до долини річки Вовча. Середні абсолютні висоти – 100–160 м. Територія менш розчленована, з незначним ухилом, що робить її зручною для обробки сільськогосподарських земель, але потребує моніторингу водного режиму, оскільки тут можуть виникати застої вологи.

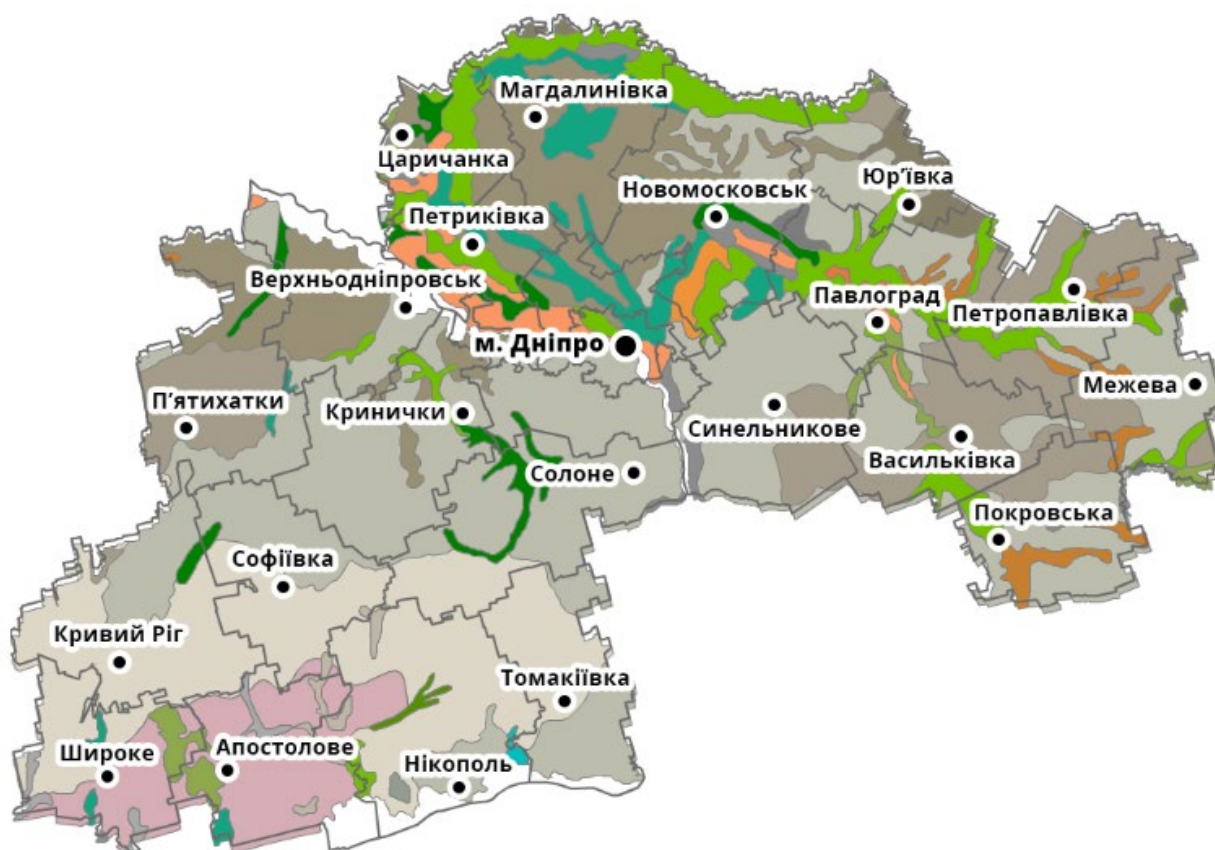
Території поблизу метеостанцій Губиниха, Комісарівка та Чаплине представляють різні типи рельєфу в межах області – від хвилястого височинного до майже рівнинного.

У даній роботі QGIS відіграла ключову роль як основний інструмент для обробки, аналізу та візуалізації просторових даних.

1.3 Ґрунти і їх агрогідрологічні властивості

«У Дніпропетровській області переважна частина території вкрита чорноземами різних типів» [3], які формують основу її агровиробничого потенціалу.

Нижче представлено карту, що ілюструє просторовий розподіл основних типів ґрунтів на території області. Вона дозволяє візуально оцінити поширення чорноземів, солонців, лучно-чорноземних та інших ґрунтових утворень, що мають вирішальне значення для сільськогосподарського використання регіону.



Чорноземи

- ☒ Чорноземи звичайні на лесових породах
 - Чорноземи звичайні середньогумусні глибокі
 - Чорноземи звичайні малогу́мусні глибокі
 - Чорноземи звичайні середньогумусні
 - Чорноземи звичайні малогу́мусні
 - Чорноземи звичайні малогу́мусні неглибокі
- ☒ Чорноземи південні на лесових породах
 - Чорноземи південні малогу́мусні
- ☒ Чорноземи на щільних глинах
 - Чорноземи солонцюваті на щільних глинах
- ☒ Чорноземи переважно щепенюваті на елювії твердих некарбонатних порід
 - Чорноземи переважно щепенюваті на елювії твердих некарбонатних порід
- ☒ Чорноземи переважно щепенюваті на елювії щільних карбонатних порід
 - Чорноземи карбонатні на елювії щільних карбонатних порід
- ☒ Чорноземні глинисто-піщані та супіщані ґрунти
 - Чорноземні глинисто-піщані та супіщані ґрунти
- ☒ Чорноземи залишково-солонцюваті на лесових породах
 - Чорноземи глибокі залишково-солонцюваті
 - Чорноземи звичайні залишково-солонцюваті
 - Чорноземи південні залишково-солонцюваті

Лучно-чорноземні ґрунти

- ☒ Лучно-чорноземні ґрунти
 - Лучно-чорноземні ґрунти
 - Лучно-чорноземні глибоко-солонцюваті ґрунти

Лучні ґрунти

- ☒ Лучні ґрунти
 - Лучні та чорноземно-лучні поверхнево-солонцюваті ґрунти
 - Лучні та чорноземно-лучні глибоко-солонцюваті ґрунти

Болотні ґрунти, торфовища

- ☒ Лучно-болотні ґрунти на делювіальних та алювіальних відкладах
 - Лучно-болотні солонцюваті ґрунти

Дернові ґрунти

- ☒ Дернові ґрунти
 - Дернові піщані та глинисто-піщані ґрунти
 - Дернові супіщані та суглинкові ґрунти
 - Дернові ґрунти на елювії некарбонатних порід

Рисунок 1.2 – Карта ґрунтів Дніпропетровської області [7]

Таблиця 1.3 – Ґрунти Дніпропетровської області [6]

№	Назва ґрунтів	Площа	
		тис. га	% від загальної площі
1	Чорноземи звичайні малогумусні глибокі, з яких 11,4 % – слабозмиті, 1,9 % – середньозмиті та 2,9 % – сильнозмиті	250,60	9,65
2	Чорноземи звичайні середньогумусні, з яких 26,9% –глибокі слабозмиті, 5,2% – середньозмиті та 2,3% – сильнозмиті	88,86	3,43
3	Чорноземи звичайні малогумусні, з яких 34,5% – слабозмиті, 8,0% – середньозмиті та 3,4% – сильнозмиті	1280,18	49,28
4	Чорноземи звичайні малогумусні неглибокі, з яких 36,3% – слабозмиті, 9,5% – середньозмиті та 2,8% – сильнозмиті	188,28	7,25
5	Чорноземи південні малогумусні, з яких 38,8% – слабозмиті, 10,9% – середньозмиті та 2,3% – сильнозмиті	300,94	11,58
6	Чорноземи на щільних глинах, зокрема солонцюваті, щебенюваті, карбонатні, сформовані на елювії карбонатних порід, а також глинисто-піщані та супіщані ґрунти	64,78	2,50
8	Лучно-чорноземні, лугові та чорноземно-лучні ґрунти, включаючи глибоко-, середньо- та сильносолонцюваті	320,47	12,65
9	Солонці і солончаки	5,69	0,22
10	Дернові піщані, глинисто-піщані і супіщані ґрунти	27,31	1,05
11	Інші менше поширені різновиди ґрунтів	62,48	2,42
	Усього	2597,7	100,00

Ґрунтовий покрив Дніпропетровської області здебільшого складається із звичайних чорноземів, які відрізняються рівнем вмісту гумусу та ступенем еродованості. Вони характеризуються високою родючістю, добре утримують вологу, мають пористу структуру і сприятливі фізичні властивості, що робить їх придатними для вирощування широкого спектру сільськогосподарських культур.

Таблиця 1.4 – Агрогідрологічні властивості різних типів ґрунтів за даними метеостанцій Дніпропетровської області [6]

Метеостанція	Тип ґрунту	Шар, см	Щільність, г/см³	Запаси вологи (мм) при		
				ВВ	НВ	ПВ
Губиниха	чорнозем звичайний	0-20	1,06	26	62	119
	малогумусний	0-50	1,09	71	154	296
	важкосуглинковий	0-100	1,11	144	298	587
Чаплине	чорнозем звичайний	0-20	1,02	27	61	-
	малогумусний	0-50	1,10	74	154	-
	легкоглинистий	0-100	1,19	152	300	-
Комісарівка	чорнозем звичайний	0-20	1,03	23	67	121
	малогумусний	0-50	1,15	67	170	284
	важкосуглинковий	0-100	1,24	140	328	537

Водний режим звичайних чорноземів визначається насамперед властивостями ґрунтоутворюючих порід, які формують їхню здатність утримувати й передавати вологу. Водночас важливу роль відіграють кліматичні особливості регіону, зокрема кількість та розподіл опадів, а також рельєф місцевості, що впливає на стік і накопичення води [2]. Через те, що рівень ґрунтових вод у регіоні зазвичай глибокий або характеризується підвищеною мінералізацією, головним джерелом зволоження є атмосферні опади. Це робить ґрунти вразливими до посух і водночас обумовлює потребу в ефективному управлінні зволоженням.

1.4 Сільськогосподарське використання земель

Дніпропетровська область є одним із найбільш економічно потужних регіонів України, і аграрний сектор відіграє в її господарському комплексі надзвичайно важливу роль.

Сільськогосподарське виробництво області є стратегічно важливим для забезпечення продовольчої безпеки країни. Основними напрямками діяльності

аграрного сектору є вирощування зернових культур (зокрема озимої пшениці, ячменю, кукурудзи), які щорічно займають більше 50% орних земель [8] та технічних культур (соняшник, ріпак) і овочів, які в свою чергу 46%.

Загальна площа сільськогосподарських угідь складає 2512,9 тис. га, з них 2152,6 тис. га припадає на ріллю [9].

Таблиця 1.5 – Структура посівних площ Дніпропетровської області, % [5, 10].

Культура	2017		2024	
	га	%	га	%
Пшениця	453846,8	21,08	455225,7	21,15
Ячмінь	285307,6	13,25	127001,4	5,90
Соняшник	487134	22,63	702721,6	32,65
Кукурудза	376897,3	17,51	293013,2	13,61
Ріпак	55020,6	2,56	152318,2	7,08
Загальна площа ріллі	2152600	100	2152600	100

На території Дніпропетровської області традиційно основною зерною культурою залишалася озима пшениця, яка забезпечує стабільне внутрішнє споживання та є важливим експортним продуктом. Проте в останні роки значно зросла питома вага соняшника у структурі посівних площ. Це зумовлено низкою важливих факторів.

Перш за все, соняшник виявився більш економічно вигідним у порівнянні з пшеницею. Він дає вищий прибуток з одиниці площі, зважаючи на стабільно високі ціни на ринку олійних культур, а також попит на соняшникову олію як в Україні, так і за кордоном.

Крім того, агрокліматичні умови регіону – зокрема дефіцит вологи, що став помітнішим у зв'язку з кліматичними змінами – краще підходять для вирощування посухостійких культур. Соняшник демонструє високу адаптивність до умов недостатнього зволоження, на відміну від пшениці, яка потребує більших запасів ґрунтової вологи, особливо в період формування врожаю.

Ще одним важливим чинником стала війна в Україні, яка вплинула на логістику, експорт, доступ до насіннєвого матеріалу та засобів захисту рослин. У результаті аграрії почали орієнтуватися на менш затратні та ризиковані культури, серед яких соняшник став привабливішим вибором. До того ж, частина територій, що раніше засівались пшеницею, стали тимчасово непридатними або ризикованими для традиційного землеробства.

1.5 Вологозабезпеченість пшениці озимої

Вологозабезпечення є одним із ключових факторів, що визначають ріст, розвиток і врожайність озимої пшениці. На всіх етапах вегетації – від проростання насіння до наливу зерна – рослина потребує певної кількості ґрунтової вологи, і її нестача негативно впливає на фізіологічні процеси в рослині, уповільнює фотосинтез та інші життєво важливі функції, що зрештою знижує врожайність.

Найбільш критичними періодами щодо потреби у воді для пшениці є фаза кушіння, вихід у трубку, колосіння та молочна стиглість. «Оптимальне зволоження в ці фази дозволяє забезпечити повноцінний розвиток колосу та формування зерна» [2].

В умовах Дніпропетровської області, яка характеризується недостатнім і нестабільним зволоженням, забезпечення озимої пшениці вологою має сезонні коливання. Часто вологозапаси в ґрунті перед сівбою є недостатніми, що знижує енергію проростання насіння та формування дружніх сходів. У весняно-літній період, особливо в травні-червні, висока температура повітря та дефіцит опадів призводять до швидкого виснаження вологозапасів, що ускладнює формування врожаю.

Оцінювання рівня забезпеченості ґрунтовою вологою у весняно-літній вегетаційний сезон здійснювалося для трьох окремих інтервалів:

- упродовж усього весняно-літнього періоду;

- у критичний період розвитку культур;
- під час фази найбільшого водоспоживання – колосіння та цвітіння.

Таблиця 1.6 містить значення норми запасів вологи у метровому шарі ґрунту для забезпечення озимої пшениці вологою під час критичної фази її розвитку, що припадає на травень–червень.

Таблиця 1.6 – Середні запаси продуктивної вологи критичного періоду в метровому шарі ґрунту під озимую пшеницею в різні за зволоженістю роки [6].

Метеостанція	Продуктивна волога (мм) в рік різної забезпеченості					
	норма	P=10%	P=25%	P=50%	P=75%	P=90%
Губиниха	71	90	84	73	59	42
Чаплине	103	124	119	102	84	74
Комісарівка	76	95	94	79	58	42

На території області умови вологозабезпечення в різні за зволоженням роки коливаються від достатніх до посушливих. При цьому, навіть за однакового рівня зволоження, у пшеничній агроекологічній зоні (східні та південно-східні райони правобережної частини області) фіксуються значно вищі запаси ґрунтової вологи порівняно з іншими регіонами області.

2. ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТА РОЗРАХУНКУ ЗАПАСІВ ГРУНТОВОЇ ВОЛОГИ

Умови росту та розвитку сільськогосподарських культур значною мірою залежать від ґрунтової вологи, вміст якої змінюється в часі й просторі. Тому для об'єктивної оцінки вологозабезпечення необхідні регулярні спостереження протягом усього вегетаційного періоду, з урахуванням неоднорідності ґрунтового профілю за глибиною.

Методи визначення вологості поділяють на інструментальні та розрахункові. Інструментальні базуються на прямих або непрямих вимірах вологи, тоді як розрахункові – на зв'язку вологості з метеорологічними даними. Перші забезпечують високу точність, але потребують багаторазових вимірів, тоді як другі – менш трудомісткі та дозволяють швидко отримати результат.

2.1 Інструментальні методи визначення запасів вологи

Методи визначення вологості ґрунту можна поділити за умовами їх використання (переносні і стаціонарні) та за способом вимірювання, що дозволяє оцінити вологість наступним чином [12]:

- у відібраних зразках ґрунту (перша категорія);
- у ґрунті, який безпосередньо контактує з чутливим елементом приладу (друга категорія);
- у об'ємі ґрунту, що знаходиться поруч із чутливими елементами датчиків (третя категорія);
- за допомогою дистанційних методів, які базуються на активному або пасивному зондуванні з повітряних або космічних платформ (четверта категорія).

До першої групи методів визначення вологості ґрунту належать способи, що ґрунтуються на роботі з відібраними зразками. Серед них – термостатно-ваговий метод (включаючи його варіанти й модифікації), хімічні методи, метод механічного витиснення вологи, гідростатичне зважування, а також метод ядерного магнітного резонансу.

Найбільш широко застосовуваним серед них є термостатно-ваговий метод, «його суть полягає у висушуванні зразка ґрунту до сталої маси при температурі 105–107 °С і подальшому розрахунку втрати маси, яка відповідає вмісту вологи» [13].

Перевагою термостатно-вагового методу є висока точність, хоча він потребує багато часу, ручної роботи та наявності лабораторного обладнання. Незважаючи на недоліки, термостатно-ваговий метод залишається основою систематичних спостережень у агрометеорології та наукових дослідженнях, зокрема в мережі метеостанцій.

До другої групи методів визначення вологості ґрунту належать технології, що базуються на вимірюванні електричних властивостей ґрунту – зокрема, його електричного опору та діелектричної проникності. До цієї категорії відносять теплоємнісні та тензіометричні методи, які використовуються для оцінки стану ґрунтової вологи.

Теплоємнісний метод вимірювання вологості ґрунту базується на залежності електричного опору спеціального сенсора (термометра опору) від теплоємності ґрунту, яка, у свою чергу, визначається його вологістю та кількістю поглинутого або відданого тепла.

Принцип роботи тензіометричного методу полягає в тому, що «тензіометр являє собою герметичну трубку, заповнену водою, з пористим керамічним наконечником на одному кінці і вакуумметром (або манометром)» на іншому. «Коли наконечник занурюється в ґрунт, вода з трубки поступово виходить через пористу кераміку до ґрунту доти, доки не встановиться рівновага між водним потенціалом ґрунту і тиском у приладі. Вимірний тиск відображає ступінь вологоутримання ґрунту» [14].

Переваги тензіометричного методу [15]:

- забезпечує пряму оцінку водного потенціалу, що важливо для планування поливу;
- дає можливість тривалих спостережень без відбору ґрунтових зразків;
- простий у використанні.

Недоліки:

- ефективно працює лише до 0,85–0,9 атм (85–90 кПа). У дуже сухому ґрунті (нижче рівня в'янення) не працює;
- чутливий до забруднення керамічної чашки чи замерзання води;
- менш ефективний у засолених або глинистих ґрунтах.

До третьої групи методів вимірювання вологості ґрунту належать способи, що дають змогу оцінити вологість в об'ємі ґрунту поблизу чутливих елементів приладу. Ці методи зазвичай забезпечують швидке та просторово репрезентативне вимірювання вмісту води, не потребуючи вилучення зразків ґрунту [13]. Вони включають: акустичні, оптичні, радіометричні та сучасні супутникові та дистанційні методи.

Акустичні методи базуються на здатності ґрунту поглинати акустичні хвилі. Оптичні – на вимірюванні відбивної здатності поверхні ґрунту в оптичному або інфрачервоному діапазоні. Вологий ґрунт відбиває світло інакше, ніж сухий.

Найбільш відомі радіометричні методи – нейтронні та гамма-методи. Нейтронний метод працює на основі уповільнення швидких нейтронів воднем у ґрунті. Чим більше водню (тобто води), тим більше уповільнених нейтронів фіксує прилад. Гамма-метод – на ослабленні гамма-променів при проходженні через ґрунт. Ступінь ослаблення залежить від вологості.

Сучасні супутникові та дистанційні методи засновані на аналізі мікрохвильового випромінювання або відбитих сигналів від поверхні ґрунту. Застосовуються в глобальних системах моніторингу води (наприклад, Copernicus SWI).

До четвертої групи належать дистанційні методи вимірювання вологості ґрунту, які здійснюються безконтактно з літаків або супутників. Вони включають радіометричні (мікрохвильові), інфрачервоні та гама-зондування [13]. Ці методи дозволяють оперативно оцінювати вологість на великих площах, але мають обмежену точність у глибоких шарах і потребують калібрування за польовими даними.

Методи визначення вологості ґрунту поділяються на чотири основні групи, кожна з яких має свої переваги, сфери застосування та технічні обмеження. Серед них еталонним і найбільш надійним вважається термостатно-ваговий метод, що належить до першої групи – методів, заснованих на аналізі відібраних зразків ґрунту.

2.2 Методи розрахунку вологозапасів в посівах с.-г культур

Рациональне ведення сільськогосподарського виробництва в умовах змін клімату та нестабільного зволоження вимагає точного прогнозування рівня вологозабезпечення посівів. Одним із ефективних інструментів для такої оцінки є математичне моделювання запасів продуктивної вологи у ґрунті залежно від метеорологічних параметрів, зокрема – кількості опадів.

З цією метою застосовують емпіричну експоненційну модель [16], що описує залежність запасів вологи W у метровому шарі ґрунту від кількості опадів P за формулою:

$$W = c - a \cdot \exp(-bP), \quad (2.1)$$

де: W – запаси продуктивної вологи, мм;

P – кількість опадів, мм;

a , b і c – емпіричні параметри, що визначаються шляхом апроксимації даних польових вимірювань або агрокліматичних спостережень.

У практиці дана модель може бути використана для:

- оцінки дефіциту вологи перед сівбою;
- визначення доцільності проведення зрошення;
- моделювання врожайності залежно від погодних умов;
- попереднього планування агротехнічних заходів.

В умовах зростаючої потреби в підвищенні точності аграрного прогнозування та ефективного управління водними ресурсами, технології дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) набувають особливої актуальності. Вони дають змогу оперативно й масштабно оцінювати вологозабезпеченість ґрунтів без необхідності проведення трудомістких польових вимірювань. Саме цим підходом ми керуємось у нашій роботі, розглядаючи можливості застосування ДЗЗ для оцінки запасів вологи у землях сільськогосподарського призначення Дніпропетровської області. Що детально розглянуто в 3 розділі роботи.

3 ДЖЕРЕЛА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ДАНИХ ДЗЗ З МОНІТОРИНГУ ПОВЕРХНЕВОЇ ВОЛОГИ

3.1 Основи ДЗЗ

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) [17] - це метод, який дозволяє спостерігати, аналізувати та інтерпретувати природні та штучні об'єкти без безпосереднього контакту з ними. ДЗЗ є важливим інструментом для збору актуальних даних про природні та антропогенні явища, що впливають на стан навколишнього середовища. Його ефективність пояснюється здатністю:

- вести спостереження у реальному часі з високою деталізацією;
- охоплювати великі території за короткий проміжок часу;
- використовувати різні спектральні діапазони, що дозволяють бачити те, що неможливо сприйняти людським оком (наприклад, рівень вологості ґрунтів, вегетаційний індекс рослинності, рівень забруднення води).

«Дистанційне зондування Землі відіграє ключову роль у сучасних наукових дослідженнях, державному управлінні та промисловості» [17]. Його широке застосування охоплює безліч галузей, дозволяючи моніторити стан довкілля, прогнозувати зміни клімату, контролювати сільськогосподарські угіддя та запобігати надзвичайним ситуаціям.

ДЗЗ ґрунтується на використанні електромагнітного випромінювання, яке взаємодіє з поверхнею Землі. Сенсори реєструють відбите, поглинуте або власне випромінювання об'єкта, що дозволяє отримувати цінні дані.

Завдяки високоточним супутниковим знімкам можна аналізувати масштаби людського впливу на навколишнє середовище, контролювати процеси вирубки лісів, забруднення водних об'єктів і деградації ґрунтів [19]. У взаємодії з геоінформаційними системами (ГІС) технології дистанційного зондування сприяють створенню детальних карт місцевості, які застосовуються для ефективного управління земельними ресурсами, розвитку

інфраструктури та моніторингу містобудівних процесів, зміни льодового покриву, хмарність, атмосферне забруднення, концентрація парникових газів, а також зміни ґрунтово-рослинного покриву (наприклад, вирубки лісів для сільгоспугідь чи забудови)

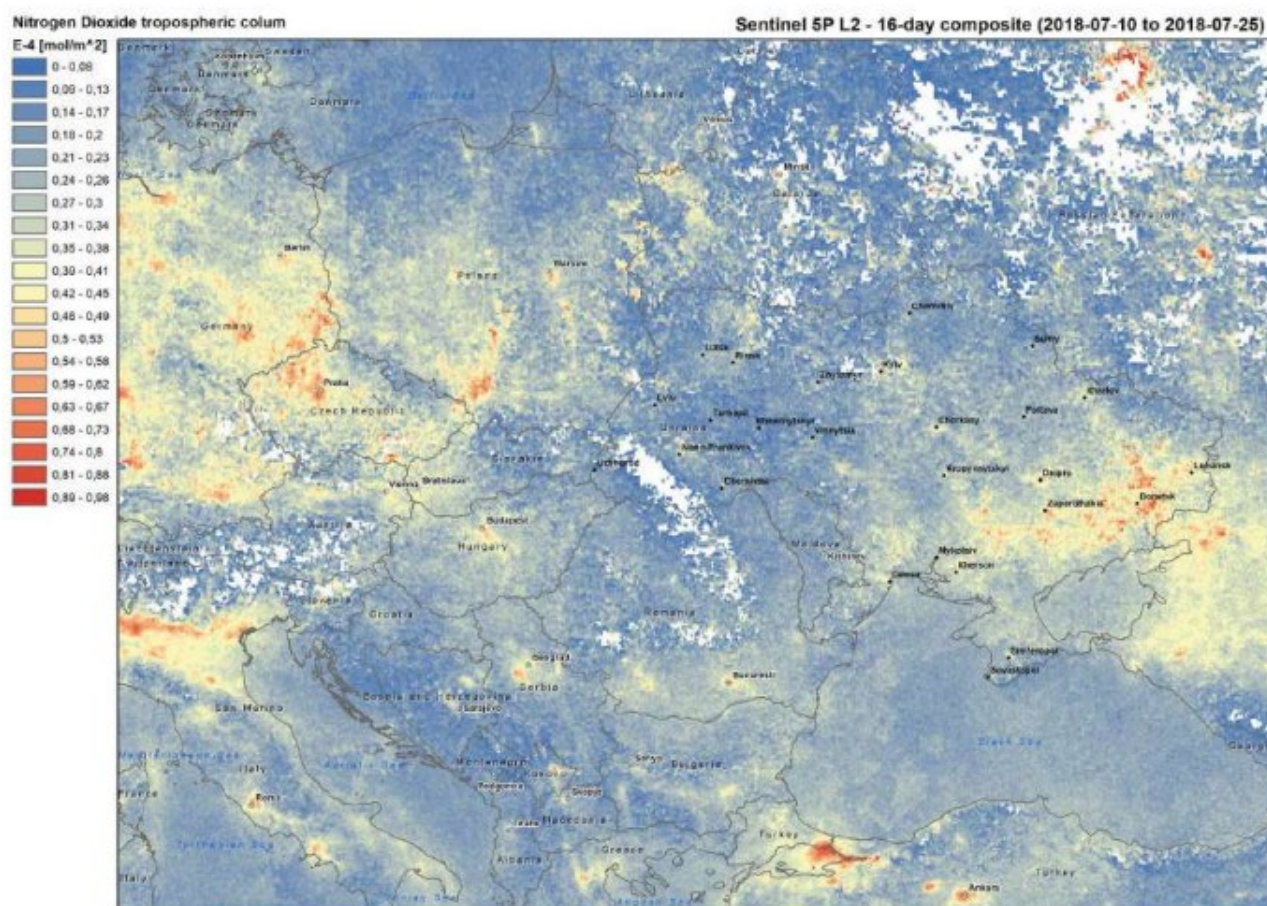


Рисунок 3.1 – Карта поширення концентрації NO_2 у повітрі в Україні та Центральній Європі [17]

Завдяки автоматизації та використанню штучного інтелекту для обробки даних, дистанційне зондування стає ще більш ефективним і доступним для широкого спектра завдань, допомагаючи вирішувати глобальні проблеми та підтримувати сталий розвиток суспільства.

3.2 Глобальний портал даних ДЗЗ Hydroshare

Платформа HydroShare Apps, яка забезпечує доступ до численних додатків для аналізу, візуалізації та обміну гідрологічними даними. Цей ресурс з відкритим доступом активно використовується дослідниками, екологами та фахівцями у сфері водного господарства для прийняття обґрунтованих рішень.

Серед найпопулярніших додатків – Data Rods Explorer, що дозволяє завантажувати та переглядати часові ряди кліматичних даних (наприклад, температури, випаровування, опадів), Time Series Viewer для графічного порівняння змін параметрів у часі, а також JupyterHub, який надає змогу виконувати обчислення у середовищі Python або R прямо у браузері, працюючи з тими самими даними, що зберігаються в HydroShare [11].

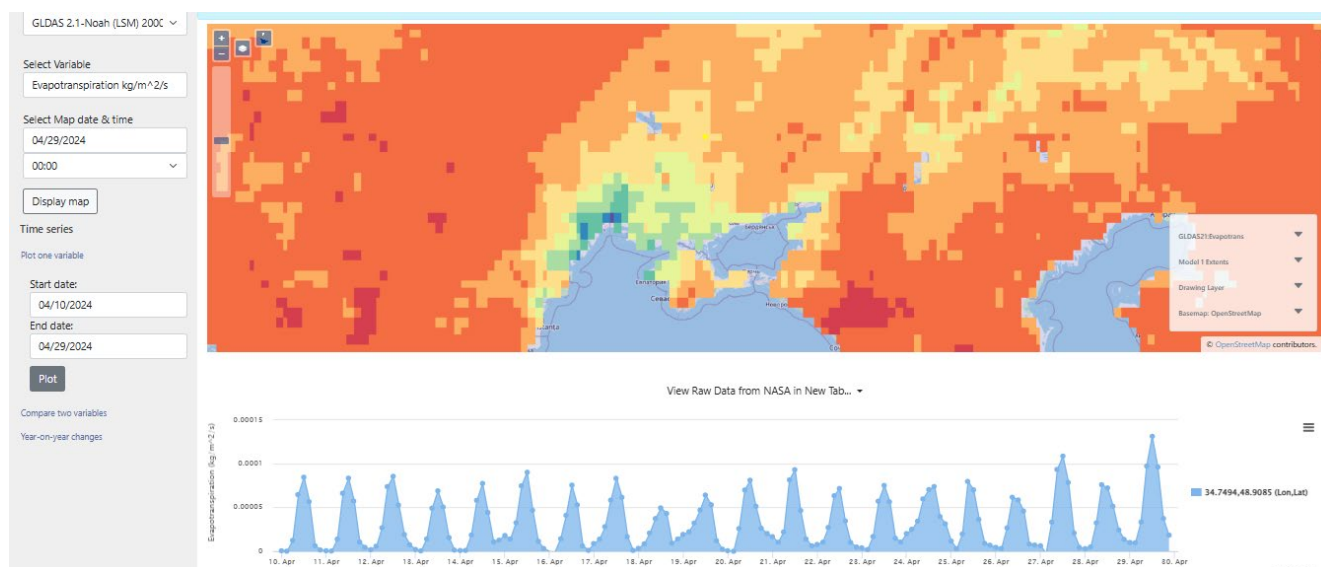


Рисунок 3.2 – Супутниковий моніторинг даних у системі HydroShare

Однак, попри всі переваги, HydroShare Apps має істотне обмеження, яке значною мірою знижує її ефективність у певних ситуаціях. Йдеться про тривалу затримку в оновленні даних, що у багатьох випадках може досягати тривалості до трьох місяців. Це означає, що дані, доступні через додатки платформи, не завжди відображають актуальний стан гідрометеорологічної обстановки.

Для практичних цілей – таких як планування поливів у сільському господарстві, прогнозування паводків, моніторинг стану посухи або оцінка водного дефіциту – така затримка становить серйозну проблему. Вона не дозволяє своєчасно реагувати на зміни природних умов, що особливо критично у кризових ситуаціях або за умов швидких кліматичних коливань.

Отже, можна зазначити, що HydroShare Apps – це високофункціональна та інноваційна платформа, яка значно полегшує роботу з гідрологічними даними й відкриває нові можливості для співпраці у науковому та прикладному середовищі. Втім, її подальший розвиток потребує вдосконалення механізмів оновлення даних, зокрема шляхом автоматизації, інтеграції з джерелами реального часу та оптимізації процедур валідації. Лише в такому разі платформа зможе повною мірою задовольнити потреби як академічної, так і практичної спільноти у сфері управління водними ресурсами.

3.3 Глобальний портал даних ДЗЗ Copernicus

Продукт Soil Water Index 1km (SWI1km) [21] є складовою частиною глобального моніторингового сервісу Copernicus та розроблений для щоденного оцінювання вологості ґрунтів на масштабі 1 км. Його головною функцією є надання просторово деталізованої інформації про вміст вологи в профілі ґрунту, що критично важливо для моніторингу посух, оцінки агрогідрологічного стану полів, зрошення, а також довгострокових кліматичних досліджень.

Продукт побудований шляхом об'єднання даних з двох супутникових систем [18] :

Продукт	Рівень даних	Джерело	Часова роздільність	Просторова роздільність
ASCAT SSM/SWI	L2	Metop ASCAT	1 день	0.1°
Sentinel-1 SSM	L2	Sentinel-1	1.5–4 дні	1/112° (~1 км)
SCATSAR-SWI	L3	ASCAT + Sentinel-1	1 день	1/112° (~1 км)

Алгоритм SCATSAR-SWI, який застосовується для формування продукту Soil Water Index 1km, побудований на основі моделі інфільтрації вологи у двошаровому ґрунтовому профілі. Ця методика була розроблена у Віденському технічному університеті та базується на дослідженнях, що описують зв'язок між поверхневою та глибинною вологістю ґрунту як функцію часу.

Алгоритм розраховує індекс вологості ґрунту SWI за допомогою експоненційного згладжування попередніх значень поверхневої вологості (SSM), які надходять від мікрохвильових спостережень ASCAT та SAR. Формула без вагових коефіцієнтів має вигляд [18]:

$$SWI(t_n) = \frac{\sum_i^n SSM(t_i) e^{-\frac{t_n - t_i}{T}}}{\sum_i^n e^{-\frac{t_n - t_i}{T}}} \quad \text{for } t_i \leq t_n \quad (3.1)$$

де: t_n – момент розрахунку індексу,

t_i – попередні моменти спостереження,

T – параметр глибини інфільтрації (умовна глибина),

$SSM(t_i)$ – значення поверхневої вологості на момент t_i .

Коефіцієнт T визначає, наскільки швидко значення стають меншими і наскільки сильно спостереження SSM у минулому впливають на поточний SWI . Наприклад, якщо значення $T=5$ і вимірювання SSM було отримано 10 днів до t_n , то це вимірювання отримає вагу $e^{-10/5}=0.135$. Використання $T=20$ у тому ж випадку збільшить вагу до $e^{-10/20}=0.607$.

Ця формула описує просту двошарову модель водного балансу, де перший шар – це поверхневий шар ґрунту, доступний для спостережень С-діапазонних радіолокаторів. Другий шар – це частина ґрунтового профілю, яка простягається вниз від поверхневого шару.

Другий шар функціонує як резервуар, який пов'язаний з атмосферою через перший шар. Вміст вологи у першому шарі, що знаходиться в безпосередньому контакті з атмосферою, дуже динамічний. Зі збільшенням глибини профілю у другому шарі тимчасова динаміка рівня вологості зменшується, оскільки кількість

води, що зберігається в резервуарі, залежить від швидкості інфільтрації води у перший шар під час опадів.

Вміст води в резервуарному шарі визначається не лише поточними умовами вологості в поверхневому шарі, а й історією опадів у цьому регіоні.

Основні характеристики SWI:

- Формат даних: Геопросторові дані, доступні для аналізу у спеціалізованих ГІС-системах.
- Географічне покриття: Вся Європа та глобальне охоплення.
- Просторова роздільна здатність: Від 1 км і більше.
- Часова роздільна здатність: Дані оновлюються щодня або з іншою частотою залежно від конкретного застосування.
- Відкритий доступ: Дані SWI є безкоштовними та доступними для широкого кола користувачів через портали Copernicus.

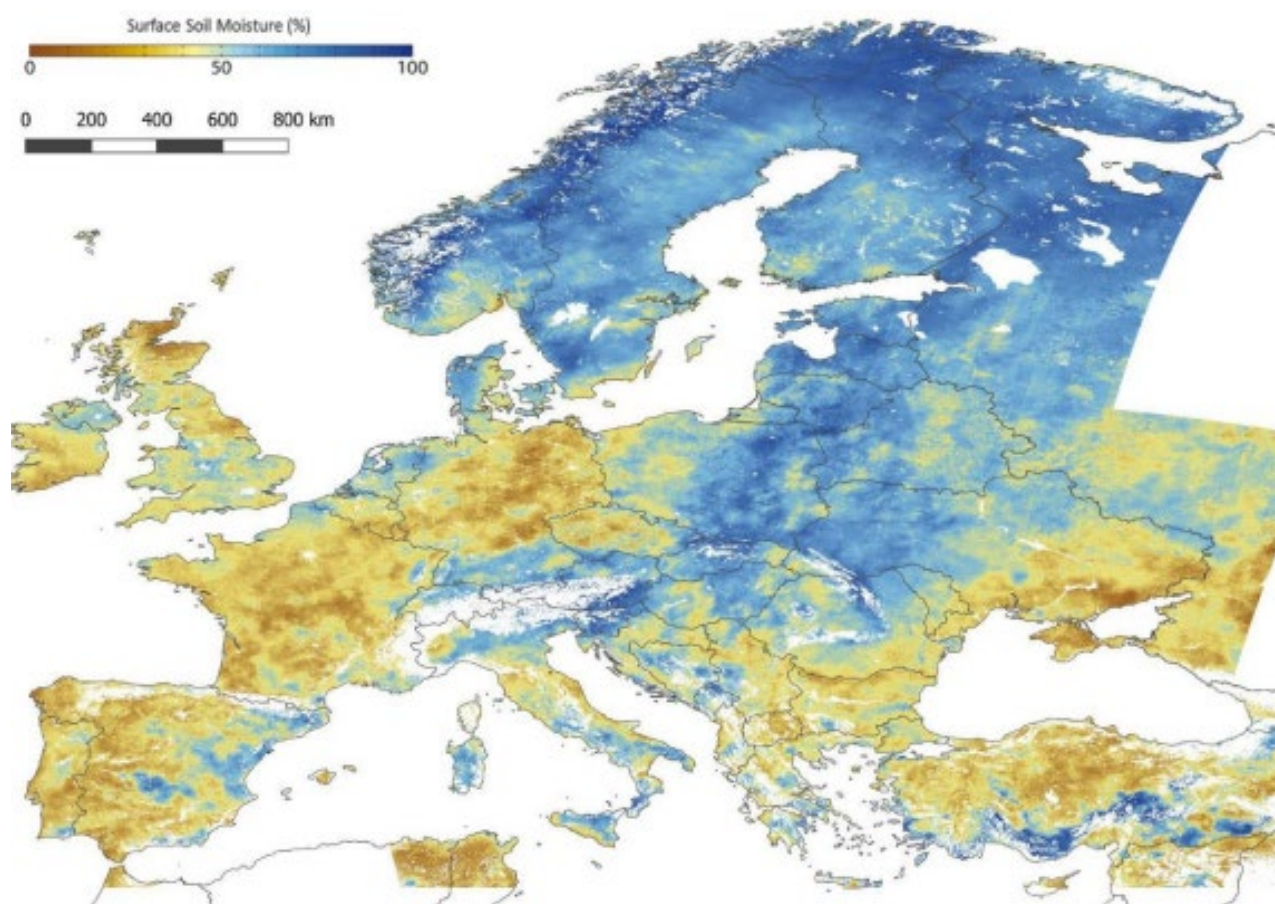


Рисунок 3.3 Огляд зображення набору даних SWI1km від 26 серпня 2018 року.

Синій колір позначає вологі ґрунтові умови, а коричневий – сухі умови [18].

Індекс вологості ґрунту базується на використанні мікрохвильових радіолокаційних даних, оскільки вони дозволяють оцінювати вміст води в ґрунті незалежно від погодних умов та освітленості.

Розрахунок SWI здійснюється за допомогою математичних моделей, які визначають відносний рівень вологості у ґрунті. В основі лежить алгоритм, що використовує:

- Дані радіолокаційних супутників, які аналізують відбите мікрохвильове випромінювання від поверхні Землі.
- Часову зміну вологості, оскільки вода в ґрунті зберігається та поступово випаровується залежно від кліматичних умов.
- Корекцію на особливості рельєфу та ґрунтового складу.

Цей підхід дозволяє отримувати високоточні дані про вологість поверхневого шару ґрунту, що є надзвичайно важливим для ефективного водокористування та сільськогосподарського планування.

Основою для розрахунку індексу вологості ґрунту (SWI) стали щоденні данні подекадно за період 2015–2020 років.

4 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ КАЛІБРОВКИ ДАНИХ ДЗЗ

У якості базового джерела даних для калібрування у своїй роботі було використано супутниковий продукт програми Copernicus Land Monitoring Service, а саме – Soil Moisture products [20]. Цей набір даних забезпечує щоденні значення вологості ґрунту з просторовим розширенням 1 км, що дозволяє здійснювати моніторинг з високою деталізацією як у часі, так і в просторі.

Географічне охоплення продукту включає всю континентальну Європу, що робить його особливо зручним для регіонального аналізу в умовах України.

4.1 База даних

Для отримання супутникових даних вологості ґрунту в межах програми Copernicus необхідно здійснити авторизований доступ через обліковий запис.

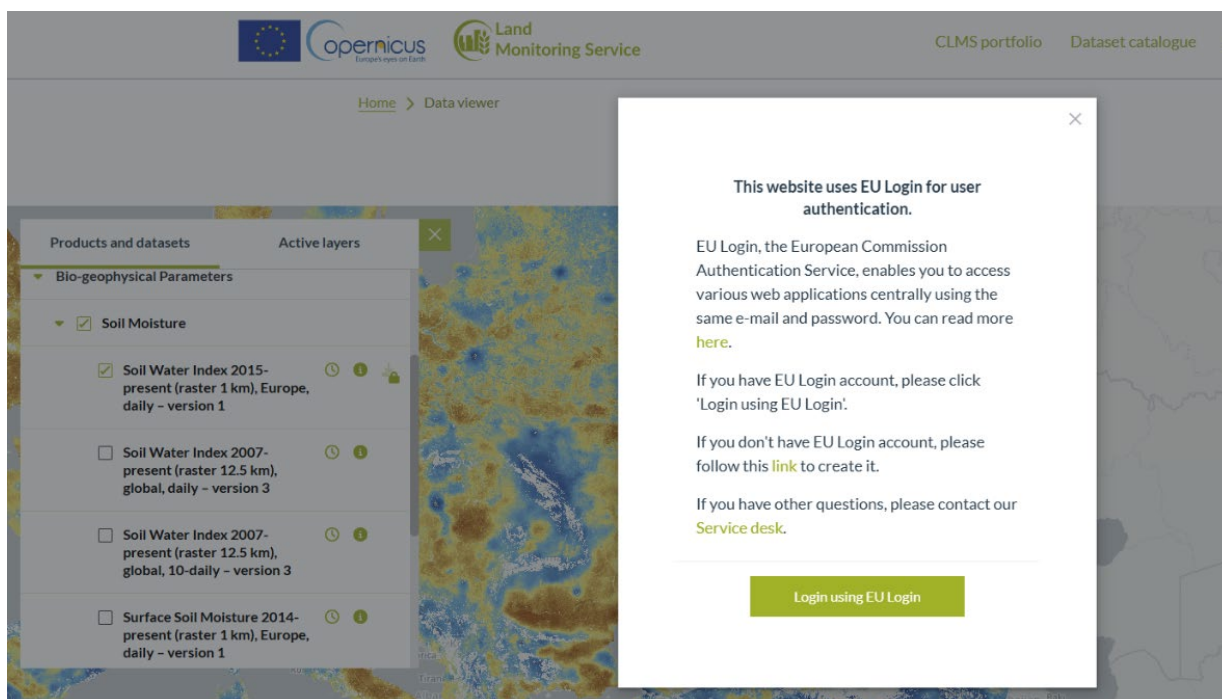


Рис. 4.1 Інтерфейс входу до системи Copernicus через обліковий запис [20].

Після входу користувач може обрати потрібну територію дослідження. У даній роботі було виділено зону, яка охоплює Дніпропетровську область та прилеглі території. Це здійснюється за допомогою інструменту прямокутного виділення на карті або введенням координат вручну.

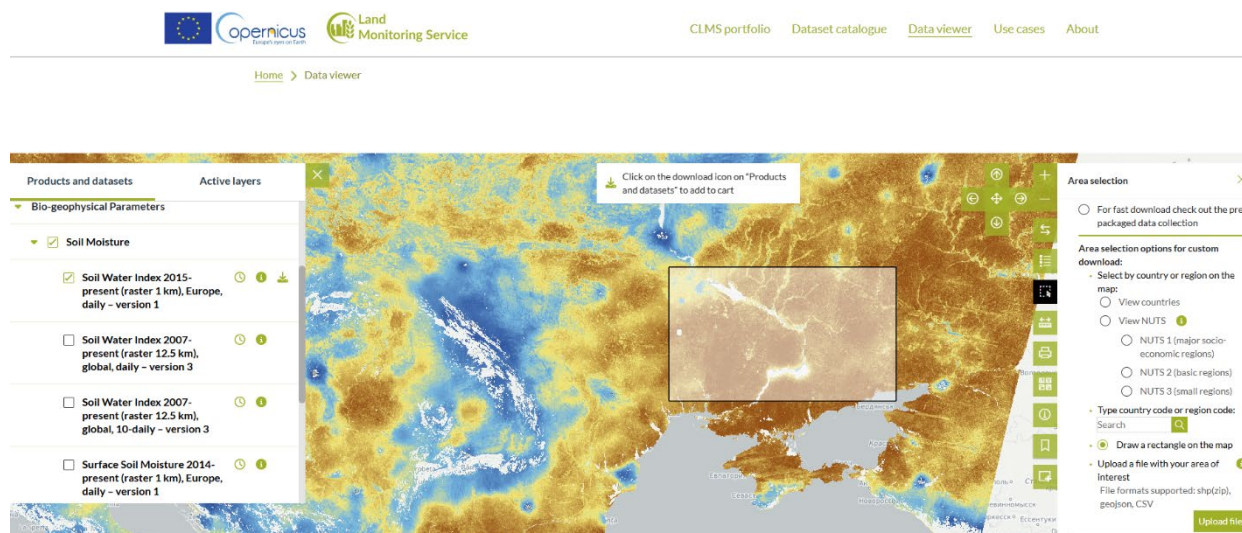


Рис.4.2 Вибір області інтересу на карті в межах Copernicus: виділення зони дослідження (Дніпропетровська область та прилеглі території) [20].

На панелі праворуч активується інтерфейс попереднього вибору параметрів (Pre-selection), де потрібно зазначити:

- тип продукту (в нашому варіанті, SWI 1 km),
- часовий діапазон (вибирається період – до 7 днів включно),
- формат вивантаження.

Після натискання кнопки "Download" система формує архів із відповідними файлами, які можна зберегти для подальшої обробки. Такий підхід дозволяє здійснити оперативний аналіз вологості ґрунту в обраний часовий період, що є особливо важливим для виявлення змін у динаміці зволоження у зв'язку з опадами чи зрошенням.

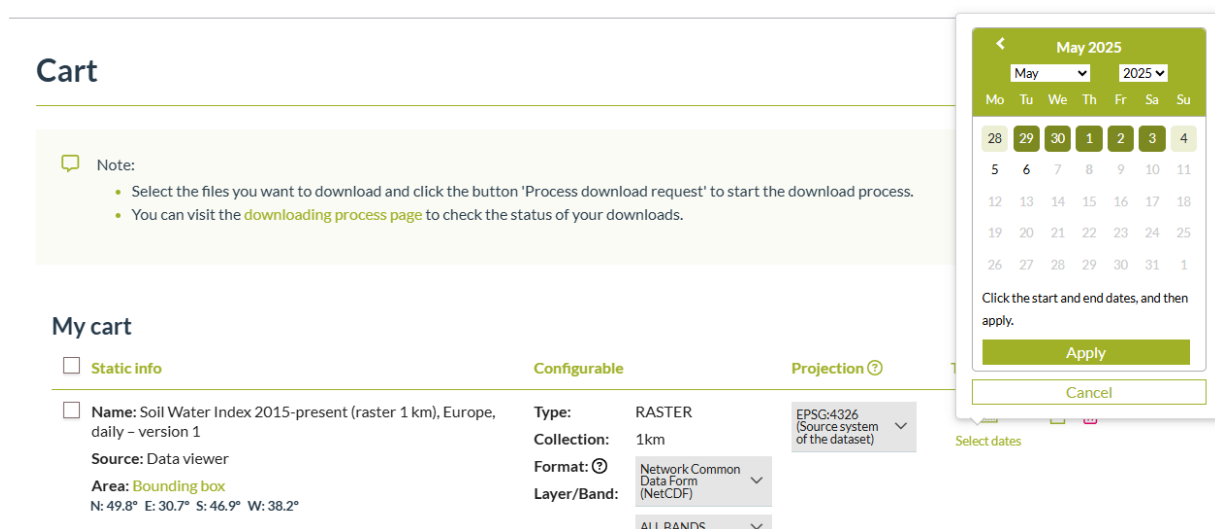


Рис.4.3 Формування сесій вибірки даних у сервісі Copernicus: вибір часових діапазонів та параметрів завантаження індексу вологості ґрунту SWI [20].

З метою створення надійної вибірки для калібрування супутникових даних було сформовано базу даних, що охоплює період з 2015 по 2020 рік. Загалом було здійснено 10-ки сесій вибірки та завантаження даних, кожна з яких охоплювала окремі часові діапазони.

За 2015–2020 роки відібрано 108 щоденних каталогів, що відповідають датам 08, 18 та 28 числа кожного місяця. Ці дати були узгоджені з періодами проведення наземних вимірювань вологості на метеостанціях.

Окремо за 2019 рік було завантажено 91 щоденний каталог, що охоплює весь період вегетації сільськогосподарських культур. Ці дані використовувалися для виявлення динаміки зміни індексу вологості ґрунту (SWI) протягом активного росту рослин.

У сумі було сформовано **190** окремих каталогів, які містять щоденні карти вологості ґрунту.

Кожен каталог, завантажений із продукту Soil Water Index 1km, містить структурований набір шарів, які включають як значення індексу вологості, так і супровідну інформацію для оцінки якості даних.

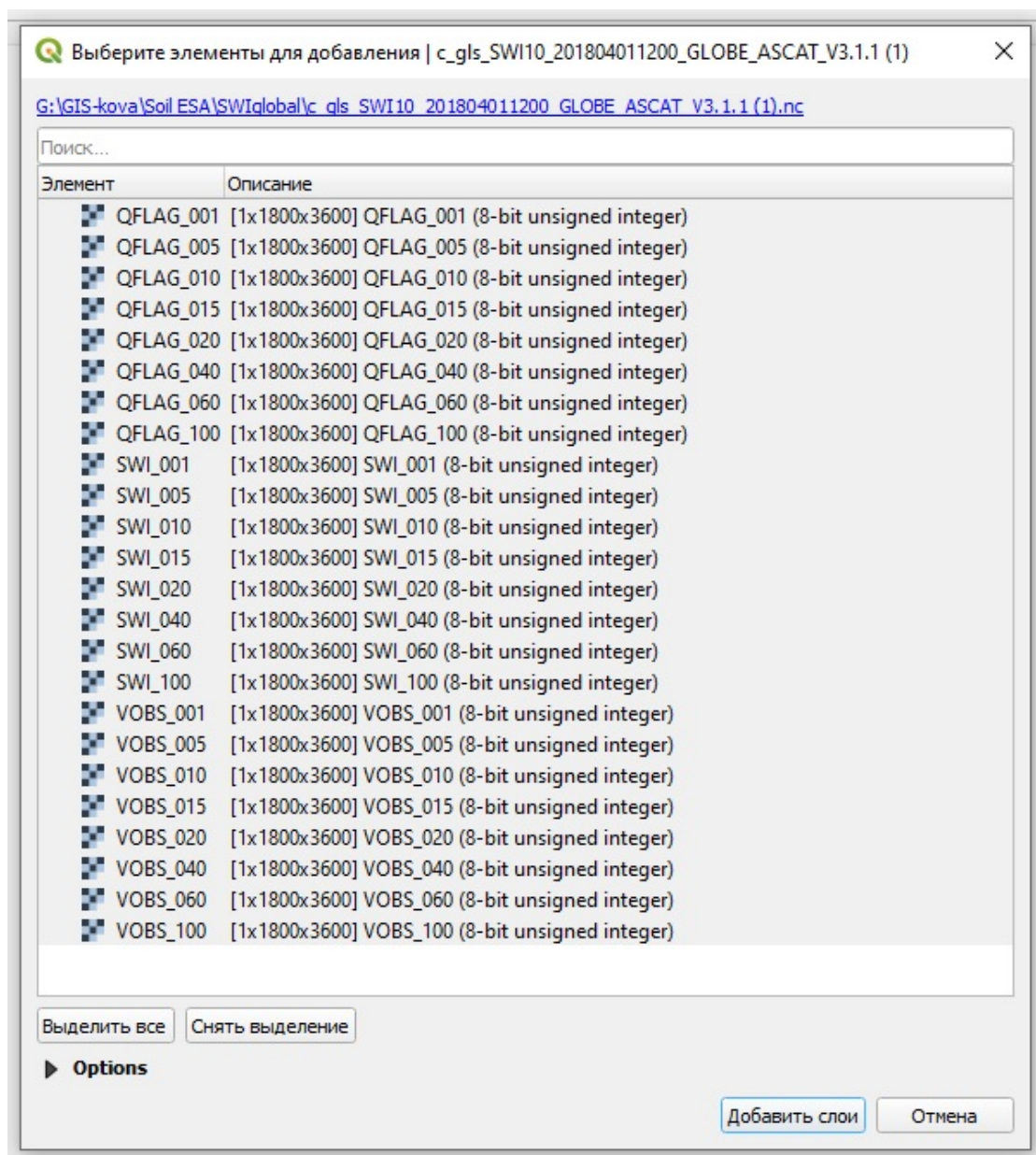


Рисунок 4.4 Вміст типового каталогу даних SWI: індекси вологості для восьми глибин інфільтрації (T) та супутні флаги якості і кількості спостережень [20].

Основні компоненти каталогу [18]:

- SWI_002, SWI_005, ..., SWI_100 – значення індексу вологості ґрунту, розраховані для восьми різних параметрів глибини інфільтрації (T): T = 2, 5, 10, 15, 20, 40, 60, 100 днів. (значення SWI подані у масштабі 0–200; для переведення у вологість у % значення слід поділити на 2. (обємна волога*2(0-200))

Ці значення відображають умовну "глибину вологи", накопичену в профілі ґрунту, та подані у шкалі 0–200, де для отримання відсоткового значення вологості результат слід поділити на 2.

- QFLAG_002, QFLAG_005, ..., QFLAG_100 – супутні флаги якості для кожного шару SWI.

Флаги інтерпретують надійність отриманих даних. Наприклад, значення 254 означає низьку якість (LowQFLAG), а 255 – відсутність даних. Пікселі з недостатньою кількістю вимірювань або ті, що належать до урбанізованих/водних територій, автоматично виключаються з розрахунків і відображаються окремим кодом.

- VOBS_002 ... VOBS_100 – кількість спостережень (кількість вхідних вимірювань), що використовувалися для розрахунку відповідного значення SWI.

Дані сформовані окремо для кожного параметра T(8 функцій часу T), що дозволяє аналізувати динаміку вологості як у короткотривалій, так і в довготривалій перспективі.

4.2 Обґрунтування необхідності калібровки

Оскільки чітка залежність між параметром T (час інфільтрації) та фактичною глибиною ґрунтового профілю H не встановлена, одним із ключових завдань при оцінюванні запасів вологи є визначення оптимального співвідношення між T і глибиною H.

З метою дослідження динаміки зміни індексу вологості ґрунту SWI протягом вегетаційного періоду та його калібрування за результатами інструментальних вимірювань вологості на метеостанціях, було відібрано відповідні значення SWI із сервісу Copernicus. Для дослідження обрано ділянки ріллі, розташовані в безпосередній близькості до метеостанцій Комісарівка, Губиниха та Чаплине в межах Дніпропетровської області. Ці

території були визначені як найімовірніші зони фактичного проведення наземних спостережень за запасами ґрунтової вологи (рис. 4.5).

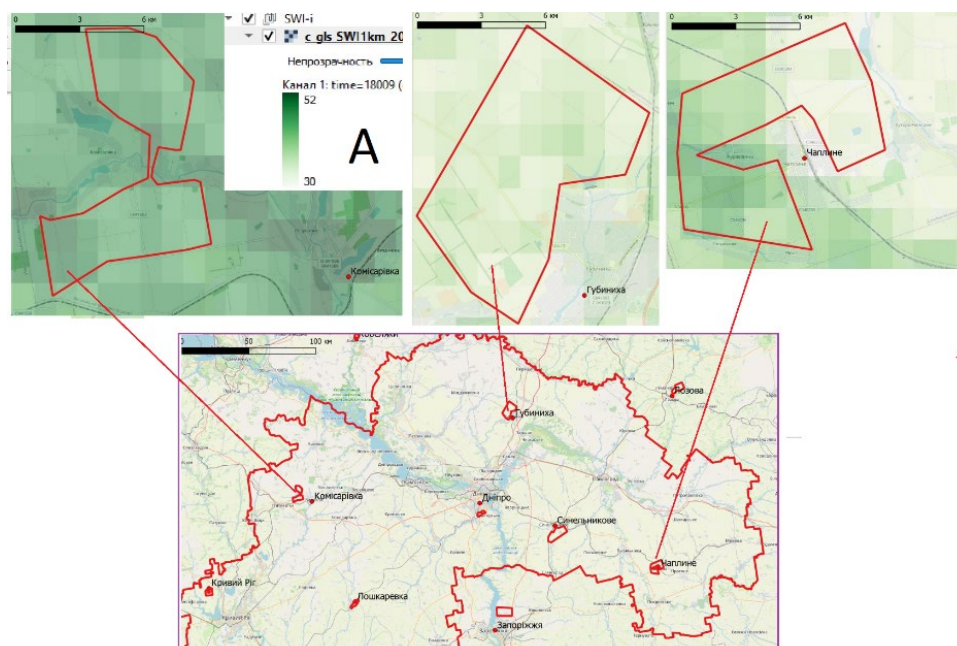


Рисунок 4.5 – Території визначення середнього SWI для калібровки за даними метеостанцій: А – легенда SWI ($200 \cdot \text{м}^3/\text{м}^3$)

Досліджувані значення SWI визначені як середні для вказаних територій за даними 29, 52 та 37 пікселей для МС Комісарівка, Губиниха та Чаплине відповідно.

Таблиця 4.1 – Приклад розрахованих середніх значень SWI ($200 \cdot \text{м}^3/\text{м}^3$) за МС Чаплине

Дата	Функція часу Т						
	"002"	"005"	"010"	"020"	"040"	"060"	"100"
08.04.2015	74,2	76,3	77,59	77,38	74,51	72,5	67,78
18.04.2015	36,2	40,7	48,27	54,54	58,09	58,27	62,77
28.04.2015	15,2	29,3	39,45	46,97	52,05	53,51	58,86
08.05.2015	32,6	40,7	42,7	46,57	50,57	52,11	57,2
18.05.2015	14,6	20	28,03	36,5	43,34	46,05	52,68
28.05.2015	9,32	10,6	16,43	26,31	35,53	39,46	47,73
08.06.2015	18,3	22,1	23,5	27,49	34,18	37,8	45,41
18.06.2015	49,2	42,2	36,35	33,59	36,15	38,61	41,24
28.06.2015	76	68,8	58,3	47,53	43,5	43,74	44,69

На даному етапі дослідження, рамках розробки методики калібрування значень SWI для оцінки запасів ґрунтової вологи під посівами озимої пшениці в умовах Дніпропетровської області, прийнятий частковий випадок, а саме схема відповідності функцій часу T глибині проникнення води в ґрунт H , яка наведена в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Відповідність функцій часу T формування значення об'ємної вологи (SWI) розрахунковому шару ґрунту H

T	«002»	«005»	«010»	«020»	«040»	«060»	«100»
H , см	0-3	4-7	8-15	16-30	31-50	51-70	71-100
a	0,03	0,04	0,08	0,15	0,2	0,2	0,3

Запаси вологи в метровому шарі ґрунту за даними SWI визначені за рівнянням суми [28]

$$W_{SWI} = 10 \cdot 0,5 \cdot \sum (a_{Ti} \cdot SWI_{Ti}), \quad (4.1)$$

де SWI_{Ti} – величина об'ємної вологості ($200 \cdot \text{м}^3/\text{м}^3$) для i -го значення T ,
 a_{Ti} – відповідна вагова змінна, що фізично представляє собою потужність (м) i -го прошарку ґрунту (таблиця);

10 та 0,5 – відповідно коефіцієнт переводу запасів вологи в мм та масштабний фактор методики визначення SWI .

Здійснено оцінювання ступеня кореляційного зв'язку між каліброваними значеннями W_{SWI} та фактичними запасами вологи W_{MC} за даними метеостанцій області (рис.4.6) на основі сформованої бази даних про запаси вологи (табл.4.3)

Таблиця 4.3 – База даних щодо запасів вологи, супутникові показники SWI та результати наземних вимірювань на метеостанціях подано відповідно до дат проведення спостережень.

	Комісарівка		Губиниха		Чаплине	
	Wswi	Wmc-розр	Wswi	Wmc-розр	Wswi	Wmc-розр
Дата						
08.04.15	333	307	304	333	312	336
18.04.15	309	321	285	310	275	292
28.04.15	299	309	277	292	271	277
08.05.15	300	296	277	277	270	257
18.05.15	224	266			199	240
28.05.15	234	234	208	230	222	197
08.06.15	234	231	208	220	223	225
18.06.15	226	210	201	197	209	250
08.04.16					271	288
18.04.16	299	322	273	258	267	276
28.04.16	303	311	279	283		
08.05.16	288	282	274	263		
18.05.16	319	271	290	283		
28.05.16	222	259				
08.06.16	224	254				
18.06.16	213	261	178	261		
08.04.17					255	256
18.04.17					264	265
18.05.17					217	231
28.05.17					227	224
08.06.17	253	209	221	200	232	196
18.06.17	248	191	204	185	219	198
08.04.18	324	324	282	306	295	311
18.04.18	306	301			273	289
28.04.18	295	276	262	272	265	256
08.05.18	295	278	261	224	264	240
18.05.18	234	239	215	189	212	220
28.05.18	241	193			220	200
08.06.18			225	169	221	174
18.06.18					208	171
18.03.19	299	320	281	283		
28.03.19	296	311	279	278		
08.04.19	297	297	279	272	209	257
18.04.19	297	331	264	296	258	278
28.04.19	276	288	249	269	242	261

Продовження таблиці 4.3

08.05.19	274	255	249	249	243	224
18.05.19	246	263	223	239	233	192
28.05.19	244	222	210	233	217	230
08.06.19	228	223	199	199	205	179
18.06.19	221	196	191	179		
08.03.20	315	330	286	255	294	287
18.03.20	309	323	289	260	294	275
28.03.20	314	296	290	263	301	271
08.04.20	284	291	257	242	255	262
18.04.20	224	273	216	237	209	252
28.04.20	270	261	245	241	245	241
08.05.20	271	261				
18.05.20	254	253	230	231	238	225
28.05.20	255	251	230	209	233	210
08.06.20	240	261	212	202		
18.06.20	232	232	195	192	204	238
28.06.20	222	203			191	229

Коефіцієнт кореляції лінійного зв'язку між вказаними змінними ($W_{MC} = a \cdot W_{SWI} + b$) склав $r = 0,64 \div 0,71$.

Таблиця 4.4 – Тіснота зв'язку калібровочних моделей W_{SWI}

Метеостанція	Калібровочна модель		
	r	σ , мм	σ , %
Комісарівка	0,699	28	11
Губиниха	0,706	26	10
Чаплине	0,636	30	12

Отримані результати залишають покращення.

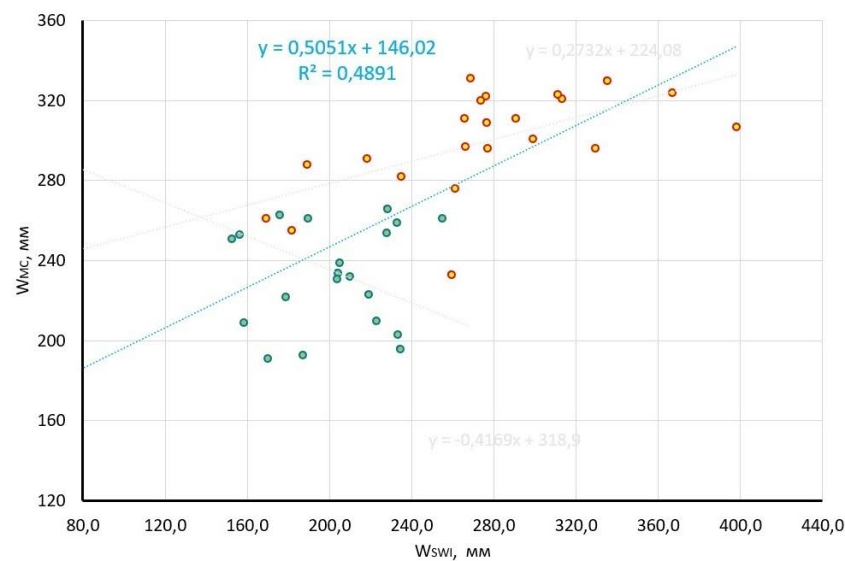
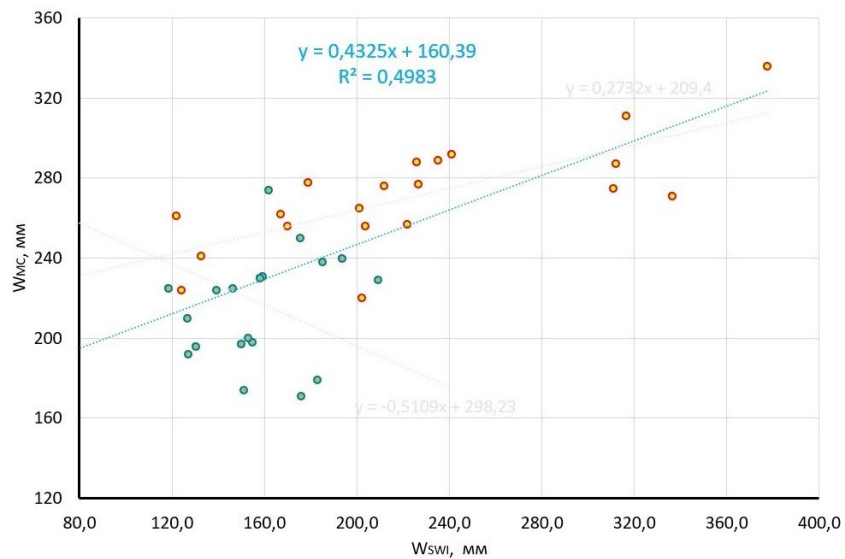
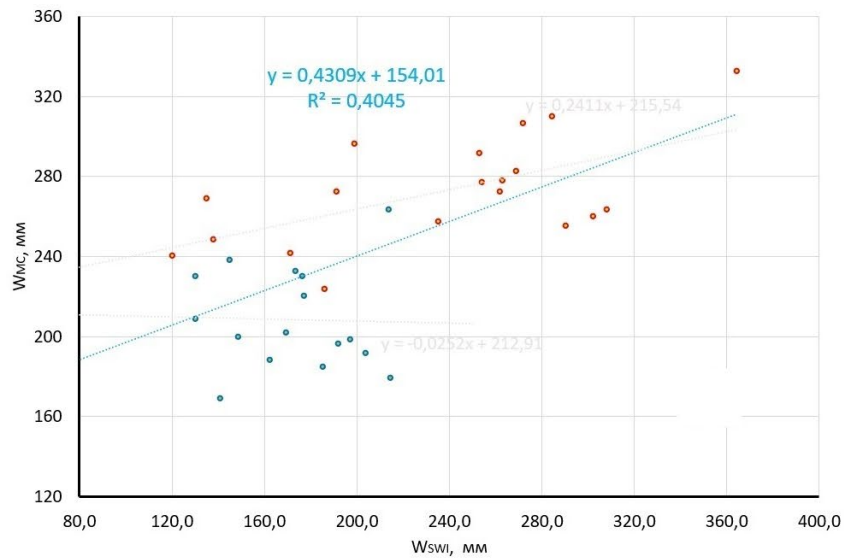
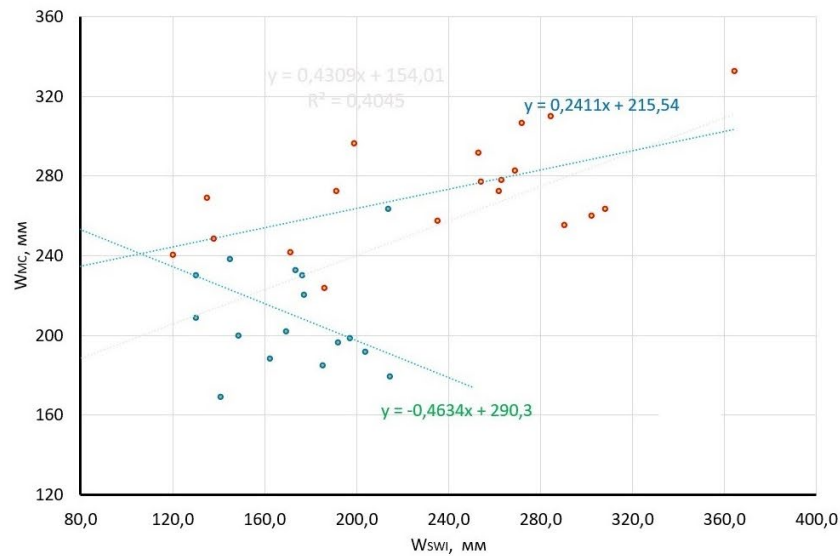


Рисунок 4.6 Зв'язок запасів води розрахованих за калібровочною лінійною моделлю (ф-ла (4.1)) W_{swi} з виміряними на метеостанції W_{mc} :

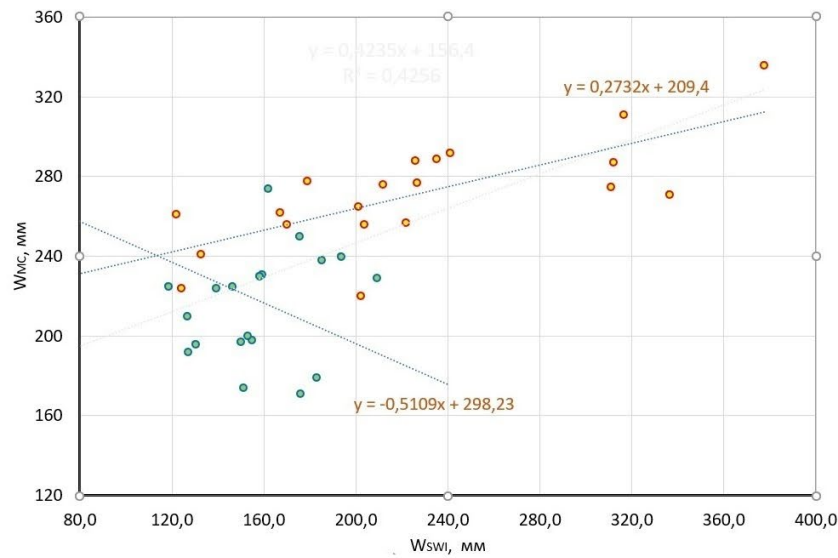
1 - Губиниха, 2 - Чаплине, 3 - Комісарівка

Аналіз режиму W_{SWI} та W_{MC} протягом вегетації 2019 року виявив характерні закономірності взаємозв'язку між цими показниками, протягом вегетації озимої пшениці спостерігається чітке розділення процесу на два етапи. У першій фазі (відновлення вегетації – початок критичного періоду) фіксується пряма залежність між супутниковими значеннями вологості W_{SWI} та фактичними запасами ґрунтової вологи W_{MC} . Натомість у другій фазі (від критичного періоду до завершення вегетації) простежується вже зворотна залежність між цими показниками.

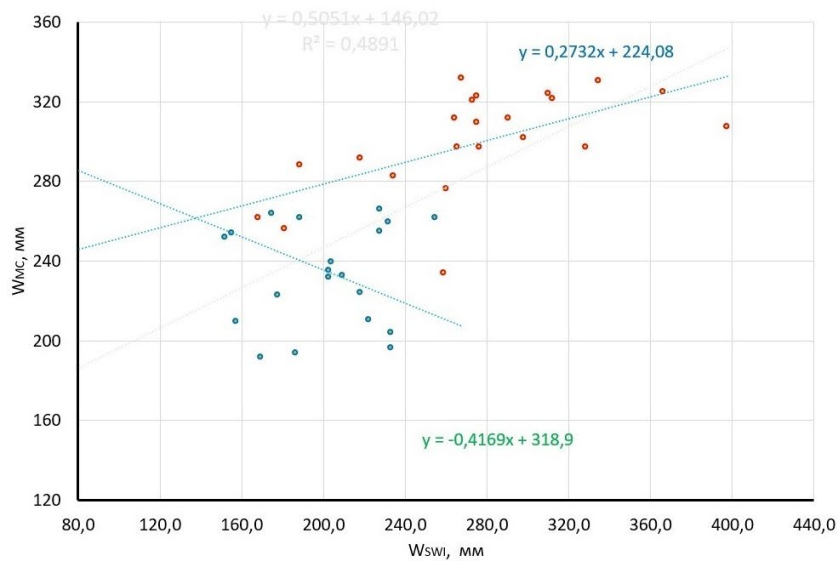
З точки зору особливостей формування режиму ґрунтової вологи, така поведінка пояснюється специфікою режиму споживання вологи культурою у критичний період (травень – перша половина червня), коли озима пшениця активно засвоює ґрунтову вологу з глибших горизонтів. У цей самий час, значення SSM (поверхнева вологість), що є вхідними даними для розрахунку індексу SWI , демонструють тенденцію до підвищення. Це зумовлено кліматичними особливостями регіону, зокрема підвищеною кількістю опадів у травні–червні в центральній частині України, та особливостями самого алгоритму розрахунку SSM [22]



1)



2)



3)

Рисунок 4.7 – Зв'язок запасів води розрахованих за калібровочною
двохфазною моделлю (ф-ла (4.2)) W_{swl} з виміряними на метеостанції W_{mcs} :

1 - Губиниха, 2 - Чаплине, 3 - Комісарівка

Тому запропонована схема калібровки даних W_{SWI} , що враховує цю подвійну особливість режиму формування запасів води (рис.4.7).

Розрахункова формула має вигляд

$$W_{MC} = \begin{cases} a1 \cdot W_{swi} + b1 \\ a2 \cdot W_{swi} + b2 \end{cases}, \quad (4.2)$$

де $a1$ та $b1$ - коефіцієнти апроксимації для періоду від початку відновлення вегетації до початку критичного періоду.

$a2$ та $b2$ - коефіцієнти апроксимації для критичного періоду розвитку пшениці озимої

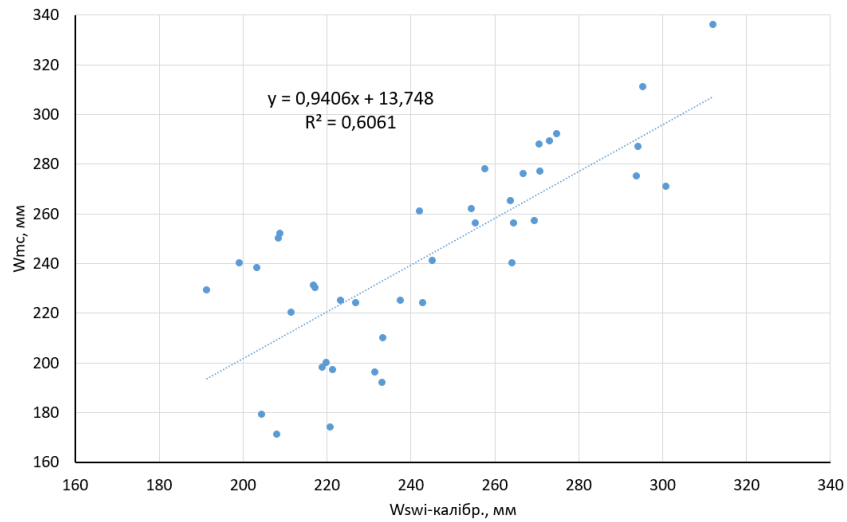
В табл.4.5 наведені коефіцієнти апроксимації для вказаних періодів.

Таблиця 4.5 - Коефіцієнти апроксимації калібровки даних W_{SWI} для оцінки запасів води під посівами озимої пшениці

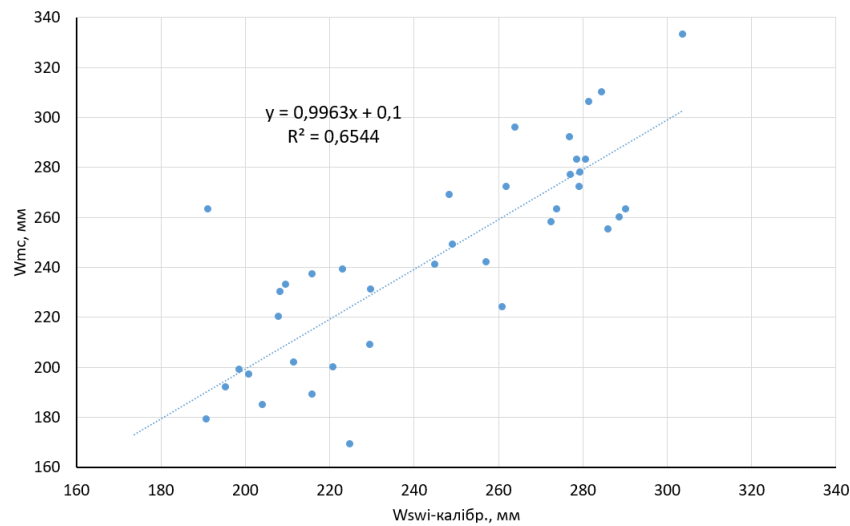
Метеостанція	Фаза розвитку пшениці озимої					
	весняна вегетація (рис.4.6)		до критичної фази (рис.4.7)		критична фаза-кінець вегетації (рис.4.7)	
	a	b	$a1$	$b1$	$a2$	$b2$
Комісарівка	0,505	146	0,273	224	-0,417	319
Губиниха	0,433	160	0,273	209	-0,511	298
Чаплине	0,431	154	0,241	216	-0,463	290

Результати розрахунку наведені в таблиці. W_{swi} - W_{mc}

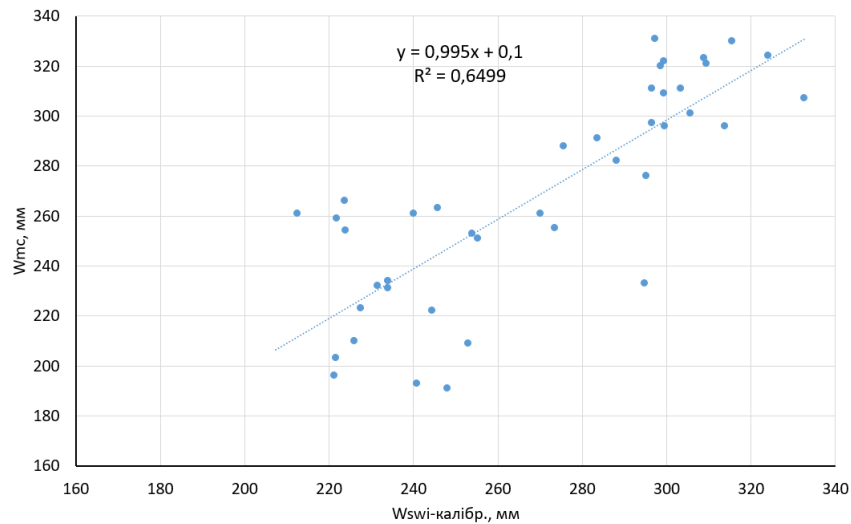
Калібровка даних W_{SWI} за двома періодами суттєво підвищила тісноту зв'язку W_{SWI} та W_{MC} . Коефіцієнт кореляції лінійного зв'язку між ними (рис.4.8) склав $r=0,78 \div 0,81$, а середньоквадратичне відхилення (σ) запасів води W_{SWI} та W_{MC} в метровому шарі ґрунту під посівами озимої пшениці склало 23-24 мм (8,8-9,5%) (табл.4.6).



1)



2)



3)

Рисунок 4.8 – Зв'язок W_{swi} з вимірними запасами вологи W_{mc} під посівами озимої пшениці за даними метеостанцій (калібровочна модель – два періоди): 1 - Губиниха, 2 - Чаплине, 3 - Комісарівка

Таблиця 4.6 – Тіснота зв'язку калібровочних моделей W_{SWI}

Метеостанція	Калібровочна модель лінійна, два періоди			
	r	σ , мм	σ , %	δ
Комісарівка	0,806	24,4	9,0	0,631
Губиниха	0,779	24,4	9,5	0,700
Чаплине	0,810	23,4	8,8	0,625

Де σ – середньоквадратичне відхилення запасів вологи W_{SWI} та W_{MC} в метровому шарі ґрунту під посівами озимої пшениці; δ - критерій якості методики

4.3 Результати калібровки для озимої пшениці

Для перевірки цієї моделі був створений ряд щоденних даних SWI за 2019 рік. За даними моделі (ф-ла (4.1)) порахували безпосередньо значення запасів загальної вологи в мм. Взяли калібровочну модель (табл 4.4) і порахували щоденні запаси вологи по цим калібровочним моделям, які представлені на рисунку 4.9. Де коричнева лінія – пораховані по калібровочній моделі щоденні запаси вологи в 100 см шарі ґрунту конкретної метеостанції; пунктир – об'ємна волога, яку ми запозичили в Copernicus [20]; крапки – дані, які надала конкретна метеостанція.

Висновок: за 2019 рік ми бачимо відносно непоганий збіг розрахованих даних і даних метеостанцій. Підтверджується тіснота зв'язку і відповідно аналіз (табл. 4.6) доводить значимість нашої методики.

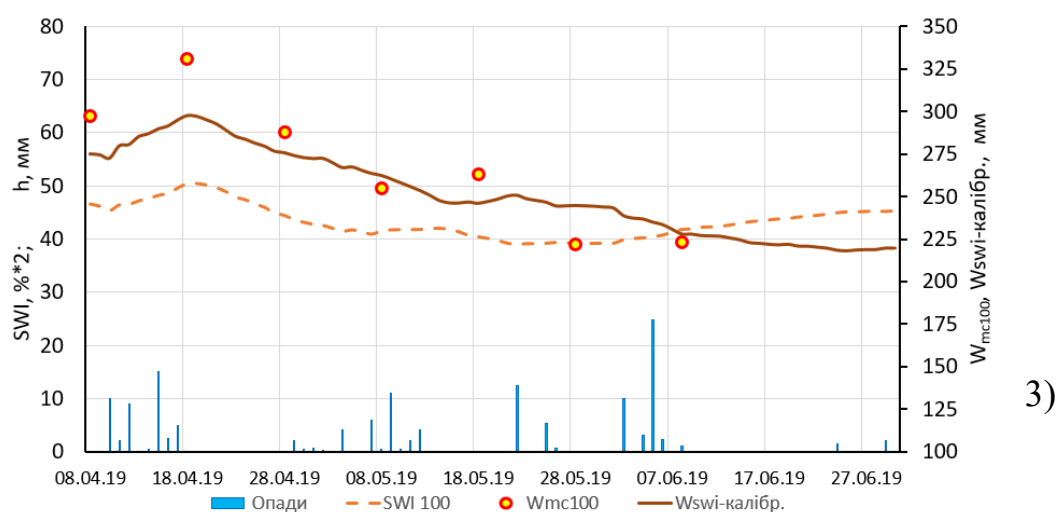
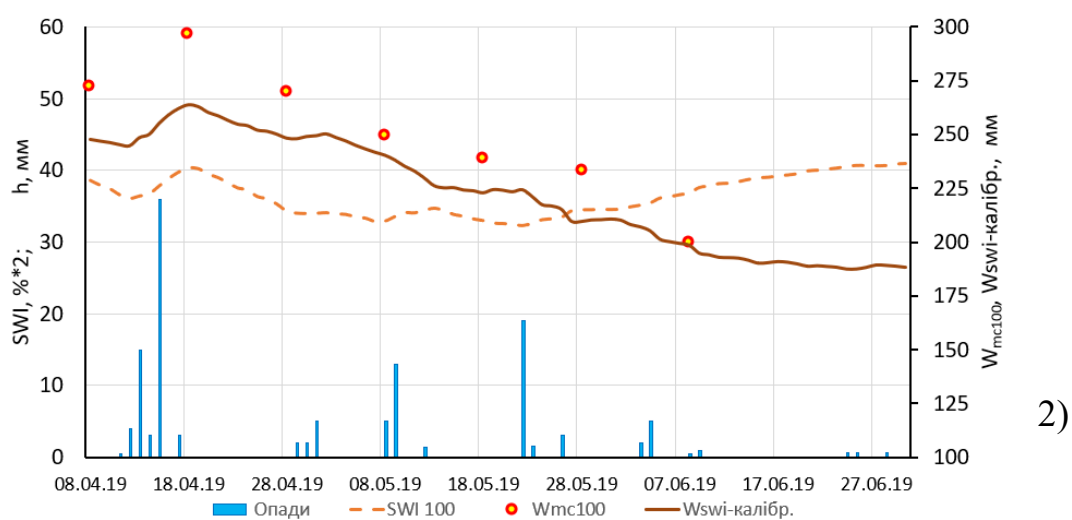
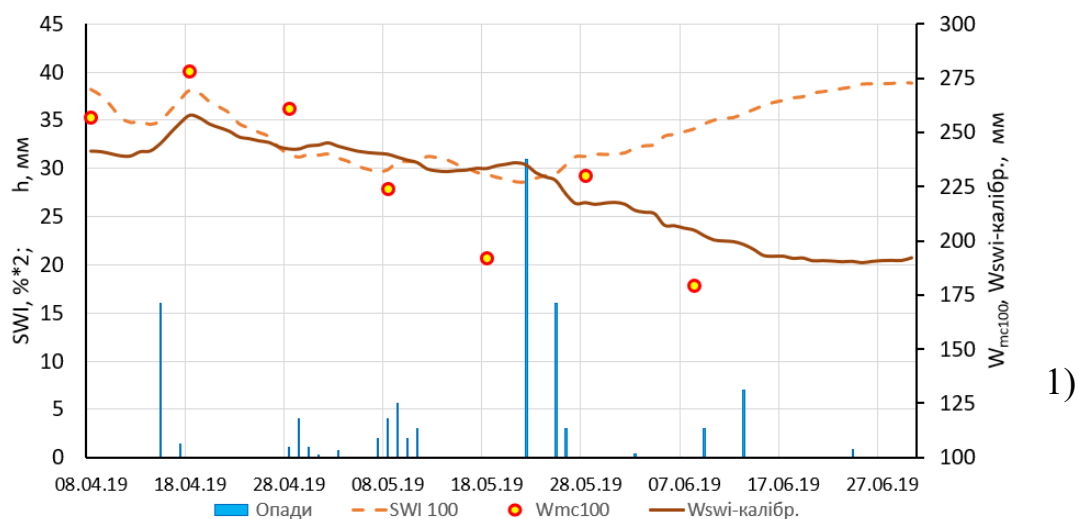


Рисунок 4.9 – Режим вологозапасів за щоденними значеннями 2019 року: 1 - Губиниха, 2 - Чаплине, 3 - Комісарівка

Для решти років 2015-2020, які були прийняті до уваги, ми побудували режими ґрунтової вологи по декадним значенням, як приклад по метеостанції Комісарівка представлений рисунок 4.10.

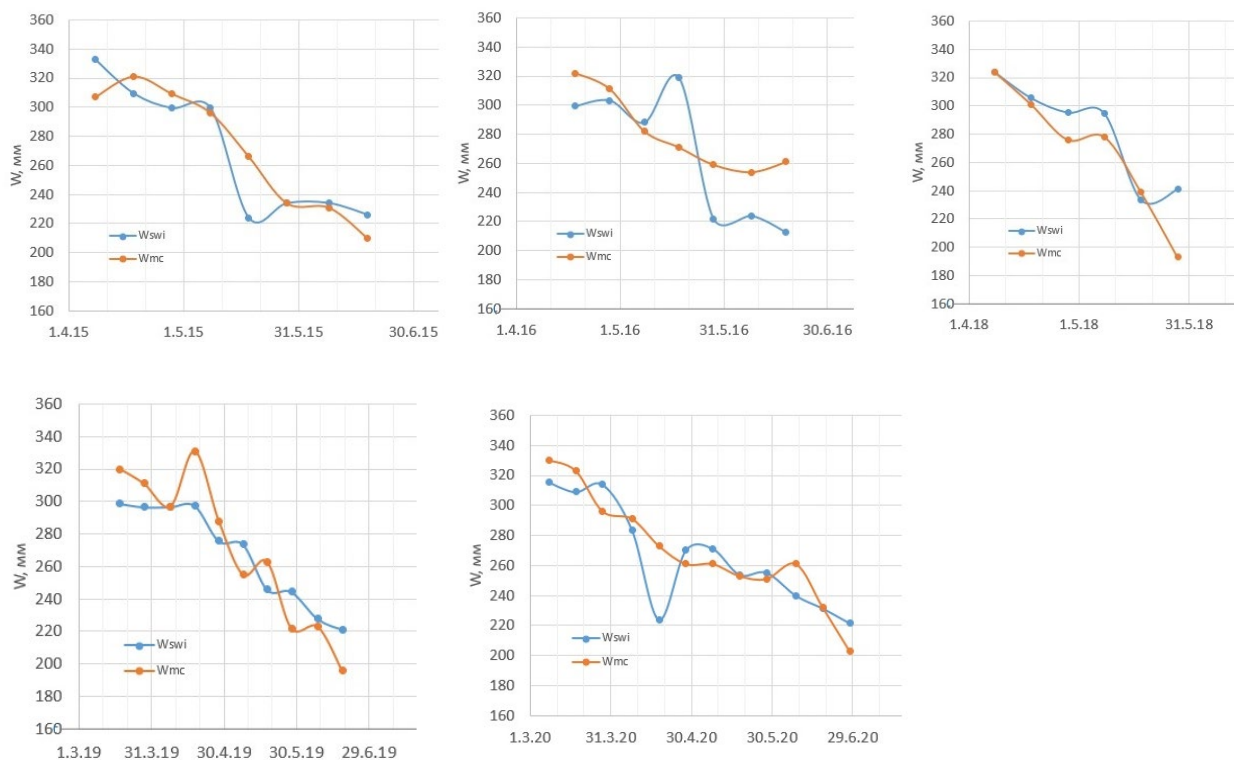


Рисунок 4.10 – Режим ґрунтової вологи під посів озимої пшениці в метровому шарі (за декадними значеннями) за даними МС Комісарівка (W_{mc}) та геоданими SWI (W_{swi})

Таблиця 4.7 – Аналіз режиму ґрунтової в метровому шарі ґрунту по метеостанції Комісарівка за 2015 – 2020 рр. (рис.4.10)

Роки	W_{swi} 01.05 – 31.05, мм	Вологість в'янення, мм	Продуктивна волога, мм
2015	300 - 230	140	160 - 90
2016	310 - 220		170 - 80
2018	300 - 230		160 - 90
2019	270 - 220		130 - 80
2020	270 - 250		130 - 110

Продуктивна волога достатня. Запаси вологи в ґрунтовому шарі знаходяться на рівні, який забезпечує нормальний перебіг усіх фізіологічних

процесів у рослин. За Хомяковим [34] виділені характеристики зволоження, які слугують індикаторами потенційної врожайності культур (табл 4.8).

Таблиця 4.8 – Оцінка вологозабезпеченості озимої пшениці [34]

Х-ка зволоженості	Відносна врожайніс ть, % від оптимуму	Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту, мм				Інтервал суми атмосферних опадів, мм	
		закінчен ня вегетації восени	відновлен ня вегетації весною	колосінн я	воскова стиглість	сівба – припинен ня вегетації	відновленн я вегетації - колосіння
Недостатня	<70	<75	<125	<60	<20	<15	<10
Задовільна	70 – 90	75 – 90	125 – 155	60 – 90	20 – 40	15 – 65	10 – 45
Оптимальна (субоптимальна)	90 – 100 – 90	90 – 125 – 165	155 – 180 – 210	90 – 105 – 120	40 – 60 – 75	65 – 135 – 230	45 – 125 – 285
Підвищена	90 – 70	165 – 220	210 – 265	120 – 160	75 – 115	230 - ?	285 – 415
Надлишкова	<70	> 220	> 265	>160	>115	>?	>415

4.4 Розрахунок запасів вологи та вологозабезпеченість озимої пшениці

Застосували методику до 2025 року (рис. 4.11) період 08.03.2025 – 18.05.2025 Wswi Губиниха, Чаплине та Комісарівка. Було скачано 8 сцен і розраховали по запропонованій методиці. Порівнювати немає з чим, немає даних в МС.

При необхідності деталізації, можна скачати щоденні сцени і тоді ми отримаємо графіки вологозабезпеченості подібні до рисунку 4.9, за даними щоденних запасів вологи.

Перевагою нашої методики є її оперативність. Завдяки постійному оновленню супутникових даних, за умови наявності відкаліброваної моделі, можна практично "на вчора" отримати точну картину забезпеченості сільськогосподарських угідь вологою, не чекаючи обробки польових вимірів.

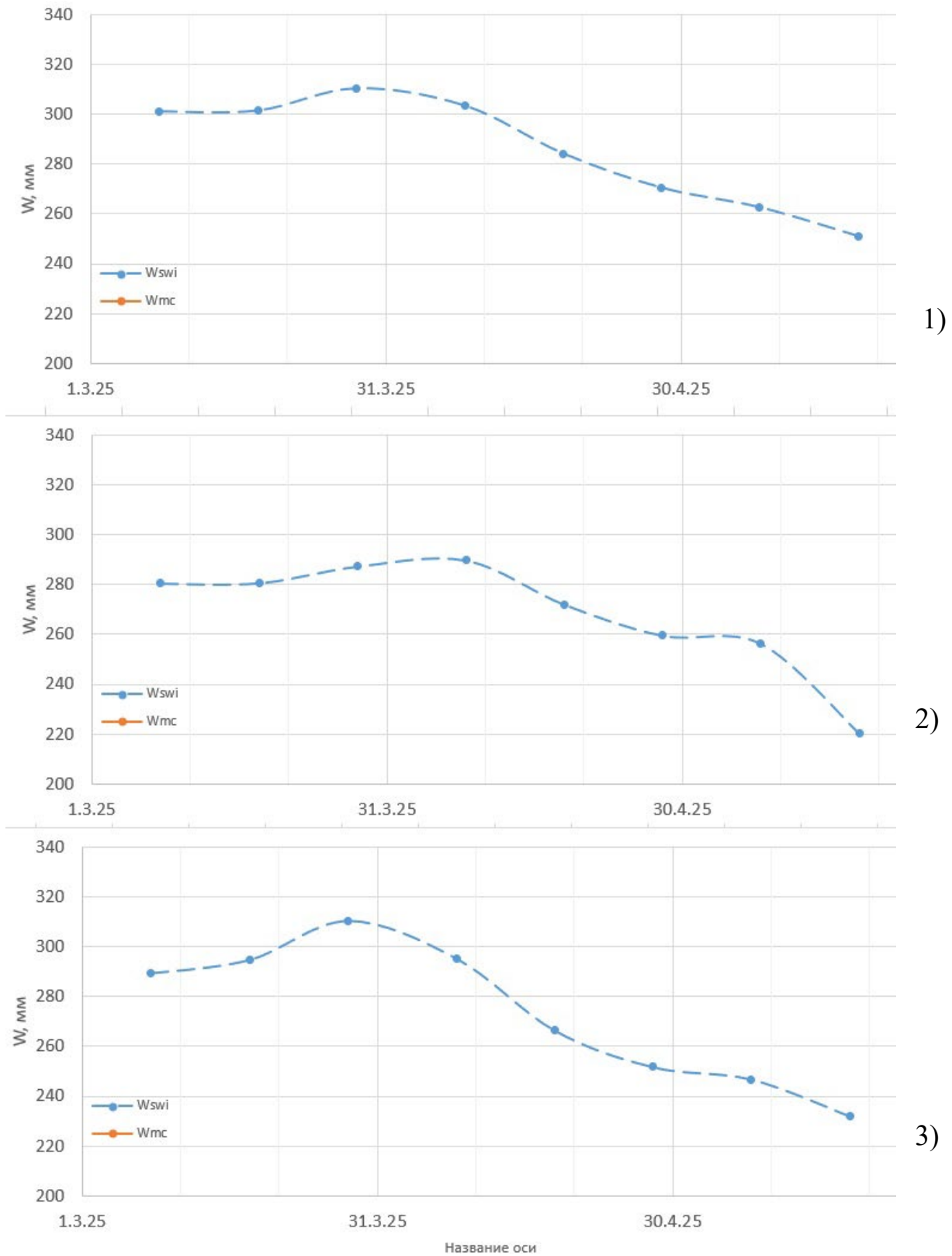


Рисунок 4.11 – Режим запасів води розраховані по калібровочній моделі (4.2) по декадним даним 2025 року : 1 - Губиниха, 2 - Чаплине, 3 - Комісарівка

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Основні вимоги техніки безпеки та охорони праці при роботі з комп'ютерами

У сучасному світі комп'ютери стали невід'ємною частиною багатьох професій. Однак тривала робота з комп'ютерною технікою може призвести до негативних наслідків для здоров'я працівників, таких як зорове перенапруження, порушення опорно-рухового апарату та психоемоційне виснаження. Тому дотримання вимог техніки безпеки та охорони праці є надзвичайно важливим.

Правильне розташування робочого місця має важливе значення, адже монітор комп'ютера є джерелом електромагнітного випромінювання. Фахівці рекомендують використовувати захисні екрани, які зменшують рівень випромінювання, особливо якщо поруч розташований інший монітор. Робочі місця не варто розміщувати надто близько одне до одного. Комп'ютер слід встановлювати на відстані від опалювальних приладів та уникати потрапляння прямих сонячних променів на обладнання. Також «не рекомендується розміщувати працівника навпроти задньої чи бічної частини чужого монітора, якщо відстань до нього менше 2 метрів» [29].

Бажано дотримуватись таких вимог:

- Перед початком роботи необхідно провести огляд робочого місця, перевірити правильність розташування та технічний стан усіх елементів обладнання.
- Стілець слід відрегулювати по висоті відповідно до зросту користувача, забезпечивши зручне положення тіла.
- Монітор має бути встановлений на рівні очей, прямо перед користувачем, під прямим кутом до лінії зору.

- Клавіатура розташовується на одному рівні з ліктями, щоб передпліччя лежало на столі під прямим кутом.
- Освітлення – достатнє, бажано природне, але без відблисків на екрані. «Джерела світла мають бути збоку від монітора, повинно відповідати санітарним нормам (СанПіН)» [29].

Правильне положення тіла під час роботи (рис. 5.1) допомагає запобігти м'язовому перенапруженню, покращує циркуляцію крові та сприяє вільному диханню. Під час роботи за комп'ютером слід сидіти прямо, не сутулячись, із опорою на спинку стільця.

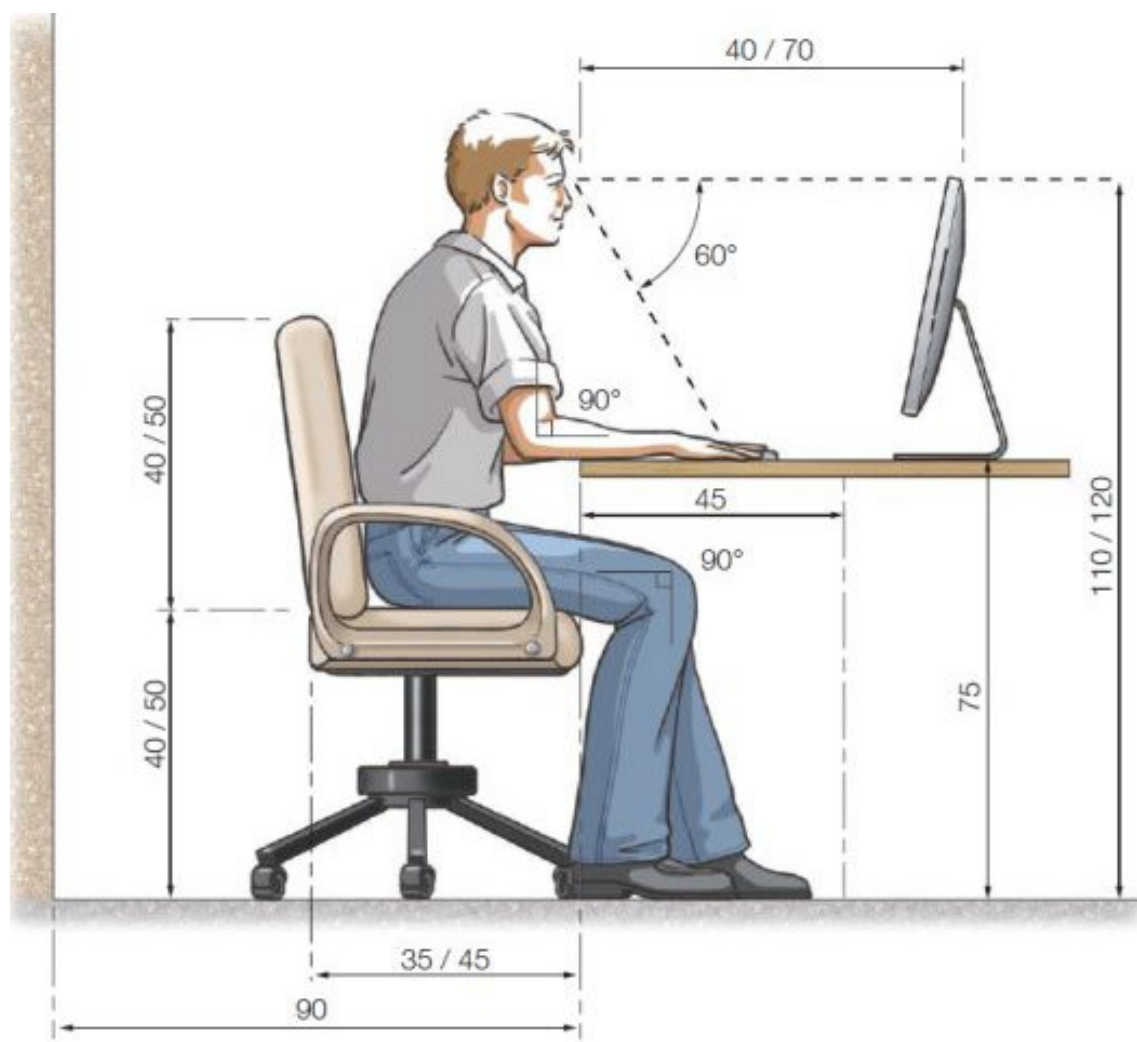


Рисунок 5.1 – Оптимальне положення тіла під час роботи за комп'ютером

Під час роботи за комп'ютером слід забезпечити максимально зручне положення рук. Руки повинні бути розслабленими, а передпліччя – розташованими горизонтально, паралельно до підлоги та з опорою на підлокітники крісла.

Положення ніг має бути зручним: коліна повинні знаходитися на одному рівні зі стегнами або трохи нижче. Це дозволяє уникнути перенапруження м'язів нижніх кінцівок. Категорично не рекомендується схрещувати ноги чи класти одну на іншу, оскільки це порушує циркуляцію крові через здавлювання судин. Найкраще розташовувати ступні на підлозі або спеціальній підставці. «Для підтримки правильної пози тіла слід забезпечити прямий кут (90°) у ділянках ліктів, тазостегнових, колінних і гомілковостопних суглобів» [29].

Таким чином, для збереження працездатності та зменшення втоми у користувачів комп'ютерів важливо забезпечити правильну організацію робочого простору.

5.2 Техніка безпеки при роботі за комп'ютером під час війни

У сучасних реаліях, коли велика кількість працівників, учнів та студентів змушені виконувати свої обов'язки дистанційно або в умовах обмеженого доступу до безпечних офісних просторів, питання техніки безпеки при роботі з комп'ютерами набуває особливої актуальності. Робота за комп'ютером під час воєнного стану повинна бути організована не лише з дотриманням стандартних норм охорони праці, а й з урахуванням додаткових факторів ризику, пов'язаних із військовими діями, порушенням інфраструктури та психоемоційним станом працівників.

Передусім, робоче місце необхідно облаштувати у відносно безпечній зоні, яка дозволяє швидко відреагувати та переміститися до найближчого

укриття у разі оголошення повітряної тривоги. Бажано, щоб місце було віддалене від вікон, зовнішніх стін та інших потенційно небезпечних елементів. У разі, «якщо працівник або студент змушений працювати в укритті, навіть тимчасове робоче місце повинно відповідати базовим ергономічним вимогам» [33]: наявність рівної поверхні для техніки, освітлення, зручне положення тіла.

Особливу увагу слід приділяти електробезпеці. Через часті перебої з електропостачанням актуальним стає використання джерел безперебійного живлення, павербанків або акумуляторних світильників. У жодному разі не дозволяється використовувати пошкоджені дроти або вологі подовжувачі, оскільки це може призвести до короткого замикання або ураження електричним струмом.

Таким чином, організація безпечної роботи за комп'ютером у період воєнного стану передбачає не лише дотримання загальноприйнятих вимог техніки безпеки, а й урахування специфічних ризиків, пов'язаних із бойовими діями.

5.3 Дії в надзвичайній ситуації при пожежі

У випадку виникнення пожежі на робочому місці чи в будь-якому іншому приміщенні першочерговим завданням є збереження життя та здоров'я людей. Пожежа – це надзвичайна ситуація, яка вимагає швидкого прийняття рішень та чіткої послідовності дій.

Насамперед, «помітивши загоряння або дим, необхідно якнайшвидше повідомити про це відповідальні служби, зателефонувавши за номером 101» [33]. У повідомленні важливо чітко вказати адресу, місце виникнення пожежі та характер загоряння. Після цього слід увімкнути систему оповіщення, якщо

така передбачена, або самостійно попередити людей, які перебувають у приміщенні.

У разі можливості – до прибуття рятувальників – можна спробувати загасити осередок займання первинними засобами пожежогасіння (вогнегасником, пожежним рукавом), але лише за умови, що це не становить загрози для життя. Якщо ситуація неконтрольована, необхідно негайно залишити будівлю за найближчим евакуаційним маршрутом.

Під час евакуації не рекомендується користуватися ліфтами. Слід триматися низько до підлоги – у випадку задимлення це допоможе уникнути отруєння димом.[35] Також варто прикрити рот і ніс вологою тканиною для зменшення впливу продуктів горіння.

Після евакуації необхідно зібратися у визначеному безпечному місці для подальшого контролю кількості евакуйованих та надання інформації пожежно-рятувальній службі. Заборонено повертатися до будівлі без дозволу відповідальних осіб.

Знання алгоритму дій у разі пожежі сприяє зменшенню шкоди для людей та матеріальних цінностей. Регулярні інструктажі, навчання та тренування є важливою складовою профілактики надзвичайних ситуацій на підприємстві.

6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІС

Оцінюючи економічну ефективність використання методики калібровки даних ДЗЗ для оцінки вологозабезпеченості сільськогосподарських культур в Дніпропетровській області, спочатку необхідно розрахувати основні види відрахувань: амортизаційні відрахування; відрахування на капітальний та поточний ремонт [30].

Для розрахунку витрат на дослідження використовуємо календарний план проекту, що полягає в розподілі роботи на такі періоди: підготовка просторово-часової бази даних (100 робочих днів); розробка технології створення каліброчної моделі (100 робочих днів); реалізація ГІС оцінки запасів вологи під посівами озимої пшениці для регіонального масштабу.

Амортизаційні відрахування визначаємо за формулою:

$$A_{пв} = \frac{БВ \cdot Н \cdot Т}{100 \cdot 12} \quad (6.1)$$

де, А – амортизаційні відрахування на повне відновлення ОФ, грн.

БВ – балансова вартість устаткування, грн.;

Н – річна норма амортизації, %;

Т – тривалість проведення дослідження на даному устаткуванні, місяців;

12 – кількість місяців у році.

$$A_{пв} = \frac{25000 \cdot 24 \cdot 12}{100 \cdot 12} = 5100 \text{ грн}$$

Відрахування на капітальний ремонт визначаємо:

$$A_{кр} = \frac{БВ \cdot Н \cdot Т}{100 \cdot 12} \quad (6.2)$$

де, А_{кр} – відрахування на капітальний ремонт, грн.

БВ – балансова вартість устаткування, грн.;

Н – річна норма відрахувань на капітальний ремонт, %;

Т – тривалість проведення дослідження на даному устаткуванні, місяців;

12 – кількість місяців у році.

$$A_{кр} = \frac{25000 \cdot 10 \cdot 12}{100 \cdot 12} = 2500 \text{ грн}$$

Відрахування на поточний ремонт:

$$A_{пр} = \frac{БВ \cdot Н \cdot Т}{100 \cdot 12} \quad (6.3)$$

де, $A_{пр}$ – відрахування на поточний ремонт, грн.

БВ – балансова вартість устаткування, грн.;

Н – річна норма відрахувань на поточний ремонт, %;

Т – тривалість проведення дослідження на даному устаткуванні, місяців;

12 – кількість місяців у році.

$$A_{пр} = \frac{25000 \cdot 7 \cdot 12}{100 \cdot 12} = 1750 \text{ грн}$$

Вартість оборотних фондів, що включає витратні матеріал (папір, катридж, тощо) становить 3000 грн.

Затрати на електроенергію визначаємо за формулою:

$$E = П \cdot Т \cdot Ц \quad (6.4)$$

де, П – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

Т – час роботи на установці;

Ц – тариф за електроенергію (за 1 кВт), 8,25 грн/ кВт [31]

$$E = 2 \cdot 8 \cdot 8,25 = 132 \text{ грн / доба}$$

За 200 робочих днів – $E = 26400 \text{ грн}$

Розрахувавши всі витрати на виконання НДР, розраховуємо витрату на заробітну плату працівникам. Кількість працівників над даним проектом передбачається 3 чоловіки, з котрих 1 керівник та 2 дослідники. Заробітна плата працівників розраховується в табличній формі (табл. 6.2).

Таблиця 6.2 – Нарахування заробітної плати працівникам

Посада	Кількість працівників, чол.	Місячна заробітна плата, грн	Денна заробітна плата, грн	Кількість відпрацьованих днів протягом дослідження, днів	Сума, грн
Керівник	1	25000	1250	100	125000
Дослідник	2	20000	1000	200	200000
Разом	3				325000
Нарахування на ФОП (20 %)					65000
Військовий збір (5%)					16250
Всього					406250

Отже, загальні витрати на заробітну плату в період проведення НДР становлять 406250 грн.

Наступним кроком буде провести розрахунок всіх витрат на проведення науково-дослідної роботи (табл. 6.3)

Таблиця 6.3 – Загальні витрати на проведення НДР

Витрати	Сума, грн
Амортизаційні відрахування на повне відновлення основних фондів	5100
Витрати на капітальний ремонт	2500
Витрати на поточний ремонт	1750
Витрати на оборотні фонди	3000
Електроенергія	26400
Заробітна плата	325000
Нарахування на заробітну плату	65000
Всього	428750

Розрахувавши загальні витрати, проводимо розрахунок кошторисної вартості НДР в грн за формулою:

$$\text{Ц} = \text{С} + \frac{\text{Р} \cdot \text{С}}{100} \quad (6.5)$$

де, Ц – ціна дослідження, грн.;

С – витрати на дослідження, грн.;

Р – нормативна рентабельність (10-30%);

$$\text{Ц} = 428750 + \frac{20 \cdot 428750}{100} = 514500 \text{ грн.}$$

ВИСНОВКИ

У межах цієї роботи здійснено загальний аналіз природно-географічних умов Дніпропетровської області як об'єкта дослідження. Зокрема, розглянуто основні характеристики рельєфу, клімату та інших чинників, що безпосередньо впливають на агровиробничі процеси. Представлені відомості дозволили сформулювати уявлення про регіональні особливості природного середовища, що є важливим етапом у подальшій оцінці вологозабезпеченості сільськогосподарських угідь і моделюванні процесів з використанням ГІС-технологій.

У ході виконання дослідження було використано комплексний підхід до оцінки вологозабезпечення території. Зокрема, за основу взято супутникові дані порталу Copernicus – показники індексу ґрунтової вологи (SWI), що надали змогу просторово охарактеризувати стан зволоження.

Візуалізація й обробка просторової інформації виконувалася за допомогою програмного забезпечення QGIS, що забезпечило точну географічну прив'язку та аналітичне опрацювання результатів.

Удосконалена методика калібрування даних ДЗЗ по індексу ґрунтової вологи (SWI): встановлені коефіцієнти апроксимації калібрувочної моделі (ф-ла (4.1) та (4.2)) для оцінки запасів вологи під посівами озимої пшениці в умовах Дніпропетровської області, а саме за даними МС Губиниха, Чаплине та Комісарівка; оцінена тіснота зв'язку розрахованих за калібрувочною моделлю запасів вологи в метровому шарі ґрунту з виміряними термостатно-ваговим способом на вказаних метеостанціях. Коефіцієнт кореляції такого зв'язку склав 0,78-0,81.

Проведена оцінка вологозабезпеченості пшениці озимої за розробленою методикою калібрування даних ДЗЗ за весну 2025 р.

Перевага запропонованої методики полягає в її високій оперативності та актуальності результатів. Завдяки безперервному оновленню супутникової

інформації та наявності заздалегідь відкаліброваної моделі, можливо практично в режимі "вчорашнього дня" отримувати достовірні дані про рівень вологозабезпечення аграрних земель. Це значно скорочує час на обробку даних порівняно з традиційними польовими методами, які потребують тривалих вимірювань, транспортування проб та лабораторної обробки. Таким чином, методика дозволяє своєчасно реагувати на зміни у вологості ґрунту, що є особливо цінним для агромоніторингу в періоди активної вегетації культур.

Результати досліджень неодноразово представлені на наукових конференціях (додатки А та Б).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. QGIS. *Вікіпедія* : веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/QGIS> (дата звернення: 12.05.2025).
2. Агрокліматичний довідник по Дніпропетровській області (1986–2005 рр.) / за ред. О.Т. Прохоренко, Т.І. Адаменко. Дніпропетровськ: Дніпропетровський регіональний ЦГМ, 2011. – 231 с.
3. Атлас почв Украинской ССР / Под ред. Н.К. Крупской, Н.И. Полупан и др. Киев: Урожай, 1979. – 160 с.
4. Горб А. С. Клімат Дніпропетровської області. Моногр. Д. : Вид-во ДНУ, 2006. – 204 с.
5. Головне управління статистики у Дніпропетровській області. *Сільське господарство* : веб-сайт. URL: <http://www.dneprstat.gov.ua/statinfo/sg/>
6. Коваленко В.В. Аналіз та розрахунків забезпеченості ґрунтовою вологою пшениці озимий у умовах Дніпропетровської області : дис. к. с.-г.н. : 06.01.02 / Херсон. аграрн. ун-т. Херсон, 2000. 178с.
7. FreeMap. Карти України онлайн : веб-сайт. URL: <https://freemap.com.ua/karty-ukrainy/karty-genshtaba> (дата звернення: 26.05.2025).
8. Географічна енциклопедія України: В 3-х т. / Ред-кол.: ... О. М. Маринич (відповід. ред.) та інш. Київ: "Українська радянська енциклопедія" ім. М. П. Бажана, 1990. Том 2: 3–О.– 480 с.
9. Екологічний паспорт Дніпропетровської області за 2023 рік. *Дніпро: Департамент екології та природних ресурсів Дніпропетровської ОДА*, 2024. – 316 с.
10. Агробізнес сьогодні. Всеукраїнський науково-виробничий журнал : веб-сайт. URL: <http://www.4sg.com.ua/> (дата звернення: 26.05.2025).

11. HydroShare Data Rods Explorer. *HydroShare* : веб-сайт. URL:
https://apps.hydroshare.org/apps/data-rods-explorer/?model=GLDAS21&variable=Evap_tavg&plotTime=2024-04-29T00&lon=34.7494&lat=48.9085&endDate=2024-04-29T23&startDate=2022-04-21T00
12. Кучер В.Я., Хомяков В.Н. Существующие и перспективные методы и средства измерения влажности почвы. Тр. ИЭМ. 1978. Вып. 10. С. 3–14.
13. Хомяков В. Н. Радиометрические методы измерения влажности почвы. М.: Агропромиздат, 1985. – 198 с.
14. Інструкція щодо тензіометра. *Вікіпедія* : веб-сайт. URL:
<https://uk.wikipedia.org/wiki/Тензіометр>
15. Кутузова С. Н., Федоров Е. А. Методы мониторинга состояния почв и растений. Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 240 с.
16. Литовченко А.Ф. Агрогидрометеорологический метод расчета влажности почвы и водосберегающих режимов увлажнения орошаемых культур в Степи и Лесостепи Украины: монография. Днепропетровск: Изд-во. Свидлер А.Л., 2011. – 244 с..
17. Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування : навч. посіб. / С. О. Довгий, В. І. Лялько, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма, О. В. Томченко, Л. Я. Юрків. К. : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. — 316 с.
18. Copernicus Global Land Service. Soil Water Index (SWI). *Product User Manual. Version 1, 2022* : веб-сайт. URL:
<https://land.copernicus.eu/en/technical-library/product-user-manual-soil-water-index-version-1/@@download/file>
19. Іванов В. В., Козленко О. О. Основи дистанційного зондування Землі : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2019. – 268 с.
20. Copernicus Land Monitoring Service. Soil Moisture. Product overview : веб-сайт. URL: <https://land.copernicus.eu/en/products/soil-moisture>

21. Copernicus Land Monitoring Service. *Daily Soil Water Index. Europe, v1.0, 1 km* : веб-сайт. URL: <https://land.copernicus.eu/en/products/soil-moisture/daily-soil-water-index-europe-v1-0-1km>
22. Bauer-Marschallinger, B., Paulik, C., Hochstöger, S., Mistelbauer, T., Modanesi, S., Ciabatta, L., Massari, C., Brocca, L. & Wagner, W. *Soil moisture from fusion of scatterometer and SAR: Closing the scale gap with temporal filtering. Remote Sensing*. 2018. URL: <https://doi.org/10.3390/rs10071030>
23. Коваленко В.В., Довганенко Д.О., Білоброва А.С. Методологічні підходи до створення ГІС режиму ґрунтової вологи на основі агрогідрометеорологічного методу. *Вісник ДДАЕУ: зб. наук. праць. Дніпропетровськ: РВВ ДДАЕУ, 2016. №3(41). С. 49-54.* URL: <http://ojs.dsau.dp.ua/index.php/vestnik/article/view/767/739>.
24. Коваленко В.В., Хмельниченко Н.В., Шинкаренко І.Ю., Запорожченко В.Ю. Про необхідність калібровки даних ДЗЗ для оцінки вологозабезпеченості сільськогосподарських культур. *Гідротехнічне будівництво: минуле, сьогодення, майбутнє: зб. наук. пр.: Вип. 6. Херсон: ХДАЕУ, 2023 С.83-85.* URL: http://www.ksau.kherson.ua/files/konferencii/2023/11/VI_gidro.pdf
25. Коваленко В.В., Хмельниченко Н.В., Деркач М.В. Просторове моделювання режиму ґрунтової вологи за даними ДЗЗ. *Матеріали регіональної науково-практичної конференції (22 березня 2024 р.). До Всесвітнього дня води. Дніпро: ДДАЕУ, 2024. С.49,50.*
26. Коваленко В.В., Хмельниченко Н.В., Довга М.Ю., Деркач М.В. Результати калібровки даних дзз для оцінки вологозабезпеченості озимої пшениці в умовах дніпропетровської області. *Гідротехнічне будівництво: минуле, сьогодення, майбутнє: зб. наук. пр.: Вип. 6. – Херсон: ХДАЕУ, 2023. С.95-97.* URL: http://www.ksau.kherson.ua/files/konferencii/2023/11/VI_gidro.pdf

27. Коваленко В.В., Гапіч Г.В., Доценко В.І., Хмельниченко Н.В.
Природооблаштування басейнових геосистем на землях, що зазнали
лиха війни / Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі
гідротехнічного будівництва та водної інженерії: зб. Наук. пр. вип. 6.
Кропивницький. Херсон: ХДАЕУ, 2024. С. 58-62.
URL:https://www.ksau.kherson.ua/files/konferencii/2024/06/mater_04_06_24.pdf.
28. Хмельниченко Н.В., Коваленко В.В. Калібровка даних дистанційного
зондування Землі для оцінки запасів вологи в ґрунті. *Всеукраїнська
наук.-практ. конф. здобувачів в.о. та молодих вчених «Вода. Земля.
Енергетика»*, 15 травня 2025 р. Рівне: НУВГП, 2025. С.49-50
29. Охорона праці при роботі з комп'ютером. *Pro-ОП* : веб-сайт. URL:
<https://pro-op.com.ua/article/183-ohoron-prats-pri-robot-z-kompyuterom>
30. Методичні рекомендації до написання економічної частини дипломних
проектів студентами денної та заочної форм навчання за спеціальністю
7(8).06010301. «Гідромеліорація» ОКР. спеціаліст, магістр /
Дніпропетровський державний аграрний університет. –
Дніпропетровськ, 2013. - 80 с.
31. Тарифи на електроенергію для промисловості. *Index.minfin.com.ua* :
веб-сайт. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/prom/> (дата
звернення: 13.06.2025).
32. Інструкція з охорони праці при роботі з комп'ютером. *Osvita Docs* :
веб-сайт. URL: <https://osvita-docs.com/node/41>
33. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. *Дії населення в
умовах надзвичайних ситуацій воєнного характеру* : веб-сайт. URL:
<https://dsns.gov.ua/abetka-bezpeki/diyi-naselennya-v-umovax-nadzvicainix-situacii-vojennoho-harakteru>
34. Хомяков В.Н. Объективная оценка состояния агроценоза:
агрометеорологический аспект. СПб.: Гидрометеиздат, 1989. -174 с.

35. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Абетка безпеки: веб-сайт. URL: <https://dsns.gov.ua/abetka-bezpeki/diyi-u-nadzvicainix-situaciyah>

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ
ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

МАТЕРІАЛИ

Регіональної науково-практичної конференції
«Вода для миру»



присвяченої Всесвітньому
дню водних ресурсів

Дніпро

22 березня 2024р.

Продовження додатку А1

Ігнатова В.В., Гапіч Г.В., РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ У ГІРНИЧОДОБУВНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ.....	42
Карась О.Г. ВОДНІ РЕСУРСИ ЯК ОСНОВА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОГО РОЗВИТКУ КРАЇНИ	44
Кацевич В.В. ВПЛИВ БОЙОВИХ ДІЙ НА СТАН ВОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ.....	45
Коваленко В.В., Свтушенко П.С., Кобець Д.М. ВИКОРИСТАННЯ ЦМР ДЛЯ ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРЕДПРОЕКТНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ	47
Коваленко В.В., Хмельниченко Н.В., Деркач М.В. ПРОСТОРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМУ ҐРУНТОВОЇ ВОЛОГИ ЗА ДАНИМИ ДЗЗ	49
Коваленко С.С., Волкова В.Є. ЗНАЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ТА КОРИСТЬ СВЕРДЛОВИН (БЮВЕТІВ) У СУЧАСНОМУ СВІТІ ОСОБЛИВО ПІД ЧАС ВОЄННИХ ДІЙ.....	51
Коломієць С.С., Сардак А.С. ЕВОЛЮЦІЯ ГЕОМЕМБРАННИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЕДОСФЕРИ УКРАЇНИ ПІД ДІЄЮ ГЛОБАЛЬНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН.....	54
Кострюков В.Е., Божко К.М. ВОЄННІ КОНФЛІКТИ ЯК ЗАГРОЗА ВОДНИМ РЕСУРСАМ: ЕКОЛОГІЧНІ ВИКЛИКИ ТА НЕОБХІДНІСТЬ МІЖНАРОДНОГО СПІВРОБІТНИЦТВА	56
Кравченко В.І. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РЕКОНСТРУКЦІЇ КОМУНАЛЬНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД МІСТА КРОПИВНИЦЬКИЙ	58
Кузьміна Л.І., Гапіч Г.В. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПІДГОТОВКИ ПИТНОЇ ВОДИ НА АУЛЬСЬКОМУ ВОДОЗАБОРІ.....	60
Ладичук Д.О., Федорченко О.О. КОРЕКЦІЯ РЕЖИМІВ ЗРОШЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В ХЕРСОНСЬКІЙ ОБЛАСТІ ПРИ РЕГІОНАЛЬНИХ ЗМІНАХ КЛІМАТУ	62
Мартинов В.В., Макарова Т.К. НЕОБХІДНІСТЬ ВІДНОВЛЕННЯ ЗРОШУВАНОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА.....	64
Матяж О.Ю. МОРФОМЕТРИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕРИТРОЦИТІВ СОМА ЗВИЧАЙНОГО КАМ'ЯНСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА	66
Назаренко О.М., Березовська А.О., Залєвський В.І., Клітний О.Г. ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНЕ ГОСПОДАРСТВО	68
Назаренко О.М., Березовська А.О., Клітний О.Г., Залєвський В.І. СТРАТЕГІЯ ЖИВЛЕННЯ ВОДНОГО РЕЖИМУ БАСЕЙНУ ІНТЕГРАЛЬНИМ МЕТОДОМ. 70	
Назаренко О.М., Белоусова П.В. ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ВОДИ В УМОВАХ ДЕФІЦИТУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ.....	72
Непошивайленко Н.О., Кремінь В.А., Овчаров В.О., Поломаний Г.С. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ШЛАМОНАКОПИЧУВАЧА ВИСОКОМІНЕРАЛІЗОВАНИХ СТІЧНИХ ВОД БАЛКИ ЯСИНОВА (М. КАМ'ЯНСЬКЕ).....	74
Никифоров В.В., Вісич Р.М. ПРО РЕЗУЛЬТАТИ ДІДЖИТАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ ЕКОЛОГІЧНОГО ПАСПОРТУ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ	76

УДК 631.432 : 528.83

ПРОСТОРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМУ ҐРУНТОВОЇ ВОЛОГИ ЗА ДАНИМИ ДЗЗ

Коваленко В.В., к.с.-г.н., доцент

Хмельниченко Н.В., Деркач М.В., студентки

Дніпровський державний аграрно-економічний університет,

e-mail: kovalenko.v.v@dsau.dp.ua

Потужний ресурс нещодавно з'явився на Web-порталі Copernicus Global Land Service (<https://land.copernicus.vgt.vito.be/PDF/portal/Application.html#Home>) для практично он-лайн оцінки складових енергетичного стану навколишнього середовища і зокрема зволоженості верхнього (кореневмісного) шару ґрунту, представленими колекціями індексу ґрунтової вологи SWI (Soil Water Index) та вологості поверхневого шару ґрунту SSM (Surface Soil Moisture).

Зокрема колекція SWI включає: щоденні дані SWI з дискретністю пікселя 1 км для Європи (Daily SWI 1km Europe V1), глобальні щоденні дані SWI з дискретністю пікселя 12,5 км для всього світу (Daily SWI 12.5km Global V3), 10-денні дані SWI з дискретністю пікселя 12,5 км для всього світу (10-daily SWI 12.5km Global V3). Ці дані з'являються на порталі Copernicus у вільному доступі буквально за вчора.

З огляду оцінки запасів вологи під посівами сільськогосподарських культур, на наш погляд, найбільший інтерес представляє Daily SWI 1km Europe V1 (рис.1-приклад).

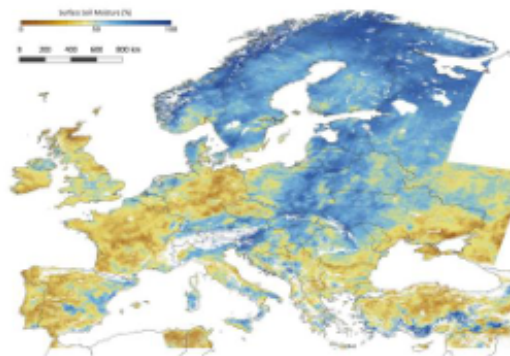


Рисунок 1 – Зображення набору даних SWI1km від 26.08.2018. Сині кольори представляють умови вологого ґрунту, а коричневі кольори — сухі умови

Алгоритм SWI використовує модель проникнення, що описує зв'язок між поверхневою вологістю ґрунту та профільною вологістю ґрунту як функція часу. Алгоритм заснований на двошаровій моделі водного балансу для оцінки профільної вологості ґрунту з SSM, отриманих із даних скаттерометра (датчика супутника). Значення SWI представлені в % об'ємної вологи ($\text{м}^3/\text{м}^3$) для встановлених функцій часу T .

Значення SWI розраховані для восьми T -значень (2, 5, 10, 15, 20, 40, 60, 100), що представляє собою часову функцію процесу інфільтрації.

Залежно від типу ґрунту T -значення відображає рівень зволоженості на різних глибинах ґрунту H .

Як стверджують автори розробки (Bernhard Bauer-Marschallinger та інш., 2023) немає чіткої залежності між T -значенням та глибиною ґрунтового профілю H , якій воно відповідає. Тому головним завданням для вирішення задачі по оцінці вологозабезпеченості с.-г. культури є знаходження оптимальної відповідності T та H , яка, очевидно, найбільше залежить від водно-фізичних властивостей кореневмісного шару ґрунту (в дослідженнях прийнятий 1 м) та ступеня зволоженості його, що визначає водопровідні властивості ґрунту.

На даному етапі досліджень проведена перевірка однозначного лінійного зв'язку T та H за використання вагової змінної a , тобто запаси води в метровому шарі ґрунту за даними SWI визначені за рівнянням суми $W_{SWI} = \sum(a_{Ti} * SWI_{Ti})$, де SWI_{Ti} – величина об'ємної вологості для i -го значення T , a_{Ti} – відповідна вагова змінна, що фізично представляє собою потужність (м) i -го прошарку ґрунту. Так для рівня $T=2$ прийнятий верхній шар потужністю 3 см, для $T=5$ – наступний, потужністю 4 см, для $T=100$ прийнятий прошарок ґрунту на глибині 70-100 см.

Для оцінки вологозабезпеченості сільськогосподарських культур оцінювали тісноту зв'язку значень W_{SWI} з виміряними на метеостанції запасами води під посівами озимої пшениці W_{oz} за даними метеостанцій Дніпропетровської області. Коефіцієнт кореляції лінійного зв'язку між вказаними змінними склав $R=0,68 \pm 0,73$, (на рис.2, б – зв'язок W_{SWI} з W_{oz} за даними МС Комісарівка за період 2015-2020 рр.).

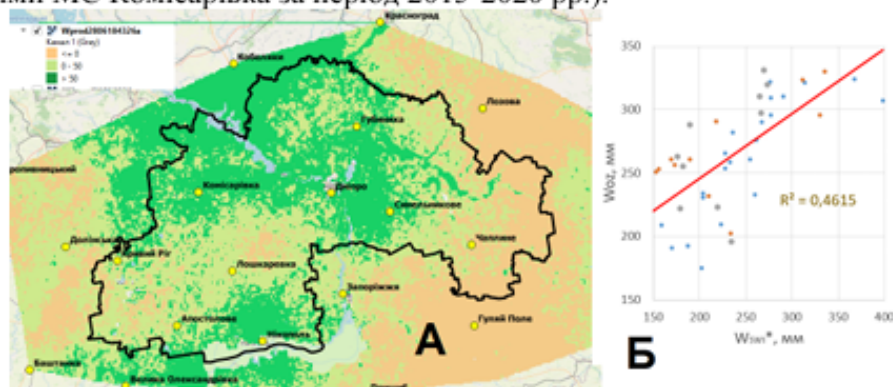


Рисунок 2 - Просторове моделювання режиму ґрунтової продуктивної води під посівами озимої пшениці в метровому шарі ґрунту на дату 28.06.2018 р. для території Дніпропетровської області

На рис.2,а показаний «сирий» прототип просторового моделювання режиму ґрунтової води – ГІС режиму ґрунтової води під посівами озимої пшениці на дату 28.06.2018 р. для умов Дніпропетровської області в запасах продуктивної води в метровому шарі ґрунту. Модель реалізована в QGIS методом *overlay* шляхом створення растрових матриць водно-фізичних констант та матриці кореляційного лінійного зв'язку W_{SWI} з W_{oz} . Вхідним файлом, зрозуміло, стала матриця щоденних даних SWI з дискретністю пікселя 1 км для Європи (Daily SWI 1km Europe V1).

ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

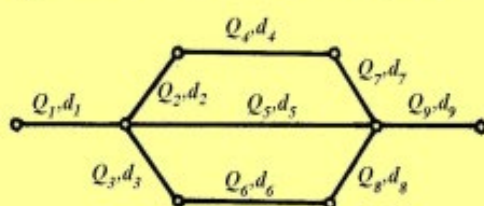


«ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО: МИНУЛЕ, СЬОГОДЕННЯ, МАЙБУТНЄ»

Збірка наукових праць



$$Q = S\omega = SC\sqrt{RJ}$$



Херсон, 2023

Калиняк А.Р., Волошин М.М. ВПЛИВ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ.....	56
Кравченко В.І., Серова А.С. СПОСОБИ БЕЗТРАНШЕЙНОЇ ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДІВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	58
Ладичук Д.О., Сушко О.О. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ В УМОВАХ ТЕПЛИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА.....	62
Кравченко В.І., Коваль Г.Ю. ШЛЯХ ДО ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НЕЗАЛЕЖНОСТІ СПОРУД ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД.....	64
Ладичук Д.О., Безпалый Б.П. ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ЗРОШЕННЯ НА ЛЕГКИХ ҐРУНТАХ ОЛЕШКІВСЬКОГО РАЙОНУ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	67
Кравченко В.І. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ОЧИСНИХ СПОРУД МІСТА КРОПИВНИЦЬКИЙ.....	68
Рагулін С.В. ОПТИМІЗАЦІЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	71
Шапоринська Н.М. ДРУГЕ ЖИТТЯ ВОДИ.....	73
Кравченко В.І., Стецюк О.Р. МЕТОДИ ВИДАЛЕННЯ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ З МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД.....	75
Чеканович М.Г., Зубко Є.В. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК.....	78
Коваленко В.В., Хмельниченко Н.В., Шинкаренко І.Ю., Запорожченко В.Ю. ПРО НЕОБХІДНІСТЬ КАЛІБРОКИ ДАНИХ ДЗЗ ДЛЯ ОЦІНКИ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР....	84
Желуденко К.В. ЗАСТОСУВАННЯ ГВИНТОВИХ ПАЛЬ У ГІДРОТЕХНІЧНОМУ БУДІВНИЦТВІ.....	85
Ігнатова В.В., Макарова Т.К. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ ШАХТИ «САМАРСЬКА» ДП ДХК «ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ» НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ.....	88
Кривошеєва Ю.М. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМИ ПЕРЕКАЧУВАННЯ ПУЛЬПИ У ХВОСТОСХОВИЩЕ НА ВІЛЬНОГІРСЬКОМУ ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНОМУ КОМБІНАТІ.....	92
Коваленко В.В., Хмельниченко Н.В., Довга М.Ю., Деркач М.В. РЕЗУЛЬТАТИ КАЛІБРОКИ ДАНИХ ДЗЗ ДЛЯ ОЦІНКИ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В УМОВАХ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	95

електроенергії шляхом вибору сучасних насосів та ефективних режимів роботи їх на пульпопроводи з метою оптимізації виробничих витрат.

Список використаної літератури:

1. Бондаренко Р.М., Коваль І.Г. Визнання світом/ДОЧІРНЕ ПІДПРИЄМСТВО державної акціонерної компанії "Українські поліметали" Вільногірський державний гірничо-металургійний комбінат. Видавництво ТОВ РА "Тандем-У", м. Запоріжжя, 2001. 192 с.
2. Білецький В.С., Олійник Т.А., Смирнов В.О., Скляр Л.В. Техніка та технологія збагачення корисних копалин. Кривий Ріг: КНУ, 2019. 232 с.

УДК 631.432:528.8

Коваленко В.В., Хмельниченко Н.В., Довга М.Ю., Деркач М.В.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро

РЕЗУЛЬТАТИ КАЛІБРОВКИ ДАНИХ ДЗЗ ДЛЯ ОЦІНКИ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В УМОВАХ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вступ. Оцінка вологозабезпеченості посівів сільськогосподарських культур за використання наземних даних NASA, як інтерпретація даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), що представлені моделями основних компонент кругообігу води на суші, можлива за умови їх калібровки для усунення систематичних похибок, що відображують особливості водоспоживання конкретної культури. В роботі представлені результати калібровки даних асиміляції NASA запозичених з веб-клієнтської програми Data Rods Explorer (URL: <https://apps.hydroshare.org/apps/data-rods-explorer/>).

В якості вихідних даних, з низки моделей та змінних кругообігу води виділена модель GLDAS-2.1 та змінна вологості ґрунту в кореновому шарі ґрунту $W_{\text{кор-гид}}$ (кг/м²). Ця модель дозволяє формувати часовий ряд змінної по точці на місцевості. За такі точки прийняті місця розташування метеостанцій у Дніпропетровській області: Комісарівка, Лошкарівка, Губиниха та Синельникове.

Основна частина. Для калібровки даних ДЗЗ ($W_{\text{кор-гид}}$) використані розраховані за агрометеорологічним методом (АГММРВ), щоденні значення запасів води в метровому шарі ґрунту (W_{100}) під посівами озимої пшениці за період 2005-2015 (2022 - Губиниха) рр. Зв'язок «відкаліброваних» вологозапасів ($W_{100\text{калібр}}$) між вказаними змінними апроксимований поліноміальною кривою $W_{100\text{калібр}} = a W_{\text{кор-гид}}^3 + b W_{\text{кор-гид}}^2 + c W_{\text{кор-гид}} + d$, де a , b , c та d – емпіричні параметри визначені для кожної прийнятої точки на місцевості.

Калібровка усуває систематичну похибку невідповідності глобальних моделей формування запасів води, враховуючи особливості

водоспоживання сільськогосподарської культури. На рисунку 1, як приклад, показаний часовий ряд розглянутих змінних за даними МС Лошкарівка (2009-2014 рр.). Калібровочна крива 2 приведена до значень запасів вологи (мм) в метровому шарі ґрунту. Її режим відображує характерну зміну запасів вологи протягом року: від значень 0,9-1,1 НВ (найменшої вологоємності) до значень близьких до ВЗ (вологості в'янення).



Рис. 1 Режим запасів вологи за даними МС Лошкарівка:
1 – модель GLDAS-2.1, змінна $W_{кор-гуд}$, 2 – відкалібровані $W_{100калібр}$,
3 – розраховані W_{100} за АГММРВ.

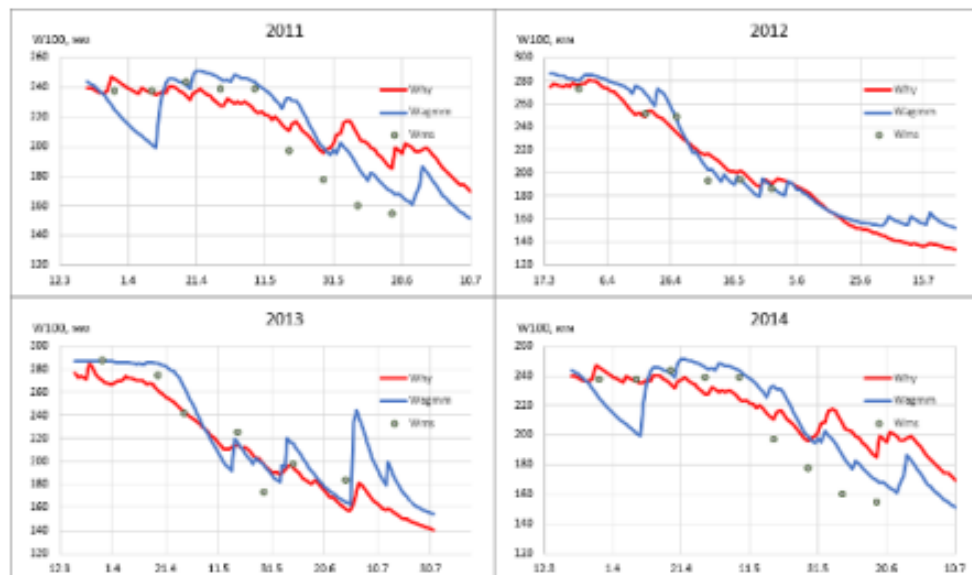


Рис. 2 Режим запасів вологи за даними МС Лошкарівка (2011-2014 рр):
Why – дані ДЗЗ; Wagmm – розраховані АГММРВ; Wms виміряні на МС

За апроксимованою калібровочною кривою 3-го порядку сформовані розрахункові ряди запасів води, проведена статистична оцінка зв'язку виміряних на метеостанції запасів води з «каліброваним» рядом ($W_{mc} - W_{100\text{калібр}}$) та оцінка вологозабезпеченості посівів за вегетаційний період озимої пшениці в окремі роки (рис.2). Коефіцієнти кореляції для рядів вказаних 4-х метеостанцій склали $r=0,65-0,83$. Аналіз кореляційного зв'язку вказує на наявність ексцесу, що потребує уточнення факторів, які могли б покращити результати калібровки.

Висновок. Представлені результати калібровки даних ДЗЗ (модель GLDAS-2.1, змінна $W_{кор-гуд}$) розрахунковим методом (АГММРВ) для оцінки вологозабезпеченості озимої пшениці в умовах Дніпропетровської області можуть бути використані для створення продукту просторово-часового режиму ґрунтової води в режимі он-лайн, як альтернатива прямих вимірювань води на мережі метеостанцій Гідромету України.

6. Стельмах Р.Р. Дослідження деформативності залізобетонних балок підсиленних композитними матеріалами, Тернопіль 2023. – 60 с.
7. Онуфриев Н.М. Усиление железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений. Ленинград, 1965. 342 с.
8. Chekanovych, M., Chekanovych, O. Smart reinforced concrete structures / Keep Concrete Attractive - Proceedings of the fib Symposium 2005, 2005, 2, C. 1009–1014
(<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=AuthorProfile&authorId=57192938389&zone=#:~:text=Smart%20reinforced%20concrete,%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8B%201009%E2%80%931014>).

УДК 631.432:528.8

**Коваленко В.В., Хмельниченко Н.В.,
Шинкаренко І.Ю., Запорожченко В.Ю.**

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро

ПРО НЕОБХІДНІСТЬ КАЛІБРОКИ ДАНИХ ДЗЗ ДЛЯ ОЦІНКИ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Вступ. Можливості дослідження вологозабезпеченості сільськогосподарських культур засобами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) сьогодні практично безмежні. Низка таких моделей, що описують основні компоненти кругообігу води на суші (погодні характеристики, вологість ґрунту, ґрунтові води, стік і випаровування, інші) представлена глобальною системою асиміляції наземних даних NASA. Зокрема веб-клієнтська програма Data Rods Explorer, яка дозволяє користувачам переглядати кілька наборів глобальних даних, представлених растровими моделями з дискретністю пікселя 1 км і більше (<https://github.com/CUAHSI-APPS/datarodsexplorer/blob/master/docs/DREUserGuide.md>).

Проте для характеристики вологозабезпеченості конкретного поля з конкретною сільськогосподарською культурою, як показали наші дослідження, необхідна коректировка цих даних – калібровка.

Основна частина. Для калібровки даних ДЗЗ використаний агрометеорологічний метод розрахунку вологозапасів (АГММРВ), який розроблено в ДДАЕУ (Литовченко, 2011) та удосконалено (Коваленко, 2015, 2016). Для цього, в рамках роботи студентського наукового гуртка на кафедрі водогосподарської інженерії, сформовані ряди розрахункові ряди щоденних запасів вологи $W_{100\text{агмрв}}$ (мм) під посівами озимої пшениці (АГММРВ) за період 2005-2015 рр. для умов окремих метеостанцій Дніпропетровської області та відповідні їм моделі земної поверхні (LSM) за

84

змінною вологості ґрунту в різних за потужністю та глибиною шарах W_{hyd} (кг/м³) (Data Rods Explorer, модель - GLDAS-2.1 – URL: <https://apps.hydroshare.org/apps/data-rods-explorer/>).

Калібровку провели для умов Дніпропетровської області. Використані розрахункові значення запасів вологи за даними метеостанцій Комісарівка, Лошкарівка, Губиниха та Синельникове.

Зв'язок між вказаними змінними для всіх розглянутих баз даних (метеостанцій) графічно найкраще описує поліноміальна крива третього порядку (рис.1)

$$Y = aX^3 + bX^2 + cX + d, \quad (1)$$

де

Y – значення запасів вологи в метровому шарі ґрунту $W_{100\text{калібр}}$ (мм) під посівами озимої пшениці, як результат калібровки даних ДЗЗ;

X – значення змінної вологості ґрунту в кореневмісному шарі W_{hyd} (кг/м³), модель GLDAS-2.1;

a, b, c , та d – емпіричні параметри формули (1).

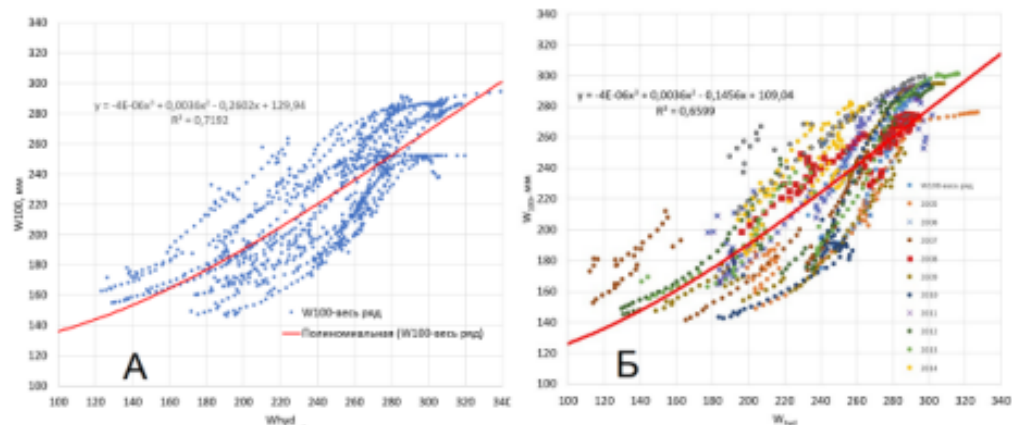


Рис. 1 Зв'язок даних ДЗЗ з розрахованими запасами вологи:
А – МС Лошкарівка, Б – МС Комісарівка.

Значення емпіричних параметрів калібровочного рівняння (1) наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Метеостанція	Параметри калібровочного рівняння (1)			
	Параметри формули (1)			
	a	b	c	d
Комісарівка	-0,000004	0,0036	-0,1456	109
Лошкарівка	-0,000004	0,0036	-0,2602	130
Губиниха	-0,000004	0,0036	-0,296	132
Синельникове	-0,000006	0,0058	-0,719	156

Перевірка тісноти зв'язку відкаліброваних за даними ДЗЗ запасів води ($W_{100\text{калібр}}$) з безпосередньо виміряними на метеостанціях ($W_{100\text{мс}}$) (рис.2) підтверджує можливість використання їх для оцінки вологозабезпеченості посівів сільськогосподарських культур за обов'язкової калібровки.

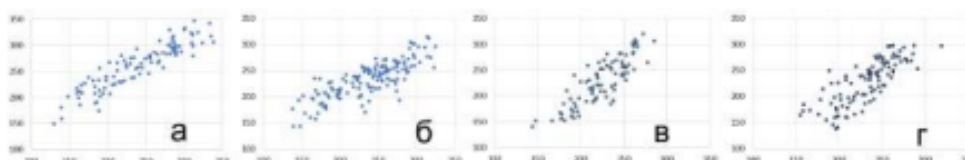


Рис. 2 Зв'язок відкаліброваних запасів води ($W_{100\text{калібр}}$) з виміряними на метеостанціях ($W_{100\text{мс}}$), метровий шар ґрунту, мм загальної води:
а – Синельникове, б – Губиниха, в – Комісарівка, г – Лошкарівка,

Висновок. Оцінка вологозабезпеченості посівів конкретної сільськогосподарської культури (в роботі – озима пшениця) за використання моделей ДЗЗ, що описують основні компоненти кругообігу води на суші, потребує обов'язкової калібровки для усунення систематичних похибок, що відображують особливість водоспоживання конкретної культури.

УДК 624.154

Желуденко К.В.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

ЗАСТОСУВАННЯ ГВИНТОВИХ ПАЛЬ У ГІДРОТЕХНІЧНОМУ БУДІВНИЦТВІ

Вступ. У гідротехнічному будівництві пальові фундаменти застосовують давно. На сьогодні технологія влаштування гвинтових паль і анкерів знаходить все більшого застосування у будівництві гідротехнічних споруд при зведенні фундаментів практично на всіх видах ґрунту, за винятком скелястої породи. Технологія їх влаштування має багато переваг у порівнянні з класичними способами влаштування фундаментів.

Основна частина. Концепція технології гвинтових паль виникла ще у XVIII-XIX ст. Вперше запропонував застосовувати палі з гвинтовим наконечником англійський інженер А. Мітчелл, який сконструював видову площадку на слабких ґрунтах з використанням довгих дерев'яних стояків. На кінцях несучих дерев'яних стояків було змонтовано лопасті, які в подальшому замінили на металеві і почали монтувати з труб. Лопасті дозволили відмовитися від занурення палі ударним способом, їх плавно загвинчували. Таке занурення паль було легшим і мало багато переваг.