

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології  
Кафедра водогосподарської інженерії

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри водогосподарської  
інженерії  
доцент \_\_\_\_\_ В.В.Коваленко  
«\_\_\_» грудня 2020 р.

**Пояснювальна записка**

до дипломної роботи  
ступінь вищої освіти «Магістр»

на тему **Інтеграція ГІС режиму ґрунтової вологи з даними  
дистанційного зондування Землі (на прикладі пшениці  
озимої)**

Виконала: студентка 2 курсу,  
групи МГГМ-1-18  
Спеціальність – 192 "Будівництво та  
цивільна інженерія"  
Освітня програма „Гідромеліорація”

Карпова А.В.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник : доц. Коваленко В.В.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Рецензент :

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

**Консультанти:**

з економіки водного господарства \_\_\_\_\_ доц. Самілик Т.М.;

з охорони праці \_\_\_\_\_ доц. Годяєв С.Г.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
Факультет водогосподарської інженерії та екології  
Кафедра водогосподарської інженерії  
ступінь вищої освіти «Магістр»  
Спеціальність – 192 "Будівництво та цивільна інженерія"  
Освітня програма „Гідромеліорація”

З А Т В Е Р Д Ж У Ю :  
Зав. кафедрою водогосподарської інженерії  
доц. \_\_\_\_\_ (В.В. Коваленко)  
23 листопада 2020 р.

## **З А В Д А Н Н Я**

на дипломну роботу студентіві  
Карповій Аліні Вадимівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

**Тема проекту: Інтеграція ГІС режиму ґрунтової вологи з даними дистанційного зондування Землі (на прикладі пшениці озимої)**

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

затверджена наказом по агроуніверситету від «23» листопада 2020 р. № 2699

1. Термін здачі студентом закінченого проекту : « 15 » грудня 2020 р.
2. Вихідні дані до роботи

Запаси вологи під пшеницею озимою в межах Дніпропетровської області за 2005-2019 рр. Інтернет джерела метеоданих (rp5.ua), (meteorpost.ua), та інтернет ресурс для завантаження цифрової моделі рельєфу (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), ДЗЗ eos (<https://eos.com/landviewer/>).

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити) Вступ; 1. Коротка характеристика природних умов району дослідження; 2. Опис ГІС режиму ґрунтової вологи пшениці озимої; 3. ДЗЗ опис; 4. ГІС моделювання режиму ґрунтової вологи і інтеграція з даними ДЗЗ; 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; 6. Економічне обґрунтування ефективності ГІС. Висновки.

4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Презентація в середовищі Power Point.

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить \_\_\_\_\_ сторінки, 15 таблиць, 37 рисунків. Список літератури складає 35 джерела інформації. Кількість додатків 1.

Ключові слова: геоінформаційні системи, дистанційне зондування Землі, ґрунтова волога, агрогідрометеорологічний метод розрахунку вологозапасів, ГІС режиму ґрунтової вологи.

Об'єктом дослідження є режим ґрунтової вологи пшениці озимої в умовах Дніпропетровської області.

Предметом дослідження є розробка ГІС режиму ґрунтової вологи під посівами пшениці озимої для умов Дніпропетровської області та її інтеграція з відкритими даними дистанційного зондування Землі.

Метою роботи є адаптація розробленої, на основі агрогідрометеорологічного методу розрахунку вологозапасів, ГІС режиму ґрунтової вологи до відкритих даних дистанційного зондування Землі

Вихідними даними в роботі виступає удосконалена агрогідрометеорологічна модель розрахунку ґрунтової вологи (АГММРВ).

Допоміжне програмне забезпечення: Microsoft Word, Microsoft Excel, QGIS.

Область застосування: режим ґрунтової вологи може бути реалізованим у вигляді програмного продукту в рамках геоінформаційної системи QGIS, що дозволить автоматизувати процес одержання онлайн карт запасів вологи під посівами основних сільськогосподарських культур.

Розроблено ГІС режим ґрунтової вологи під посівом озимої пшениці для умов Дніпропетровської області, який дозволяє отримувати просторово-часове розподілення вологи в метровому шарі на кожен день.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
<b>1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ УМОВ РАЙОНУ .....</b>	<b>8</b>
<b>ДОСЛІДЖЕННЯ .....</b>	<b>8</b>
1.1 Природні умови Дніпропетровщини .....	8
1.2 Кліматичні умови.....	9
1.3 Ґрунти і їх агрогідрологічні властивості .....	13
1.4 Сільськогосподарське використання земель.....	17
<b>2 ОПИС ГІС РЕЖИМУ ҐРУНТОВОЇ ВОЛОГИ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ .....</b>	<b>18</b>
2.1 Удосконалена модель агрогідрометеорологічного методу розрахунку запасів ґрунтової вологи.....	18
2.2 База даних .....	21
2.3 Технологія розробки ГІС режиму ґрунтової вологи .....	23
<b>3 ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ (ДЗЗ) ОПИС.....</b>	<b>27</b>
3.1 Ресурс EOS.....	29
3.2 Вегетаційні індекси.....	37
3.3 Технологія розрахунку вегетаційних індексів в QGIS.....	41
<b>4 ГІС МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМУ ГВ І ІНТЕГРАЦІЯ З ДАНИМИ ДЗЗ.</b>	<b>49</b>
4.1 База даних по запасам вологи на тестових полях.....	49
4.2 Інтеграція з даними дистанційного зондування Землі до ГІС моделювання режиму ґрунтової вологи .....	53

4.3 Інтеграція ГІС режиму ґрунтової вологи з даними дистанційного зондування Землі.....	54
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...</b>	<b>57</b>
5.1 Дослідження стану з охорони праці у ПВФ «ГІСлаб» .....	57
5.2 Дослідження виробничого травматизму на підприємстві ПВФ «ГІСлаб» .....	58
5.3 Розробка проекту інструкції з охорони праці при роботі за комп'ютером	60
5.3.1 Загальні вимоги .....	60
5.4 Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшення умов праці ПВФ «ГІСлаб» .....	62
5.4.1 Розрахунок природного та штучного освітлення .....	62
5.4.2 Розрахунок природної та штучної вентиляції.....	66
5.5 Дії в надзвичайній ситуації при пожежі .....	73
5.6 Рекомендації з поліпшення стану охорони праці ПВФ «ГІСлаб» .....	75
<b>6 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІС .....</b>	<b>76</b>
ВИСНОВКИ.....	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	85
ДОДАТКИ.....	90

## ВСТУП

Вологість ґрунту – вміст вологи у ґрунті. Виражається у відсотках від маси сухого ґрунту, а також у міліметрах водяного стовпа.

Водний режим ґрунту є одним із найважливіших факторів продуктивності сільськогосподарських угідь. Створення оптимальних умов вологозабезпеченості посівів найбільш ефективно здійснюється за рахунок управління водним режимом ґрунтів за допомогою гідротехнічних меліорацій [1].

Обробити базу даних дозволяє геоінформаційна система (ГІС).

Геоінформаційна система — сучасна комп'ютерна технологія, що дозволяє поєднати модельне зображення території (електронне відображення карт, схем, космо-, аерозображень земної поверхні) з інформацією табличного типу (різноманітні статистичні дані, списки, економічні показники тощо). Також, під геоінформаційною системою розуміють систему управління просторовими даними та асоційованими з ними атрибутами. Конкретніше, це комп'ютерна система, що забезпечує можливість використання, збереження, редагування, аналізу та відображення географічних даних [2].

Об'єктом дослідження є режим ґрунтової вологи пшениці озимої в умовах Дніпропетровської області.

Предметом дослідження є розробка ГІС режиму ґрунтової вологи під посівами пшениці озимої для умов Дніпропетровської області та її інтеграція з відкритими даними дистанційного зондування Землі.

Метою роботи є адаптація розробленої, на основі агрогідрометеорологічного методу розрахунку вологозапасів, ГІС режиму ґрунтової вологи до відкритих даних дистанційного зондування Землі

Використовуючи ГІС та ДЗЗ необхідно визначити запаси ґрунтової вологи в межах Дніпропетровської області, зокрема для сільськогосподарської культури – пшениці озимої.

Завданням роботи є:

- визначення способів та моделей розрахунку ґрунтової вологи;
- ознайомлення із сучасними тенденціями розвитку методів моделювання та оцінки вологозабезпеченості сільськогосподарських культур;
- розробки технології ГІС режиму ґрунтової вологи під пшеницю озиму;
- адаптація розробленої ГІС режиму ґрунтової вологи до відкритих даних дистанційного зондування Землі;
- економічне обґрунтування ефективності розробки ГІС режиму вологозапасів.

Для виконання завдань роботи необхідно сформувати базу погодних даних з інформаційних погодних сайтів (Rp5, «Погода и климат» та «Метеопост») за період 2019-2020 років за даними 9 МС Дніпропетровської області, а також 11 МС розташованих на території сусідніх областей по периметру.

Всього це склало більше 500 000 записів за п'ятьма основними метеофакторами: температура, дефіцит вологості повітря, опади, швидкість вітру та хмарність.

# 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ УМОВ РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Природні умови Дніпропетровщини

Район досліджень охоплює дві метеостанції (МС) Дніпропетровської області (Комісарівка та Чаплине).

Дніпропетровська область географічно розташована у південно-східній частині України, між  $49^{\circ} 12'$  і  $47^{\circ} 28'$  північної широти та  $33^{\circ}$  і  $37^{\circ}$  східної довготи. Протяжність території із заходу на схід становить 270 км, з півночі на південь - 200 км. Загальна площа області дорівнює 31,9 тис. км<sup>2</sup>, що складає 5,3 % території країни. На півночі Дніпропетровська область межує з Полтавською і Харківською областями, на сході - з Донецькою, на заході - з Миколаївською і Кіровоградською, на півдні - із Херсонською та Запорізькою областями. Дніпропетровська область розташована в басейні середньої і нижньої течії Дніпра [3].

За різноманітністю і значимістю природних ресурсів Дніпропетровська область є однією з найбагатших в Україні. Майже на всій території області переважають родючі чорноземні ґрунти. Розгалужена система водопостачання дозволяє вести інтенсивне сільське господарство. Дніпропетровщина багата на корисні копалини. Мінерально-сировинна база характеризується широкою різноманітністю видів і значними запасами деяких корисних копалин.

Рельєф Дніпропетровської області рівнинний, різко порізаний долинами р. Дніпро, її притоків, ярами та балками. Загальні риси рельєфу Дніпропетровської області визначаються особливостями геологічної будови [3].

Для рельєфу характерні широкі плоскі межиріччя, неглибокі, пологі долини рік та балок. На території низовини по широких межиріччях мають



розповсюдження подові форми рельєфу – широкі безстічні зниження, які періодично заповнюються талими водами [3].

Водосховища Дніпровського каскаду справляють значний вплив на область. В результаті дії хвильової абразії утворились круті урвисті береги та кручі висотою 5 -15 м, іноді до 30 м, виникли наміті пляжі. Вздовж берегів поширені зсувні форми рельєфу. Одним з найважливих факторів сучасного формування рельєфу є антропогенний вплив, розвиток гірничорудної промисловості, утворення техногенних форм рельєфу – кар'єрів, відвалів гірських порід тощо [3].

## 1.2 Кліматичні умови

Кліматичні умови можна охарактеризувати такими метеорологічними чинниками, як температура повітря, опади, вологість повітря, атмосферний тиск, швидкість і напрямок вітру, хмарність і атмосферні опади, тривалість сонячної радіації, дальність видимості, температура верхніх шарів ґрунту і водоймищ, випаровування води із земної поверхні в атмосферу, висота і стан сніжного покриву, різні атмосферні явища і наземні гідрометеори (роса, ожеледь, туман, грози, завірюхи тощо).

Клімат Дніпропетровської області помірно-континентальний. Літо спекотне і сухе з частими зливами, сильними південно-східними і східними вітрами, які викликають посуху; зима м'яка, малосніжна, часті танення і ожеледь.

Показники температури в Дніпропетровській області приведені відповідно у табл. 1.1 [4 (табл. 2.1, с. 31)]. Середня температура області складає  $t_{\text{сер}} = 8,4^{\circ} \text{C}$ ; середня максимальна температура  $t_{\text{сер max}} = 13^{\circ} \text{C}$ ; середня мінімальна температура  $t_{\text{сер min}} = 4,3^{\circ} \text{C}$ . Середня тривалість безморозних днів складає приблизно 200 днів. Середня температура січня  $-4...-6^{\circ} \text{C}$ . Середня температура липня  $+20...+22^{\circ} \text{C}$ .

Таблиця 1.1 – Показники температури ( $^{\circ}\text{C}$ ) в Дніпропетровській області

Місяць	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01
$t_{\text{сер}}$	-6,2	-4,6	0,1	9,2	15,9	19,8	21,5	20,9	15,4	8,1	2,4	-2,1
$t_{\text{max}}$	-3	-1,4	3,9	14,7	21,7	25,6	27,3	26,8	21,2	12,9	5,5	0,5
$t_{\text{min}}$	-9,1	-7,4	-2,9	4,5	10,6	14,4	16,1	15,4	10,2	4,2	-0,3	-4,5

Середня температура повітря за рік по області становить  $8,7^{\circ}\text{C}$ .

Зимовий період на Дніпропетровщині триває 87-99 днів - з 27 листопада-1 грудня, коли відбувається стійкий перехід середньої добової температури повітря через  $0^{\circ}\text{C}$  у бік похолодання і починається зима, до 25 лютого - 5 березня, коли відбувається стійкий перехід середньої добової температури повітря через  $0^{\circ}\text{C}$  у бік потепління - починається весна [1].

Період активної вегетації с.-г. культур (із середніми добовими температурами повітря  $10^{\circ}\text{C}$  і вище) триває 174-183 дні, змінюючись в окремі роки від 147 до 199 днів, починається 14-16 квітня і закінчується 6-14 жовтня. Сума позитивних температур повітря вище  $10^{\circ}\text{C}$  за цей період змінюється від  $3020^{\circ}\text{C}$  на заході області до  $3360^{\circ}\text{C}$  на півдні. В окремі роки ця сума коливається від  $2590$  до  $3650^{\circ}\text{C}$ .

Таблиця 1.2 – Середня декадна та місячна температура повітря за даними метеостанцій Дніпропетровської області [3]

Декада	Місяць												Рік
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Комісарівка													
1	-3,8	-4,4	0,0	7,4	13,5	18,1	21,4	21,7	16,1	11,1	3,6	-2,3	85
2	-3,2	-2,8	0,9	9,7	15,4	19,6	21,4	20,4	15,0	8,8	1,6	-2,8	8,7
3	-3,6	-1,3	3,7	11,3	16,6	19,4	21,7	18,9	13,2	5,6	-0,2	-3,5	8,5
Середня	-3,5	-2,8	1,5	9,5	15,2	19,0	21,5	20,3	14,8	8,5	1,7	-2,9	8,6
Чаплине													
1	-3,9	-4,9	-0,1	7,5	13,7	18,1	21,4	22,0	16,5	11,4	3,6	-2,6	8,6
2	-3,4	-3,3	0,8	9,9	15,5	19,8	21,6	20,6	15,3	9,0	1,3	-3,2	8,7

3	-3,8	-1,6	3,6	11,4	16,8	19,7	22,1	19,2	13,5	5,4	-0,5	-3,3	8,5
Середня	-3,7	-3,3	1,4	9,6	15,3	19,2	21,7	20,6	15,1	8,6	1,5	-3,0	8,6

Місячна і річна кількість опадів Дніпропетровської області приведені відповідно у табл. 1.3 [5 (табл. 5.1, с. 69)]. Середня кількість опадів в теплий період (квітень-жовтень) складає приблизно 325 мм. Найвологіший місяць – липень, найсухіший – березень. Влітку кількість опадів становить 80% річної суми, взимку опади у вигляді снігу більше випадають на сході регіону, ніж на заході.

Таблиця 1.3 - Місячна і річна кількість опадів (мм) Дніпропетровської області

Метеостанція	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Рік
Комісарівка	39	34	35	40	48	67	55	42	34	38	42	44	518
Чаплине	43	40	46	47	53	96	51	52	48	38	48	46	608

Влітку кількість опадів являє 80% річної суми, а зимою опади випадають у вигляді снігу більше на східному регіоні, ніж на заході. Для долини Дніпра специфічна долинна циркуляція, підсилена бризовою циркуляцією на кантах водосховищ.

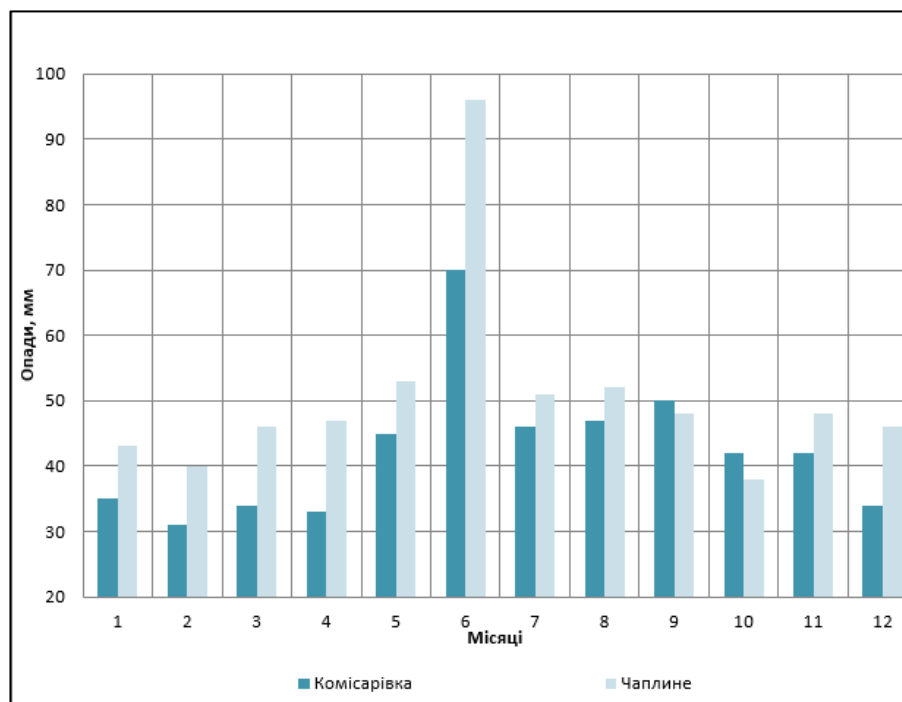


Рисунок 1.1 – Місячний розподіл атмосферних опадів за даними метеостанцій Дніпропетровської області

Аналізуючи графік бачимо, що опади інтенсивно випадають у червні. Найменше опадів випадає у жовтні.

Вологість повітря впливає на інтенсивність випаровування і загальне водоспоживання. Вологість повітря можуть виражати у вигляді абсолютної, відносної вологості і дефіциту вологості повітря. Вологість повітря в Дніпропетровській області приведені відповідно у табл. 1.4 [5 (табл. 3.1, с. 51)]. Відносна вологість повітря у липні зменшується у південно-східному напрямку від 66% до 62%, у січні становить 84-81%.

Таблиця 1.4 – Вологість повітря в Дніпропетровській області

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Рік
Тиск водяної пари e, гПа	3,8	4,3	5,3	7,7	10,5	13,4	15	14,1	10,9	8,4	6,6	5,1	8,8
Відносна вологість повітря f %	86	86	82	67	60	60	60	60	64	76	86	90	73
Дефіцит насичення d, гПа	0,5	0,6	1,2	4,7	8,5	10,8	11,9	11,6	7,4	3	1	0,5	5,1

Вітровий режим впливає на технологію зрошення і його якість, особливо при поливі дощуванням. Вітер характеризується напрямком і швидкістю (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Середня місячна і річна швидкість вітру (м/с) за даними МС Дніпропетровської області [41]

МС	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Комісарівка	3,7	4,4	4,6	4,1	4,0	3,4	3,1	2,9	2,8	3,2	3,8	4,2	3,7
Чаплине	4,2	4,8	4,5	4,4	4,0	3,2	2,9	2,8	2,8	3,4	4,6	4,7	3,9

У літній період переважають дмуть західні та північно-західні вітри, а зимою – східні та північно - східні.

Вітер сягає максимального значення у лютому, квітні, листопаді та грудні, а мінімального значення – у червні, липні, серпні. Можна зробити висновок про нормальний стан вітрового режиму у Дніпропетровській області.

Постійний сніговий покрив (10–15см) утворюється щороку, встановлюється у грудні, сходить на початку березня.

Серед несприятливих кліматичних явищ – відлиги, морози з вітрами, суховії і пилові бурі. Дніпропетровський район лежить у межах посушливої, дуже теплої агрокліматичної зони [6].

Існують і інші погодні явища: тумани (від 50 днів на рік на височинах до 70 днів у знижених ділянках), хуртовини (10 – 20 днів), грози (до 25 - 30 днів) та град (4-5 днів). Для регіону характерні посушливі періоди навесні та в першій половині літа, які посилюються сухими вітрами – суховіями. Відповідно до схеми агрокліматичного районування України, Дніпровська область знаходиться в межах посушливої, дуже спекотної зони.

Кліматичні умови сприятливі для вирощування зернових, особливо озимої пшениці, ячменю, ярого ячменю, кукурудзи, проса, рису, зернобобових, а також цукрових буряків, соняшнику, баштанних культур, овочівництва, м'ясо-молочного скотарства, свинарства тощо.

### 1.3 Ґрунти і їх агрогідрологічні властивості

У Дніпропетровській області переважають чорноземні ґрунти різних підтипів (звичайні та південні), родів (еродовані, лучні, засолені, солонцюваті, осолоділі), видів (глибокі, середньо- і малоглибокі; середньо-, малогумусові і слабогумусові; слабо-, середньо- і сильносолонцюваті; слабо-, середньо- і сильноеродовані), різновидів (за механічним складом переважно середньо-, важкосуглинисті та легкоглинисті).

У межах Дніпропетровської області (табл.1.6) на чорноземи звичайні повнопрофільні, що залягають на плоскорівнинних просторах, припадає 48,3%

всієї земельної площі, у тому числі на звичайні чорноземи - 42,3%, південні - 5,7%, солонцюваті - 0,3%, на еродовані ґрунти схилів різної крутості і протягу, різних форм і експозицій - 36,6%, у тому числі на слабоеродовані - 27,3%; на середньо- і сильноеродовані — 9,3%. В решті області розповсюджені лучно-чорноземні, чорноземно-лучні, лучні, лучно-болотні, болотні, засолені, солонцюваті, осолоділі, а також дернові ґрунти, солончаки і солонці.

Таблиця 1.6 – Експлікація основних типів ґрунтів Дніпропетровської області [3]

Назва ґрунтів	Площа	
	тис. га	% від загальної земельної площі
Чорноземи звичайні на лесових породах	1697,8	74,1
Чорноземи південні	246,5	10,8
Чорноземи на щільних глинах	21,5	0,9
Чорноземи на третилах та давньоалювіальних пісках	12,2	0,5
Чорноземи та дернові ґрунти на елювії щільних порід	5,6	0,2
Чорноземи лучні та лучно-чорноземні ґрунти	208,9	9,1
Болотні, лучно-болотні ґрунти	33,0	1,5
Солонці і солончаки, осолоділі ґрунти	9,7	0,4
Подові ґрунти	1,2	0,1
Дернові ґрунти на давньоалювіальних відкладах	5,2	0,2
Намиті та рекультивовані ґрунти	46,1	2,0
Розмиті ґрунти і виходи порід	4,8	0,2
Всього	2292,5	100

Дані таблиці показують, що лєвова частка ґрунтів в Дніпропетровській області припадає на чорноземи звичайні на лесових породах (1697,8 тис. га), що від загальної площі обстежених земель становить 74,1 %.

Температура ґрунту чорнозему звичайного (°С) для метеостанцій Дніпропетровської області представлена у табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Середня температура ґрунту чорнозему звичайного (°С) на глибині 20 см [3]

Декада	Місяць						
	04	05	06	07	08	09	10
1	2	3	4	5	6	7	8
Комісарівка							
1	7	14	20	24	25	19	14
2	9	16	22	24	24	18	12
3	11	18	22	24	22	16	12
Чаплине							
1	8	15	20	24	25	20	14
2	10	17	22	25	24	18	12
3	12	19	22	25	23	16	11

Чорноземи Дніпропетровської області залежно від того або іншого механічного складу є різноманітною величиною вологості стійкого зав'язання та продуктивної вологи. Польова вологоємність – це кількість води, яку ґрунт може тривалий час утримати після її попереднього надлишкового зволоження.

Таблиця 1.8 – Характеристика чорноземів звичайних [4]

Найменування показників	Генетичний горизонт						
	Нр	Н	Нр/к	Нр/к	Phk	Phk	Рк
1	2	3	4	5	6	7	8
Фізико-хімічні показники							
Глибина відбору зразків	0-10	30-40	50-60	60-70	75-85	85-95	130-140
Ph водний	6,95	7,24	7,35	7,41	7,50	7,80	8,00
Ph сольовий	6,12	6,45	6,80	6,90	7,20	7,35	7,40
Поглинені катіони, мг-екв на 100 г ґрунту: Са	44,31	43,41	40,61	-	-	-	-
Mg	5,48	5,60	6,00	-	-	-	-
Na	0,90	0,81	0,84	-	-	-	-
К	1,00	0,90	0,85	-	-	-	-
Гідролітична кислотність, мг-екв на 100 г ґрунту	3,10	2,30	-	-	-	-	-
Ємність поглинання, мг-екв на 100 г ґрунту	48,43	47,51	48,31	-	-	-	-
Ступінь насиченості основами, %	94,34	95,28	-	-	-	-	-

Фізичні та водно-фізичні показники							
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Об'ємна вага, г/см <sup>3</sup>	1,10	1,20	1,25	1,27	1,27	1,28	1,35
Питома вага, г/см <sup>3</sup>	2,60	2,60	2,62	2,62	2,63	2,64	2,66
Загальна пористість, %	57,69	53,84	52,99	51,52	51,71	51,51	49,24
Максимальна гігроскопічність, % від ваги ґрунту	9,00	8,96	8,84	9,11	9,00	8,75	8,93
Вологість в'янення, % від ваги ґрунту	12,06	12,00	11,84	12,20	12,06	11,72	11,96
Найменша вологоємність, % від ваги ґрунту	32,10	31,15	29,00	28,70	27,90	27,00	24,30
Діапазон активної вологи, мм	22,04	22,98	21,45	20,95	20,11	19,55	16,65
Аерація при найменшій вологоємності, % від об'єму ґрунту	22,59	16,46	16,04	15,07	16,28	19,65	16,44
Механічний склад, % на абсолютно суху безкарбонатну наважку							
Фракції, мм:							
1-0,25	0,10	2,11	1,00	0,60	0,80	0,70	1,00
0,25-0,05	4,36	4,49	4,24	7,33	8,55	9,69	9,38
0,05-0,01	34,80	35,30	33,80	34,10	32,50	32,90	33,70
0,01-0,005	14,56	12,09	12,80	11,96	13,00	11,30	10,10
0,005-0,001	12,34	12,11	15,61	14,70	11,64	12,30	11,31
<0,001	33,84	33,90	32,55	31,31	33,51	33,11	34,51
Сума <0,01	60,74	58,10	60,96	57,97	58,15	56,71	55,92
Валовий хімічний склад ґрунту, % на прожарену наважку							
Зміст окислів:							
SiO <sub>2</sub>	74,80	75,00	72,40	-	-	-	67,50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,90	4,70	4,70	-	-	-	2,50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,80	14,20	12,50	-	-	-	11,40
CaO	1,80	0,40	4,60	-	-	-	12,80
MgO	1,80	1,70	1,70	-	-	-	3,10
Na <sub>2</sub> O	0,80	0,80	0,80	-	-	-	0,50
MnO	Сліди	Сліди	0,20	-	-	-	0,30
SiO <sub>2</sub> :R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,00	7,40	8,00	-	-	-	8,80
Вміст гумусу							
Загальний вміст гумусу, %	6,10	5,65	4,07	4,04	2,52	2,30	0,74
Валовий азот, %	0,30	0,28	0,20	0,19	0,12	0,10	-

Агрогідрологічні властивості ґрунтів Дніпропетровської області наведені в табл. 1.9.



Таблиця 1.9 - Агрогідрологічні властивості різних типів ґрунтів за даними метеостанцій Дніпропетровської області [27]

Метеостанція	Тип ґрунту	Шар, см	Щіль- ність, г/см <sup>3</sup>	Запаси вологи (мм) при		
				ВВ	НВ	ПВ
Чаплине	чорнозем звичайний мало гумусний легкоглинистий	0-50	1,10	74	154	-
		0-100	1,19	152	300	-
Комісарівка	чорнозем звичайний мало гумусний важкосуглинковий	0-50	1,15	67	170	284
		0-100	1,24	140	328	537

Водний режим звичайних чорноземів формується здебільшого під впливом багатьох чинників. Основним чинником є, ґрунтоутворюючі породи та їх водно-фізичні властивості, вторинні чинники – це клімат, рельєф та умови водного живлення [5]. Характерною рисою водного режиму чорноземних ґрунтів в Дніпропетровській області, є те, що вона формується за рахунок атмосферних опадів, так як ґрунтові води залягають доволі глибоко, а то і взагалі мають високу мінералізацію.

#### 1.4 Сільськогосподарське використання земель

Дніпропетровська область – один з найбільш економічно розвинених регіонів України. Характеризується вигідним географічним положенням, багатими природними ресурсами та розвиненим сільськогосподарським виробництвом. Аграрний сектор є важливою стратегічною галуззю економіки, яка забезпечує продовольчу безпеку та продовольчу незалежність нашої держави. Основними напрямками виробничої діяльності сільгоспідприємств області – це вирощування зернових, технічних і овочевих культур, виробництво м'ясомолочної продукції.

Дніпропетровщина належить до регіонів, в яких виробляється значна частина сільськогосподарської продукції України. Площа сільськогосподарських угідь становить 2512,9 тис. га, з яких рілля – 2127,2 тис. га [7].

## 2 ОПИС ГІС РЕЖИМУ ҐРУНТОВОЇ ВОЛОГИ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

2.1 Удосконалена модель агрогідрометеорологічного методу розрахунку запасів ґрунтової вологи

Агрогідрометеорологічний метод розрахунку професора О. Ф. Литовченка розроблений для розрахунку зрошувальних систем базується на використанні добових значень ґрунтової вологи на полях під посівами сільськогосподарських культур. Крім того, ця інформація, як правило, не є доступна. Її повинні вміти визначати. Дуже важливо відзначити, що результати розрахунків режимів зрошення залежать не тільки від методу і властивості йому точності обчислень, але і від коректності його застосування, репрезентативності і правильності визначення вихідних даних [15].

Апроксимовані рівнянням виду:

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

де  $W$  – запаси вологи в розрахунковому метровому або пів-метровому шарі ґрунту на кожен або будь-який день розрахункового вегетаційного періоду, мм;

$a, b, c$  – емпіричні показники, які характеризують природні умови місцевості (їх значення для різних культур різні і залежать від потужності розрахункового шару ґрунту);

$\exp = e$  – основа натурального логарифму;

$P$  – комплексний показник погодних умов, який чисельно враховує погодні умови, що передують даті визначення ґрунтових вологозапасів, і розраховується для весняно-літнього періоду вегетації за формулою

$$P = \frac{1000 \sum h_{ou\phi}}{\sum d \sqrt{\sum t}} , \quad (2.2)$$

де  $\sum h_{\text{диф}}$  - сума атмосферних опадів за період від дати переходу температури повітря через  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  восени попереднього року до розрахункової дати з врахуванням часу їх випадання (часових коефіцієнтів);

$\sum d$  - сума дефіцитів вологості повітря за період від дати переходу температури повітря через  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  восени до розрахункової дати;

$\sum t'$  - сума ефективних температур повітря вище  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  за весняний період вегетації с/г культур.

Сума ефективних температур повітря вище  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , рівна  $170^{\circ}\text{C}$ , прийнята як граничне значення в параметрі  $\sum t'$  формули (2.4) близька до середньобагаторічного значення суми, необхідної для настання фенологічної фази розвитку «вихід у трубку», що відповідає початку критичного періоду розвитку рослин озимої пшениці, коли вимоги до водопостачання стають найбільше високими. Тому можна відзначити, що сумою ефективних температур  $\sum t'$  побічно враховується і фенологічна фаза розвитку озимої пшениці [8].

При обчисленні зважених сум опадів вагові коефіцієнти визначалися методом підбору. В результаті такого аналізу виявлено, що ці коефіцієнти у формулі (2.5) є оптимальними. Тому зазначена формула для визначення сум опадів з урахуванням часу їх випадання нами взята з зазначеної роботи. Залежність має вигляд:

$$h_{\text{диф}} = \begin{matrix} 2 & 10 & 20 & 30 & 40 \\ h_1 + 0,8 \cdot & h_1 + 0,6 \cdot & h_1 + 0,4 \cdot & h_1 + 0,3 \cdot & h_1 + \\ 1 & 3 & 11 & 21 & 31 \\ & 50 & n & & \\ & +0,2 \cdot & h_1 + 0,1 \cdot & h_1, & \\ & 41 & 51 & & \end{matrix} \quad (2.3)$$

де  $\sum_{51}^n h_i$  - сума атмосферних опадів від переходу температури повітря через  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  весною до дати, що закінчується за 51 добу до розрахункової дати.

В основі розрахунку вологозапасів за агрогідрометеорологічним методом лежить зв'язок запасів вологи в ґрунті від КПППУ  $P$  (рис. 2.1) [8].

Ці зміни можна представити структурною схемою [33], що складена з п'яти блоків (рис.2.1). Серед них головні:

1) визначення КПППУ за он-лайн використання інформаційного порталу погоди ([www.rp5.ua](http://www.rp5.ua)) по даних про метеофактори з дискретністю до трьох годин практично для будь-якої території;

2) врахування в КПППУ швидкості вітру ( $V$ ), відносної хмарності ( $N$ ) та їх похідної дії на інтенсивність випаровування, ефективного використання опадів, інтегральну складову температури та дефіциту вологості повітря, змінену диференціальну складову суми опадів [8];

3) врахування біологічної активності культури протягом вегетації ( $k_6$ ).

Базова модель	Блок	Оптимізована модель
Добові $h, d, T$	ПОГОДА	Строкові ( $\Delta t=3 \text{ год}$ ) $h, d, T, V, N, P_{\text{атм}}$
ВЗ, НВ, механічний склад	АГРОГІДРОКОНСТАНТИ	<b>МГ</b> , ВЗ, <b>ВРК</b> , НВ, <b>ПВ</b> , механічний склад
Фенологічна фаза	КУЛЬТУРА	Фенологічна фаза, $k_6$
$P = f(h, d, T)$ $W = f(P)$	ТЕОРІЯ	$P = f(h, d, T, V, N, k_6)$ $P = f(\psi); W = f(\theta);$ $\frac{dW}{dP} = f\left(\frac{d\theta}{d\psi}\right); W = f\left(P; \frac{d\theta}{d\psi}\right)$
Одношарова інтерполяція $W$	ГІС, ДЗЗ	Картування, інтерполяція : <b>Кадастрова ґрунтова карта,</b> $a, b, c, P$ $W^i = W \pm (\Delta W)$ $[\Delta W = f(K, E, TWI, \Gamma_p)]$

Рисунок 2.1 – Структурна схема оптимізації АГММРВ [33]

## 2.2 База даних

Вихідними даними є метеодані з метеостанцій Дніпропетровської області та метеостанцій, що межують з областю (рис. 2.2).

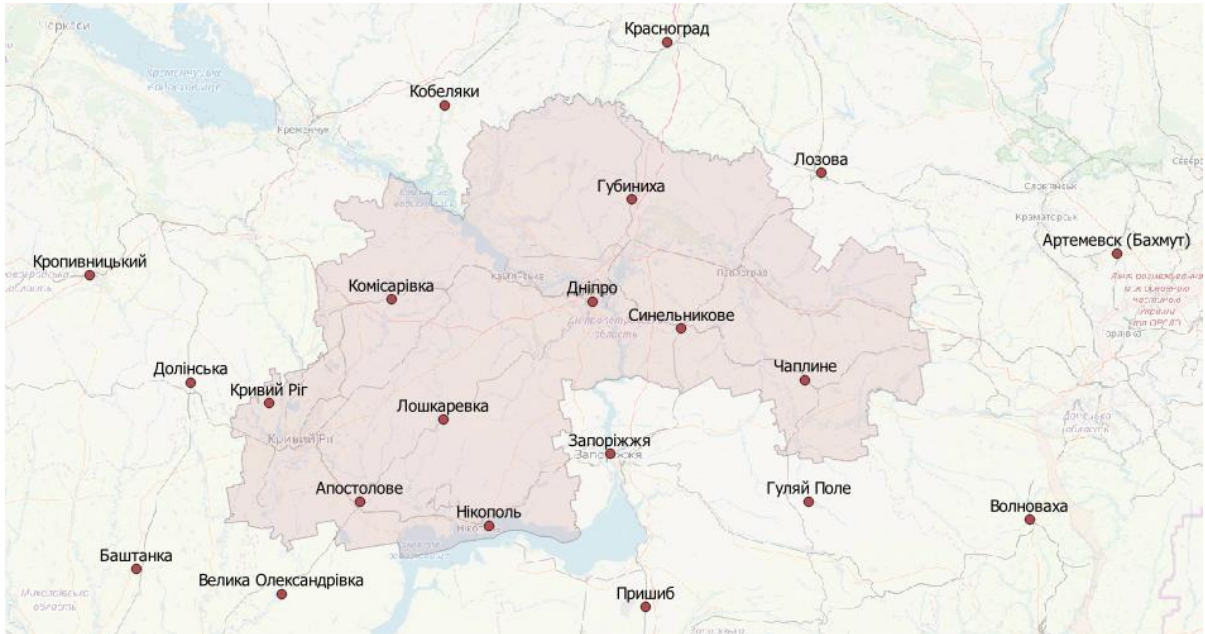


Рисунок 2.2 – Метеостанції Дніпропетровської області та поряд з областю

Всього в Дніпропетровській області налічується 9 метеостанцій.

В Полтавській області, що граничить з Дніпропетровською знаходиться метеостанція Кобеляки, в Харківській області – дві, а саме Красноград та Лозова. У Донецькій області це Артемівськ та Волноваха, у Запорізькій – Запоріжжя, Гуляй Поле, Пришиб, у Херсонській – Велика Олександрівка, Баштанка, у Кіровоградській – Долінська та Кропивницький. Дані МС є географічно прив'язані до своєї місцевості.

Отримати дані щодо погоди на метеостанціях можна на сайті [gp5.ua](http://gp5.ua). (рисунок 2.3). Використовуючи цю оперативну інформацію є можливість розробляти нові та удосконалювати вже відомі методики оцінки продуктивних процесів росту і розвитку культурних рослин, зокрема їх вологозабезпеченість протягом вегетації. Другим корисним та дуже зручним у користуванні для отримання архіву погоди є ресурс «Погода и климат».

rp5.ua  
Беларусь Литва Молдова Украина Все страны  
Название города или села  
Language  
Единицы измерений  
Приложения  
Мобильная версия

Все страны Украина Днепропетровская область Днепр (Днепропетровск)  
**Архив погоды в Днепропетровске (аэропорт)** См. на карте Архив погоды в аэропорту (+3 °C)  
 Архив погоды на метеодатчике (5 км, +5.1 °C) Прогноз погоды  
 номер метеостанции 34504 наблюдения с 1 февраля 2005

Смотреть архив погоды Скачать архив погоды Статистика погоды

Конечная дата периода: 11.12.2020 Период выборки: 1 сутки 7 суток 30 суток

Для получения пояснений наведите курсор мыши на соответствующий заголовок

Дата / Местное время	T	Po	P	Pa	U	DD	Ff	#10	#3	N	WW	W1	W2	Tn	Tx	Cl	Nh	H	Cm	Ch	VV	Td	RRR	tR	E	Tg	E'	sss
2020: 11 декабря, пятница 14	3.4	751.8	765.4	-1.1	58	Ветер, дующий с востока	Свежий ветер (10 м/с)			20 – 30 %						Слоисто-кукуевых, слоистых, кучевых или кучево-дождевых облаков нет	Облаков нет.	2500 или более, или облаков нет.	Высококучевых, высокослоистых или слоисто-дождевых облаков нет.	Перистые нитевидные, иногда котельчатые, не распространяющиеся по небу.	10.0	-4.1						
11	0.6	752.9	766.7	-1.1	67	Ветер, дующий с востока	Умеренный ветер (7 м/с)			20 – 30 %						Слоисто-кукуевых, слоистых, кучевых или кучево-дождевых облаков нет.	Облаков нет.	2500 или более, или облаков нет.	Высококучевых, высокослоистых или слоисто-дождевых облаков нет.	Перистые нитевидные, иногда котельчатые, не распространяющиеся по небу.	10.0	-4.8						
08	-5.1	754.0	768.1	-0.3	88	Ветер, дующий с востока	Свежий ветер (8 м/с)			70 – 80 %				-5.8		Слоисто-кукуевых, слоистых, кучевых или кучево-дождевых облаков нет.	Облаков нет.	2500 или более, или облаков нет.	Высококучевых, высокослоистых или слоисто-дождевых облаков нет.	Перистые котельчатые или нитевидные или левые и вторые, распространяющиеся по небу и в целом облаке уплотняющиеся.	10.0	-6.8						
05	-5.2	754.3	768.4	-1.0	83	Ветер, дующий с востока	Умеренный ветер (8 м/с)			Облаков нет.											10.0	-7.7						
02	-3.3	755.3	769.3	-0.3	79	Ветер, дующий с востока	Умеренный ветер (7 м/с)			100 %						Слоисто-кукуевых, слоистых, кучевых или кучево-дождевых облаков нет.	100 %	2500 или более, или облаков нет.	Высококучевые просевывающие, расположенные на одном уровне.	Перистых, перисто-кукуевых или перисто-слоистых нет.	10.0	-6.5						

Рисунок 2.3 – Электронный ресурс rp5.ua архів погоди в Дніпрі

Погода и климат  
www.pogodaiklimat.ru

Метеоновости | Прогнозы погоды | Климатический монитор | Климат мира | Архивы погоды | Летопись погоды | Погода в мире | Метеокарты  
Вход | Регистрация

Погода и климат >> Архив погоды >> Украина >> Днепр аэропорт

АРХИВ ПОГОДЫ В ДНЕПР АЭРОПОРТУ

Время (UTC), дата	Ветер (напр., м/с)	Видим.	Явления	Облачность	T (C)	Td (C)	f (%)	Te (C)	Tes (C)	Комфортность	P (гПа)	Po (гПа)	Tmin (C)	Tmax (C)	R (мм)	R24 (мм)	S (см)
13 5.12	В 7	10 км		нет нижн обл	+1.0	-4.0	69	-5	-5		1030.0	1011.3					
14 5.12	СВ 6	10 км		нет нижн обл	0.0	-5.0	69	-6	-6		1031.0	1012.2					
15 5.12	СВ 7	10 км		нет нижн обл	-1.0	-7.0	64	-8	-8		1031.0	1012.1					
16 5.12	В 10	10 км		нет нижн обл	-2.0	-10.0	54	-10	-10		1031.0	1012.1					
17 5.12	В 9	10 км		нет нижн обл	-3.0	-11.0	54	-11	-11		1031.0	1012.0					
18 5.12	В 9	10 км		нет нижн обл	-4.0	-11.0	58	-13	-13		1031.0	1011.9					
19 5.12	В 7	10 км		нет нижн обл	-4.0	-11.0	58	-12	-12		1032.0	1012.9					
20 5.12	В 6	10 км		нет нижн обл	-4.0	-12.0	54	-11	-11		1032.0	1012.9					
21 5.12	В 6	10 км		нет нижн обл	-5.0	-12.0	58	-12	-12		1032.0	1012.8					
22 5.12	В 7	10 км		нет нижн обл	-5.0	-12.0	58	-13	-13		1032.0	1012.8					

Рисунок 2.4 – Электронный ресурс «Погода и климат» архів погоди в Дніпрі

Отримавши дані з електронних ресурсів, можемо отримати базу даних по датам з показниками, такими як опади, дефіцит, температура, хмарність та вітер. Всього це склало більше 500 000 записів за п'ятьма основними метеофакторами: температура, дефіцит вологості повітря, опади, швидкість вітру та хмарність. Приклад бази даних наведено на рисунку 2.5.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Дата	OS	DEF	TEM	Хмара%	Вітер, м/с	
2							
39	20.07.2019	0	10,62533	20,7625	8,75	0,25	
40	21.07.2019	0,3	9,522074	21,25	46,875	0,5	
41	22.07.2019	0	11,95941	22,2875	19,375	0,5	
42	23.07.2019	4	8,394424	21,7625	76,25	1,25	
43	24.07.2019	0	9,245818	20,9	41,875	0,875	
44	25.07.2019	5	6,363101	19,3875	35	1,25	
45	26.07.2019	0	8,588564	19,85	40	1,25	
46	27.07.2019	0	10,21177	21,525	9,375	1	
47	28.07.2019	0	11,11961	23,5	13,75	0,375	
48	29.07.2019	0	14,71457	24,6375	28,125	0,5	
49	30.07.2019	0	10,97535	24,3375	81,875	0,875	
50	31.07.2019	0	8,313847	22,425	36,875	1,5	
51	01.08.2019	0	6,763239	16,175	33,75	1,125	

Рисунок 2.5 – База даних по датам з відповідними показниками

Для визначення ґрунтів місцевості використовуємо кадастрову карту Дніпропетровська [9]. Детальніше про кадастрову карту та її приклад наведено в розділі 3.

### 2.3 Технологія розробки ГІС режиму ґрунтової вологи

Основою технології розробки ГІС режиму ґрунтової вологи є агрогідрометеорологічний метод визначення вологозапасів (АГММРВ) [8].

Для цього використовуємо програмне забезпечення QGIS з підтримкою модулів GRASS та SAGA [10].

Методика формалізації рельєфу та ґрунтового покритву (механічного складу) для створення цифрової моделі рельєфу (ЦМР) пов'язана з поєднанням взаємодії таких чинників, як крутизна ( $K$ ) та експозиція ( $E$ ) схилу [3], топографічного індексу зволоження ( $TWI$ ) [11].

Як основу для створення ЦМР Дніпропетровської області було використано дані радарної зйомки земної поверхні SRTM30 четвертого

покоління. Просторовий дозвіл отриманої ЦМР становив 30 м, що є достатнім для реалізації запропонованого методу.

Усі ці чинники формують сумарний поправочний коефіцієнт  $\Delta W$  (відхилення) на значення вологості розрахункового шару ґрунту в межах геоінформаційної одиниці цифрової моделі (піксель) від середнього для плакорних умов за тих самих параметрів ґрунту та сільськогосподарської культури, тобто  $\Delta W = f(\kappa, E, TWI, \Gamma p)$  [33].

При оцінці просторової мінливості (неоднорідності) поля вологості ґрунту в ГІС моделях на основі АГММРВ використані площинна інтерполяція методом триангуляції на базі ГІС SAGA та метод алгебри карт.

Провівши інтерполяцію отримали такі результати просторового розподілу постійних параметрів ГІС (рис.2.5)

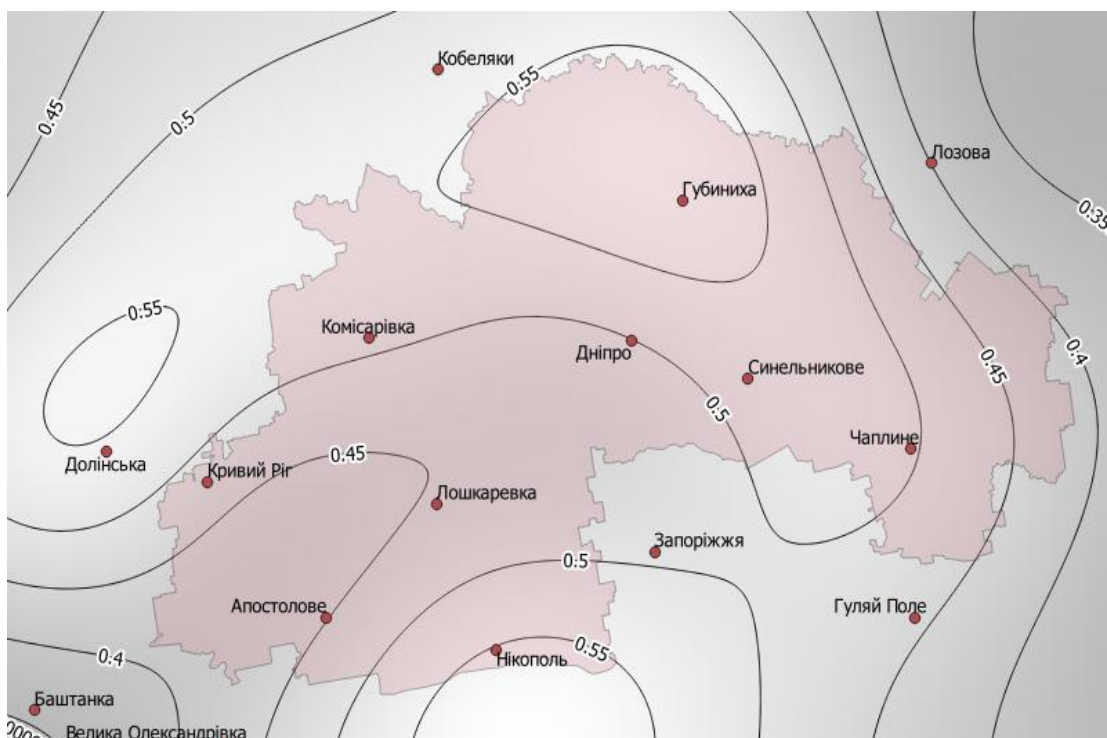


Рисунок 2.5 - Просторовий розподіл емпіричного параметру  $a$  для пшениці озимої [12]

Отриманий розподіл був виконаний в [12], спираючись на цю роботу ми можемо отримати більше даних.



Для більшої просторової об'єктивності зміни  $P'$  на досліджуваній території в розрахунок задіяні дані 17 метеостанцій за периметром Дніпропетровської області.

Аналогічно до КПППУ реалізована просторова інтерполяція емпіричних параметрів методу  $(a', b', c')$  з урахуванням фізико-механічного складу ґрунту конкретної геоінформаційної одиниці цифрової моделі (пікселя). При цьому середні (розрахункові) запаси вологи  $W$  для плакорних умов довільної ділянки (пікселя) і буде реалізацією АГММРВ (див. формулу 1) з урахуванням просторової мінливості її складових, тобто  $W = f(a', b', c', P')$ .

Отже, ГІС режиму ґрунтової вологи під посівами озимої пшениці побудована на базі GIS GRASS та QGIS і реалізована моделлю  $W' = W \pm f(\Delta W)$ , де перша складова є просторовою реалізацією АГММРВ, друга – просторова модель залежності вологості ґрунту від параметрів рельєфу та ґрунтового покриву. Для окремої геоінформаційної одиниці ГІС (пікселя) змінним є тільки параметр  $P'$ , решті складових моделі  $(K, E, TWI, Gp, a', b', c')$  фактично присвоюється значення константи.

Географічна складова формування режиму ґрунтової вологи враховує вплив морфологічних особливостей рельєфу місцевості та його експозицію схилу. Кут нахилу напряму впливає на те скільки сонячного тепла отримає ґрунт, тому географічну складову необхідно включити в методику визначення ґрунтових вологозапасів.

Продуктивну вологу з урахуванням аспекту TWI та коефіцієнту  $K_{ins}$  також реалізуємо через калькулятор растрів за формулою (рис. 2.6)[12].

$$W_{prod K_{ins}} = W_{prod} \cdot \frac{TWI}{K_{ins}}, \quad (2.4)$$

Отже, можемо зробити висновок що значення продуктивної вологи на конкретну дату отримали географічну поправку, яка враховує рельєф та експозицію його схилу.

Поле має невелику впадину (1) та північно-західний схил (2).

Північно-західний схил у ділянці (2) відповідає моделі урахування схилу, наприклад за Польовим [13].

Отже, метод АГММРВ дає розподіл параметрів по великій території, а географічна складова ГІС може дати уточнення по мікрорельєфу.

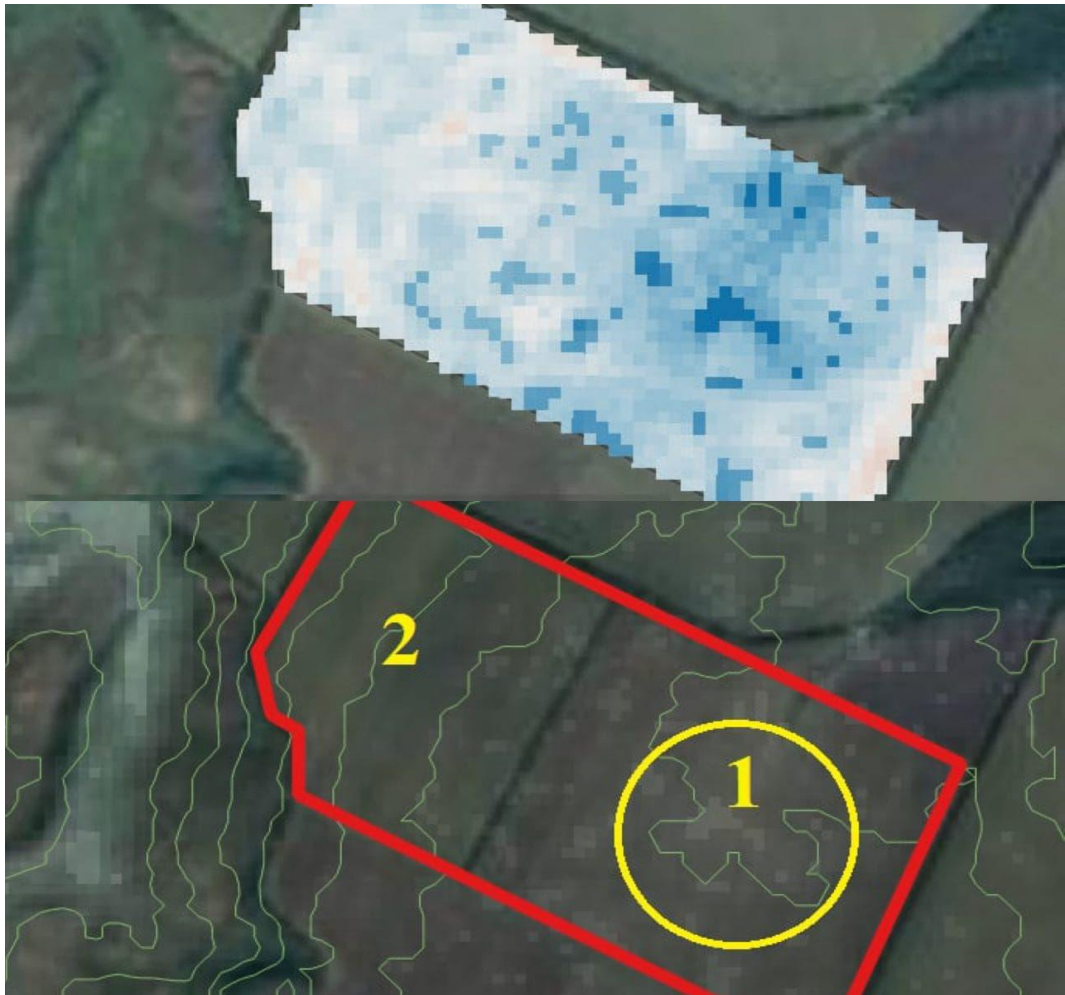


Рисунок 2.6 - Продуктивна волога на тестовому полі з урахуванням рельєфу та крутизни схилу ( $TWI/K_{ins}$ ) та тестове поле з графічною поправкою, 1-впадина, 2 – схил [12]

### 3 ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ (ДЗЗ). ОПИС

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) займає особливе місце в системі геоінформаційних систем і технологій, які застосовуються в сільському господарстві. Що ж можуть дати космічні технології сільському господарству? Комбінований авіакосмічний моніторинг має чотири основних складових:

- зондування поверхні;
- мультиспектральна зйомка сільськогосподарських угідь;
- гарантований щоденний моніторинг
- системи обробки даних моніторингу.

З розвитком і впровадженням точного землеробства значно розширився спектр корисної інформації. Ось тут і стала в нагоді інформація, отримана шляхом дистанційного моніторингу полів [14].

Отримавши її, точне землеробство використовує ці дані для диференційованого внесення добрив, диференційованого поливу і багато іншого, що в кінцевому рахунку дозволяє заощадити ресурси і знизити витрати і сприяє підвищенню врожайності.

Як приклад широкого використання ДЗЗ для практичних потреб фермерів можна привести Францію, де вже півтора десятка років існує система космічного моніторингу, яка здійснює спостереження посівів 4 основних культур: пшениці, ячменю, сої та тритикале. Космічний моніторинг шкідників і процесу вегетації доповнюється наземним контролем на 5% території, який здійснюють близько 1500 чоловік по всій країні. Кінцевим результатом їх роботи стають рекомендації по підживленню, обробкам а також прогноз врожайності. Ці дані розміщуються на порталах у відкритому доступі (рисунок 3.1), а рекомендації направляються фермерам за певну плату. А в США

здійснюється моніторинг відразу по 130 культурам, на основі якого здійснюються прогнози врожайності в масштабах країни [15].

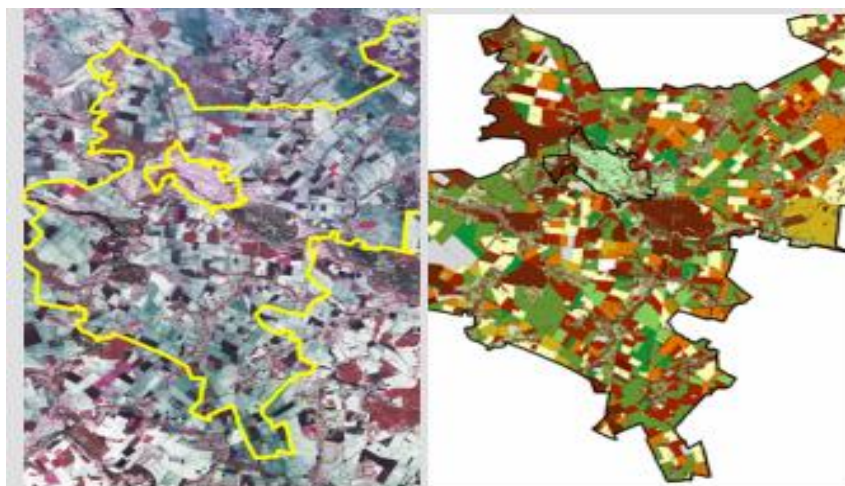


Рисунок 3.1 – Вирощування сільгоспкультур: космічний знімок та результати розпізнавання

Основні переваги даних ДЗЗ для вирішення задач сільського господарства:

- 1) Оперативність. Актуальні космічні знімки можуть бути отримані протягом доби після розміщення замовлення на здійснення зйомки.
- 2) Об'єктивність. Інформація, що отримується за космічними знімками, є апріорі достовірної та відображає дійсну картину стану сільськогосподарських земель і рослинності.
- 3) Одночасність і періодичність. Сучасні супутникові системи дистанційного зондування Землі дозволяють здійснювати зйомку з високою роздільною здатністю з дуже високою періодичністю (до 1 доби).
- 4) Однаковість. Дані космічної зйомки поставляються з еталонних сенсорів, які встановлюються на супутниках, і не потребують будь-яких додаткових перетворення, спрямованих на поліпшення їх взаємної сумісності.

- 5) Оглядовість. Сучасні супутникові системи дистанційного зондування Землі дозволяють отримувати одноразову зйомку на величезних площах, що забезпечує одночасність спостережень на виробничих ділянках, розташованих на значній відстані один від одного.
- б) Рішення широкого кола прикладних задач сільського господарства.

### 3.1 Ресурс EOS

Найбільш потужним, вільно доступним інформаційним ресурсом є платформа EOS: «Система спостереження Землі прослуховування пульсу планети» (earth observing system listening to the pulse of the planet : <https://eos.com/>). EOS створила хмарну платформу і інструмент для аналізу зображень супутникових даних спостереження Землі буквально в реальному часі.

В 2019 році EOS запропонував нові можливості по роботі з високоякісними зображення ДЗЗ, аналізом та серверною обробкою (хмарна технологія) більш як 20 спектральних каналів та їх похідних (комплексні індекси) з високою роздільною здатністю (10 – 60 метрів піксель), підготовлені до використання в ГІС. Дані географічно прив'язані (WGS 84) та оцифровані.

EOS спеціалізується на зборі, обробці та аналізі великих обсягів даних із супутників з використанням як поширених типів алгоритмів, так і наших власних. Вони витягають і діляться цінною інформацією з користувачами, щоб допомогти їм швидко реагувати на будь-які зміни та ефективно вирішувати реальні бізнес-проблеми.

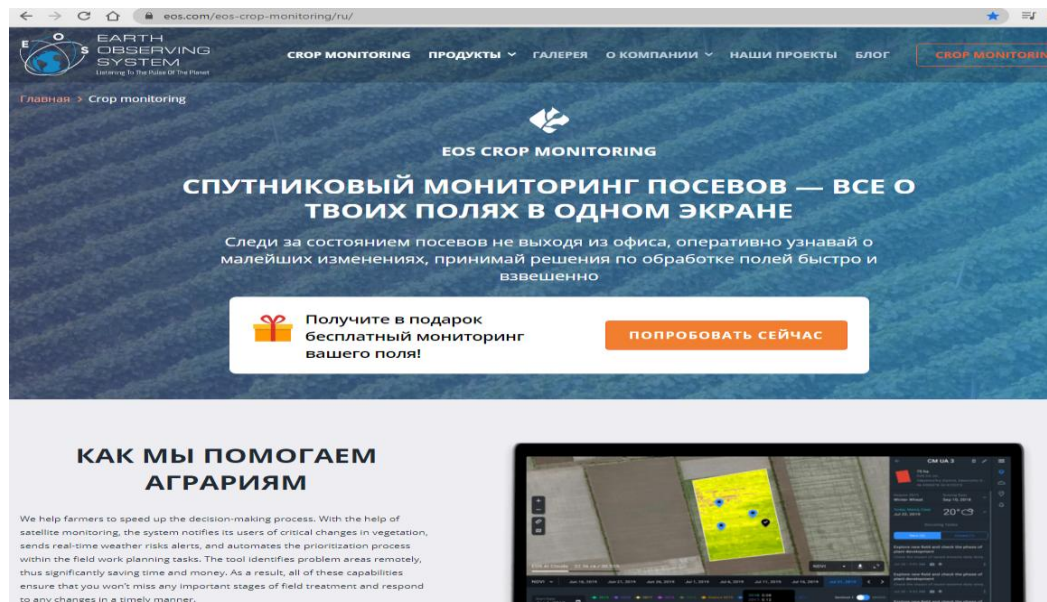


Рисунок 3.2 – Головна веб-сторінка порталу EOS [16]

На сьогоднішній день реалізували власні сільськогосподарські проекти з моніторингу полів, створення карт класифікації культур, ідентифікації типів ґрунту і вологості ґрунту, а також прогнозування врожайності. Зробили це в рамках програм Світового банку для державних і недержавних організацій в США, Азербайджані, Казахстані, а також в Бразилії і Аргентині.

EOS допомагає фермерам прискорити процес прийняття рішень. За допомогою супутникового моніторингу система повідомляє своїх користувачів про критичні зміни в рослинності, відправляє попередження про погодні ризики в реальному часі та автоматизує процес пріоритетності в рамках завдань планування польових робіт. Інструмент визначає проблемні місця віддалено, що значно економить час і гроші. В результаті всі ці можливості гарантують, що ви не пропустите жодного важливого етапу обробки поля і своєчасно відреагуєте на будь-які зміни [16].

Головне завдання EOS - зручно об'єднати всю інформацію про ваших полях в одному місці, виявити і залучити увагу фермерів до проблемних місць. Для цього збираються дані з різних джерел - супутникові зображення, дані про погоду, типах ґрунтів, карти рослинності та ін. - і доповнюємо їх нашими

власними розробками. Після аналізу отриманих даних система повідомляє користувача про потенційні ризики та зміни, забезпечуючи зонування полів і правильну обробку полів, а також прогноз врожайності. В кінцевому підсумку система дозволяє оптимально використовувати ресурси і приймати ефективні рішення [16].

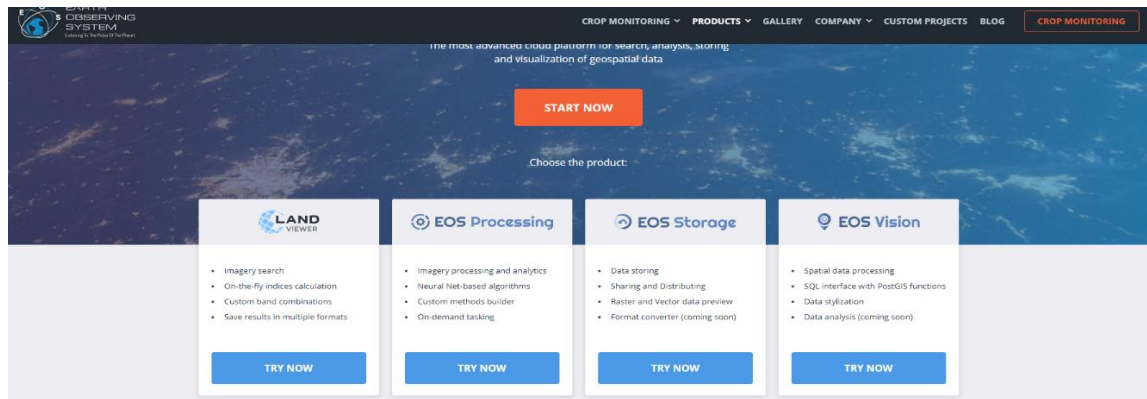


Рисунок 3.3 –Сторінка ресурсу EOS з основними продуктами

Популярним продуктом EOS є **LANDVIEWER**.

LandViewer - це простий і зручний веб-інтерфейс, представлений широкій публіці компанією EOS, скріншот інтерфейсу представлений на рисунку 3.4 із застосуванням вегетаційного індексу.

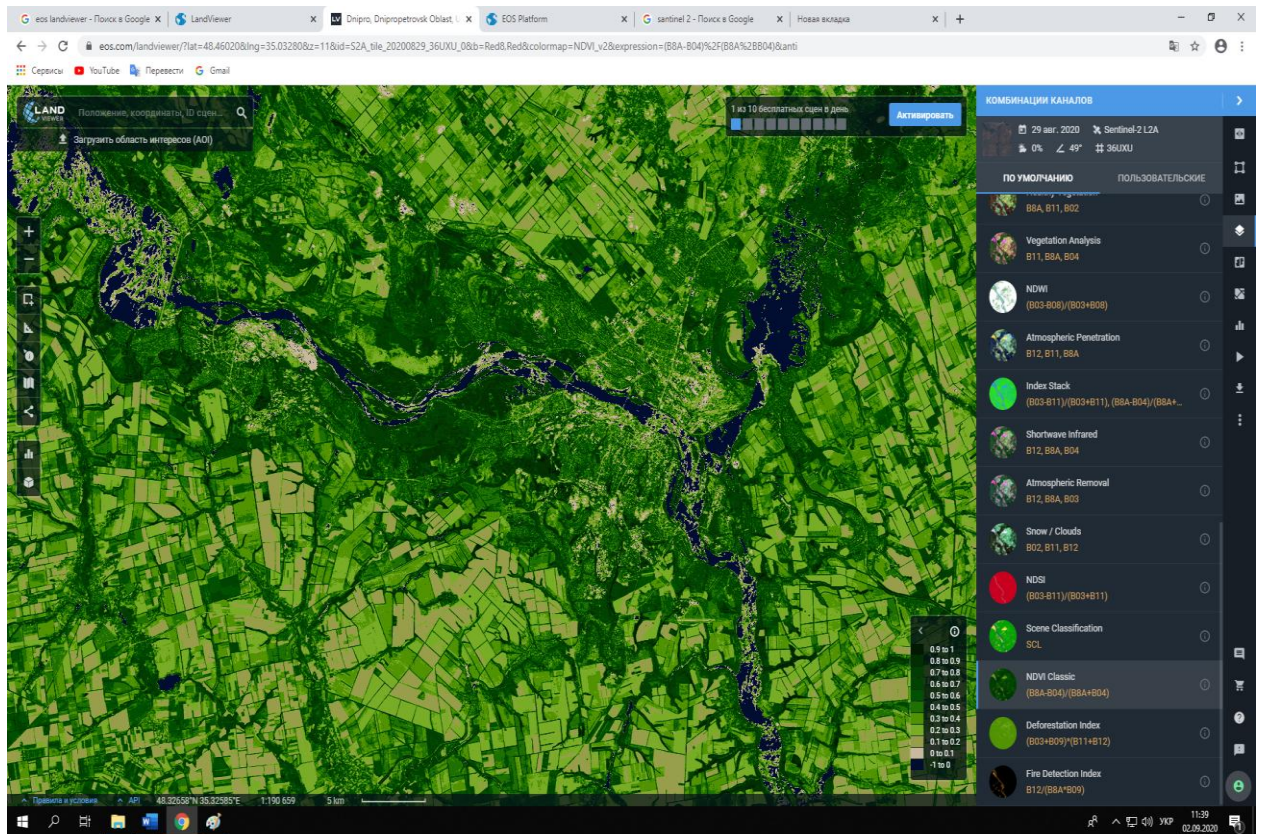


Рисунок 3.4 – Інтерфейс програми LandViewer із застосуванням індекса NDVI Classic на території та околицях м. Дніпро [34]

LandViewer дозволяє користувачам, які не є експертами, вибрати цікаву географічну область для аналізу, тип даних спостереження Землі та потім застосувати аналітику зображень на льоту. Land Viewer дозволяє вам точно визначати області, що цікавлять і шукати тільки ті зображення, які вам потрібні. Розрахунок спектральних індексів «на льоту» дозволяє зберігати знімки для завантаження і аналізу. Попередній перегляд, до 10 безкоштовних знімків на день і зручне завантаження зображень - ключові переваги Land Viewer [34].



## LAND VIEWER

предлагает оперативную обработку изображений и аналитику в реальном времени.



- > Мгновенный доступ к петабайтам актуальных и архивных данных
- > Возможность найти геопространственные изображения любого масштаба в 2 клика, выбрав интересующую область на карте или введя название локации в строку поиска.
- > Анализ изображений на лету и загрузка любого изображения, подходящего для ваших бизнес-целей



Рисунок 3.5 – Сторінка продукту EOS Land Viewer

Використання продукту EOS Land Viewer в дипломній роботі дало змогу отримати дані шляхом дистанційного зондування землі, отримати вегетаційні індекси та бази даних на окремих тестових полях метеостанцій Комісарівка та Чаплине.

Для отримання сцен на вибрані тестові поля у Land Viewer є можливість обирати дати, які саме нас цікавлять, супутники за допомогою яких робляться знімки та хмарність, що впливає в подальшому на розрахунки індексів. Основні супутники, що представлені це SENTINEL-2 та Landsat 8.

**Landsat 8** використовує мультиспектральні дані, які надає супутник. Дані з невидимих діапазонів спектра дозволяють нам аналізувати безліч різних аспектів, починаючи з типів поверхні, закінчуючи зростанням сільськогосподарських культур і природними катастрофами по всьому світу, іноді протягом декількох годин [17].

У термінології Landsat 8 зображення включає в себе діапазони 4-3-2. Діапазон - це смуга частот електромагнітного спектра або колір, не обов'язково видимий людському оку. Landsat позначає червоний, зелений і синій сенсори як 4,3 і 2 відповідно, таким чином, коли ми комбінуємо зображення з цих сенсорів, виходить повнокольорове зображення.

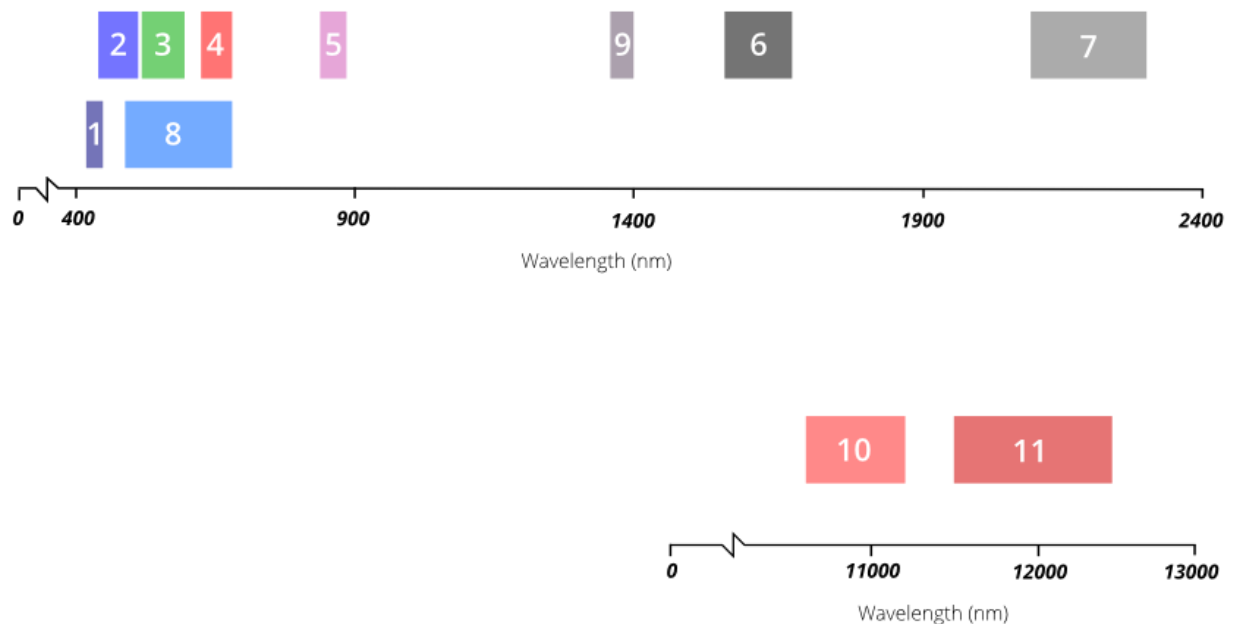


Рисунок 3.6 – Повний список діапазонів Landsat 8 [17]

Серед 11 діапазонів тільки короткохвильові (1-4 і 8) відповідають видимого спектру, інші чутливі до областей спектру, які людське око не розрізняє. Повнокольорове зображення це тільки половина того, що Landsat насправді бачить [17].

### Діапазони

Діапазон 1 – є чутливий до темно-синіх і фіолетових кольорах. Синій колір важко розпізнати з космосу, так як він добре розсіюється на пилу і частинках води в повітрі, а також на самих молекулах повітря. Це одна з причин, по яким віддалені предмети (наприклад гора на горизонті) мають блакитний відтінок, а також чому небо блакитне. Так само як і ми бачимо синю димку, коли дивимося в небо сонячним днем, так і Landsat дивиться на нас

через той же самий повітря. Ця частина спектра погано реєструється з достатньою точністю.

Діапазони 2, 3 і 4 – являють собою видимі синій, зелений і червоний спектри.

Діапазон 5 – вимірює ближній інфрачервоний спектр або NIR. Ця частина спектра особливо важлива для екологів, оскільки вода в листі здорових рослин відображає її. Порівнюючи з зображеннями інших діапазонів, ми отримуємо індекси на кшталт NDVI (нормалізований відносний індекс рослинності - простий кількісний показник кількості фотосинтетичний активній біомаси (вегетаційний індекс). Один з найпоширеніших і використовуваних індексів для вирішення завдань, що використовують кількісні оцінки рослинного покриву), які дозволяють нам вимірювати ступінь здоров'я рослини точніше, ніж якби ми просто оцінювали видиму зелень.

Діапазон 8 - панхроматичний. Він нагадує чорно-білу плівку: замість того, щоб розділяти кольору по спектру, він збирає їх все в одному каналі. За рахунок цього він сприймає більше світла і дає саму чітку картинку серед все діапазонів. Його роздільна здатність становить 15 метрів. Діапазони та довжини каналів наведені на рисунку 3.7 [35].

Спектральный канал	Длины волн, мкм	Разрешение (размер 1 пикселя)
<b>Диапазоны OLI (Operational Land Imager)</b>		
Канал 1 Побережья и аэрозоли (Coastal / Aerosol, New Deep Blue)	0.433 – 0.453	30 м
Канал 2 – Синий (Blue)	0.450 – 0.515	30 м
Канал 3 – Зелёный (Green)	0.525 – 0.600	30 м
Канал 4 – Красный (Red)	0.630 – 0.680	30 м
Канал 5 – Ближний ИК (Near Infrared, NIR)	0.845 – 0.885	30 м
Канал 6 – Ближний ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR 2)	1.560 – 1.660	30 м
Канал 7 – Ближний ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR 3)	2.100 – 2.300	30 м
Канал 8 – Панхроматический (Panchromatic, PAN)	0.500 – 0.680	15 м
Канал 9 – Перистые облака (Cirrus, SWIR)	1.360 – 1.390	30 м
<b>Диапазоны TIRS (Thermal Infrared Sensor)</b>		
Канал 10 – Дальний ИК (Long Wavelength Infrared, TIR1)	10.30 – 11.30	100 м
Канал 11 – Дальний ИК (Long Wavelength Infrared, TIR2)	11.50 – 12.50	100 м

Рисунок 3.7 – Канали космознімків Landsat-8 [35]

**SENTINEL-2** - служить отримання мультиспектральних зображень з високою роздільною здатністю і широким спектром огляду, підтримує дослідження Copernicus Land Monitoring, включаючи моніторинг рослинності, ґрунту і водного покриву, а також спостереження за внутрішніми водними шляхами та прибережними районами.

Мультиспектральний прилад SENTINEL-2 (MSI) виробляє вибірку 13 спектральних діапазонів: чотири діапазони на 10 метрів, шість діапазонів на 20 метрів і три діапазону з просторовим дозволом 60 метрів [17].

Отримані дані, охоплення місії і висока частота повторних відвідувань забезпечують генерацію геоінформації в місцевому, регіональному, національному та міжнародному масштабах. Дані призначені для модифікації та адаптації користувачами, які цікавляться тематичними областями, такими як:

- 1) просторове планування
- 2) агроекологічний моніторинг
- 3) моніторинг води
- 4) моніторинг лісів і рослинності
- 5) вуглець землі, моніторинг природних ресурсів
- 6) глобальний моніторинг врожаю.

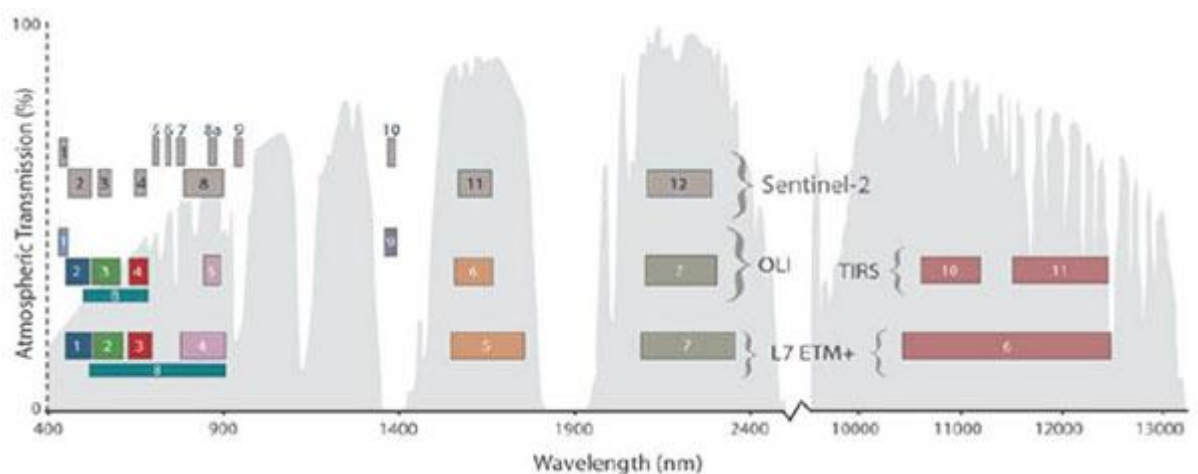


Рисунок 3.8 – Спектральні діапазони SENTINEL-2 і LANDSAT [17]

### 3.2 Вегетаційні індекси

Що ж являють собою вегетаційні індекси? Вегетаційний індекс – це математична комбінація двох та більше спектральних діапазонів, яка підсилює контраст між рослинністю (що має високу відбивну здатність) і не покритим рослинністю ґрунтом, будівлями тощо.

Вегетаційний індекс також допомагає досліджувати такі характеристики культур, як біомаса, інтенсивність росту, густина покриву і т.д. Існує понад сто індексів для вегетаційного аналізу, дізнатися докладніше про них можна в базі даних індексів. Розрахунок індексу NDVI традиційно є невід’ємною частиною стандартного аналізу.

Для вивчення характеристик водообміну в рослинному та ґрунтовому покриттях за допомогою дистанційних даних важливу роль відіграють різноманітні вегетаційні та водні індекси. Зокрема, вегетаційний індекс – це показник, розрахований за даними спектральних каналів космічного знімку і який має відношення до параметрів рослинності або ґрунту. На теперішній час існує близько 160 варіантів вегетаційних індексів. Вегетаційні індекси розробляють виходячи головним чином з особливості спектральної відбивної здатності рослинності або ґрунту. Наведемо деякі індекси, які використовувала в подальшій роботі.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормалізований різницевий індекс рослинності, вперше був описаний Rouse B.J. в 1973 році – простий кількісний показник кількості фотосинтетичної активної біомаси. Один з самих розповсюджених та поширених індексів для вирішення задач, що використовують кількісну оцінку рослинного покриття [18].

NDVI розраховується за формулою:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (3.1)$$

Де NIR – відображення в ближній інфрачервоній області спектра;

RED – відображення в червоній області спектра.

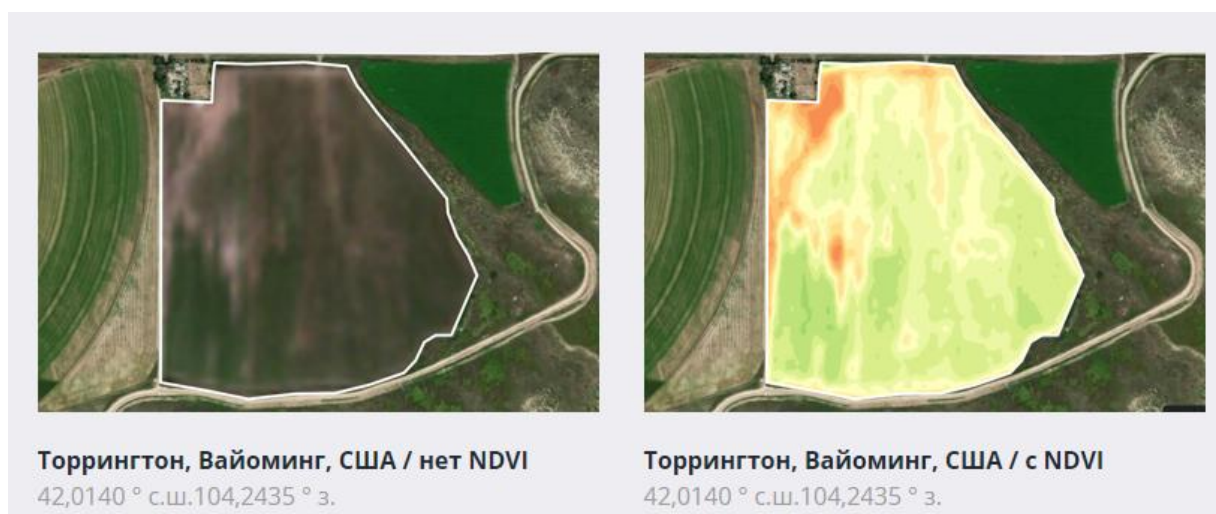


Рисунок 3.9 – Приклад зображення індекса NDVI на території США

Одержані на основі вегетаційних індексів відносні характеристики властивостей рослинності інтерпретують з урахуванням наземних даних, одержаних при конкретних польових дослідженнях.

Для озимої пшениці спостерігалось варіювання індексу залежно від попередника культури (найвищий NDVI відмічено в озимої пшениці після гороху, проміжні значення характерні для культур після ріпаку, сидерального пару, однорічних трав, найнижчі — після кукурудзи на силос). У фазі виходу в трубку (перша декада — початок другої декади травня) озима пшениця відзначалась значеннями  $NDVI = 0.31 \pm 0.12$ , що суттєво відрізняє її від інших культур у даний міжфазний період.

Другий за популярністю використання індекс **NDWI** (рисунок 3.10).

Раннє виявлення нестачі води може запобігти багатьом негативні впливи на посіви. Дистанційне зондування землі та індекс NDWI можуть контролювати зрошення в режимі реального часу, значно покращуючи сільське господарство, особливо в районах, де важко задовольнити потребу у воді.

Нормалізований різницевий водний індекс (NDWI), вперше введений в 1996 році в Гао (Гао), відображає вміст вологи в рослинах і ґрунті та визначається за аналогією з NDVI як:

$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad (3.2)$$

Усі вегетаційні індекси є безрозмірними показниками. На основі ВІ можуть бути визначені певні кількісні характеристики рослинного покриву. Також ВІ є ефективним засобом дешифрування основних типів денної поверхні та є інформаційною основою для проведення ретроспективного аналізу [19].



Рисунок 3.10 – Приклад зображення індекса NDWI на території України

Результати NDWI можуть бути представлені у вигляді карт і графіків, що надають інформацію як про просторовий розподіл водного стресу на рослинність, так і про його тимчасової еволюції за більш тривалі періоди часу.

Продукт NDWI безрозмірний і варіюється від -1 до +1, в залежності від змісту листяних порід, а також типу рослинності і покриття. Високі значення NDWI (показані синім кольором) відповідають високому вмісту води в рослині і покриттю високої фракції рослин. Низькі значення NDWI (червоний колір) відповідають низькому вмісту рослинності і покриттю з низьким вмістом рослинності. У періоди водного стресу показник NDWI буде знижуватися [19].

Індекс NDWI для оцінки ризику пожежі використовується для визначення наявності вологи в рослинному покриві. Більш високі значення NDWI вказують на достатню вологість, а низькі значення вказують на водний стрес.

NDSI - це міра відносної величини різниці в відбивної здатності між видимим (зеленим) і короткохвильовим інфрачервоним (SWIR). Він контролює

дисперсію двох діапазонів (один в ближньому інфрачервоному або короткохвильовому інфрачервоному діапазоні, а інший - у видимій частині спектру) ( рисунок 3.11). Це корисно для складання карти снігу. Сніг не тільки добре відображає у видимій частині електромагнітного спектру, але також володіє високим поглинанням в ближній інфрачервоній або короткохвильового інфрачервоній частині спектра, в той час як найбільша відбивна здатність хмар залишається високою в тих же частинах спектра, що означає забезпечує хороше поділ більшості хмар і снігу [20].

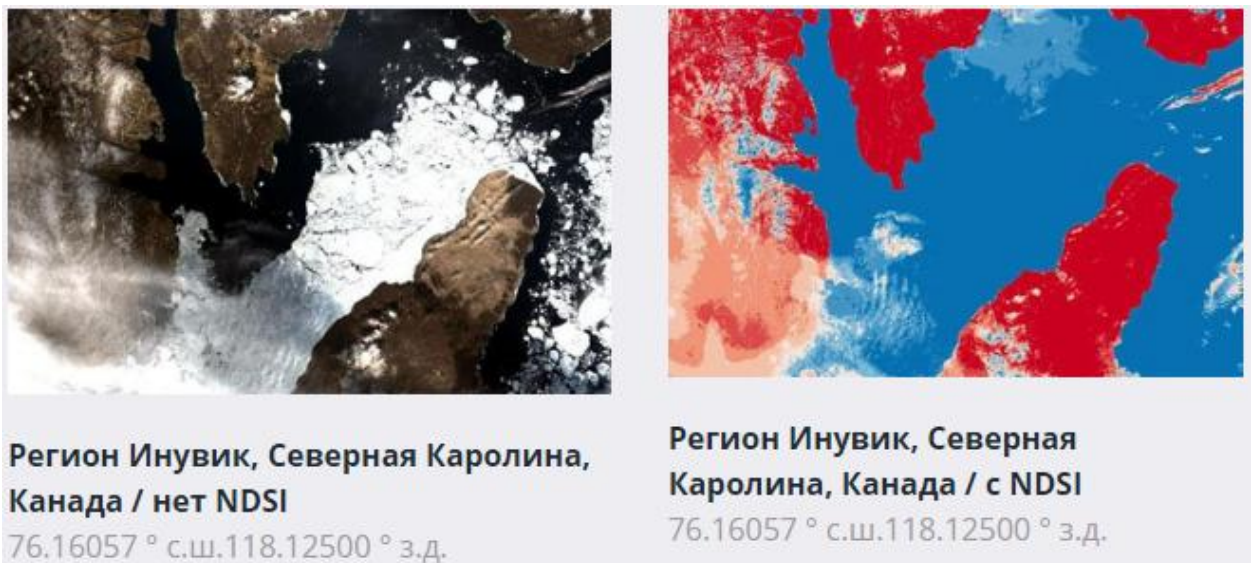


Рисунок 3.11 – Приклад зображення індекса NDSI на території Канади

Для розрахунку співвідношення двох смуг, знятих і складених на супутниковому знімку в певний час і в певному місці.

Індекс NDSI визначається за формулою:

$$NDSI = \frac{TM_{Band\ 2} - TM_{Band\ 5}}{TM_{Band\ 2} + TM_{Band\ 5}} \quad (3.3)$$

Нормалізований різницевий індекс являє собою спектральну смугу частот, яка використовує спектральні відмінності снігу в короткохвильових інфрачервоних і видимих спектральних смугах для снігу в порівнянні з іншими особливостями сцени. На видимих довжинах хвиль сніговий покрив настільки ж яскравий, як і хмари, і тому важко відрізнити від хмарного покриву. Однак на



1,6 мкм сніговий покрив поглинає сонячне світло і, отже, виглядає набагато темніше хмар. Це дозволяє ефективно розрізняти сніговий покрив і хмари. Значення  $NDSI > 0,4$  зазвичай вказують на наявність снігу [20].

**Індекс нормалізованої різниці води (NDMI)** може стосуватися одного з принаймні двох показників, отриманих дистанційним зондуванням, що стосуються рідкої води.

Один використовується для моніторингу змін вмісту води у листі, використовуючи довжину ближньої інфрачервоної (NIR) та короткохвильової інфрачервоної ( $SWIR_1$ ) хвиль .

Інший використовується для моніторингу змін, пов'язаних із вмістом води у водних об'єктах, з використанням зелених довжин та довжин хвиль NIR.

Доцільно використовувати індекс NDMI, запропонований Гао, використовуючи NIR та SWIR. Коефіцієнт відбиття SWIR у цьому індексі відображає зміни як вмісту води у рослинній речовині, так і структури губчастого мезофілу у пологах рослинності. На коефіцієнт відбиття NIR впливає внутрішня структура листя та вміст сухої речовини листя, але не вміст води. Поєднання NIR із SWIR усуває зміни, спричинені внутрішньою структурою листя та вмістом сухої речовини листя, покращуючи точність отримання вмісту води у рослинності.

### 3.3 Технологія розрахунку вегетаційних індексів в QGIS

Метою розрахунків постало питання ефективності тарування даних ДЗЗ, зокрема вегетаційних індексів, прямими польовими вимірюваннями або за використання розрахункових методів, які ґрунтуються на результатах саме польових вимірювань. Тобто, основною задачею є розпізнавання образів вегетаційних індексів з метою встановлення ґрунтових вологозапасів на конкретному полі під конкретною сільськогосподарською культурою.

В представлених результатах дослідження використані дані ДЗЗ супутників Sentinel 2 L2A та Landsat 8 за якими, за вегетаційний період 2019 року, сформовані бази даних спектральних (вегетаційних) індексів NDVI (найбільш вживаних в дослідженнях, індекс нормалізованої диференціальної рослинності) та NDMI (нормалізований індекс різниці вологи в рослині). Також в якості вихідної інформації використані дані карти класифікації посівів, що представлені на рисунку 3.12 [21], за допомогою якою вибрані тестові поля поблизу метеостанцій Комісарівка та Чаплине (Дніпропетровська область). Обрані тестові поля, що ми вибрали на метеостанції Комісарівка представлені на рисунку 3.13.

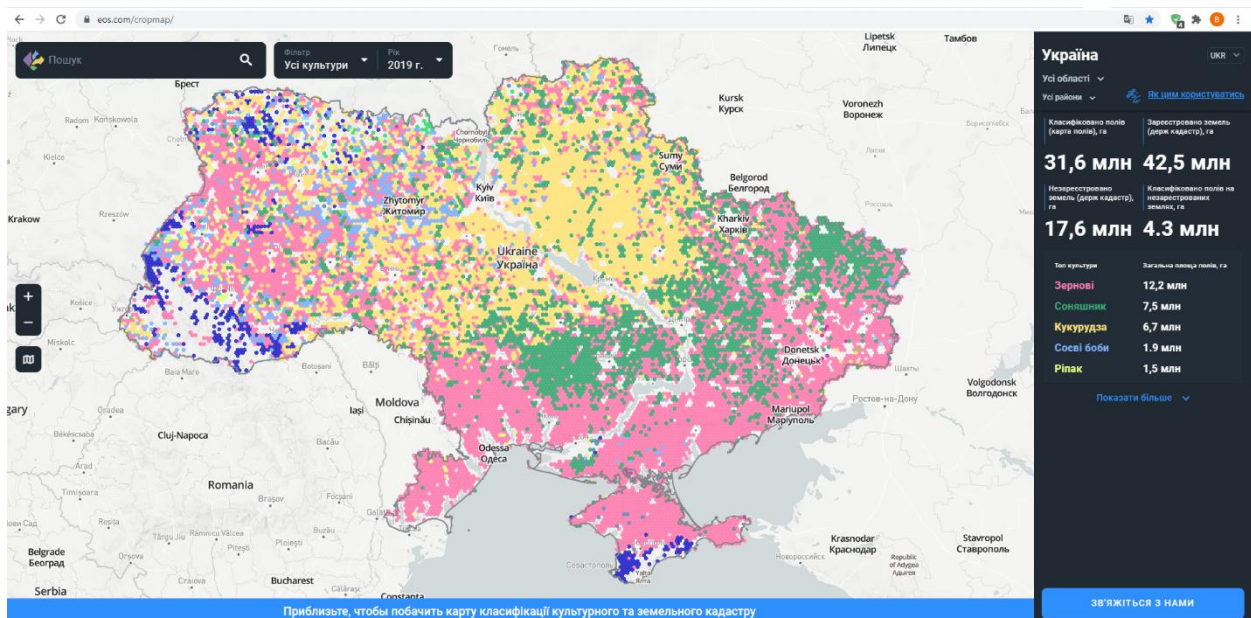


Рисунок 3.12 – Електронний ресурс EOS стормар з класифікацією посівів на території України [21]



Рисунок 3.13 – Тестові поля з посівами озимої пшениці поблизу метеостанцій Комісарівка, 2019 р. [21]

Була виявлена можливість визначення типу сільськогосподарської культури за класифікацією посівів за допомогою Кадастрової карти України [9], що зображено на рисунку 3.14.

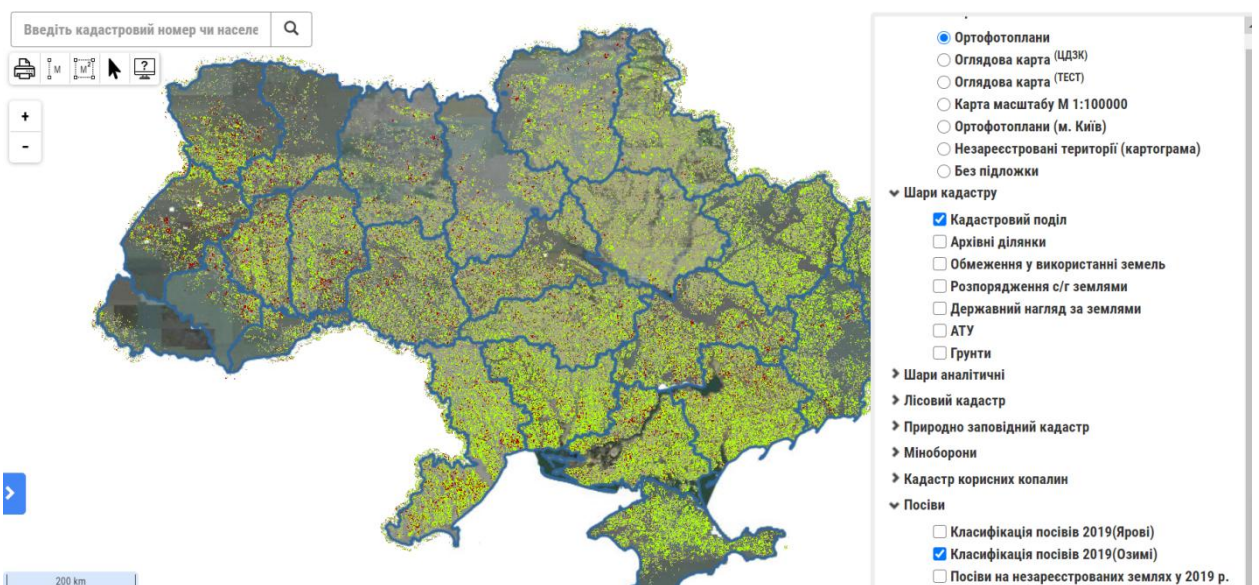


Рисунок 3.14 – Кадастрова карта України класифікація посівів 2019 (озимі) [9]

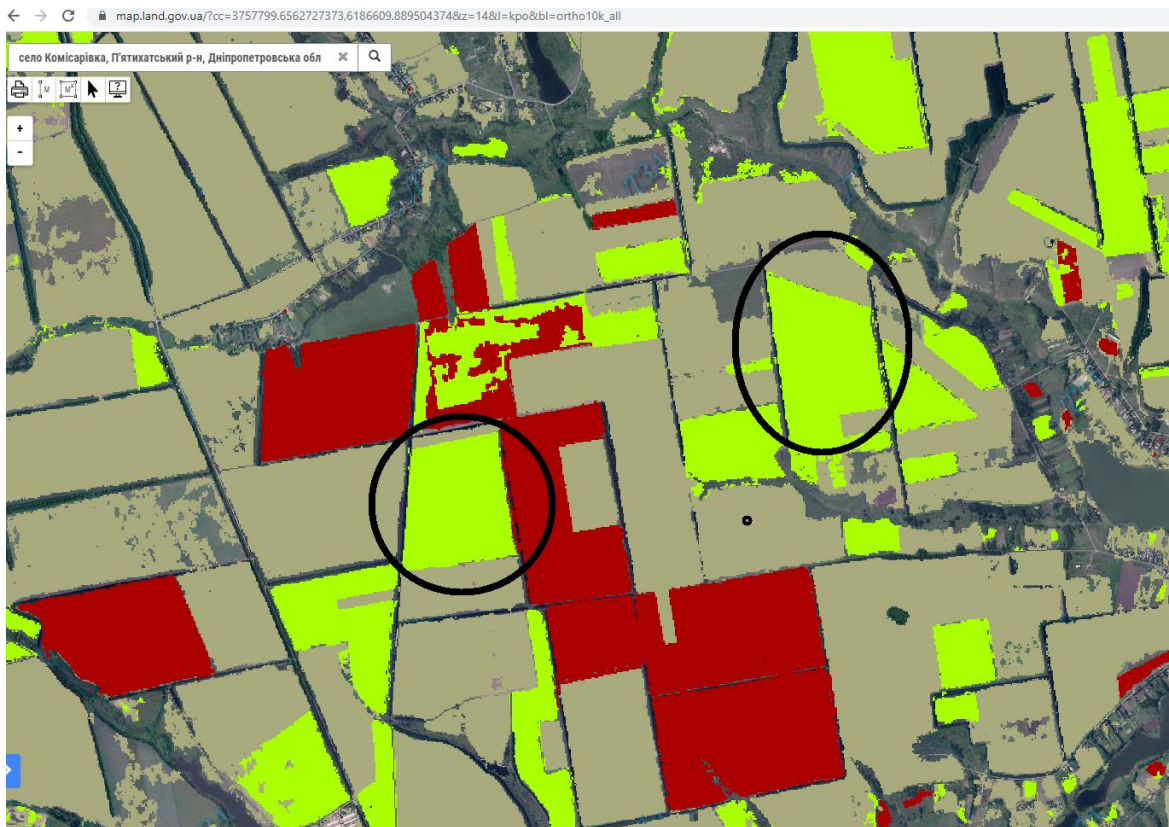


Рисунок 3.15 – Тестові поля з посівами озимої пшениці поблизу метеостанції Комісарівка, 2019 р [9]

Обраний шар «Класифікація посівів 2019 (Озимі)» - відображає інформацію щодо площі посівів однорічних рослин, висіяних восени 2019 року (Озимі). Шар носить інформативний характер та дозволяє простежити актуальний стан посівів сільськогосподарських культур [9].

EOS (LandViewer) не надає можливості завантажувати сцену індекса НДМИ, тому його визначення провели за допомогою QGIS .

Технологія проведених розрахунків наступна:

1. З LandViewer завантажили складові формули  $NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$ , як окремі сцени аналітичних індексів. В Sentinel це аналітичні індекси B8 (NIR) и B11 (SWIR1). В Landsat це B5 та B6 відповідно.

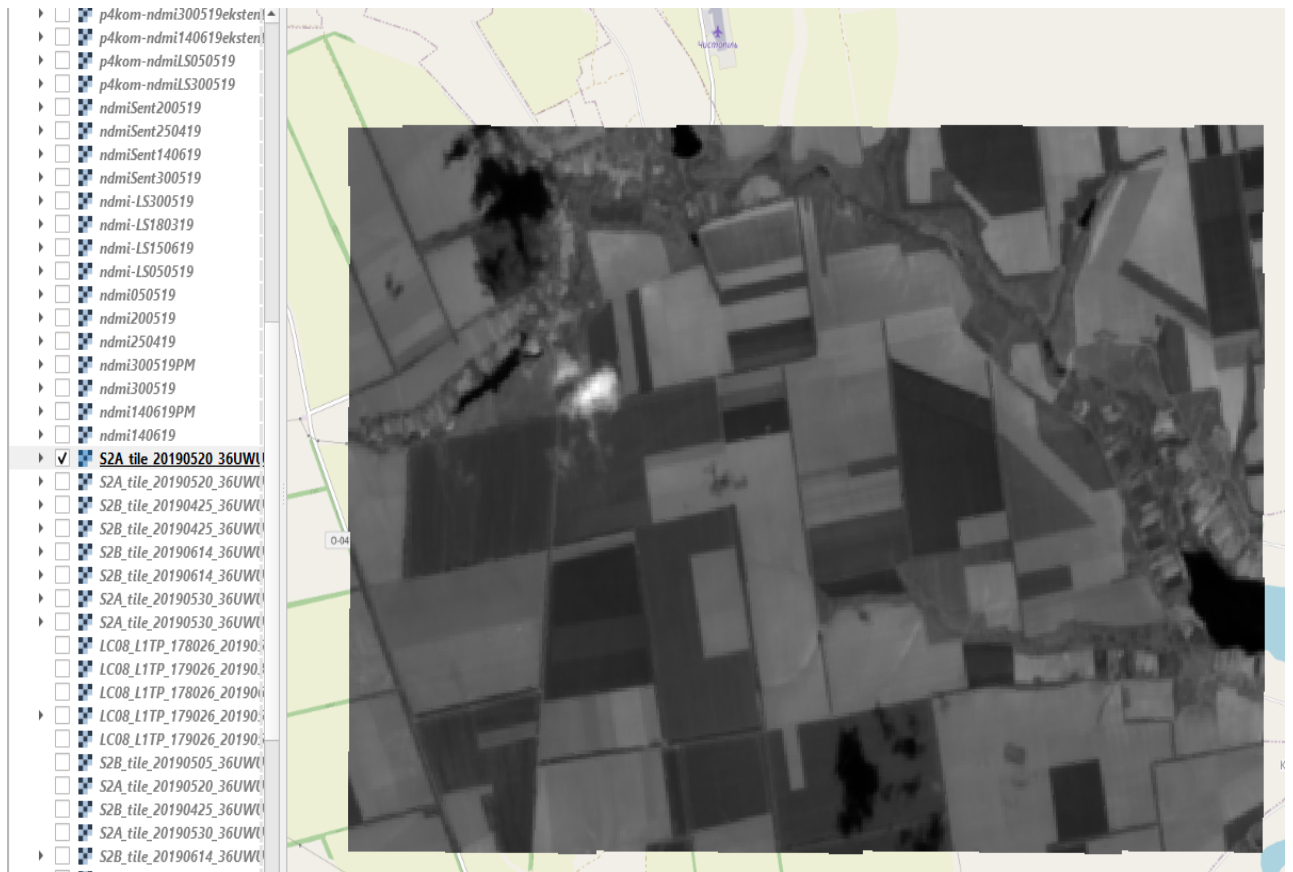


Рисунок 3.16 - Сцена аналітичних індексів на тестових полях на прикладі МС Комісарівка

Створені растрові шари цього індексу за період вегетації озимої пшениці в 2019 році із березня до червня. Кількість сцен обмежувалась наявністю хмар на знімках, які відповідно впливають на параметри спектрального аналізу.

2. За допомогою калькулятора растрів реалізували формулу. Калькулятор растрів – вбудована функція в QGIS, що дозволяє виконувати оверлейні операції, тобто з готових шарів ми можемо отримувати нові, шляхом нескладних математичних операцій. Робоче вікно калькулятора растрів приведено на рисунку 3.17.

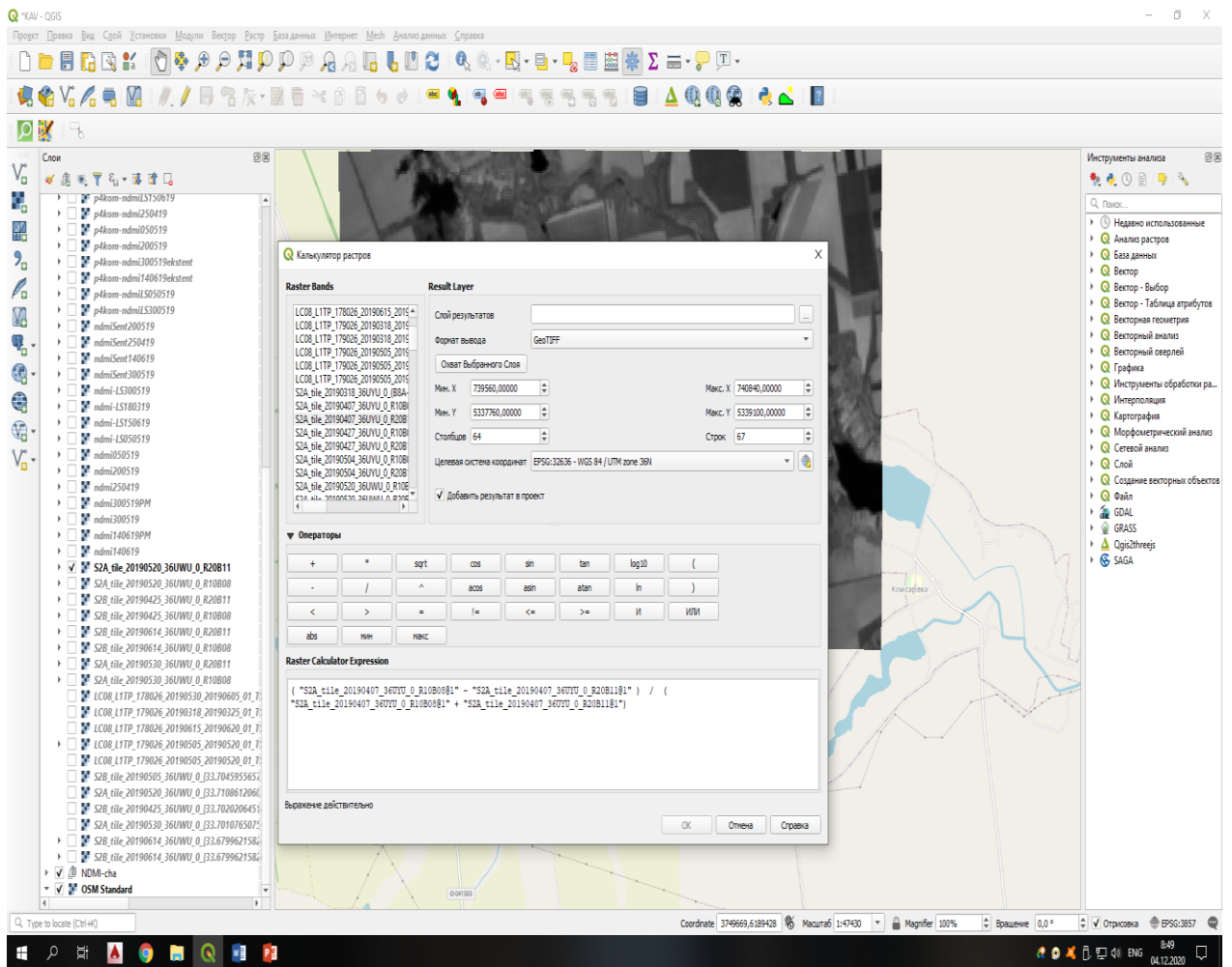


Рисунок 3.17 – Програмный комплекс QGIS, функция калькулятор растрів

Після проведених розрахунків ми отримали індекс NDMI для тестових полів МС Комісарівка. За властивістю файлів QGIS визначили кількісні значення вегетаційних індексів для конкретного поля на конкретну дату, приклад отриманого розрахунку показано на рисунку 3.18.

Отже, шляхом проведених розрахунків та визначених індексів будемо графік (рисунок 3.19).

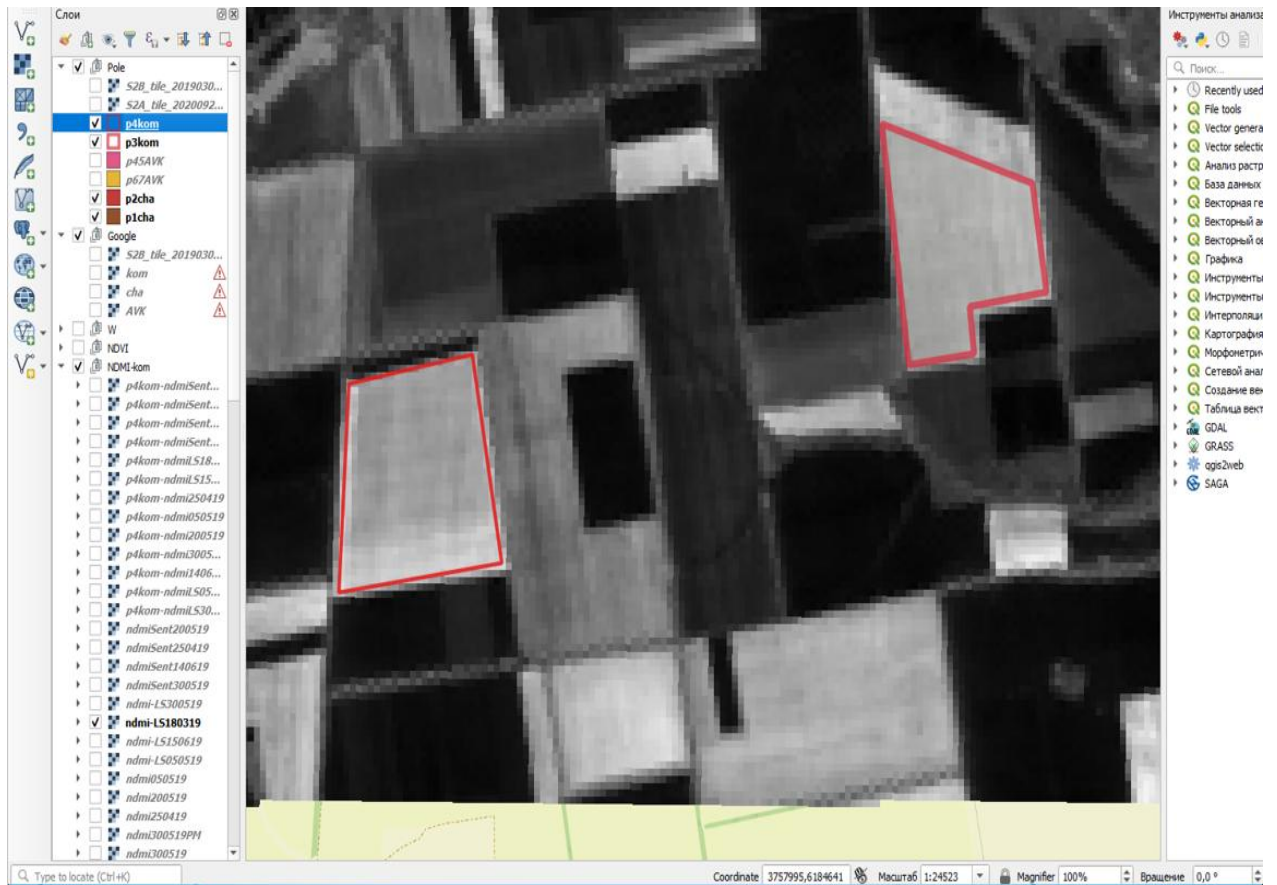


Рисунок 3.18 – Моделювання вегетційного індексу NDMI (виділені тестові поля п4 та п3 на МС Комісарівка) в програмному комплексі QGIS шляхом розрахунку в калькуляторі растрів.



Рисунок 3.19 – Графік залежності від розрахункової вологи

Таким чином, для вегетаційного сезону 2019 року сформована база значень вологозапезпеченості (ГІС РГВ) та вегетаційних індексів (дані ДЗЗ) для тестових полів з посівами озимої пшениці поблизу МС Комісарівка та Чаплине.



## 4 ГІС МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМУ ГВ І ІНТЕГРАЦІЯ З ДАНИМИ ДЗЗ

В попередньому параграфі сформована база даних для вегетаційного сезону 2019 року значень вологозабезпеченості та вегетаційних індексів для тестових полів з посівами озимої пшениці.

Вибрані тестові поля поблизу метеостанцій Комісарівка та Чаплине були визначення шляхом роботи с ресурсами EOS Стартар та Кадастрова карта України, що були описані детально з прикладом інтерфейсу та відповідними фільтрами в 3 розділі дипломного проекту.

### 4.1 База даних по запасам вологи на тестових полях

Дані по запасам вологи на тестових полях визначені з розробленої для умов Дніпропетровської області ГІС РГВ на весь вегетаційний період, при цьому термінами розрахунку служили за період квітень-червень були дати закінчення пентад (5,10,15,20,25 та 30-те число місяця), та дати стандартних термінів вимірювання вологи на метеостанціях (8,18,28 число кожної декади).

Для конкретного поля середні запаси вологи та їх мінливість по полю визначені шляхом виборки їх (рис 4.1) з ГІС РГВ для області на конкретну дату(рис 4.2).

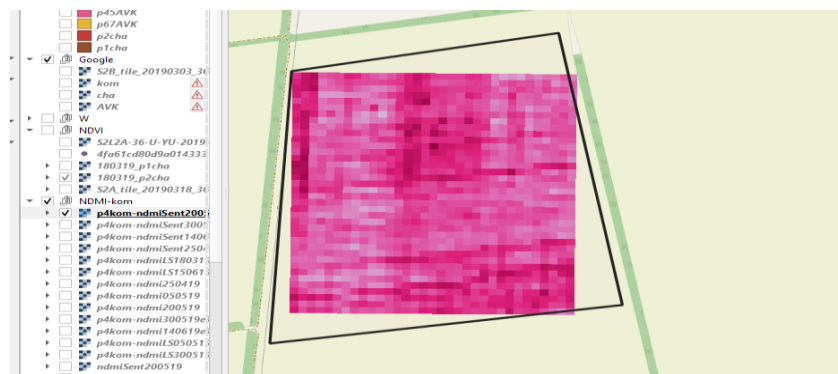


Рисунок 4.1 – Тестове поле МС Комісарівка на дату ГІС режиму ґрунтової вологи під пшеницею озимою

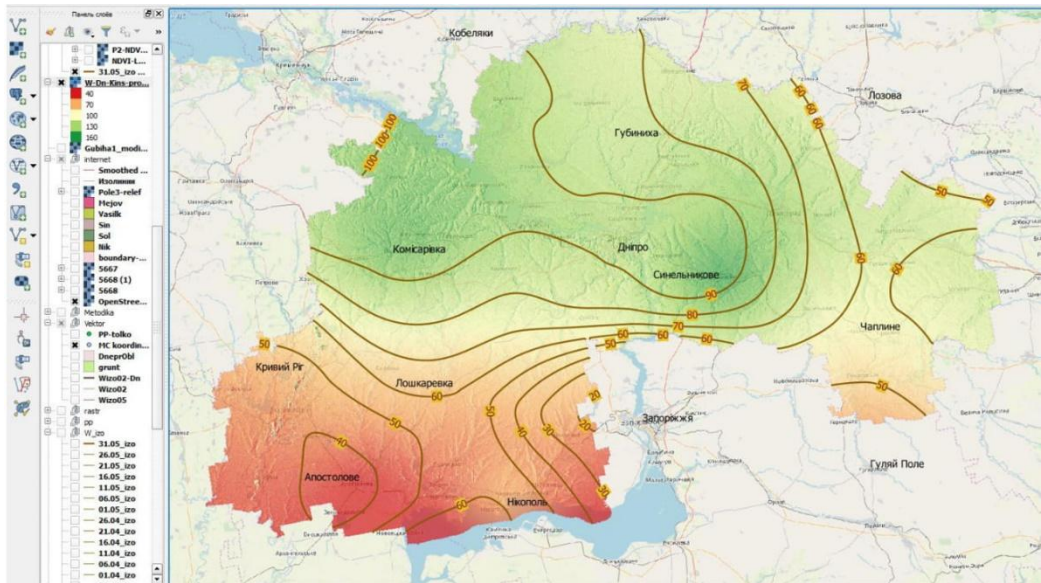


Рисунок 4.2 – ГИС РГВ Дніпропетровської області на дату 18.05.2019 року

Дані виборки з бази даних представлені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Дані NDVI та запаси продуктивної вологи на конкретну дату на МС Комиссарівка \*

Дата	NDVI	Wprod1м, мм
		p4kom
01.07.2019	0,21	23
26.06.2019	0,24	32
21.06.2019	0,33	46
19.06.2019	0,41	50
16.06.2019	0,58	60
14.06.2019	0,73	68
11.06.2019	0,84	82
04.06.2019	0,88	70
30.05.2019	0,89	77
27.05.2019	0,85	95
20.05.2019	0,9	86
17.05.2019	0,87	102
12.05.2019	0,79	122
05.05.2019	0,88	118
27.04.2019	0,79	136
25.04.2019	0,76	148
20.04.2019	0,79	156
07.04.2019	0,69	128
05.04.2019	0,71	137
31.03.2019	0,72	148
28.03.2019	0,67	155
18.03.2019	0,65	165

\*-дати для вегетаційних індексів вибрані з бази EOS

Для аналізу та наглядності, бази представлені у вигляді графіків режиму вегетаційних індексів (NDVI) та запасу вологи (рисунок 4.3).

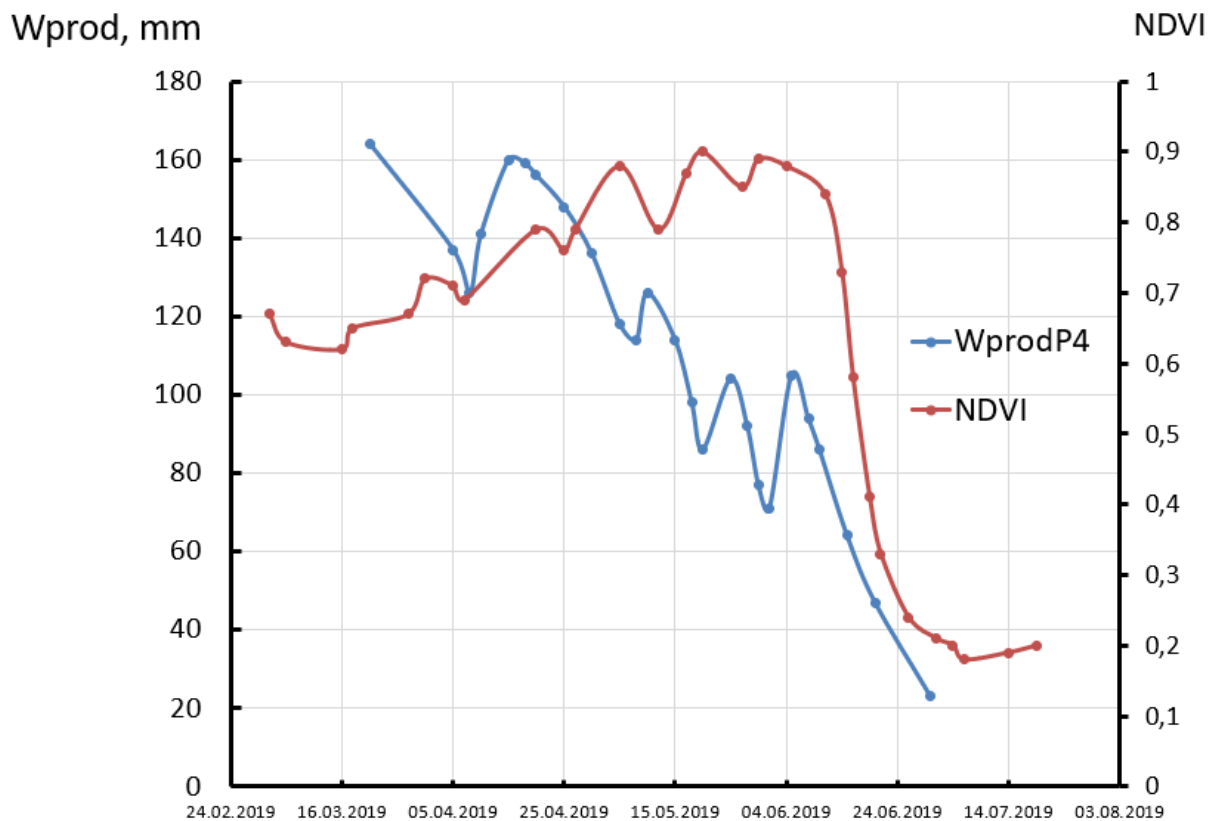


Рисунок 4.3 – Продуктивні запаси вологи та режим вегетаційного індексу NDVI

Якщо NDVI – вегетаційний індекс запозичений з портала EOS, то найбільш придатний для визначення запасів вологи індекс – NDMI.

Ми розрахували шляхом імпорту сцен спектрального знімку аналітичні індекси що входять в формулу NDMI ,за даними супутника Santinel 2:

Де B8- NIR ближній інфрачервоний (див. рисунок 3.7), з довжиною хвилі 0,845-0,885;

B11 – SWIR ближній інфрачервоний (див. рисунок 3.7) з довжиною хвилі 1,560-1,660.

Інтеграція аналітичних індексів в QGIS B8 – B 11

За допомогою калькулятора растрів створений растр індексу NDMI (див. рисунок 3.17).

Зробили виборку для тестових полів шляхом обрізки по контуру поля даних ндми , таким чином сформований ряд цього індексу для тестових полів.

Таблиця 4.1– Дані на МС Комисарівка зв'язок індексу та вологи

Дата	Wпрод	Wгис
25.04.2019	0,333	164
20.05.2019	0,536	118
30.05.2019	0,524	77
14.06.2019	0,351	66

Таблиця 4.2 – Дані на МС Чаплино зв'язок індексу та вологи

Дата	Wпрод	Wгис
27.04.2019	0,89	137
04.05.2019	0,81	125
19.05.2019	0,7	92
29.05.2019	0,71	83

Наступним кроком – спроби знайти зв'язок між запасами вологи ГИС РГВ та відповідними вегетаційними індексами.

## 4.2 Інтеграція з даними дистанційного зондування Землі до ГІС моделювання режиму ґрунтової вологи

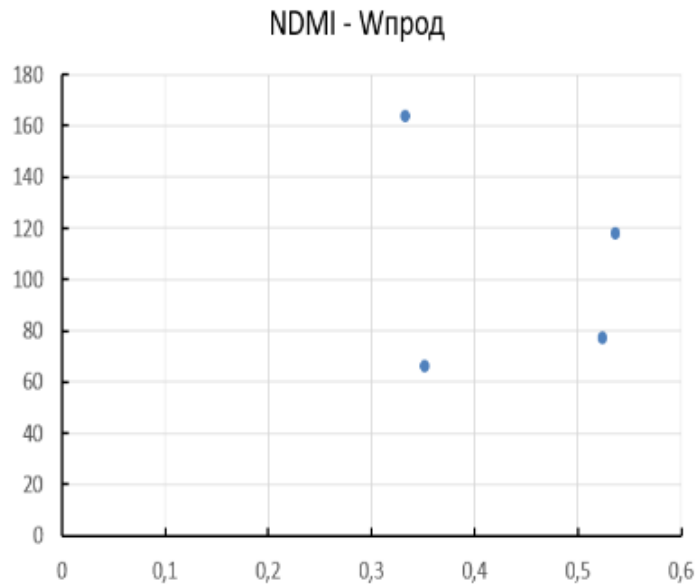


Рисунок 4.4 – Графік побудови зв'язку між запасами вологи геоінформаційних систем режиму ґрунтової вологи та індексами NDMI на МС Комісарівка

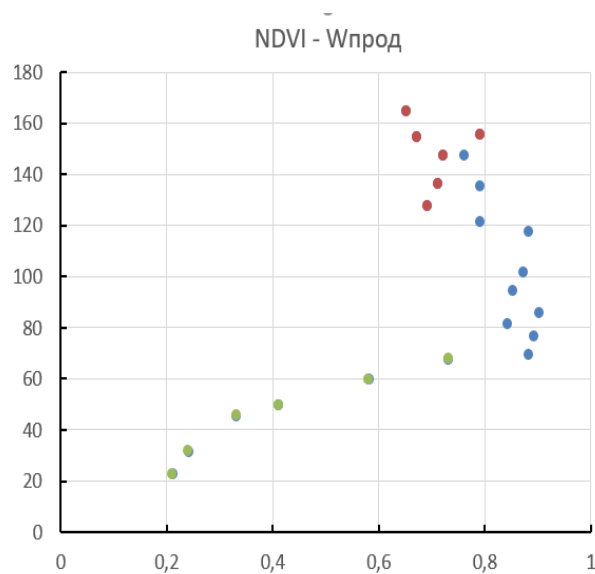


Рисунок 4.5 – Графік побудови зв'язку між запасами вологи геоінформаційних систем режиму ґрунтової вологи та індексам NDVI відповідно на МС Комісарівка

Побудувавши графіки бачимо, що зв'язку даних немає. Отже, необхідно вводити додаткові вихідні дані та відшукувати кращий зв'язок, що зроблено в пункті 4.3.

#### 4.3 Інтеграція ГІС режиму ґрунтової вологи з даними дистанційного зондування Землі

Спробували пов'язати запаси вологи з вегетаційними індексами у складі комплексного показника, який би включав один з доступних погодних факторів, наприклад суму активних температур повітря або дефіцитів вологості повітря.

Комплексний показник представлений у вигляді:

$$K_{\text{NDMI}} = \text{NDMI} * (\text{ST}_{\text{akt}})^n \quad (4.2)$$

Де NDMI – вегетаційний індекс;

$\text{ST}_{\text{akt}}$  – сума активних температур.

Перевірка зв'язку запасів вологи з комплексним показником  $K_{\text{NDMI}}$  за вегетаційний період 2019 року за формулою 4.2, шляхом побудови графіка (рисунок 4.5) дозволила визначити характер та тісноту зв'язку.

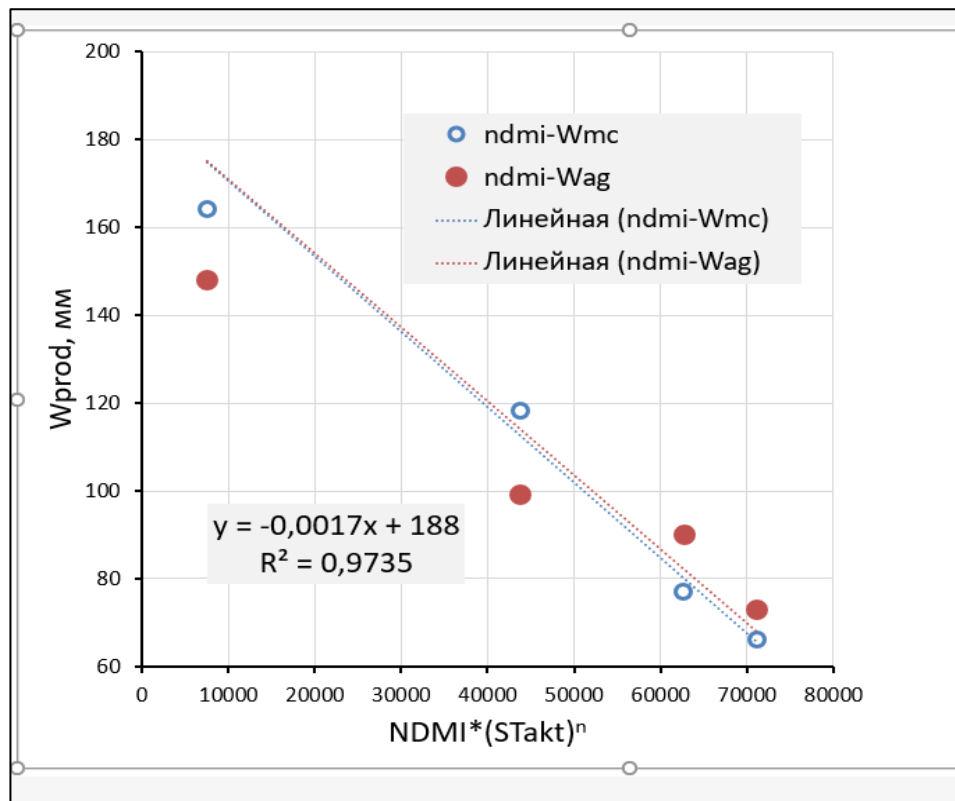


Рисунок 4.5 – Графік зав’язків продуктивної вологи  $W_{prod}$  з комплексним показником  $K_{NDMI}$  на тестових полях поблизу МС Комісарівка

З графіка видно, що найбільше підходить лінійна апроксимація такого зв’язку. Отже, значення продуктивної вологи можемо визначити за формулою:

$$W_{prod} = -0,0017 \cdot K_{NDMI} + 188; \quad (4.3)$$

Де: 188 – найменша вологоємність продуктової вологи для МС Комісарівка;

$K_{NDMI}$  – комплексний показник.

Будуємо такий самий графік зв’язків вологи с комплексним показником на тестових полях поблизу МС Чаплине (рисунок 4.6).

$$W_{prod} = -0,0014 \cdot K_{NDMI} + 142;$$

Де 142 – найменша вологоємність продуктової вологи для МС Чаплине;

$K_{NDMI}$  – комплексний показник.

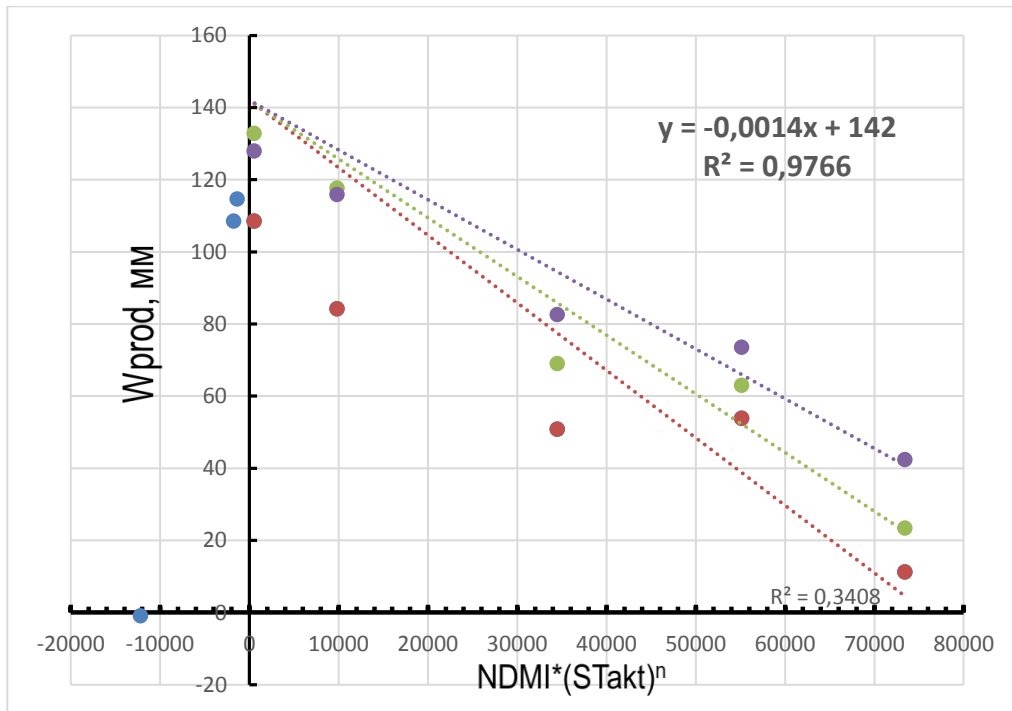


Рисунок 4.6 – Графік зав'язків продуктивної вологи  $W_{prod}$  з комплексним показником  $K_{NDMI}$  на тестових полях поблизу МС Чаплине

Використовуючи ці зв'язки (формули), визначені запаси вологи за показником  $K_{NDMI}$ , які представлені в таблиці 4.3 разом з запасами вологи по метеостанції і за даними ГИС РГВ.

Таблиця 4.3 – Результат розрахунків за показником  $K_{NDMI}$  та зв'язок з даними МС Комісарівка

Дата	$W_{ndmi}$	$W_{mc}$	$W_{гис.ргв}$
25.04.2019	175	148	148
20.05.2019	113	116	99
30.05.2019	81	70	90
14.06.2019	67	67	73

Адаптація ГИС до ДЗЗ проведено для тестових полів за один вегетаційний сезон. Точок спостереження недостатньо для того, щоб вважати ці зв'язки надійними, а значить і репрезентативними, тому ця технологія адаптації ГИС до даних ДЗЗ – є першим кроком і потребує суттєвого уточнення.



## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Дослідження стану з охорони праці у ПВФ «ГИСлаб»

Управління охороною праці – це заходи, які забезпечують здоров'я людини та її працездатності під час виконання роботи.

Система управління охороною праці (СУОП) є невід'ємною частиною керування підприємством. Робота структурних підрозділів спрямована на створення безпечних і здорових умов праці. Завдання служби охорони праці та її функції викладені в Типовому положенні про службу охорони праці [22].

У відповідності з вимогами діючого законодавства розроблена програма по навчанню робітників охорони праці. Повинні проводитись наступні види інструктажів: вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий.

За стан охорони праці на підприємстві відповідальність несе директор. Всього працює близько 30 осіб.

Фахівця з охорони праці немає, його функції виконує головний інженер, у якого в кабінеті організовано куток з охорони праці.

Наглядна агітація представлена таблицями та плакатами, всі вони в задовільному стані та не потребують оновлення.

Всі робочі місця обладнані персональними комп'ютерами. Робоче приміщення має як природне, так і штучне освітлення. Розміщені великі пластикові вікна, а на стелі розташовані чотири вмонтованих світильника, кожен з 4-ма люмінесцентними лампами. Віконні прорізи приміщення обладнані жалюзями.

Для обігріву приміщення використовується водяне опалення через батареї, а також кондиціонер. Попри присутність кондиціонера, що в холодну погоду здійснює функцію опалення та кондиціонування повітря, а у жарку –

охолодження повітря до максимально доступної температури в приміщенні відсутній іонізатор повітря. Крім комп'ютерів у приміщенні знаходяться ще і принтери та ксерокси, що є порушенням. Ксерокс повинен стояти в окремому приміщенні.

З приводу розміщення самих комп'ютерів Правилами передбачено, що світло повинно падати на нього збоку, переважно зліва. В даній кімнаті розташування 11 комп'ютерів знаходиться відповідно до встановлених норм. П'ять комп'ютерів розташовані так, що природне світло падає з правого боку, але не всі робочі місця відповідають вимогам освітлення.

Санітарно-гігієнічні умови відповідають встановленим нормам, працюючі забезпечені переодягальнями, туалетними кімнатами та миючими засобами.

Умивальники і туалети розташовані в глухій кімнаті (санітарний стан відповідає нормі). В теплі пори року (тобто весну, літо, частину осені) кімната провітрюється завдяки відкриванню вікон. Кабінет не озеленено. На вікнах кабінету знаходяться жалюзі.

Фінансування заходів з охорони праці проводиться за рахунок підприємства.

Проводяться роботи, що до створення безпечних умов праці і збереження здоров'я працівників на підприємстві згідно з Кодексом законів про працю України, Законом «Про охорону праці», іншими нормативними актами, а також забезпечує додержання прав працівника, гарантованих законодавством про охорону праці. Для цього передбачаються комплексні інженерно-технічні заходи для досягнення нормативів безпеки, гігієни праці та підвищення рівня охорони праці.

## 5.2 Дослідження виробничого травматизму на підприємстві ПВФ «ГІСлаб»

Аналіз виробничого травматизму та профзахворюваності дозволяє виявити причини і визначити закономірності їх виникнення. На основі такої

інформації розробляються заходи та засоби щодо профілактики виробничого травматизму і профзахворюваності. Для аналізу виробничого травматизму застосовують такі основні методи: статистичний, топографічний, монографічний, економічний, метод анкетування, метод експертних оцінок.

Для проведення розрахунку вихідні дані беруть зі звіту підприємства де проводиться аналіз за формою 7-ТВН, акти про нещасні випадки в господарстві за формами Н-1, Н-5, НТ, П-5 [21].

Для кількісної характеристики виробничого травматизму в основному використовують наступні показники:

$$\text{коефіцієнт частоти травматизму } K_{\text{ч}} = \frac{T}{P} 1000;$$

$$\text{коефіцієнт важкості травматизму } K_{\text{в}} = \frac{D}{T};$$

$$\text{коефіцієнт втрат робочого часу } K_{\text{вт}} = \frac{D}{P} 1000,$$

де: Т – кількість нещасних випадків (травм) за досліджуваний період;

Р – середня (за списком) кількість працівників, чол.;

Д – сумарна втрата днів непрацездатності в результаті нещасного випадку, днів.

Успішна профілактика нещасних випадків на виробництві та захворювань можлива тільки при ретельному вивченні причин. Щоб полегшити це завдання, причини нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань зазвичай ділять на наступні основні групи: організаційні, технічні, гігієнічні, психофізіологічні.

Організаційні причини: недостатня або погана підготовка в умовах праці; недолік контролю; порушення інструкцій, правил, норм, вимог до стандартів; не застосовуються заходи щодо забезпечення робочого середовища; порушення технічних регламентів, правил експлуатації обладнання, інструментів та механізмів; порушення норм і правил планового і профілактичного ремонту

обладнання; недостатній технічний нагляд за небезпечними роботами; неналежне використання інструментів та механізмів.

У таблиці узагальнені основні показники травматизму і захворювань в економіці (компаніях) за останні 3-5 років і зроблені висновки про їхній рівень і основні причини їх виникнення.

Виробничого травматизму не було виявлено в ході роботи, тому користуватися таблицею не рекомендується [22].

### 5.3 Розробка проекту інструкції з охорони праці при роботі за комп'ютером

#### 5.3.1 Загальні вимоги

Головна небезпека при роботі з комп'ютерами є напруга живлення 220-380 В. Допускаються до роботи особи, які:

а) ознайомилися з інструкцією щодо роботи з ЕОМ і отримали інструктаж на робочому місці;

б) засвоїли відповідний практичний курс, необхідний для роботи за комп'ютерами.

#### 2. Вимоги безпеки при роботі за пультами ЕОМ [24]:

а) при роботі з ЕОМ необхідно пам'ятати, що в них є напруга, небезпечна для життя. 16 КВ — постійна напруга на електропроменевої трубки; змінна напруга 220 В, 50 Гц — напруга живлення мережі;

б) у зв'язку з цим необхідно суворо дотримуватися таких вимог техніки безпеки:

- не вмикати і не вимикати роз'єми кабелів при поданій напрузі живлення;
- не залишати комп'ютери під живленням без нагляду;
- в) перед вмиканням ЕОМ у мережу необхідно переконатись:

- у наявності заземлення приладів;
  - у справності шнура живлення, шнура зв'язку клавіатури з блоком живлення;
  - увімкнути живлення.
3. У разі виникнення пожежі необхідно:
- а) використати всі наявні засоби пожежогасіння, крім води і вогнегасника ОХП-10;
  - б) при необхідності викликати пожежну команду телефоном 01.
4. Категорично забороняється:
- а) включати ЕОМ у розетку при несправному шнурі живлення;
  - б) під'єднувати і роз'єднувати роз'єми кабелів;
  - в) проводити будь-який ремонт під час включення ЕОМ.
5. Вимога безпеки після закінчення роботи:
- а) після закінчення роботи на ЕОМ необхідно відключити живлення;
  - б) слід пам'ятати, що після включення індикатора (виключення індикатора) частина схеми перебуває під напругою 220 В [24].

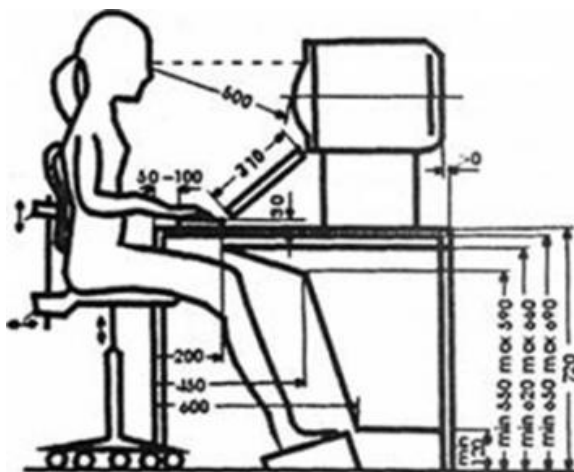


Рисунок 5.1 – Правильна робоча поза при роботі за комп'ютером

Таким чином, для того щоб особи, які працюють з комп'ютерною технікою, меншою мірою втомлювались і зберігали високий рівень працездатності, потрібно раціонально організувати їх робочі місця.

## 5.4 Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшення умов праці ПВФ «ГИСлаб»

### 5.4.1 Розрахунок природного та штучного освітлення

Стан охорони праці є показником соціального й науково-технічного розвитку держави. Умови праці, які відповідають нормативним вимогам, дозволяють якщо не уникнути, то хоча би скоротити захворюваність, пов'язану з виробництвом. Турбота про здоров'я людини – найголовніше завдання держави. Адже саме за сприятливих умов праці людина здатна працювати високопродуктивно, створювати необхідний матеріальний потенціал суспільства, добробут усіх громадян.

Соціальна ефективність – це збереження здоров'я і полегшення праці робітників, зменшення кількості робітників, які займаються тяжкою фізичною працею, а також зазнають дії шкідливих виробничих факторів. Окрім соціального, охорона праці має важливе економічне значення – це висока продуктивність праці, зниження витрат на оплату лікарняних, компенсації за важкі, небезпечні й шкідливі умови праці тощо [25].

Природне освітлення має велике гігієнічне та психологічне значення для людини, створює для людини відчуття безпосереднього зв'язку з навколишньою природою, сприятливо впливає на фізіологічні процеси, обмін речовин, обеззаражує повітря, очищає його від збудників багатьох захворювань. Штучне освітлення передбачається в приміщенні з недостатнім природним освітленням або для освітлення в ті години доби, коли природне світло відсутнє.

Освітленість робочих місць сприяє підвищенню продуктивності праці до 10% і дає можливість для виконання особливо точних робіт. При достатньому освітленні зменшується напруга зору, прискорюється темп роботи і підвищується якість продукції, яка випускається [26].

Світло має визначальне значення як для роботи, так і для збереження здоров'я людини, тому що діє через органи зору на всю її нервову систему. Окрім того, освітлення відіграє суттєву роль у створенні сприятливих, безпечних і комфортних умов праці. Недостатнє або неправильно підібране освітлення змушує людину напружувати органи зору, ближче нахилитися до предмета праці; велика яскравість джерела світла робить неможливим розпізнавання рухомих предметів, сліпить, втомлює, а все це разом веде до збільшення травматизму [26].

Природне освітлення виробничих приміщень за правильного його устрою більш благоприємне для здоров'я. Норми освітленості приміщень визначаються коефіцієнтом природної освітленості (К.П.О.). Цей коефіцієнт відображає в відсотковому відношенні освітленість точки в приміщенні ( $E_{вн}$ ) до одночасної освітленості зовнішньої точки ( $E_{зов}$ ), причому точки розташовані в одній горизонтальній площині, освітлені розсіяним світлом небосхилу.

Штучне освітлення буває робоче, аварійне, охоронне, евакуаційне та чергове. Влаштування робочого освітлення обов'язкове в усіх приміщеннях і на освітлюваних територіях, вулицях для забезпечення нормальної роботи, проходу людей і руху транспортних засобів під час відсутності або нестачі природного освітлення.

Світловий потік відображає кількість лучистої енергії, яка проходить через деяку площу та вимірюється в люменах (Лм).

Освітлення робочого місця виконується згідно з ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення [26]. Для штучного освітлення у приміщенні використовуються люмінесцентні лампи.

Приймаємо такі вихідні дані:

1. Довжина кімнати – 8 м.
2. Ширина кімнати – 6 м.
3. Висота кімнати – 3 м.
4. Розряд зорової роботи – IV.
5.  $\alpha$  – коефіцієнт для IV розряду 0,13.

6. Висота вікна – 1800 мм.
7. Ширина вікна – 1555 мм.

Розрахунок розпочинаємо з визначення коефіцієнту природного освітлення [24]

$$К. П. О. = \frac{E_{ВН}}{E_{ЗОВ}} \cdot 100\% \quad (5.1)$$

$$К. П. О._{сер} = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n}{n - 1} \quad (5.2)$$

де  $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$  – значення К.П.О в окремих точках приміщення розташованих на однакових відстанях одна від одної;

$n$  – кількість точок (не менше 5).

Розраховуємо кількість вікон для приміщення.

Маючи параметри та розміри кімнати розраховуємо площу вікон

$$S_B = \alpha \cdot S_{\Pi} \quad (5.3)$$

$$S_B = 0,13 \cdot 8 \cdot 6 = 6,24 \text{ м}^2$$

Розрахувавши площу вікон та маючи розміри кімнати, розраховуємо кількість вікон у приміщенні [5]

$$n = \frac{S_B}{S_{\text{вікна}}} \quad (5.4)$$

$$n = \frac{6,24}{1,8 \cdot 1,56} = 2,22 = 3 \text{ вікна.}$$

Отже, маючи розміри вікон та розміри приміщення, ми розраховали, що для природного освітлення кімнати вистачить три вікна.

Далі розрахуємо потрібну кількість світильників, які забезпечать нормований рівень освітленості, визначаємо світловий потік, який падає на робочу поверхню

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{\eta}, \quad (5.5)$$

де  $F$  – світловий потік, що розраховується, Лм;



$E$  – нормована мінімальна освітленість, Лк;  $E = 300$  Лк;

$S$  – площа освітлюваного приміщення ( $48 \text{ м}^2$ );

$K$  – коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку в результаті забруднення світильників,  $K = 1,5$ ;

$Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітленості;

$\eta$  – коефіцієнт світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню.

Для того, щоб знайти коефіцієнт  $\eta$ , необхідно знайти показник приміщення  $\varphi$ . Для прямокутних приміщень його визначають за формулою

$$\varphi = \frac{a \cdot b}{h_c(a + b)}, \quad (5.6)$$

де  $a$  та  $b$  – ширина та довжина приміщення;

$h_c$  – висота підвішування світильника, (2,9) м.

$$\varphi = \frac{48}{2,9(6 + 8)} = 1,18.$$

Коефіцієнт використання світлового потоку ( $\eta$ ) визначаємо із таблиці [5] за індексом приміщення  $\varphi$

$$\eta = 0,51.$$

Коефіцієнт нерівності освітленості  $Z$  визначають

$$Z = \frac{E_{\text{сер}}}{E_{\text{мін}}}, \quad (5.7)$$

де  $E_{\text{сер}}$  – середня освітленість поверхні, лк;

$E_{\text{мін}}$  – мінімальна освітленість, лк.

Для добре спроектованого приміщення коефіцієнт  $Z$  можна брати рівним: 1,15 – для ламп розжарювання; 1,1 – для люмінесцентних ламп.

Приймаємо  $Z = 1,1$  для люмінесцентних ламп.

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 48 \cdot 1,1}{0,51} = 46588,24 \text{ Лм.}$$

Для освітлення приміщення використовуємо лампи типу OSRAM L 36W K220, світловий потік яких становить  $F = 2850$  Лм [27].

Розраховуємо необхідну кількість ламп за формулою

$$N = \frac{F}{F_{\text{л}}} \quad (5.8)$$

$N$  – кількість ламп, що визначається;

$F$  – світловий потік (28976 Лм);

$F_{\text{л}}$  – світловий потік ламп (1050 Лм).

$$N = \frac{46588,24}{2850} = 16 \text{ шт.}$$

Отже, при комплектуванні світильника чотирма лампами типу OSRAM L 36W K220 використовуємо 4 світильника з 16 працюючими лампами.

#### 5.4.2 Розрахунок природної та штучної вентиляції

Для того, щоб забезпечити комфортні умови праці та підтримати приміщення в зоні доступних параметрів середовища потрібно влаштувати вентиляцію.

Штучна вентиляція дає змогу очищувати повітря перед викидом в атмосферу, вловлювати небезпечні та шкідливі речовини біля місць, де вони утворились, також (очищувати, нагрівати та зволожувати повітря), подавати його в робочу зону.

Розрізняють чотири основні схеми організації повітрообміну при загальнообмінній вентиляції: зверху вниз, зверху вгору, знизу вгору, знизу вниз, які наведені на рисунку 5.2.

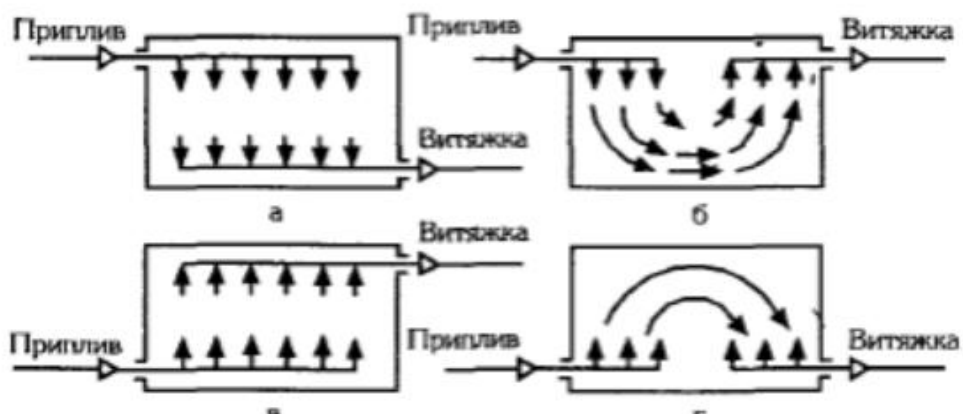


Рисунок 5.2 – Схема організації повітрообміну при загально обмінній вентиляції

Місцева вентиляція забезпечує обмін повітря безпосередньо біля робочого місця. Вона буває припливною або витяжною [28].

Природна вентиляція - це коли відбувається повітрообмін за рахунок теплового та вітрового напору. Дія цих факторів тим більше, чим більше різниця температур у верхній і нижній зонах приміщення і чим більше висота приміщення.

Природна вентиляція приміщень може бути неорганізованою і організованою.

Неорганізована природна вентиляція - це провітрювання кімнати, яке здійснюється за рахунок надходження і видалення повітря через вікна, квартирки, фрамуги, спеціальні отвори, а також через нещільність зовнішніх огорожень (інфільтрація).

Організована (регульована) природна вентиляція виробничих приміщень називається аерацією, яка здійснюється за допомогою аераційних ліхтарів [28].

Для приміщень із надлишковим виділенням тепла кількість припливного повітря визначається за формулою

$$L = \frac{Q_{\text{надх}}}{c \cdot \rho \cdot t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}}, \quad (5.9)$$

$L$  – кількість припливного повітря за одиницю часу, яке необхідно ввести в приміщення для поглинання надлишкового тепла, м<sup>3</sup>/год;

$c$  – питома теплоємність повітря за незмінного тиску, що дорівнює;

$$c = 1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{град}) = 0,239 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot \text{град})$$

$\rho$  - густина зовнішнього повітря, кг/м<sup>3</sup> ( $\rho = 1,205 \text{ кг}/\text{м}^3$  при  $t = 20^\circ\text{C}$ ) [6];

$t_{\text{вн}}$  і  $t_{\text{зовн}}$  - відповідно, температура внутрішнього і зовнішнього (припливного) повітря, (температура припливного повітря в основному приймається на 5 – 10 град нижче температури повітря в приміщенні), °C.

Для вибору оптимальної температури і вологості в приміщенні (робочій зоні) користуємось санітарними нормами ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми

мікроклімату виробничих приміщень» на основі даних з категорії важкості праці, пори року та категорії приміщення за тепловиділеннями [28].

$$t_{\text{вн}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}; t_{\text{зовн}} = 15 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$Q_{\text{надл}}$  - надлишкове тепло, яке визначається різницею тепла, що надходить в приміщення ( $Q_{\text{надх}}$ ) та втратами тепла з приміщення ( $Q_{\text{відх}}$ ), ккал/год

$$Q_{\text{надл}} = Q_{\text{надх}} - Q_{\text{відх}}, \quad (5.10)$$

$$Q_{\text{надх}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4, \quad (5.11)$$

$Q_1$  - надходження тепла від техніки, ккал/год

$$Q_1 = 860 \cdot k \cdot N_1 \cdot n, \quad (5.12)$$

де 860 - тепловий еквівалент, ккал/кВт;

$k$  - коефіцієнт втрат; 0,95

$N_1$  - потужність техніки; 1,5 кВт

$n$  - кількість одиниць техніки ( $n=2$ );

$Q_2$  - надходження тепла від світильників, ккал/год;

$$Q_2 = 860 \cdot n \cdot k \cdot N_2, \quad (5.13)$$

де  $n$  - кількість світильників; ( $n=4$ )

$N_2$  - споживана потужність світильників, кВт;

( $N_2 = p_{\text{п}} \cdot S = 30 \cdot 48 = 1440 \text{ Вт} = 1,44 \text{ кВт}$ )

$k$  - коефіцієнт втрат ( $k=0,9$  для потужних ламп розжарювання,  $0,95$  - для ламп розжарювання малої та середньої потужності,  $0,4-0,6$  - для люмінісцентних ламп);

$S$  - площа приміщення,  $\text{м}^2$  ( $S=48 \text{ м}^2$ );

$p_{\text{п}}$  - питома потужність освітлення,  $\text{Вт}/\text{м}^2$  ( $p_{\text{п}}=30 \text{ Вт}/\text{м}^2$ ) [28];

$Q_3$  - надходження тепла від людей, ккал/год;

$$Q_3 = n \cdot q_{\text{люд}}, \quad (5.14)$$

де  $n$  - кількість працюючих ( $n=2$ );

$q_{\text{люд}}$  - надходження тепла від однієї людини ( $q_{\text{люд}} = 116 \text{ Вт} = 99,7 \text{ ккал}/\text{год}$ ).

$Q_4$  - надходження тепла від сонячної радіації через вікна, ккал/год;  
(площа вікон для приміщень з ПК повинна складати не менше 20% площі підлоги);

$$Q_4 = m \cdot S \cdot k \cdot q_{\text{скл}}, \quad (5.15)$$

де  $m$  - число вікон, ( $m = 3$ );

$S$  - площа одного вікна, ( $S = 3,12 \text{ м}^2$ );

$k$  - коефіцієнт, який враховує матеріал віконного переплетення:

$k = 1.3$  вікна дерев'яні одинарні,

$k = 0.9$  подвійні,

$k = 1.45$  металеві одинарні,

$k = 1.00$  металеві подвійні,

$k = 0.6$  матові

$q_{\text{скл}}$  - надходження тепла через  $1 \text{ м}^2$  вікна при різній орієнтації вікон:

$q_{\text{скл}} = 150 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$  - південь;

$q_{\text{скл}} = 100 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$  - південний-схід, південний-захід;

$q_{\text{скл}} = 60 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$  - захід, схід.

$Q_{\text{відх}}$  - втрати тепла з приміщення через стіни, двері, вікна, ккал/год;

$$Q_{\text{відх}} = \lambda \cdot S \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{зв}}}{\delta}, \quad (5.16)$$

де  $\lambda$  - теплопровідність стін, ккал/(год•град•м)

( $\lambda = 0.75 \text{ ккал}/(\text{год} \cdot \text{град} \cdot \text{м})$  для будівель з силікатної цегли);

$S$  - площа стін,  $\text{м}^2$ ; ( $S = 48 \text{ м}^2$ );

$\delta$  - товщина стін, м ( $\delta = 0.25 \text{ м}$  для будівель I-шої групи).

Проведемо розрахунки.

Втрати тепла з приміщення ( $Q_{\text{відх}}$ ), ккал/год.

$$Q_{\text{відх}} = \lambda \cdot S \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зв}}) / \delta = 0,75 \cdot 48 \cdot (20 - 15) / 0,25 = 720 \text{ ккал/год.}$$

Надходження тепла від сонячної радіації через вікна

$$Q_4 = m \cdot S \cdot k \cdot q_{\text{скл}} = 3 \cdot 0,9 \cdot 150 = 405 \text{ ккал/год.}$$

Надходження тепла від людей

$$Q_3 = n \cdot q_{\text{люд}} = 2 \cdot 99,7 = 199,4 \text{ ккал/год.}$$

Надходження тепла від світильників

$$Q_2 = 860 \cdot n \cdot k \cdot N_2 = 860 \cdot 4 \cdot 0,5 \cdot 1,44 = 2476,8 \text{ ккал/год.}$$

Надходження тепла від техніки

$$Q_1 = 860 \cdot k \cdot N_1 \cdot n = 860 \cdot 0,95 \cdot 1,5 \cdot 2 = 2451 \text{ ккал/год.}$$

Тепло, що надходить в приміщення ( $Q_{\text{надх}}$ )

$$\begin{aligned} Q_{\text{надх}} &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 2451 + 2476,8 + 199,4 + 405 = \\ &= 5532,2 \text{ ккал/год.} \end{aligned}$$

Надлишкове тепло, яке визначається різницею тепла

$$Q_{\text{надл}} = Q_{\text{надх}} - Q_{\text{відх}} = 5532,2 - 720 = 4812,2 \text{ ккал/год.}$$

Кількість припливного повітря за одиницю часу, яке необхідно ввести в приміщення для поглинання надлишкового тепла

$$L = \frac{Q_{\text{надх}}}{c \cdot \rho \cdot t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}} = \frac{5532,2}{0,239 \cdot 1,205 \cdot 5} = 3841,87 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Визначивши необхідну нормативну продуктивність вентиляції  $L$  для заданих умов з наведених вище формул обчислюємо поперечний переріз повітропроводу

$$f_p = \frac{L}{3600 \cdot v_p}, \quad (5.17)$$

де  $v_p$  - швидкість руху повітря в повітропроводі, м/с (вибирається з довідника, або орієнтовно з діапазону 6-12 м/с) [6]

$$f_p = \frac{L}{3600 \cdot v_p} = \frac{3841,87}{3600 \cdot 10} = 0,107 \text{ м}^2.$$

Враховуючи розрахункові площі перерізів повітропроводів ( $f_p$ ), за табличними даними підбираємо стандартні діаметри повітропроводів при круглому поперечному перерізі або розміри при прямокутному поперечному перерізі [28].

Обираємо діаметр повітропроводу  $d = 400$  мм.

Необхідний тиск для подачі повітря повітропроводами визначаємо з урахуванням втрат тиску на тертя на ділянках повітропроводу і місцевих

опорах пристроїв (фільтр, калорифер, вентилятор, насадки, дроселі, засувки, повороти потоку, тощо).

Втрати тиску на тертя кожної ділянки та у вітках розраховуються за формулою

$$P_{тр} = R \cdot I, \quad (5.18)$$

де  $P_{тр}$  – втрати тиску на ділянці повітропроводу, Па;

$R$  – питомі втрати тиску на 1 м довжини повітропроводу, Па/м;

$I$  – довжина ділянки або вітки, м.

Питомі втрати тиску можуть бути визначені за табличними даними або за формулою

$$R = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{v_{\phi}^2 \cdot \gamma}{2 \cdot g}, \quad (5.19)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт опору тертя, який залежить від шершавості стінок повітропроводу (для сталевих повітропроводів приймається  $\lambda = 0,02$ );

$v_{\phi}$  – фактична швидкість повітря, м/с;

$d$  – діаметр повітропроводу, м;

$\gamma$  – густина повітря, Н/м<sup>3</sup>; ( $\gamma = 1.276 \text{ кг/м}^3 = 12.5 \text{ Н/м}^3$ );

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

Відношення  $\lambda/d$  у формулі – приймаємо також за табличними даними [28] в залежності від дійсної швидкості повітря та вибраного діаметра повітропроводу.

Втрати тиску в місцевих опорах розраховуємо послідовно для кожної ділянки і у вітках за формулою

$$Z = \xi \cdot \frac{v_{\phi}^2 \cdot \gamma}{2 \cdot g}, \quad (5.20)$$

де  $Z$  – місцеві втрати тиску в пристроях, Па,

$\xi$  – коефіцієнт місцевих опорів, які приймають за довідковими даними [28].

Загальні втрати тиску на кожній розрахунковій ділянці і у вітках складають

$$H = R \cdot I + Z \quad (5.21)$$

Проведемо розрахунки.

Місцеві втрати тиску в пристроях

$$Z = \xi \cdot \frac{v_{\phi}^2 \cdot \gamma}{2 \cdot g} = 0,5 \cdot \frac{10 \cdot 12,5}{2 \cdot 9,81} = 3,19 \text{ Па.}$$

Питомі втрати тиску

$$R = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{v_{\phi}^2 \cdot \gamma}{2 \cdot g} = 0,043 \cdot \frac{10 \cdot 12,5}{2 \cdot 9,81} = 0,27 \text{ Па.}$$

Втрати тиску на ділянці повітропроводу

$$P_{mp} = R \cdot I = 0,27 \cdot 15 = 4,1 \text{ Па.}$$

Загальні втрати тиску на кожній розрахунковій ділянці і у вітках

$$H = R \cdot I + Z = 0,27 \cdot 15 + 3,19 = 7,24 \text{ Па.}$$

Проведемо вибір вентиляційного обладнання [28].

Знаючи необхідний повітрообмін  $L$  ( $3366,4 \text{ м}^3/\text{год}$ ) і загальні втрати тиску  $H$  ( $5,85 \text{ Па}$ ), вибираємо вентилятор за його аеродинамічними характеристиками [28].

Необхідна потужність електродвигуна вентилятора визначається за формулою

$$N_{\text{вент}} = \frac{L \cdot H \cdot K}{3600 \cdot 102 \cdot \eta}, \quad (5.22)$$

де  $N_{\text{вент}}$  – потужність електродвигуна вентилятора, кВт;

$L$  – продуктивність вентилятора,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$H$  – тиск, створюваний вентилятором, Па;

$K$  – коефіцієнт запасу ( $K=1,1-1,5$ );

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії вентилятора ( $0,5-0,8$ ).

$$N_{\text{вент}} = \frac{L \cdot H \cdot K}{3600 \cdot 102 \cdot \eta} = \frac{3841,87 \cdot 7,24 \cdot 1,3}{3600 \cdot 102 \cdot 0,6} = 0,164 \text{ кВт.}$$

Визначивши  $N_{\text{вент}}$ , за довідником [28], вибираємо відповідний тип електродвигуна для цього вентилятора.



Отже, обираємо центробіжний вентилятор низького тиску ВЦ 4-75-2,5 з типорозміром АІР56В4.

### 5.5 Дії в надзвичайній ситуації при пожежі

Якщо пожежа застала вас у приміщенні:

- обережно доторкніться до дверей тильною стороною долоні, якщо двері не гарячі, то обережно відчиніть їх та швидко виходьте, а якщо гарячі – ні в якому разі не відчиняйте їх;

- щільно закрийте двері, а всі щілини та отвори позатикайте тканиною, по можливості мокрою, щоб уникнути подальшого проникнення диму, та повертайтеся повзком углиб приміщення, приймайте заходи для порятунку;

- присядьте, глибоко вдихніть, розчиніть вікно, висуньтеся та кричіть: «Допоможіть, пожежа!», а якщо ви не в силі відчинити вікно – розбийте скло твердим предметом та приверніть до себе увагу людей, які можуть викликати пожежно-рятувальну службу;

- якщо ви вибрались через двері – зачиніть їх і повзком пересувайтеся до виходу з приміщення (обов'язково зачиніть за собою всі двері);

- якщо ви знаходитесь у висотному будинку – не біжіть донизу крізь полум'я, а скористайтесь можливістю вибратися на дах будівлі. Користуватися ліфтом під час пожежі заборонено! У всіх випадках намагайтеся викликати пожежно-рятувальну службу за телефоном 101.

При рятуванні потерпілих з палаючих будинків необхідно:

- перед входом в палаюче приміщення накритися з головою мокрим покривалом, ковдрою, плащем, пальтом;

- двері в приміщення відчиняти обережно, щоб запобігати спалаху вогню від швидкого притоку повітря;

- в сильно загазованому приміщенні пересуватися повзком або пригинаючись (небезпечно входити в зону задимлення, якщо видимість менше 10 метрів);

- для захисту від чадного газу дихати через вологу тканину (або спеціальні засоби захисту органів дихання від чадного газу);

- у першу чергу рятувати дітей, інвалідів та літніх людей; - пам'ятайте, що маленькі діти від страху часто ховаються під ліжку, в шафу або забиваються в куток;

- якщо загорівся ваш одяг, не можна бігти, потрібно лягти на землю і перекинутись, збиваючи полум'я;

- побачивши людину, на якій горить одяг, звалити її на землю та швидко накинути на неї пальто, плащ чи покривало (бажано зволожено) і щільно притиснути до тіла;

- якщо горить електричне обладнання або проводка, вимкнути рубильник, вимикач або запобіжники, тільки після цього починати гасити вогонь.

З прибуттям на пожежу пожежних підрозділів повинен бути забезпечений безперешкодний доступ їх на територію об'єкта.

Приклад схеми евакуації при пожежі наведено на рис. 5.3.



Рисунок 5.3 – План-схема евакуації в надзвичайній ситуації

## 5.6 Рекомендації з поліпшення стану охорони праці ПВФ «ГИСлаб»

Для покращення стану охорони праці потрібно внести наступні пропозиції:

Головним фахівцям і керівникам спецпідрозділів вчасно та якісно забезпечувати проведення інструктажів по охороні праці. Проводити працівникам регулярні медичні обстеження. Не допускати використання електромеханічного устаткування в несправному стані, регулярно перевіряти всі робочі агрегати і механізми. Необхідно обов'язково дотримуватися певних гігієнічних вимог та контролювати роботу вентиляції в приміщеннях. Для уникнення та попередження пожеж не допускати випадків куріння і використання джерел з відкритим вогнем в приміщеннях і поблизу них. Забезпечити приміщення в достатній кількості засобами пожежогасінні.

## **6 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІС**

Основною характеристикою проведених досліджень є їх теоретична актуальність, новизна, доказовість, перспективність та можливість впровадження результатів у практику, слід оцінювати в першу чергу актуальність та значимість .

Науково-технічна ефективність характеризує приріст нових наукових знань, призначених для подальшого розвитку науки і техніки.

Науково-технічний рівень результатів наукових досліджень визначають за їх характерними ознаками, які порівнюють, з вітчизняними та іноземними аналогами, що дозволяє виявити наскільки ці результати:

- перевищують кращі вітчизняні та світові аналоги;
- відповідають вітчизняному та світовому рівню;
- є нижчими за кращі вітчизняні та світові аналоги.

Економічні критерії повинні характеризуватись прибутком, яка виходить за рахунок зменшення витрат і збільшення доходів від виконання завдань, запобігання можливих збитків і шкоди, за рахунок використання космічних засобів.

Критерії наукової ефективності повинні характеризувати можливість отримання і достовірність нових знань, а також їх використання для створення принципово нових видів техніки і технологій, надання послуг.

Сукупність критеріїв соціальної ефективності повинна включати характеристики покращення здоров'я і якості життя населення та збільшення його зайнятості, загальноосвітнього рівня та кваліфікації.

Критерії технічної ефективності повинні характеризувати вхідні, вихідні параметри системи (кількість і якість інформації, масогабаритні і енергетичні показники і т. д.).

Вимоги гідрометеорологічної інформації безперервно ростуть, підвищуються вимоги до точності, до справджуваності прогнозів. Виникає потреба в інформації про нові елементи. Наприклад, інформація про зміни стану середовища, викликаних антропогенним впливом, зокрема зміна водно фізичних властивостей ґрунтів, забруднення навколишнього середовища, тощо. На сучасному етапі молодому науковцю став доступний інформаційний простір зі строкових даних про погоду практично влюбій частині світу. Зокрема, як відзначено вище, є повний безкоштовний доступ до такої інформації на сайті *gr5.ua*. Використовуючи цю оперативну інформацію є можливість розробляти нові та удосконалювати вже відомі методики оцінки продуктивних процесів росту і розвитку культурних рослин, зокрема їх вологозабезпеченість протягом вегетації.

При використанні запропонованої методики економічний ефект складатиме

$$EE=K_y N (VB- VP), \quad (6.1)$$

де  $K_y$  - коефіцієнт дольової участі наукової інформації в отриманому економічному ефекті приймається рівним 0,4 - 0,5 [29];

$N$  - кількість пунктів спостережень за вологістю ґрунту, шт;

$VB$  - вартість визначення вологозапасів буровим способом протягом року, грн;

$VP$  - вартість визначення запасів ґрунтової вологи за запропонованою методикою, грн.

Так як методика агрогідрометеорологічного методу розрахунку запасів ґрунтової вологи довела свою точність, тому залишаємо контрольні вимірювання 1 раз в місяць, тобто 2/3 контрольних вимірювань замінити розрахунковими значеннями, отже коефіцієнт дольової участі наукової інформації приймаємо  $K_y = 0,67$ .

Для визначення вартості виконаних робіт, пов'язаних з отриманням інформації про запаси ґрунтової вологи складена калькуляція вартості по всіх видах робіт (таблиці 6.1 і 6.2).

Вартість 1 робочого часу техника-агрометеоролога складає в наш час близько 51,5 грн\*. Потужність сушильної шафи дорівнює 1 кВт·год [30], а тариф 1 кВт·год електроенергії – 1,68 грн [31].

\*Мінімальна почасова заробітна плата – 29,20 грн [32]. Розряд техника-агрометеоролога – 5-7 [32] для яких коефіцієнт посадового окладу від мінімального складає: 1,36-1,54. Тоді вартість одного робочого часу техника-агрометеоролога з врахуванням його стажу роботи (10-20%), надбавки за складність (робота в складних погодних умовах – 10%) складе  $1,54 \cdot 29,20 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 59,36$  грн/год.)

За довідниковими даними приймаємо норму часу (люд-год).

Проведення вимірювань вологості ґрунту термостатно-ваговим способом проводиться 1 раз в місяць, протягом 6 місяців у 6 точках на 1-й метеостанції, тому отримуємо 36 точок вимірювань, так як вимірювання проводяться у теплий період (травень, червень, липень, серпень, вересень, жовтень).

Термостатно-ваговий метод – відомий ще під назвою методу термогравіметричного. Це прямий метод. Згідно з ним вологість ґрунту на сільськогосподарських угіддях визначають шляхом відбору ґрунтових проб з окремих шарів на глибині від 5 до 100-150 см, використовуючи спеціальний ґрунтовий бур, (наприклад, АМ-26). Ці проби вміщують в алюмінієві бюкси об'ємом, приблизно, 60 куб. см і транспортують в ґрунтову лабораторію, де визначають їх масу з вологим ґрунтом. Після висушування в термостатах визначають масу цих же бюксів разом з сухим ґрунтом. При відомій масі порожнього бюкса вираховують вологість ґрунту. При коректному виконанні всіх перерахованих вище операцій цей метод дозволяє з досить високою точністю визначати вологість окремого зразка ґрунту, тому його часто використовують для градування ґрунтових вологомірів.

Головними недоліками термостатно-вагового методу є:

1) В зв'язку з тим, що вологість визначають в окремому зразку ґрунту, взятому з нижньої частини бурового циліндра, а не в шарі 10 см, одержані дані є випадковими і їх, здебільшого, неможливо розповсюджувати на все поле.

2) Тривалість процесу визначення вологості ґрунту становить 1, 5-2 дні, що спричиняє запізнення для прийняття технологічних рішень, бо при значних опадах чи суховіях вологість ґрунту за цей час може істотно змінитись.

3) Трудомісткість методу та вартість апаратури обумовлюють високу собівартість одержання необхідної інформації про вологість ґрунту.

Отже, маючи об'єм сушильної шафи СНОЛ 24/200, яку використовуємо для висушування ґрунту та стандартні розміри б'юкса, отримуємо, що за одне висушування ми змогли висушити 30 б'юксів. Кількість б'юксів, що необхідна на 1 поле – 40 шт, кількість місяців у теплий період вимірювань складає 6, отже отримуємо загальну кількість б'юксів 1440 шт у теплий період та 480 у зимовий. Загальна кількість б'юксів склала 1920 штук.

Одне висушування складе відповідно  $1440/30 = 48$  шт у теплий період і  $480/30 = 16$  шт у холодний період.

Витрати електроенергії (враховуючи потужність сушильної шафи 1 кВт·год [30], кількість висушувань за 1 раз та тривалість сушіння 12 год) становлять для теплого періоду 576 кВт і для холодного 192 кВт.

Таблиця 6.1 - Калькуляція вартості виконання робіт техніком-агрометеорологом при визначенні запасів ґрунтової вологи на одній ділянці спостережень протягом року термостатно-ваговим (буровим) способом

№	Найменування робіт	Одиниця вимірювання	Об'єм робіт	Норма часу, люд.-год.	Трудовитрати на весь об'єм роботи, люд.-год.	Розцінка часу, грн.	Вартість, грн.
1	Проведення інструментальних вимірювань вологості ґрунту в теплий період року при глибині буріння 100 см глинисто-піщаного ґрунту	одне спостереження	36	1,1	39,60	51,5	2039,4
2	Проведення інструментальних вимірювань вологості ґрунту в холодний період року при глибині буріння 100 см, дуже промерзлого ґрунту при висоті снігового покриву до 60 см	одне спостереження	12	1,13	13,56	51,5	698,34
3	Витрати праці на переходи від гідрометеорологічної станції до поля на відстань від 1 до 2 км пішли при рівному типі місцевості у теплий період часу	один перехід	36	0,24	8,64	51,5	444,96
4	Витрати праці на переходи від гідрометеорологічної станції до поля на відстань від 1 до 2 км пішли при рівному типі місцевості у зимовий період часу при наявності снігового покриву потужністю до 5 см	один перехід	12	0,31	3,72	51,5	191,58
5	Висушування зразків ґрунту в теплий період в т. ч. затрати праці	одне висушування	48	3	144,00	51,5	7416
	витрати електроенергії	кВт	576			1,68	967,68
6	Висушування зразків ґрунту в холодний період в т. ч. затрати праці	одне висушування	16	4	64,00	51,5	3296
	витрати електроенергії	кВт	192			1,68	322,56
7	Проведення лабораторних робіт по визначенню вологості валовим способом при зважуванні 1920 стаканчиків електричними терезами з 2-ма контрольними зважуваннями	одне зважування	480	1,13	542,40	51,5	27933,6
8	Заповнення таблиць за формою агрометеорологічного щорічника	одна таблиця	480	0,12	57,60	51,5	2966,4
					873,52		46276,52
							10180,83
							6478,71
							62936,06
							18880,82
							81816,88
							16363,38
							<b>98180,26</b>



Таблиця 6.2 – Калькуляція вартості виконання робіт техніком-агрометеорологом при визначенні запасів ґрунтової вологи на одній ділянці спостережень протягом року за запропонованою методикою

№ п/п	Найменування робіт	Одиниця вимірювання	Об'єм робіт	Норма часу, люд.-год.	Трудовитрати на весь об'єм роботи, люд.-год.	Розцінка часу, грн	Вартість, грн
1	Спостереження над опадами на сільськогосподарських полях (контрольні - після опадів)	2 спостереження	30	0,6	18	42,3	761,4
1a	Спостереження над опадами на сільськогосподарських полях (електронний ресурс gr5.ua)	2 спостереження	200	0,7	140	42,3	5922
2	Спостереження над середньодобовою температурою повітря (електронний ресурс gr5.ua)	8 спостережень	200	0,7	140	42,3	5922
3	Спостереження над середньодобовим дефіцитом вологості повітря (електронний ресурс gr5.ua)	8 спостережень	200	0,7	140	42,3	5922
4	Введення даних про атмосферні опади, температуру та дефіцит вологості повітря	доба	400	0,4	160	42,3	10152
5	Розрахунок вологозапасів на ПЕОМ	120 значень	100	1,13	113	42,3	4779,9
6	Обробка даних, побудова графіків	1 табл, один графік	22	0,8	17,6	42,3	744,48
7	Створення запиту на користування даними ДЗЗ	1 поле (три супутника)	3	2	6	42,3	253,8
8	Моніторинг даних ДЗЗ (вегетаційні індекси)	200 значень	160	0,7	112	42,3	5922
					846,6		
Собівартість основних робіт							40379,58
Відрахування ЄСВ (22%)							8883,51
Накладні витрати (14 %)							5653,14
Виробнича собівартість							54916,23
Планові накопичення (30 %)							16474,87
Всього							71391,1
ПДВ (20 %)							14278,22
Ціна реалізації							<b>85669,32</b>

Отже, економічний ефект від використання даної методики тільки по пшениці озимій (за умови прийняття кількості контрольних вимірювань 67%) для однієї МС Дніпропетровської області складе

$$EE=0,67 \cdot 6 (98180,26-85669,32)=50\ 293,98 \text{ грн/рік.}$$

Оцінивши економічну ефективність використання запропонованої методики, можна зробити висновок, що вона є досить ефективною і доцільною у використанні. Так як при собівартості основних видів робіт та затрат праці при буровому методі визначення вологозапасів зростатимуть пропорційно кількості ділянок, в той час як при використанні методики нашої практично не будуть змінюватись.

Економія матеріальних витрат тільки для однієї ділянки вимірювань протягом року складає – 8382,33 грн. ( $0,67 \cdot (98180,26-85669,32)$ ), економія затрат праці – 43,50 люд.-год. (див. табл.6.1 та 6.2) як різниця працезатрат з врахуванням проведення 67% контрольних вимірювань

$$0,67 \cdot (873,52-846,6)=18,04 \text{ люд.-год.}$$

## ВИСНОВКИ

Висновки є результатом виконання завдань роботи.

У даній дипломній роботі наведено коротку характеристику природних умов району дослідження (Дніпропетровська область), зокрема дані про рельєф та кліматичні умови.

Для розробці режимних ГІС природних, кліматичних чи інших ресурсів, використані дані: земельного фонду області, кадастрових карт, метеопортали даних про погоду.

Для розробки ГІС РГВ як основа використаний удосконалений агрогідрометеорологічний метод розрахунку.

Для тестових полів за вегетаційний період озимої пшениці 2019 року створена база даних запасів вологи за ГІС РГВ, даних найближчих метеостанцій, вегетаційних індексів NDMI NDVI.

Для визначення індекса NDMI використаний функціонал QGIS.

Розроблена методика адаптації ГІС РГВ з даними відкритих дистанційних джерел, що дозволяє зворотньо, а саме за даними комплексного показника  $K_{NDMI}$ , в який входять вегетаційні індекси ДЗЗ, оцінювати запаси вологи в посівах озимої пшениці. Дані потребують уточнення.

Розглянуто інструкції з охорони праці при роботі за комп'ютером. Розраховано штучну вентиляцію, природне та штучне освітлення.

Доведено економічне обґрунтування ефективності агрогідрометеорологічного методу. Економічний ефект від використання даної методики для однієї МС Дніпропетровської області тільки по пшениці озимій складе 50 293,98 грн/рік.

Запропонована технологія інтеграції ГІС РГВ з даними відкритих джерел дистанційного зондування Землі (вегетаційні індекси та їх похідні

пов'язані з погодними умовами) може стати інструментом до оперативного визначення вологозабезпеченості посівів сільськогосподарських культур на значній території.

Результати досліджень були опубліковані в матеріалах регіональної наукової конференції «Сучасний стан та перспективи розвитку меліорації земель» (Додаток А).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Определение влажности почвы [Электронный ресурс]. – Текстові дані / Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5354334/page:21/> - Назва з екрану.
2. Геоінформаційна система [Електронний ресурс]. – Текстові дані / Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0\\_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0)- Назва з екрану.
3. Агрокліматичний довідник по Дніпропетровській області 1986-2005 рр.) / За ред. О.Т. Прохоренко, Т.І. Адаменко. – Дніпропетровськ: Дніпропетровський регіональний ЦГМ, 2011. – 231 с.
4. Атлас почв Украинской ССР / [редкол.: Н. К. Крупской, Н. И. Полупан и др.]; К.: «Урожай», 1979. – 156 с.
5. Основные гидрологические характеристики Т. 15, Вып. 3. Нижний Иртыш и Нижняя Обь. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 164 с.
6. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 2017 рік. – Дніпро: Департамент екології та природних ресурсів Дніпропетровської ОДА, 2018. – 316 с.
7. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 2017 рік. – Дніпро: Департамент екології та природних ресурсів Дніпропетровської ОДА, 2018. – 316 с.

8. Литовченко О.Ф. Агροгидрометеорологический метод расчет влажности почвы и водосберегающих режимов увлажнения орошаемых культур в Степи и Лесостепи Украины: монография / А.Ф. Литовченко. – Днепропетровск: Изд-во «Свідлер А.Л.», 2011. – 244 с.
9. Публічна кадастрова карта України [Електронний ресурс]. – Текстові дані / Режим доступу: <https://map.land.gov.ua/kadastrova-karta> - Назва з екрану.
10. Добро пожаловать на страницу проекта QGIS! [Електронний ресурс]. – Текстові дані / Режим доступу: <https://qgis.org/ru/site/#> - Назва з екрану.
11. Дніпропетровська область. Схема планування території. Природно-ресурсний потенціал, стан та охорона навколишнього середовища, транспорт, інженерна підготовка та захист території, інженерна інфраструктура, основні техніко-економічні показники, документи. Том 2. – К.: УДНДПМ, 2009. – 125 с.
12. Новак С.І. Дипломна робота на тему «Інтеграція ГІС режиму ґрунтової вологи з даними дистанційного зондування Землі (на прикладі пшениці озимої)» - Дніпро, 2019р – 75 с.
13. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем / А. М. Польовий – Одеса, 2013. – 430 с.
14. Веб сайт EARTH OBSERVING SYSTEM [Електронний ресурс]. – Текстові дані / Режим доступу: [https://eos.com/ndvi/Веgetаційний\\_індекс](https://eos.com/ndvi/Веgetаційний_індекс)- Назва з екрану.
15. Веб сайт EARTH OBSERVING SYSTEM [Електронний ресурс]. – Текстові дані / Режим доступу: [https://eos.com/ndwi/Веgetаційний\\_індекс](https://eos.com/ndwi/Веgetаційний_індекс)- Назва з екрану.

16. Веб сайт EARTH CROP MONITORING SYSTEM [Електронний ресурс]. – Текстові дані / Режим доступу: [https://eos.com/ndwi/Вегетаційний\\_індекс](https://eos.com/ndwi/Вегетаційний_індекс)- Назва з екрану.
17. Веб сайт Landsat 8 в работе [Електронний ресурс]. – Текстові дані / Режим доступу: <https://habr.com/ru/post/183416/> - Назва з екрану.
18. Веб сайт EARTH OBSERVING SYSTEM [Електронний ресурс]. – Текстові дані / Режим доступу: [https://eos.com/ndvi/Вегетаційний\\_індекс](https://eos.com/ndvi/Вегетаційний_індекс)- Назва з екрану.
19. Веб сайт EARTH OBSERVING SYSTEM [Електронний ресурс]. – Текстові дані / Режим доступу: [https://eos.com/ndwi/Вегетаційний\\_індекс](https://eos.com/ndwi/Вегетаційний_індекс)- Назва з екрану.
20. Веб сайт EARTH OBSERVING SYSTEM [Електронний ресурс]. – Текстові дані / Режим доступу: [https://eos.com/ndsi/Вегетаційний\\_індекс](https://eos.com/ndsi/Вегетаційний_індекс) - Назва з екрану.
21. Веб сайт EOS CROPMAP [Електронний ресурс]. – Текстові дані / Режим доступу: <https://eos.com/cropmap/> - Назва з екрану.
22. Про затвердження Типового положення про службу охорони праці від 15.11.2004 №255 [Електронний ресурс]. – Текстові дані / Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1526-04> - Назва з екрану.
23. Методичні рекомендації до написання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» в дипломних роботах для студентів інженерно-технологічного факультету денної і заочної форми навчання спеціальності: 208 «Агроінженерія» / ДДАЕУ. – Дніпро, 2018 – 24 с.
24. Правила роботи з комп'ютерами [Електронний ресурс]. – Текстові дані / Режим доступу: <https://buklib.net/books/30663/> - Назва з екрану.
25. Про затвердження Типового положення про службу охорони праці від 15.11.2004 №255 [Електронний ресурс]. – Текстові дані / Режим

- доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1526-04> - Назва з екрану.
- 26.ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. – К.: 2018. – 133 с.
- 27.Люминесцентная лампа OSRAM L 36W K220 [Електронний ресурс]. – Текстові дані / Режим доступу: [https://epicentrk.ua/shop/lampa-lyuminestsentnaya-osram-t8-36-vt-g13-4000-k-220-v-matovaya.html?ssh=roas&gclid=CjwKCAiAiML-BRAAEiwAuWVggнк\\_Lg9isalsCYjntvXULDEch25jTzqR2Gt9YCdCqP7TjOd2h-cmGxoCYG8QAvD\\_BwE\\_-](https://epicentrk.ua/shop/lampa-lyuminestsentnaya-osram-t8-36-vt-g13-4000-k-220-v-matovaya.html?ssh=roas&gclid=CjwKCAiAiML-BRAAEiwAuWVggнк_Lg9isalsCYjntvXULDEch25jTzqR2Gt9YCdCqP7TjOd2h-cmGxoCYG8QAvD_BwE_-) Назва з екрану.
- 28.ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К.: 2013. – 141 с.
- 29.Методичні рекомендації до виконання економічної частини дипломних проектів студентами денної та заочної форм навчання за спеціальністю 8.06010302 – «Раціональне використання і охорона водних ресурсів» ОС – магістр / ДДАЕУ. – Дніпро, 2017. - 73 с.
- 30.Сушильна шафа СНОЛ 24/200 [Електронний ресурс]. – Текстові дані / Режим доступу: <https://chemtest.com.ua/ua/nizkotemperaturnie-elektropeshi-snol-24-200-s-convekcieu-ua> - Назва з екрану.
- 31.Тарифы на электроэнергию 2019 [Електронний ресурс]. – Текстові дані / Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/tariff/electric/> - Назва з екрану.
- 32.Минимальная зарплата в Украине 2019 [Електронний ресурс]. – Текстові дані / Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/labour/salary/min/> - Назва з екрану.
- 33.Коваленко В.В. Методологічні підходи до створення ГІС режиму ґрунтової вологи на основі агрогідрометеорологічного методу / В.В. Коваленко, Д.О. Довганенко, А.С. Білоброва // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету: зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАЕУ,



2016. - №3(41). – С. 49-54. – 0,41 д.а. – режим доступу :  
<http://ojs.dsau.dp.ua/index.php/vestnik/article/view/767/739>. - Назва з екрану.

34.Веб сайт EOS LAND VIEWER [Електронний ресурс]. – Текстові дані / Режим доступу: <https://eos.com/lv/> - Назва з екрану.

35.Веб сторінка Канали космоснимков Landsat-8 [Електронний ресурс]. – Текстові дані / Режим доступу: <http://magnetometry.ru/study/tables/landsat8.pdf>- Назва з екрану.

ДОДАТКИ





МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИ-  
ТЕТ  
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА  
ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН

Міжнародна науково-практична  
інтернет-конференція  
**«СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ  
РОЗВИТКУ МЕЛІОРАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ»**



м. Дніпро

УДК 004.94 : 631.432

## ІНТЕГРАЦІЯ ГІС РЕЖИМУ ГРУНТОВОЇ ВОЛОГИ З ДАНИМИ МОНІТОРИНГУ ДЗЗ

Коваленко В.В., к.с.-г.н., доцент;

Запорожченко В.Ю., к.с.-г.н., доцент;

Карпова А.В., здобувач вищої освіти другого ступеню

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

[kova65@ukr.net](mailto:kova65@ukr.net)

Розроблена геоінформаційна система режиму ґрунтової вологи (ГІС РГВ) під посівами основних сільськогосподарських культур (проблемна лабораторія з гідрології та екології ґрунтів ДДАЕУ) пройшла успішну апробацію в умовах дослідного поля Інституту зернових культур НААН (2017), на полях ПП «Перемога АВК» в умовах зрошення (2019, 2020). ГІС РГВ дозволяє надавати з достатньою для практики точністю оперативну інформацію про вологість ґрунтів, що є необхідною умовою геоінформаційного супроводу при оптимізації технологій вирощування сільськогосподарських культур, особливо в так званому точному землеробстві. З іншого боку вирішення питання інформаційного забезпечення можливе за умов використання сучасних методів одержання просторової інформації, до яких відносяться: *дистанційне зондування Землі* (ДЗЗ), цифрові моделі рельєфу і похідні від них матеріали.

Метою дослідження була саме перевірка можливості використання такої доступної (відкриті дані) *геопросторової інформації* для визначення режиму запасів вологи в умовах конкретного поля. Також одним з завдань постало питання ефективності тарування даних ДЗЗ, зокрема вегетаційних індексів, прямими польовими вимірюваннями або за використання розрахункових методів, які ґрунтуються на результатах саме польових вимірювань.

На нашу думку, найбільш потужним, вільно доступним інформаційним ресурсом є платформа EOS: «Система спостереження Землі прослуховування пульсу планети» (*earth observing system listening to the pulse of the planet*: <https://eos.com/>). EOS створила хмарну платформу і інструмент для аналізу зображень супутникових даних спостереження Землі буквально в реальному часі.

### Про продукти *ссылка*

В 2019 році EOS запропонував нові можливості по роботі з високоякісними зображеннями ДЗЗ, аналізом та серверною обробкою (хмарна технологія) більш як 20 спектральних каналів та їх похідних (комплексні індекси) з високою роздільною здатністю (10 – 60 метрів піксель), підготовлені до використання в ГІС. Дані географічно прив'язані (WGS 84) та оцифровані.

В представлених результатах дослідження використані дані ДЗЗ

супутників Sentinel 2 L2A та Landsat 8 за якими, за вегетаційний період 2019 року, сформовані бази даних спектральних (вегетаційних) індексів NDVI (найбільш вживаних в дослідженнях, індекс нормалізованої диференціальної рослинності) та NDMI (нормалізований індекс різниці вологи в рослині). Також в якості вихідної інформації використані дані карти класифікації посівів (рис.1, eos.com/croptar) за якою вибрані тестові поля поблизу метеостанцій Комісарівка та Чаплине (Дніпропетровська область).



Рисунок 1 – Тестові поля з посівами озимої пшениці поблизу метеостанцій Комісарівка, 2019 р. (eos.com/croptar).

Як видно з рис.2 для тестових полів з посівами озимої пшениці немає надійного зв'язку вказаних вегетаційних індексів з величинами продуктивної вологи ( $W_{prod}$  ГІС), які визначені за ГІС РГВ.

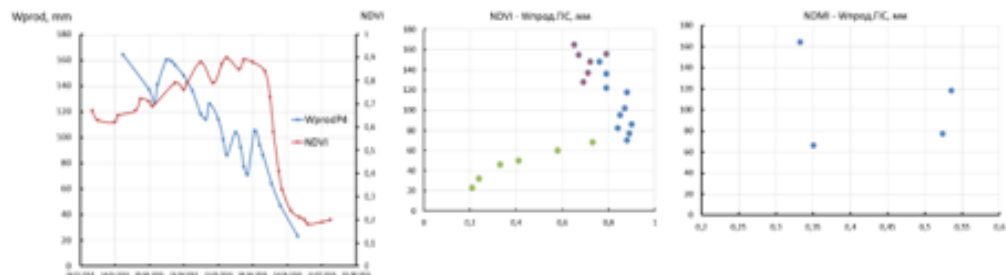


Рисунок 2 – Зв'язок вегетаційних (NDVI, NDMI) з величинами продуктивної вологи ( $W_{prod}$  ГІС - за ГІС РГВ). МС Комісарівка, 2019 р.

З іншого боку комплексні показники добутку вегетаційних індексів з мало змінними погодними факторами ( $NDMI * (ST_{akt})^n$  – сума активних температур повітря;  $NDMI * SD$  – сума дефіцитів вологості повітря), які можна запозичити з відкритих джерел інформації (наприклад gr5.ua), дали

обнадійливі результати (рис.3). Вони потребують перевірки на значно більшій просторово-часовій вибірці даних.

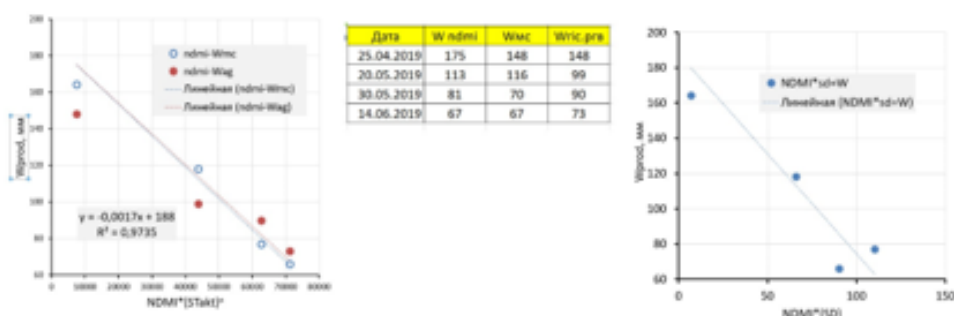


Рисунок 3 – Зв'язок комплексних показників (  $NDMI*(STakt)^n$  ;  $NDMI*SD$  ) з величинами продуктивної вологи ( $W_{прод}$  - за ГІС РГВ). МС Комісарівка, 2019 р.

На нашу думку, глобальні сервіси он-лайн моніторингу елементів водного балансу по точності недостатні для характеристики режиму запасів вологи під посівами *конкретної* культури. Представлені EOS результати моніторингу врожаю для області інтересів (безкоштовний сервіс для тестових полів площею до 100 га - <https://eos.com/crop-monitoring>) не враховує біологічних особливостей конкретної сільськогосподарської культури і зокрема озимої пшениці (рис.4), про що свідчить відсутність надійного зв'язку режиму вологості кореневмісного шару ґрунту за даними EOS (криві в нижній частині рисунку) з виміряними термостатно-ваговим способом запасами вологи на метеостанції (графік).

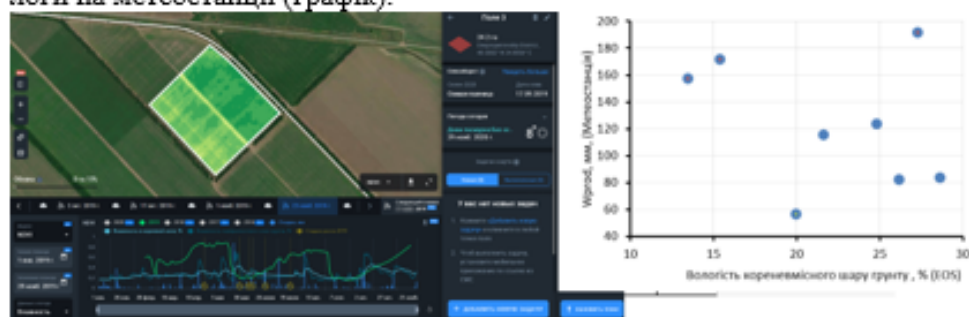


Рисунок 4 – Моніторинг врожаю [eos.com/crop-monitoring](https://eos.com/crop-monitoring) та зв'язок вологості кореневмісного шару ґрунту за даними EOS (криві режиму вологості) з величинами продуктивної вологи на метеостанції Комісарівка, 2019 р (графік)

Тому використання розрахункових методик, надійно підтверджених польовими дослідженнями є обов'язковою умовою адаптації даних ДЗЗ до оцінки продуктивних характеристик сільськогосподарських культур, зокрема запасів вологи в кореневмісному (метровому) шарі ґрунту.

Такою методикою, надійною ланкою моніторингу ресурсів ґрунтової вологи, на нашу думку, є агрогідрометеорологічний метод розрахунку вологозапасів і на його основі розроблена ГІС режиму ґрунтової вологи!