

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних занять з навчальної дисципліни

«АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПРОГНОЗИ»

на тему: «Прогноз запасів продуктивної вологи та вологозабезпеченості
сільськогосподарських культур»

для студентів денної та заочної форми навчання

спеціальності 103 «Науки про Землю»

Затверджено
на засіданні групи
забезпечення спеціальності
Протокол № 10
від « 10 » червня 2021р.

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Агromетeоролoгiчнi прoгнoзи» на тему: «Прoгнoз зaпaciв прoдуктивнoї вoлoги тa вoлoгoзaбeзпeчeнoстi сiльськoгoспoдapських кyльтyp» для студeнтiв IV рoкy нaвчaння дeннoї тa зaoчнoї фoрми зa спeцiальнiстю 103 «Нaуки прo Зeмлю», рiвeнь вищoї oсвiти бaкaлaвр /Уклaдaчi: Бoжкo Л.Ю. к.гeогр.н, дoц., Бapcyкoвa O.A., к.гeогр.н дoц. Oдeсa, OДEКУ, 2021, 46 c

Зміст

	Стор.
Передмова.....	5
Теоретична частина.....	7
1. Методи прогнозів запасів продуктивної вологи.....	7
1.1 Прогноз запасів продуктивної вологи на початок весни.....	7
2 Прогноз запасів продуктивної вологи під сільськогосподарськими культурами.....	11
2.1 Метод прогнозу запасів продуктивної вологи під картоплею.....	17
2.2 Метод прогнозу запасів продуктивної вологи під кукурудзою.....	23
3. Прогнози вологозабезпеченості посівів сільськогосподарських культур.....	26
3.1 Розрахунок вологозабезпеченості сільськогосподарських культур за сумарним випаровуванням та дефіцитом насичення повітря.....	26
3.2 Розрахунок вологозабезпеченості зернових культур.....	29
3.3 Оцінка вологозабезпеченості посівів озимої пшениці по непарових попередниках.....	31
3.4 Розрахунок забезпечення вологою посівів цукрових буряків.....	34
4. Практична частина.....	38
4.1 Техніка розрахунку прогнозу запасів продуктивної вологи на початок весни.....	38
4.2 Техніка розрахунку прогнозу запасів продуктивної вологи під сільськогосподарськими культурами.....	40
4.3 Техніка розрахунок вологозабезпеченості сільськогосподарських культур.....	41
4.4 Техніка розрахунку прогнозу вологозабезпеченості цукрового буряка.....	43
Контрольні питання.....	45
Список літератури.....	45

Передмова

Роль ґрунтової вологи у житті рослин важко переоцінити. Волога потрібна рослинам на протязі всього періоду вегетації. У різні відрізки вегетаційного періоду рослина для нормального розвитку та формування врожаїв потребує різної кількості ґрунтової вологи і споживає її з різних шарів ґрунту.

На стан рослин негативно впливає як нестача вологи у ґрунті, так і її надлишок. Нестача вологи у ґрунті викликає зниження швидкості росту, зменшення формування рослинної маси та зниження врожаю. Надлишок вологи у ґрунті зменшує аерацію, викликає заболочення ґрунтів. У вегетаційний період перезволоження ґрунту при зниженому температурному режимі викликає розвиток хвороб, надмірне збільшення надземної маси, що викликає зменшення врожаю. Крім того, надмірна кількість вологи у ґрунті ускладнює проведення сільськогосподарських робіт.

Вміст вологи у ґрунті не залишається постійним і залежить від типу ґрунту, розвитку рослин, кількості опадів, надходження води внаслідок пересування вологи всередині ґрунту, глибини залягання ґрунтових вод і співвідношенням між корінням і надземною масою рослин.

Вміння визначати запаси продуктивної вологи у ґрунті дає можливість у будь-який час знати її вміст у будь-якому шарі ґрунту. Для цього розроблена ціла низка методів прогнозу запасів продуктивної вологи під сільськогосподарськими культурами.

Мета чинних методичних вказівок з дисципліни «Агрометеорологічні прогнози» є ознайомити студентів з усіма відомими методами розрахунку запасів продуктивної вологи, навчити розраховувати їх кількісні значення під провідними сільськогосподарськими культурами.

Після вивчення теоретичної частини та виконання розрахунків студенти повинні знати:

- теоретичні основи формування запасів продуктивної вологи впродовж року;
- методи розрахунків запасів продуктивної вологи під різними сільськогосподарськими культурами;
- методи розрахунку і оцінки вологозабезпеченості посівів у різні фази розвитку рослин;
- закономірності впливу вологозабезпеченості на формування врожаїв сільськогосподарських культур;

вміти:

- користуватись синоптичними прогнозами під час виконання розрахунків;
- розраховувати запаси продуктивної вологи та вологозабезпеченість посівів у різні періоди розвитку рослин;

- давати оцінку отриманим результатам розрахунків;
- складати тексти прогнозів запасів продуктивної вологи та вологозабезпеченості.

В методичних вказівках наведені тема 1, тема 2 та тема 3. В практичній темі 2 та темі 3 завдання студент виконує по одній із вибраних тем (4.2, 4.3 або 4.4).

Послідовність виконання практичних занять полягає у вивченні теоретичної частини, виконанні практичних занять і відповіді на контрольні питання.

Методика проведення та оцінювання контрольних заходів ЗМ-ПЗ, полягає в оцінюванні результатів виконаних розрахунків, умінні студента узагальнювати результати розрахунків, складати відповідні тексти, повноті відповідей на запитання. Оцінюється виконання практичного заняття і відповіді на запитання. За виконання завдання першої та другої теми студент отримує по 4 бали.

Теоретична частина

1 Методи прогнозів запасів продуктивної вологи

1.1 Прогноз запасів ґрунтової вологи на початок весни

Волога є одним із факторів життя рослин, який нічим замінити не можливо. Використовуючи велику кількість води із тканин на транспірацію, рослини повинні постійно поповнювати ці витрати. Надходження води в тканини рослин відбувається через коріння. Тому ґрунт є головним постачальником води і мінерального живлення рослин.

Інтенсивність надходження води в рослини залежить від кількості доступної для них води у ґрунті (продуктивної вологи).

Кількість вологи, яка може утримуватись ґрунтом у польових умовах, визначається властивостями його. Механічним складом, структурою, кількістю органічної речовини та глибиною залягання ґрунтових вод.

Разумова Л.О. виділила три типи збагачення ґрунту вологою в зимовий період.

1. Тип сильного збагачення ґрунту вологою. Найбільш яскраво він виражений в північно-західних районах, де ґрунтові води залягають близько до поверхні і ґрунт восени добре зволожена. Запаси вологи за зиму змінюються в середньому на 40-50 мм за рахунок всередині ґрунтового пересування води в рідкому вигляді.

2. Тип незначної зміни запасів вологи взимку. Найбільш яскраво він виражений в південно-східних районах Європейської території СРСР, де ґрунтові води залягають дуже глибоко і зміна запасів вологи відбувається взимку за рахунок пароподібного пересування вологі і не перевищує 15 мм.

3. Перехідний тип. Він властивий зоні глибокого залягання ґрунтових вод і нестійкою зими і спостерігається в південно-західних і південних районах Європейської території СРСР. Цей тип може характеризуватися як сильним, так і слабким збагаченням ґрунту вологою в зимовий період і залежить від запасів вологи ґрунту восени і умов зими. Зміна запасів вологи в ґрунті взимку відбувається за рахунок рясного зволоження ґрунту талими водами під час відлиг.

Розрізняють три межі вологомісткості: 1) повна вологомісткість – найбільша кількість води, що утримується в ґрунті, коли всі пори зайняті водою і водне дзеркало виходить на поверхню ґрунту; 2) максимальна капілярна вологомісткість – та кількість води, яку може утримувати шар ґрунту 10 см над вільною водною поверхнею через капілярне підняття; 3) найменша вологомісткість – та кількість води, яку ґрунт утримує в умовах глибокого залягання ґрунтових вод.

Запаси вологи у ґрунті постійно змінюються. Поповнення запасів вологи у ґрунті в основному відбувається взимку. Це поповнення залежить від пересування води всередині ґрунту та проникнення у ґрунт опадів і талих вод у період відлиг. Поповнення ґрунтової вологи у різних ґрунтово-кліматичних зонах різне. Це викликає необхідність прогнозу запасів вологи на початок весни. У південних районах країни запаси продуктивної вологи в ґрунті на весну мають чи не найбільше вирішальне значення у господарській діяльності працівників полів. Складність визначення вологозапасів примушує шукати шляхи, які дозволяли б виконувати розрахунки для великих територій. Дослідження закономірностей зміни запасів продуктивної вологи в холодну пору року виконували А.В. Процеров, Л.О. Разумова, І.В. Свісюк [1 – 3]. На разі відомо два методи розрахунку очікуваних запасів продуктивної вологи: 1 – за сумою опадів за холодну пору року і 2 – за глибиною промочування ґрунту (ГПГ) на початок весни.

Л.О. Разумовою виконані фундаментальні дослідження процесів динаміки ґрунтової вологи в холодну пору року [1– 3]. Вона встановила, що збільшення запасів вологи навесні залежить головним чином від кількості опадів за період від переходу температури повітря через 5° С восени до переходу її через 5° С навесні та насичення ґрунту вологою восени. Ці дослідження підтвердили також інші автори [2, 3, 4]. Нестача насичення (ΔW) вологою ґрунту восени визначається як залишок між найменшою вологомісткістю (НВ) та запасами продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на дату останнього визначення запасів вологи восени (W):

$$\Delta W = HB - W \quad . \quad (1.1)$$

Для розрахунку очікуваних запасів продуктивної вологи на початок весни Л.О. Разумовою отримані статистичні залежності між сумарними змінами запасів вологи за осінньо-зимово-весняний період (y), кількістю опадів, які випали за цей же період (x), та нестачею насичення ґрунту вологою (ΔW). Статистичні залежності встановлені для районів з стійкою зимою і глибоким заляганням ґрунтових вод (1.2) та районів з нестійкою зимою і глибоким заляганням ґрунтових вод (1.3):

$$Y = 0,21x + 0,62\Delta W - 33 \quad ; \quad (1.2)$$

$$Y = 0,112x + 0,56\Delta W - 20 \quad , \quad (1.3)$$

де Y – зміна запасів продуктивної вологи за холодну пору року, мм;

x – сума опадів за цей же період, мм;

ΔW – нестача вологи в ґрунті восени, мм (визначається з формули (1.1).

На Європейській частині країн СНД до зони із стійкою зимою та малим збагаченням ґрунту вологою взимку відносяться південно-східні райони; до зони з нестійкою зимою, де збільшення запасів вологи відбувається за рахунок талих вод під час відлиг, відносяться південні та південно-західні області ЄЧ СНД. В районах, де спостерігаються як стійкі, так і нестійкі зими, розрахунки виконуються за вказаними формулами з врахуванням характеру зими; при стійкій зимі розрахунки виконуються за формулою (1.2), при нестійкій – за формулою (1.3).

У зв'язку з потеплінням клімату (підвищення річної температури на $0,5^{\circ}\text{C}$) кількість районів з нестійкою зимою збільшується.

Розрахунок очікуваних запасів вологи на весну виконується за даними усіх станцій, які знаходяться на території обслуговування, або де визначаються запаси вологи під озимими зерновими культурами, які посіяні по пару або непарових попередниках і на зябу, який відводиться для сівби ярих зернових культур. Початковими даними для розрахунків будуть значення осінніх запасів вологи на цих полях. Кількість опадів, необхідних для розрахунку, складається з двох величин: фактичної суми опадів, які випали від дати переходу температури повітря через 5°C восени до дати складання прогнозу (січень – лютий), та прогнозованої суми опадів від дати складання прогнозу до дати переходу температури повітря через 5°C навесні. Якщо ж з будь-якої причини прогнозом скористуватись неможливо, то у цьому випадку використовують середні багаторічні значення опадів із кліматичних довідників, але обов'язково з врахуванням можливої аномалії опадів. Значення найменшої вологомісткості, яка необхідна для визначення дефіциту насичення ґрунту восени, враховується за даними агрогідрологічного обстеження полів або за середніми даними: найменша вологомісткість суглинків становить 170 – 190 мм, супіщаних ґрунтів – 150 – 170 мм, піщаних – 80 – 120 мм.

При складанні прогнозу розрахунки зміни запасів вологи за холодну пору року виконуються за формулами (1.2 – 1.3).

Приклад. Розрахувати очікувані запаси продуктивної вологи на ст. Полтава. Дата складання прогнозу 1 лютого.

Для розрахунків необхідні початкові величини:

1 – дата останнього визначення запасів вологи восени на полях з озимими культурами – 28 жовтня;

2 – найменша вологомісткість (НВ) в районі Полтави становить – 160 мм;

3 – середня добова температура повітря перейшла через 0°C – 13 листопада;

4 – запаси вологи становили у метровому шарі ґрунту 83 мм.

Розраховані величини:

1 – нестача насичення ґрунту вологою становить (за формулою 1.1):
 $160 \text{ мм} - 83 \text{ мм} = 77 \text{ мм};$

2 – кількість опадів від дати останнього визначення вологості ґрунту до 1 лютого підраховується по матеріалах спостережень за декадними сумами опадів і в нашому випадку вона становить 87 мм. Від першого лютого до дати переходу температури повітря через 5°C навесні сума опадів визначається з синоптичного прогнозу погоди. В нашому випадку дата переходу температури повітря через 5°C навесні буде 5 квітня. Тобто підраховується сума опадів від 1 лютого до 5 квітня. В нашому випадку вона становить 43 мм. Загальна сума опадів від дати останнього визначення запасів вологи до дати переходу температури повітря через 5°C навесні становить 130 мм;

3 – за рівнянням (1.2) розраховується зміна запасів вологи за осінньо-зимово-весняний період. Зміна запасів у нашому випадку становить 42 мм. Таким чином, очікувані на весну запаси вологи розраховуються як сума запасів вологи на останнє визначення восени та зміна запасів за холодну пору року ($83 + 42 = 125 \text{ мм}$), що становить приблизно 78 % від значення НВ.

В районах, де взимку відбувається значний перерозподіл снігу на полях через сильні вітри, прогноз запасів вологи в ґрунті на весну складається з врахуванням запасів води у снігу. Запаси води в снігу (W_c) розраховуються за даними середньої висоти снігу, яка визначається з даних снігомірної зйомки, що проводиться перед складанням прогнозу, за формулою:

$$W_c = 10 \cdot h \cdot d \quad , \quad (1.4)$$

де h – середня висота снігу, см;

d – щільність снігу, г/см³;

W_c – запас води в снігу, мм.

Техніка складання прогнозу запасів продуктивної вологи на початок весни для великих територій (областей, регіонів, економічних районів) зводиться до визначення середнього арифметичного значення усіх елементів, необхідних для складання прогнозу по всіх станціях території, для якої складається прогноз. При цьому, окремо підраховуються очікувані запаси вологи під озимими культурами і окремо по зябу. Розраховані величини запасів продуктивної вологи на початок весни порівнюються з середніми багаторічними значеннями запасів продуктивної вологи та з НВ.

На підставі встановлених Л.О. Разумовою закономірностей були розроблені прогностичні рівняння для розрахунку запасів вологи на весну для Вірменії Р.С. Мкртчяном та для Новосибірської області Є.Г. Рудичевою.

2 Прогноз запасів продуктивної вологи під сільськогосподарськими культурами

С.О. Веріго [4] запропонувала кількісну закономірність зміни (ΔW) запасів продуктивної вологи під озимими і ярими зерновими культурами в залежності від метеорологічних факторів:

$$\Delta W = aW_i + br - ct + d, \quad (2.1)$$

де W_1 – початкові запаси продуктивної вологи, мм ;

t – температура повітря за декаду, °C;

r – сума опадів за декаду, мм.

Числові коефіцієнти a , b , c , d залежать від виду культур, фази їх розвитку та типу ґрунтів.

На підставі цієї закономірності С.О. Веріго було розроблено метод прогнозу запасів продуктивної вологи під ярою та озимою пшеницею.

Здатність рослин використовувати вологу з ґрунту визначається співвідношенням коріння і наземної маси та їх розвитком .

Розробляючи прогноз запасів продуктивної вологи для ярих зернових культур, С.О. Веріго розбила вегетаційний період на 3 періоди, які відрізняються потребою рослин у воді та розмірами і будовою надземної маси і коріння:

- 1 – формування сходів і листя (від сівби до виходу в трубку);
- 2 – формування колосу і цвіту (від виходу в трубку до цвітіння);
- 3 – формування зерна (після цвітіння).

Для цих трьох періодів були встановлені залежності зміни запасів продуктивної вологи від запасів вологи на початок розрахункового періоду, суми опадів за цей же період та середньої температури повітря. Найдоцільніше розрахунки проводити за декадними даними вказаних величин. Залежності одержані окремо для чорноземних та підзолистих ґрунтів.

Початковими даними при складанні прогнозу запасів продуктивної вологи у ґрунті є фактичні дані про запаси вологи у ґрунті на початок розрахунку, фази розвитку зернових та синоптичні прогнози температури, опадів.

Розрахунок зміни запасів продуктивної вологи під зерновими культурами виконується за рівнянням (2.1), а числові коефіцієнти наводяться у табл. 2.1

Для прискорення розрахунків побудовані графіки (2.1 а, б, в). На рис. 2.1 на осі x – запаси вологи на початку декади, на осі y – сума опадів за

декаду, для якої виконується розрахунок; у полі графіків – зміна запасів продуктивної вологи за декаду.

Таблиця 2.1 – Коефіцієнти a , b , c , d рівняння (2.1)

Період вегетації	Шар ґрунту, см	a	b	c	d
Ранні ярі зернові культури (чорноземні ґрунти)					
Сівба – вихід в трубку (1-й період)	0-20	-0,10	+0,35	-0,28	+0,9
	0-100	-0,27	+0,78	-0,127	+2,0
Вихід в трубку – цвітіння (2-й період)	0-100	+0,07	+0,93	-0,176	-20,6
Цвітіння – воскова стиглість (3-й період)	0-100	-1,72	+1,08	-0,229	+23,3
Підзолисті ґрунти					
1-й період	0-20	0,54	0,22	0,20	7,6
	0-100	0,40	1,24	0,31	2,5
2-й період	0-100	1,53	0,51	0,13	17,7
3-й період	0-100	0,93	0,64	0,09	10,7

До кожного графіка додається таблиця поправок на температуру повітря. Очікувані запаси продуктивної вологи (W_2) становлять суму запасів вологи на початок декади (W_n) та зміну їх, зняту з графіка з поправкою на температуру, тобто:

$$W_2 = W_n + \Delta y(\pm \Delta t) \quad . \quad (2.2)$$

Побудовані також графіки, за якими визначаються очікувані запаси вологи, а не їх зміна. Графіки побудовано окремо для ярої та озимої пшениці.

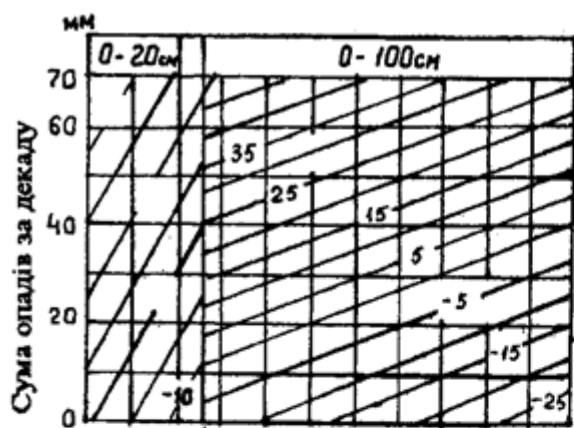
Розрахунок очікуваних запасів вологи виконується послідовно для кожної декади розвитку. Для цього розраховані запаси вологи за поточну декаду приймаються за початкові для наступної декади. Температура повітря та опади використовуються за ту декаду, для якої ведуться розрахунки.

Якщо в розрахунках отримано від'ємний результат, то вони прирівнюються до 0.

Очікувані запаси продуктивної вологи під озимою пшеницею розраховуються за рівняннями табл. 2.2, або графіками С.О. Веріго (рис. 2.2 а, б, в, г) .

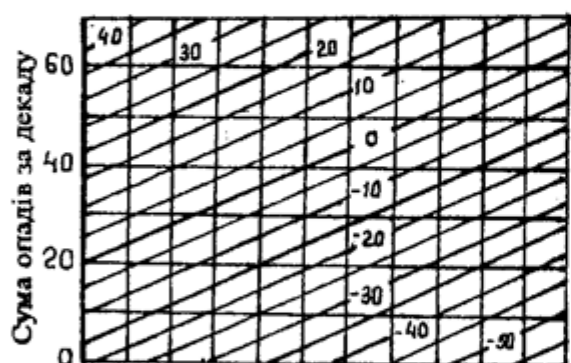
Таблиця 2.2 – Рівняння залежності зміни запасів продуктивної вологи у ґрунті під озимою пшеницею від метеорологічних величин

Зона	Період	Шар ґрунту, см	Рівняння
Чорноземні ґрунти	Весняне відростання	0-20	$W_2 = -0,70 t + 0,26r - 0,25W_1 + 7,4$
	Формування колосу і цвіту	0-100	$W_2 = -1,12 t + 0,74r - 0,23W_1 + 27,7$
	Формування Зерна	0-100	$W_2 = 0,05 t + 0,90r - 0,07W_1 - 26,7$
		0-100	$W_2 = -0,64 t + 0,40r - 0,20W_1 + 7,4$
Підзолисті ґрунти	Весняне відростання	0-20	$W_2 = -0,33 t + 0,05r - 0,42W_1 + 17$
	Формування колосу	0-100	$W_2 = -2,26 t + 0,46r - 0,21W_1 + 41,6$
	Формування Зерна	0-100	$W_2 = -0,73 t + 1,10r - 0,09W_1 - 11,4$
		0-100	$W_2 = -0,32 t + 0,80r - 0,035W_1 - 15,4$



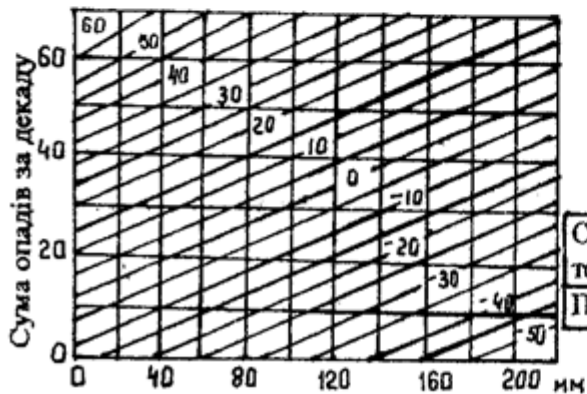
Поправка на температуру (а)

Середня за декаду температура повітря, °С	5-7	8-12	13-15	16-19
Поправка (мм) для шару				
0-20 см	0	0	0	-1
0-100 см	1	0	-1	-2



Поправка на температуру (б)

Середня за декаду температура повітря, °С	13-27	вище 27
Поправка (мм)	0	1

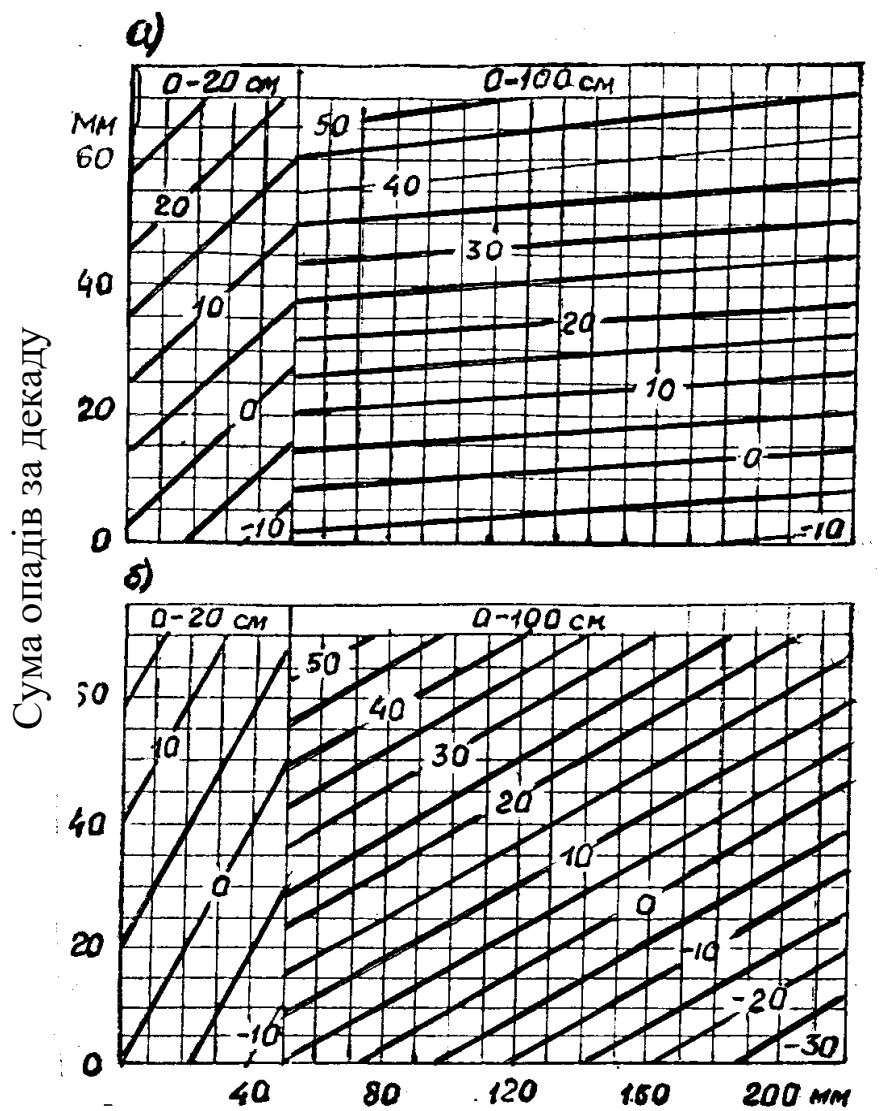


Поправка на температуру (в)

Середня за декаду температура повітря, °С	3-7	8-12	13-17	18-22
Поправка (мм)	1	0	-1	-2

Рис. 2.1 – Зміна запасів продуктивної вологи у зоні чорноземних ґрунтів під ярою пшеницею:

- а) від сівби до виходу у трубку;
- б) від виходу у трубку до цвітіння;
- в) після цвітіння.



Запаси продуктивної вологи на початку декади

Поправка на температуру (а)

Середня за декаду температура повітря, °С	7-8	9-11	12-13	14-16	17-18	19-21	22-23	24-26	27-28
Поправка (мм)	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3

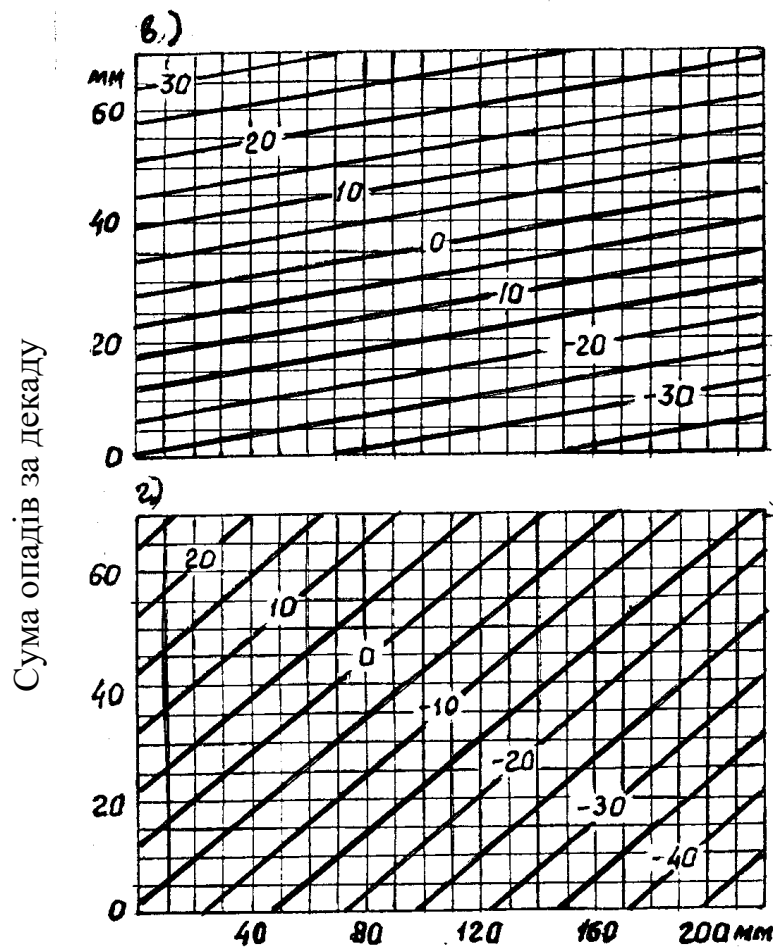
Поправка на температуру (б)

Середня за декаду температура повітря, °С	3-7	8-12	13-17	18-22
Поправка (мм)	1	0	-1	-2

Рис. 2.2 (а, б) – Зміна запасів продуктивної вологи під озимую пшеницею у зоні чорноземних ґрунтів (мм за декаду):

а – період осінньої вегетації;

б – період весняного відростання.



Запаси продуктивної вологи на початку декади

Поправка на температуру (в)

Середня за декаду температура повітря, °C	3-7	8-12	13-17	18-22
Поправка (мм)	-1	0	1	2

Поправка на температуру (г)

Середня за декаду температура повітря, °C	5-8	9-11	12-15	16-18	19-21	22-24	25-27
Поправка (мм)	4	3	2	1	0	-1	-2

Рис. 2.2 (в, г) – Зміна запасів продуктивної вологи під озимою пшеницею у зоні чорноземних ґрунтів (мм за декаду):

в – період формування колосу і квіток;

г – період формування зерна.

2.1 Метод прогнозу запасів продуктивної вологи під картоплею

Метод розроблено С.Б. Мостинською на основі тих же закономірностей, які були встановлені С.О. Веріго. Цей метод враховує особливості коріння картоплі не проникати глибоко у ґрунт, а розповсюджуватись у верхньому шарі та на впливі температури повітря (t), опадів (r) та зволоження ґрунту в попередню декаду (W_1) на зміну запасів вологи у подальшому.

Таблиця 2.3 – Рівняння зміни запасів продуктивної вологи під картоплею та травами

<i>Чорноземна зона</i>		
Період Розвитку	Шар ґрунту, см	Рівняння зв'язку
<i><u>К а р т о п л я</u></i>		
1. Період формування сходів	0-20	$y = 0,01 t + 0,24r - 0,42w + 6,5$
	0-50	$y = 0,21 t + 0,34r - 0,29w + 14,6$
	0-100	$y = 0,22 t + 0,56r - 0,18w + 5,0$
2. Період утворення бокових пагонів	0-20	$y = -0,26 t + 0,24r - 0,45w + 8,5$
	0-50	$y = 0,45 t + 0,45r - 0,21w + 5,6$
	0-100	$y = -0,38 t + 0,88r - 0,22w - 12,8$
3. Період бутонізації	0-20	$y = -0,24 t + 0,40r - 0,84w + 2,4$
	0-50	$y = -0,26 t + 0,75r - 0,24w - 2,3$
	0-100	$y = 0,58 t + 0,57r - 0,23w + 14,3$
4. Період цвітіння	0-20	$y = -0,62 t + 0,31r - 0,37w + 11,9$
	0-50	$y = -0,85 t + 0,54r - 0,24w + 14,3$
	0-100	$y = -0,94 t + 0,72r - 0,10w + 7,8$
<i><u>Л ю ц е р н а</u></i>		
1. Ранній весняний період (від початку вегетації до встановлення $T + 15^{\circ} C$)	0-100	$y = 1,8 t + 0,70r - 0,06w + 4,05$
2. Період перші три декади	0-100	$y = -1,10 t + 1,06r - 0,1w - 5,8$
3. Період формування другого укосу (IV–VI декади після переходу температури повітря через $+15^{\circ} C$)	0-100	$y = -0,6 t + 0,73r - 0,21w + 5,3$
4. Період після другого укосу до кінця вегетації	0-100	$y = -1,1 t + 0,83r - 0,16w + 11,7$

Особливості розвитку картоплі враховані в тому, що рівняння для розрахунку запасів вологи розроблені для чотирьох міжфазних періодів (табл. 2.3).

За цими рівняннями побудовані графіки (рис. 2.3 а, б, в; 2.4 а, б, в; 2.5 а, б, в, г), на яких на осі x – запаси продуктивної вологи на початку декади, на осі y – сума опадів за декаду, для якої проводяться розрахунки. У полі графіка (2.3 а, б, в, г) зміна запасів вологи за декаду. Зміна запасів продуктивної вологи під картоплею розраховуються аналогічно як і для зернових за формулою (2.1).

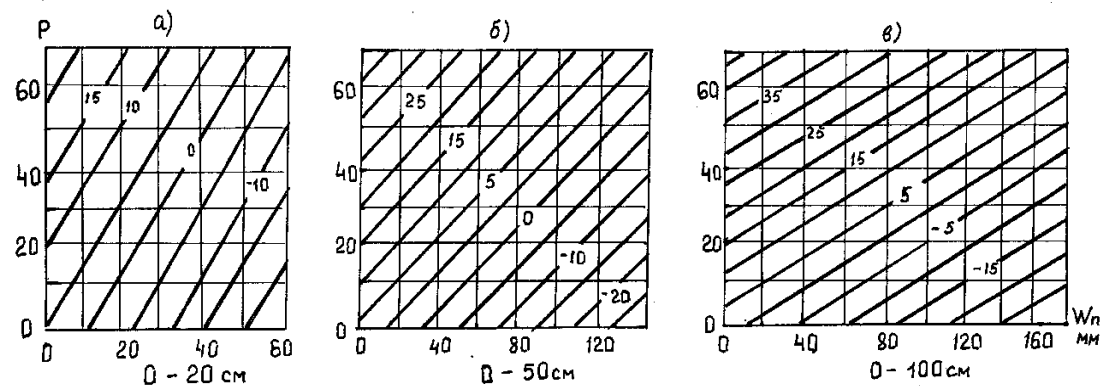
Розрахунок зміни запасів вологи під картоплею потребує відомостей про фази розвитку картоплі (сходів, утворення бокових пагонів, бутонізації і цвітіння). Дати настання вказаних фаз розраховуються за сумами активних температур (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Суми температур по міжфазних періодах розвитку картоплі

Фон добрив	Сівба - сходи	Сходи - бутонізація	Бутонізація - Цвітіння	Цвітіння - в'янення картоплиння
<i>Ранньостиглі сорти</i>				
високий	320	350	200	350
середній	400	350	200	600
<i>Середньостиглі сорти</i>				
високий	320	450	200	1000
середній	400	450	200	700
<i>Пізнньостиглі сорти</i>				
високий	320	500	200	1100
Середній	400	500	200	800

Подібна техніка проведення розрахунків запасів продуктивної вологи під конюшиною та люцерною. Початок вегетації сіяних трав співпадає з переходом температури повітря через 5° С, а цвітіння – через 2 декади після утворення суцвіть. Перший укіс трав співпадає з цвітінням, другий – з переходом температури через 15° С влітку.

Зміна запасів вологи під конюшиною та люцерною розраховується за графіками (2.6 а, б – від відновлення вегетації до 1-го укосу; 2.6 в, г – від першого укосу до припинення вегетації).



Поправка на температуру																									
Середня за декаду температура повітря, °С	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25				
Поправка (мм)	9	7	5	4	2	0	-2	-4	-5	-7	-9	-11	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5				

Рис. 2.3 – Зміна запасів продуктивної вологи під картоплею у період формування сходів:

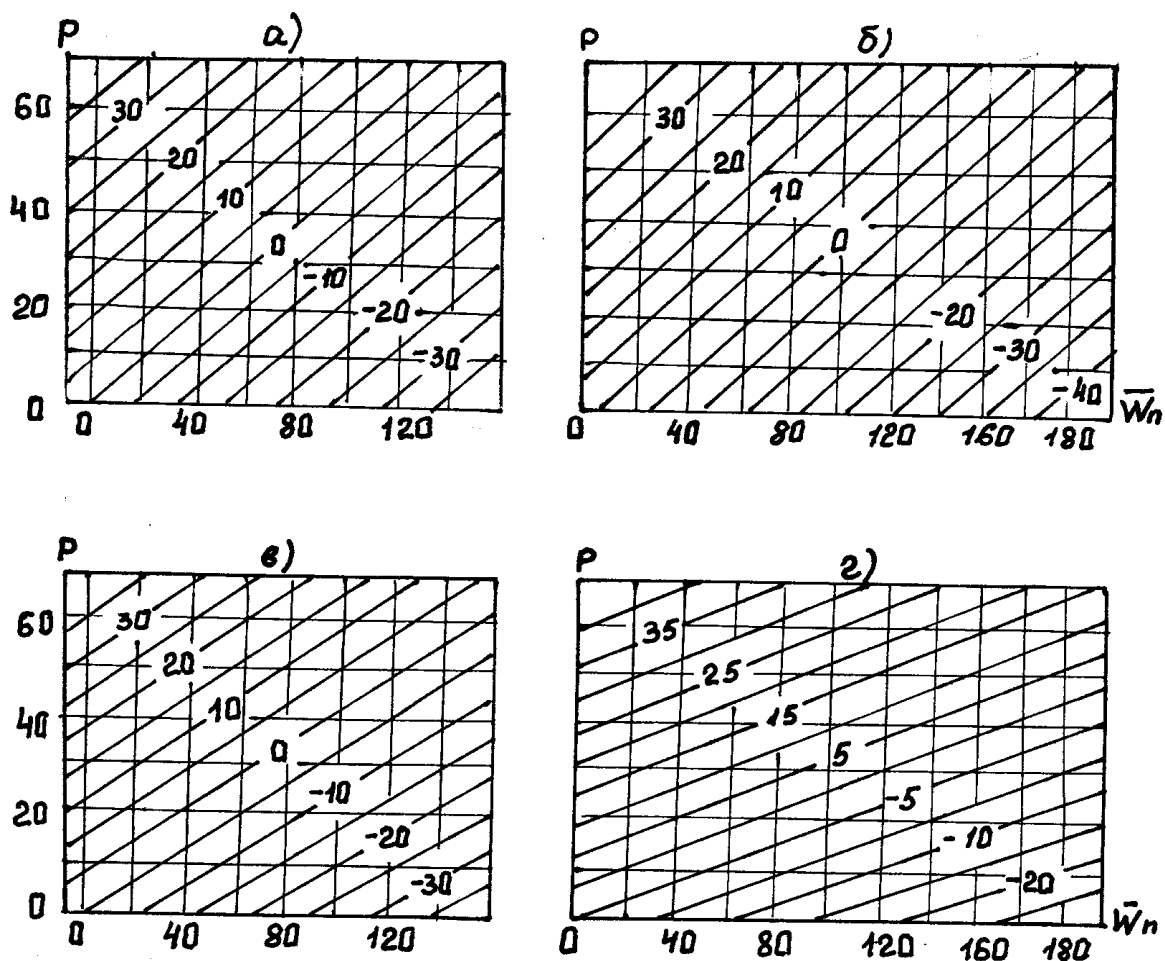
а – у шарі ґрунту 0 – 20 см;

б – у шарі ґрунту 0 – 50 см;

в – у шарі ґрунту 0 – 100 см.



Рис. 2.4 – Зміна запасів продуктивної вологи під картоплею у період формування бокових пагонів (а, б, в – позначки ті ж, що на рис. 5.3).



Поправка на температуру (а,б)

Середня за декаду температура повітря, °C	13	14-15	16-18	19-21	22-23
Поправка (мм)	3	2	1	0	-1

Поправка на температуру (в,г)

Середня за декаду температура повітря, °C	12-15	16-17	18-22	23-24	25-28
Поправка (мм)	2	1	0	-1	-2

Рис. 2.5 – Зміна запасів продуктивної вологи під картоплею у період утворення суцвіть та цвітіння:

- а – у шарі 0 – 50 см у період утворення суцвіть;
- б – у той же період у шарі 0 – 100 см;
- в – у шарі 0 – 50 см у період цвітіння;
- г – у той же період у шарі 0 – 100 см.

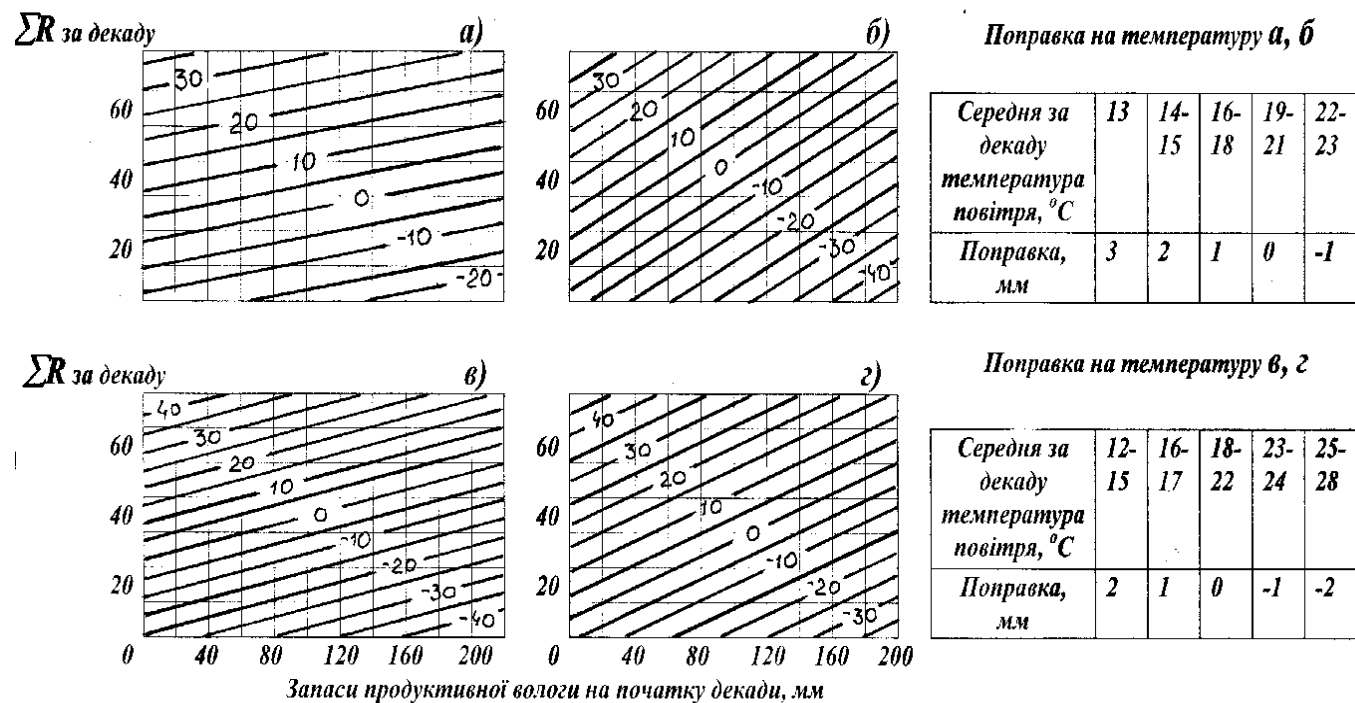


Рис. 2.6 а, б, в, г – Зміна запасів продуктивної води під люцерною у шарі ґрунту 0 – 100 см:

а – у період середньої за добу температури повітря від 5°C до 15°C;

б – за перші три декади після переходу температури повітря через 15°C;

в – за четверту, п'яту та шосту декади після переходу температури повітря через 15° C;

г – до кінця вегетації.

2.2 Метод прогнозу запасів продуктивної вологи під кукурудзою

Закономірності зміни запасів продуктивної вологи в ґрунті під кукурудзою такі ж, як і для інших культур, тобто визначаються величиною рослинної маси, температури повітря, сумою опадів та станом ґрунту на початку розрахунків.

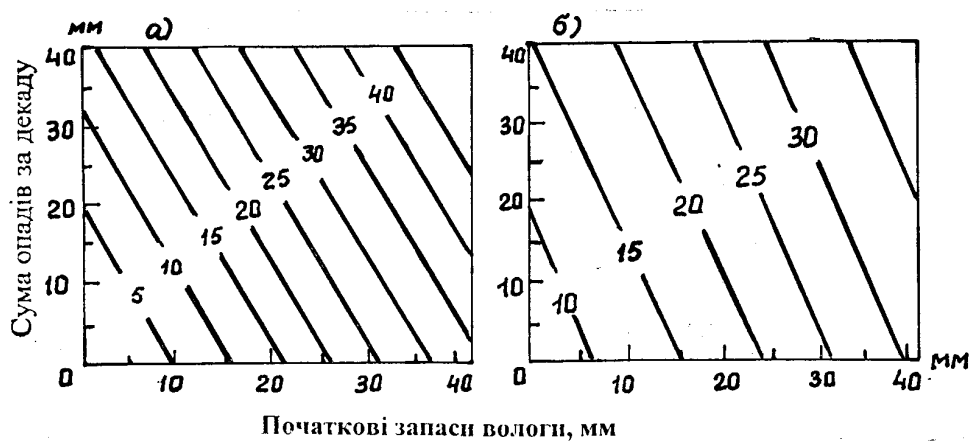
Головні особливості розвитку коріння кукурудзи обумовлені біологією культури. Коріння розташовується головним чином у верхніх шарах ґрунту (до 50 см.) Тому Ю.І. Чирковим [23] були розроблені рівняння (табл. 2.5) та побудовані графіки для розрахунку зміни запасів вологи у шарах 0-20 см та 0-50 см (2.7 а, б; 2.8, 2.9)

На рис. 2.7 – 2.9 на осі x – значення запасів вологи на початок розрахунку; y – сума опадів за декаду. У полі графіка очікувані зміни запасів вологи. На визначену величину зміни запасів вводиться поправка на температуру повітря відповідно до періоду розвитку кукурудзи.

Подібні залежності отримані для овочевих культур (баклажанів, солодкого перцю, томатів і круп'яних культур).

Таблиця 2.5 – Коефіцієнти a , b , c , d для розрахунку запасів вологи під кукурудзою

<u>Кукурудза</u>					
Сходи – 10-й лист	0-50	-0,83	+0,34	-0,15	+6,0
10-й лист – викидання волоті	0-50	+0,73	+0,56	-2,55	+55,84
Викидання волоті – молочна стиглість	0-50	+0,72	+0,65	-1,65	+29,88
<u>Баклажани, томати, солодкий перець</u>					
Висадка розсади у ґрунт – цвітіння	0-20	+0,76	+0,16	-1,1	+18,4
	0-50	+0,76	+0,42	-2,94	+52,8
<u>Гречка</u>					
Сходи – цвітіння	0-20	0,62	0,45	-0,99	+13,5



Поправка на температуру (а)

Середня за декаду температура повітря, °C	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Поправка (мм)	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8

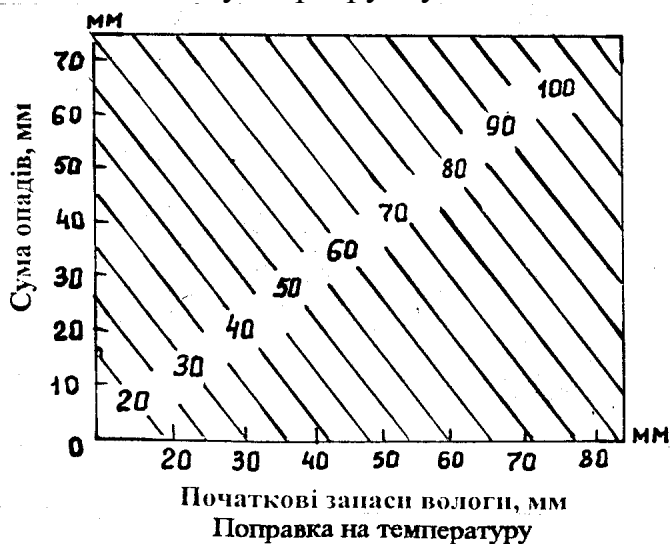
Поправка на температуру (б)

Середня за декаду температура повітря, °C	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Поправка (мм)	4,0	3,2	2,4	1,6	0,8	0	-0,8	-1,6	-2,4

Рис.2.7 – Розрахунок запасів продуктивної вологи під кукурудзою у період від сходів до появи 10 листка:

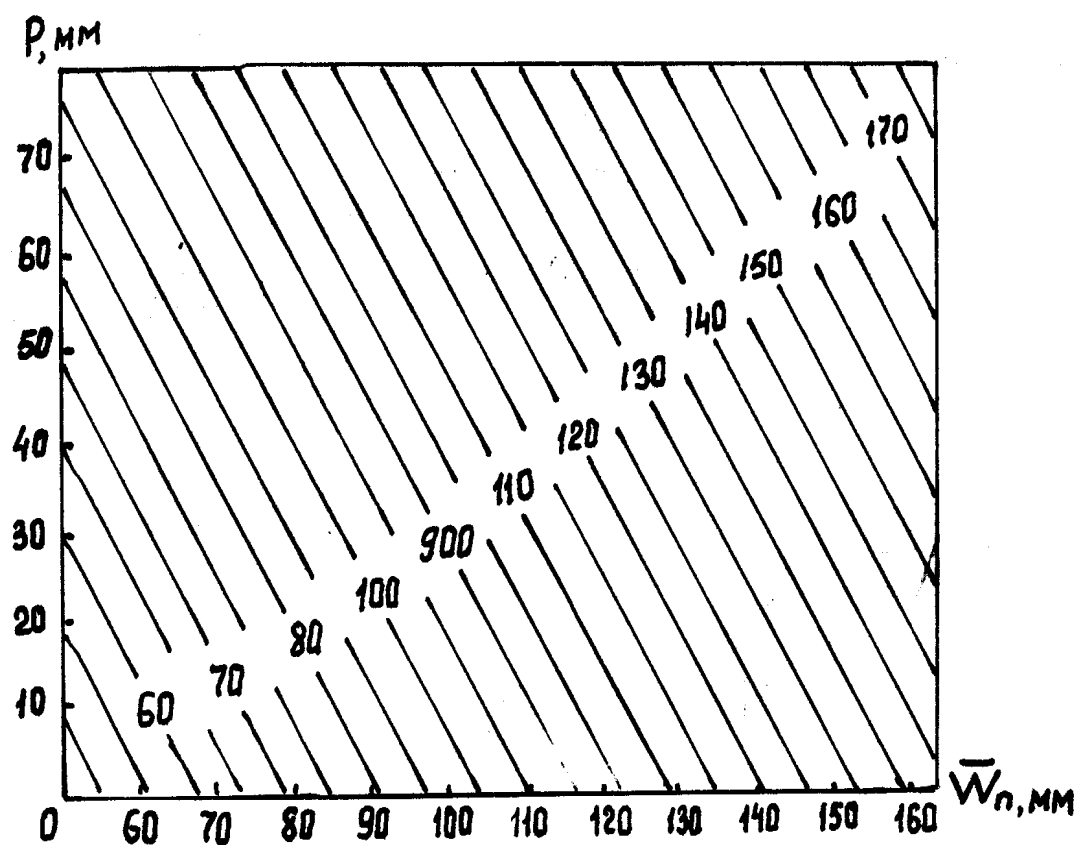
а – у шарі ґрунту 0 – 20 см;

б – у шарі ґрунту 0 – 50 см.



Середня за декаду температура повітря, °C	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Поправка (мм)	10,4	7,8	5,2	2,6	0	-2,6	-5,2	-7,8	-10,4	-13,0

Рис. 2.8 – Розрахунок запасів продуктивної вологи під кукурудзою у період від 10 листка до викидання волоті у шарі ґрунту 0 – 50 см.



Поправка на температуру

Середня за декаду температура повітря, °C	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Поправка (мм)	10,4	7,8	5,2	2,6	0	-2,6	-5,2	-7,8	-10,4	-13,0	-15,6

Рис. 2.9 – Розрахунок запасів продуктивної вологи у шарі 0 – 50 см під кукурудзою у період від викидання волоті до воскової стиглості.

3 Прогнози вологозабезпеченості посівів сільськогосподарських культур

3.1 Прогноз вологозабезпеченості сільськогосподарських культур за сумарним випаровуванням та дефіцитом насичення повітря

Як відомо, для життя рослин та формування їх урожаїв необхідні чотири головні фактори: світло, тепло, волога та питомі речовини. Найбільш мінливими як у часі, так і по території є тепло і волога. Їх нестачею або надмірною кількістю пояснюються значні коливання урожаїв.

В посушливих районах та районах нестійкого зволоження ґрунту фактором, що визначає умови зростання та формування врожаїв сільськогосподарських культур, є забезпеченість посівів вологою, так як тепла у цих районах достатньо.

Оцінкою вологозабезпеченості посівів займались багато дослідників: О.В. Процеров, О.С. Конторщиков, О.М. Конторщикова та ін. Це дозволило розробити цілу низку методів, що дозволяють виконувати оцінку вологозабезпеченості сільськогосподарських культур в районах недостатнього та нестійкого зволоження. Такі оцінки дуже часто використовуються при прогнозуванні врожаїв сільськогосподарських культур.

Вологозабезпеченість посівів – це міра забезпечення потреб рослин у воді в природних умовах. Вона може бути виражена через запаси продуктивної вологи у відсотках від найменшої вологомісткості, у відсотках від середніх багаторічних запасів продуктивної вологи, через суму опадів у відсотках від середньої багаторічної, у відносних одиницях через випарування та випаровуваність а також у відсотках через ті ж величини.

Розрахунок вологозабезпеченості (V) за сумарним випаровуванням та дефіцитом насичення повітря виконується практично для всіх сільськогосподарських культур як відношення фактичного сумарного випаровування (E_{ϕ}) з поля, зайнятого культурою, до сумарного випаровування при оптимальних умовах зволоження (E_o):

$$V = \frac{E_{\phi}}{E_o} \cdot 100 \quad . \quad (3.1)$$

За сумарне випаровування при оптимальних умовах зволоження (потреба рослин у воді) приймається випаровуваність, розрахована будь яким методом.

При виконанні розрахунків фактичне сумарне випаровування (E_{ϕ}) визначається за спрощеною формулою водного балансу:

$$E_{\phi} = (W_1 + x) - W_2 \quad \dots \quad (3.2)$$

де W_1 та W_2 – запаси продуктивної вологи відповідно на кінець попередньої та початок поточної декади;

x – сума опадів за декаду.

Випаровування в оптимальних умовах зволоження – випаровуваність можна розраховувати за будь-яким методом. В агрометеорології найчастіше використовується метод А.М. Алпатєва. Він запропонував випаровуваність (E_o) розраховувати через сумарний дефіцит насичення повітря (d) з врахуванням коефіцієнтів біологічної кривої водоспоживання (K):

$$E_o = K \cdot \Sigma d \quad . \quad (3.3)$$

Значення коефіцієнтів біологічної кривої споживання різне для різних сільськогосподарських культур і також може бути різним для однієї і тієї ж культури в різних ґрунтово-кліматичних зонах.

3.2 Розрахунок вологозабезпеченості зернових культур

О.В. Процеров встановив, що в період від сходів до колосіння для зернових культур значення коефіцієнту біологічної кривої становить, 0,6 після колосіння до воскової стиглості – 0,4.

Таким чином, потреба культур у волозі в будь яку декаду вегетації буде дорівнювати сумі дефіцитів насичення повітря помножених на 0,6, якщо значення дефіциту насичення виражено у мм, та 0,45, якщо – у мілібарах, тобто, у період від колосіння до воскової стиглості $E_o = 0,4 \cdot \Sigma d$ мм, або $E_o = 0,6 \cdot \Sigma d$ мм.

Для розрахунків забезпечення вологою зернових культур необхідні такі матеріали: дати настання фаз розвитку, фактичну та очікувану за прогнозом температуру повітря, фактичні та очікувані за прогнозом суми опадів, дефіцит насичення повітря та запаси продуктивної вологи на кінець кожної декади. Якщо запаси вологи не визначались, то вони розраховуються за рівнянням:

$$W_2 = (W_1 + x) - E \quad , \quad (3.4)$$

де W_1 та W_2 – запаси продуктивної вологи на початок та кінець декади, для якої виконуються розрахунки, мм відповідно;

x – сума опадів за декаду, мм.

Для зручності використання цих формул для ярої пшениці були побудовані графіки для визначення очікуваних запасів продуктивної вологи

та сумарного випаровування для трьох періодів вегетації: сівба – вихід у трубку, вихід у трубку – цвітіння, цвітіння – воскова стиглість (рис. 3.1 а, б, в). За цими рисунками одночасно визначаються запаси продуктивної вологи на кінець декади та сумарне випаровування. На рис.3.1 на осі абсцис - значення температури повітря, $t^{\circ}\text{C}$. На осі ординат – сумарне випаровування, (E_{ϕ}) мм; у полі графіка криві, які відповідають сумі запасів вологи на початок декади і опадів за декаду, $(W + x)$, мм.

Для складання прогнозу вологозабезпеченості посівів зернових культур необхідно мати синоптичний прогноз температури повітря, опадів та дефіциту насичення повітря. Але дефіцит насичення не прогнозується. Тому О.В. Процеров запропонував прогнозовану величину дефіциту насичення розраховувати через відхилення від норми температури повітря (табл. 3.1).

Для користування таблицею необхідно спочатку розрахувати у відсотках відхилення температури повітря від середнього багаторічного її значення і потім визначити відхилення дефіциту насичення у відсотках від його середньої багаторічної величини і визначити очікуване його значення у мм.

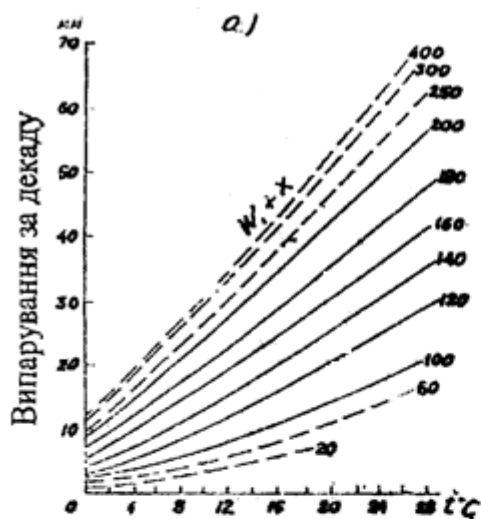
Таблиця 3.1 – Співвідношення відхилень температури повітря та дефіциту насичення повітря від норми

Елементи	Відхилення від норми (%)			
Температура повітря	± 10	± 20	± 30	± 40
Дефіцит температури повітря	± 15	± 30	± 45	± 60

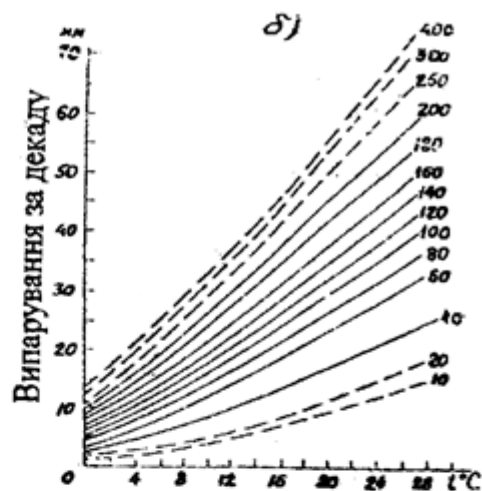
Якщо температура повітря очікується близько норми, то і дефіцит насичення теж буде близько норми.

Забезпечення рослин вологою розраховується по декадах періоду вегетації культури, а потім середня величина за період розраховується як середня арифметична.

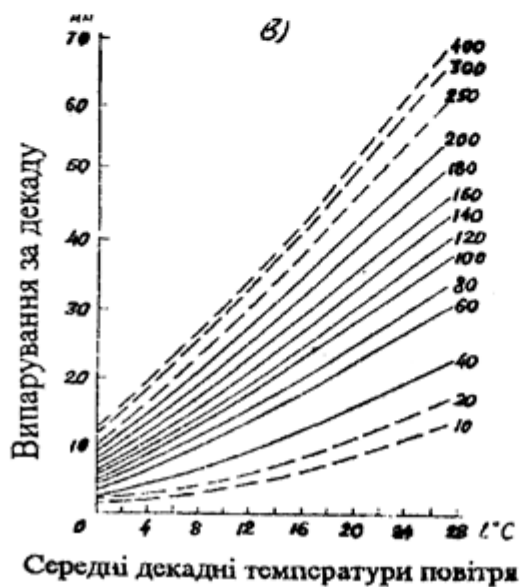
С.О. Веріго розраховувала оцінку агрометеорологічних умов формування врожаю в залежності від забезпечення рослин вологою (рис. 3.2).



Середні декадні температури повітря



Середні декадні температури повітря



Середні декадні температури повітря

Рис. 3.1 – Сумарне випаровування за декаду (E_{ϕ}) на полях ярої пшениці в залежності від початкових запасів продуктивної вологи (W_1), опадів за декаду (x) та середньої температури повітря (t):

- а) від сівби до виходу у трубку;
- б) після виходу у трубку до колосіння;
- в) після колосіння до воскової стиглості

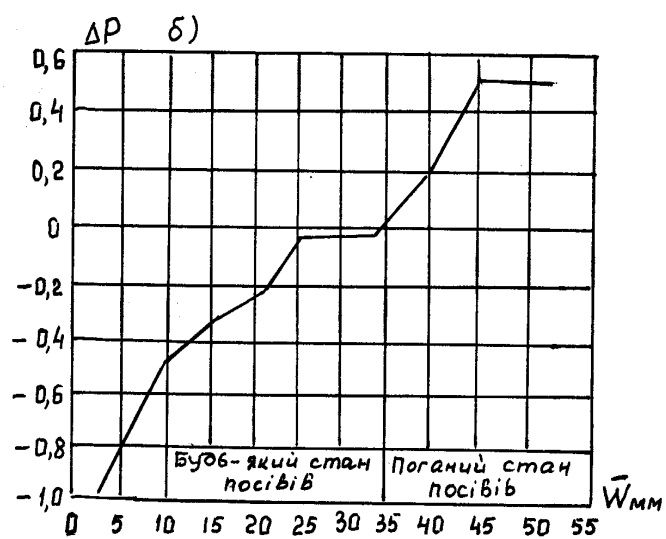
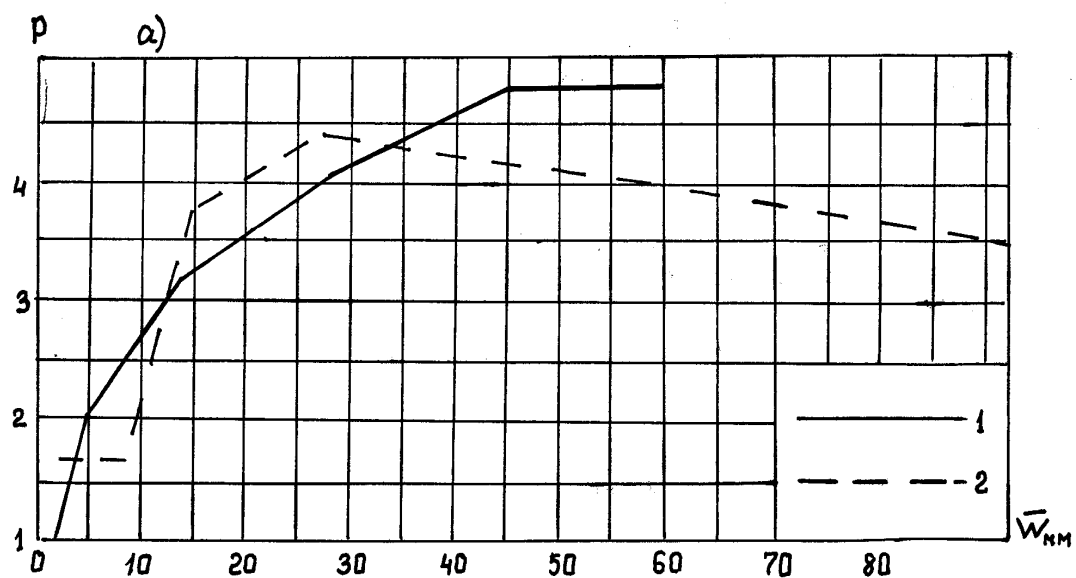


Рис. 3.2 – Відносна оцінка посівів ярої пшениці в залежності від забезпеченості вологою ярої пшениці в зоні:
а) недостатнього зволоження,
б) в зоні надмірного зволоження

Прогноз забезпеченості вологою ярих зернових культур складається трічі за вегетаційний період: перший – після закінчення сівби ярих; другий – після виходу у трубку; третій – після колосіння.

3.3 Оцінка вологозабезпеченості посівів озимої пшениці по непарових попередниках

Для вирішення питання про можливість початку сівби озимих культур по непарових попередниках деякі автори пропонують використовувати необхідний максимум опадів за передпосівний період. Так, П.Г. Кабанов за такий мінімум приймає 50 мм опадів за липень, серпень. І.В. Свісюк пропонує дещо меншу суму опадів – 30 мм за місяць до початку сівби.

Кількість опадів за передпосівний період (x) також використовується для розрахування запасів води в шарі 0 – 20 см по непарових попередниках на початок сівби (y). Рівняння для розрахунку:

$$y = -0,0014x + 0,45x^2 - 3,0, \quad (3.5)$$
$$S_y = \pm 3,1 \text{ мм}$$

де x – кількість опадів (мм) за місяць до початку сівби.

Для зручності розрахунків запасів продуктивної води на початок передпосівного періоду підготовлена табл. 3.1.

Метод, запропонований І.В. Свісюком [4], дає добру справджуваність навіть у випадках, коли вода на початок передпосівного місяця майже відсутня (менше 5 мм у шарі 0 – 20 см), тобто, коли за візуальним визначенням ґрунт взагалі сухий.

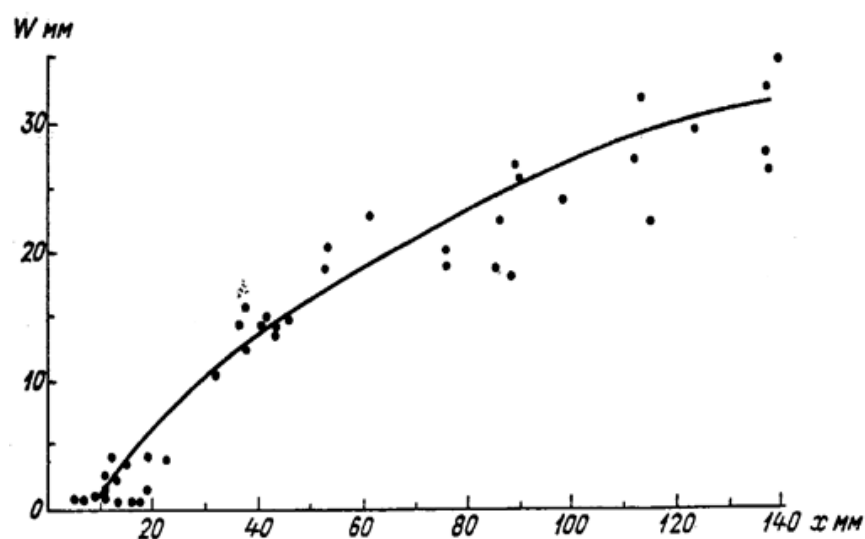


Рис. 3.3 – Залежність запасів продуктивної води в шарі ґрунту 0 – 20 см на полях, підготовлених до сівби озимої пшениці по непарових попередниках, від кількості опадів за передпосівний місяць.

Таблиця 3.1 – Оцінка запасів води в шарі ґрунту і сходів в залежності від кількості опадів, які випали в передпосівний місяць на підготовлене під посів озимої пшениці непарове поле

Кількість опадів, мм	Запаси продуктивної води в шарі ґрунту 0-20 см, мм	Оцінка запасів води, бали	Оцінка сходів, бали
10 – 19	0 – 5	1(дуже погані)	0 (сходи не з'являються)
20 – 30	6 – 10	2(погані)	2(сходи сильно зріджені)
31 – 65	11 – 20	3(задовільні)	3 (сходи слабо зріджені)
66 – 90	21 – 25	4(добрі)	4 (сходи добрі)
>90	26 – 35	5(відмінні)	5 (сходи відмінні)

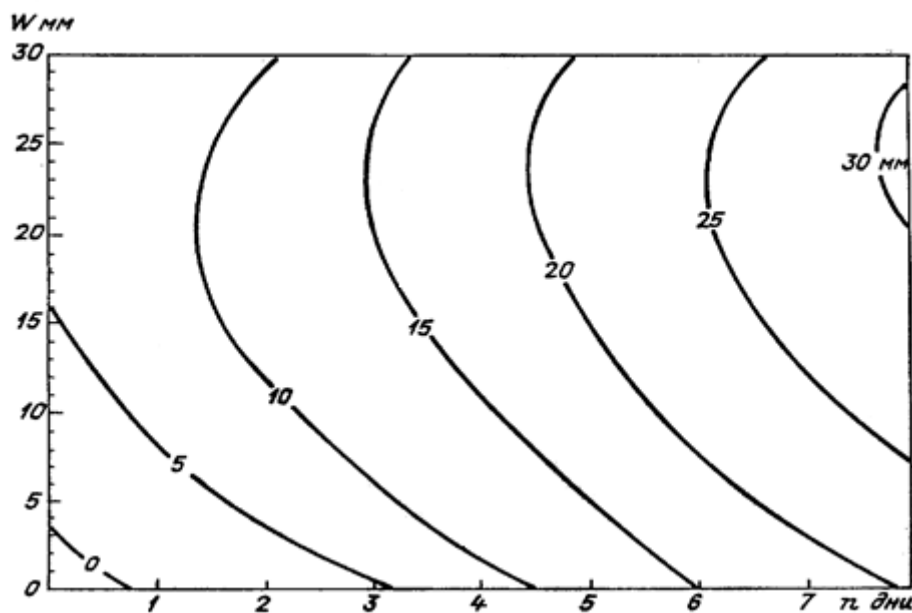


Рис. 3.2 – Залежність запасів води (мм) у шарі ґрунту 0 – 20 см у передпосівний період по непарових попередниках озимої пшениці від кількості днів з опадами 5 мм і більше за два передпосівні місяці та запасів води у тому ж шарі за місяць до початку сівби.

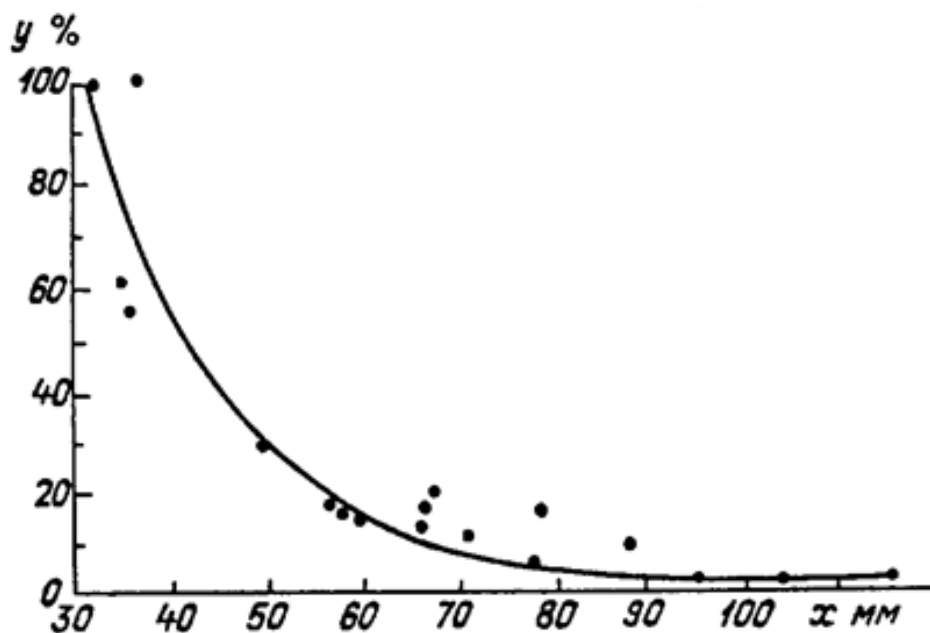


Рис. 3.5 – Зв'язок між кількістю опадів, що випали у передпосівний та післяпосівний місяці (x) та площею поганих та тих, що не зійшли восени, озимих по непарових попередниках

При збільшенні залишкових запасів вологи на початок передпосівного періоду мінімум опадів, який забезпечить задовільні сходи, може бути нижчий ніж 30 мм. Тому розрахунок запасів вологи виконується не тільки за сумою опадів (x), а і за залишковими запасами продуктивної вологи (W_3). Для цього використовуються залежності С.О. Веріго або рівняння, запропоноване І.В.Свісюком:

$$Y = 3,03x - 0,015W_3^2 + 0,72W - 2,4, \quad (3.6)$$

а також рис. 3.4

І.В. Свісюком також встановлено, що існує тісний зв'язок між величиною площі поганих посівів або тих, що не зійшли, з кількістю опадів за передпосівний та після посівний місяці (рис. 3.5).

В несприятливі за зволоженням передпосівні періоди сівба насіння в сухий ґрунт не проводиться бо це викликає великі втрати.

3.4 Розрахунок забезпечення вологою посівів цукрових буряків

Найбільші посівні площі цукрових буряків розташовані в зонах нестійкого та недостатнього зволоження. В цих зонах відчувається вплив забезпечення вологою посівів а розвиток та формування продуктивності рослин впродовж всього періоду вегетації. Розрахунок забезпечення вологою цукрових буряків виконується за тими ж формулами, що і зернових культур. Однак коефіцієнти біологічної кривої для цукрових буряків будуть зовсім інші, вони визначені О.М. Конторщиковою (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Коефіцієнти K для визначення потреби у воді цукрових буряків

Декада вегетації	K	Декада вегетації	K	Декада вегетації	K	Декада вегетації	K
перша	0,22	п'ята	0,49	дев'ята	0,78	Тринадцята	0,66
друга	0,26	шоста	0,65	десята	0,75	Чотирнадцята	0,64
третя	0,31	сьома	0,72	одинадцята	0,72	п'ятнадцята	0,61
четверта	0,39	восьма	0,80	дванадцята	0,69	Шістнадцята	0,55

В окремі роки в залежності від агрометеорологічних умов розвиток цукрових буряків може прискорюватись або уповільнюватись, тому при розрахунках потреби їх у воді коефіцієнти або зміщуються на одну декаду, або повторюються двічі за одну й ту ж декаду. У будь-якому випадку значення коефіцієнту 0,49 повинно припадати на декаду початку росту коренеплоду. Вона розраховується по сумі ефективних температури вище 5°C , що становить 500С.

Фактичне сумарне випаровування з поля цукрових буряків визначається з табл. 3.3.

Якщо при розрахунках вологозабезпеченість 100 %, то вона приймається рівною 100 % так як у зонах недостатнього та нестійкого зволоження короточасне надмірне зволоження не викликає несприятливих умов для розвитку цукрових буряків.

Забезпечення рослин вологою розраховується за кожну декаду вегетації. Якщо необхідно визначити вологозабезпеченість за будь-який період, то в цьому випадку значення вологозабезпеченості за кожну декаду підсумовується та розділяється на кількість декад у періоді.

Для складання прогнозів врожаїв цукрових буряків необхідно знати завчасно середню вологозабезпеченість всього періоду вегетації. З цією метою О.М. Конторщикова отримала рівняння, які характеризують залежність середньої вологозабезпеченості посівів цукрових буряків за весь

період вегетації (U) від вологозабезпеченості за період від сівби до моменту складання прогнозу (U₁) (табл. 3.4).

Слід зазначити, що чим пізніше складається прогноз вологозабезпеченості вегетаційного періоду цукрових буряків, тим він точніший.

Таблиця 3.3 – Сумарне випарування за декаду в залежності від початкових запасів вологи у шарі ґрунту 0 – 100 см, опадів за декаду та середньої температури повітря

Середня декадна температура повітря, °С	Запаси вологи в метровому шарі ґрунту за попередню декаду плюс кількість опадів за поточну декаду, мм										
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
Період від посіву до початку росту коренеплоду											
5	5	6	7	8	9	11	13	14	15	16	18
6	5	7	8	9	10	12	14	15	16	18	20
7	6	7	9	10	12	13	15	16	17	19	21
8	6	8	10	11	13	15	16	18	19	21	23
9	7	9	11	12	14	16	17	19	21	23	24
10	8	10	12	13	15	17	19	21	22	24	26
11	8	10	13	15	16	18	20	22	23	26	28
12	9	11	14	16	18	20	22	23	24	27	30
13	9	12	15	17	19	21	23	25	26	28	32
14	10	13	16	18	20	22	24	26	27	30	33
15	11	14	17	19	21	23	25	27	29	32	35
16	11	15	18	20	22	24	27	28	30	34	37
17	12	15	19	21	23	26	28	30	32	35	38
18	13	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40
19	14	18	21	23	25	28	31	33	35	38	42
20	15	19	22	24	27	29	32	35	36	40	44
21	16	20	23	25	28	31	34	36	38	42	46
22	17	21	24	27	29	32	35	37	39	44	47
23	18	22	25	28	30	34	36	39	41	46	49
24	19	23	26	29	32	35	37	40	43	47	51
25	20	24	27	30	33	36	39	42	45	49	53
26	21	25	28	31	34	37	40	43	46	51	55
27	22	26	29	32	36	38	42	45	48	53	57
28	23	27	30	33	37	40	44	47	50	54	58
29	24	28	31	35	39	42	45	48	52	56	60
30	25	29	32	36	40	43	47	50	53	58	62

Продовження таблиці 3.3

Середня декадна температура повітря, °С	Запаси вологи в метровому шарі ґрунту за попередню декаду плюс кількість опадів за поточну декаду, мм										
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Період після початку росту коренеплоду											
5	5	6	7	8	9	10	10	11	11	12	13
6	6	7	8	9	10	11	11	12	12	13	14
7	7	8	9	10	11	12	12	13	14	15	15
8	7	9	10	11	12	13	14	14	15	16	17
9	8	10	11	12	13	14	15	15	16	17	18
10	9	10	12	13	14	15	16	17	17	19	20
11	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21
12	10	12	14	15	16	17	19	20	21	22	23
13	11	13	15	17	18	19	20	21	22	23	24
14	12	14	17	18	19	20	21	22	23	24	25
15	13	15	18	19	20	21	22	23	24	26	27
16	14	16	19	20	21	22	23	25	26	27	28
17	14	17	20	21	22	24	25	26	27	29	30
18	15	18	21	22	24	25	26	27	29	30	31
19	16	19	22	23	25	26	27	29	30	32	33
20	17	20	23	25	26	28	29	30	32	33	34
21	18	21	24	26	27	29	31	32	33	35	36
22	19	22	25	27	28	30	32	33	34	36	37
23	20	23	26	28	30	32	33	34	35	37	39
24	21	24	28	30	31	33	34	36	37	39	40
25	22	25	29	31	32	34	36	37	38	40	42
26	23	26	30	32	34	36	37	38	40	41	43
27	24	28	31	33	35	37	39	40	41	43	44
28	25	29	32	34	36	38	40	41	42	44	46
29	26	30	33	35	37	39	41	42	43	45	48
30	27	31	34	36	39	40	42	43	44	47	49

Кінець таблиці 3.3

Середня декадна температура повітря, °С	Запаси вологи в метровому шарі ґрунту за попередню декаду плюс кількість опадів за поточну декаду, мм					
	150	160	170	180	190	200
Період після початку росту коренеплоду						
5	13	14	15	16	17	17
6	15	16	16	17	18	19
7	16	17	18	19	20	21
8	17	18	19	20	21	22
9	19	20	21	22	23	24
10	21	21	22	23	25	26
11	22	23	24	25	26	27
12	23	24	26	27	28	29
13	25	25	27	29	30	31
14	26	27	28	30	31	33
15	28	29	30	32	33	34
16	29	31	32	34	35	36
17	31	32	34	35	37	38
18	32	34	35	37	39	40
19	34	35	37	39	41	42
20	36	37	39	41	42	44
21	37	39	41	42	44	45
22	39	41	43	44	46	47
23	40	42	44	46	48	49
24	42	43	46	48	50	52
25	43	45	47	50	52	54
26	45	46	49	52	54	55
27	46	48	51	54	55	57
28	48	50	52	55	57	59
29	50	52	54	57	59	61
30	51	54	56	59	61	63

Таблиця 3.4 – Рівняння зв'язку для розрахунків очікуваної середньої вологозабезпеченості (%) посівів за вегетаційний період

Декада після початку росту коренеплоду	Рівняння	Помилка рівняння
Перша	$U = 1,5U_1 - 66$	6
Друга	$U = 1,5U_1 - 61$	6
Третя	$U = 1,4U_1 - 50$	5
Четверта	$U = 1,4U_1 - 45$	5
П'ята	$U = 1,3U_1 - 33$	4
Шоста	$U = 1,3U_1 - 30$	3
Сьома	$U = 1,1U_1 - 12$	3
Восьма	$U = 1,1U_1 - 10$	3
Дев'ята	$U = 1,0U_1 - 2$	2
Десята	$U = 1,0U_1 - 2$	2
Одинадцята	$U = 0,95U_1 - 2$	2

4. Практична частина

4.1 Техніка складання прогнозу запасів продуктивної вологи на початок весни

При розрахунках значень запасів продуктивної вологи на початок весни необхідно підготувати початкові дані.

Дата складання прогнозу 1 лютого. Для розрахунків необхідні **початкові** величини:

- 1 – дата останнього визначення запасів вологи восени на полях з озимими культурами або на зяблевій оранці;
- 2 – найменша вологомісткість (НВ) в районі розрахунку – 160 мм;
- 3 – дата переходу середньої добової температури повітря через 0 °С;
- 4 – запаси вологи продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-100 см на дату останнього визначення восени;.

Розрахункові величини:

- 1 – нестача насичення ґрунту вологою становить розраховується за формулою (1.1);
- 2 – за прогнозом погоди розраховується дата переходу температури повітря через 5 °С навесні;
- 3 – підраховується кількість опадів від дати останнього визначення вологості ґрунту до 1 лютого підраховується по матеріалах спостережень за декадними сумами опадів

4 – підраховується сума опадів від першого лютого до дати переходу температури повітря через 5 °С навесні, вона визначається з синоптичного прогнозу погоди.

5 – підраховується сума опадів від 1 лютого до дати переходу температури повітря через 5 °С навесні.

6 – за рівнянням (1.2) розраховується зміна запасів вологи за осінньо-зимово-весняний період.

7 – очікувані на весну запаси вологи розраховуються як сума запасів вологи на останнє визначення восени та зміна запасів за холодну пору року.

8 – розраховуються очікувані запаси продуктивної вологи у відсотках від найменшої волого місткості.

Складається текст прогнозу. Якщо прогноз складається по одній станції, то складається текст прогнозу з числовими характеристиками. Якщо прогноз складається по території області, то до тексту прогнозу додається карта розподілу очікуваних запасів продуктивної вологи по території області.

Приклад наводиться в табл. 4.1.

4.2 Техніка розрахунку прогнозу запасів продуктивної вологи під сільськогосподарськими культурами

Техніка складання прогнозів запасів продуктивної вологи під сільськогосподарськими культурами майже однакова для всіх культур.

Для складання прогнозу необхідно підготувати для розрахунків такі відомості:

- фази розвитку рослин та дати їх настання для кожної культури;
- типи ґрунтів та їх механічний склад;
- середні багаторічні значення температури повітря та опадів за розрахунковий період;
- синоптичний прогноз температури повітря та опадів;
- значення запасів продуктивної вологи на початок розрахункового періоду у шарах 0-20см, 0-50 см, 0-100см.

Виконати розрахунки:

- розрахувати очікувану температуру повітря та суми опадів по декадах розрахункового періоду;
- визначити коефіцієнти в рівняннях для розрахунків або самі рівняння (з табл. 2.1 – 2.4);
- розрахувати зміну запасів продуктивної вологи за кожну декаду розрахункового періоду за рівняннями або відповідними графіками;
- визначити величину очікуваних запасів продуктивної вологи за кожну декаду за рівнянням (2.2). При цьому величину зміни запасів продуктивної вологи з відповідним знаком додають до значень запасів вологи за попередню декаду.

Таблиця 4.1– Розрахунок очікуваних запасів води на початок весни у метровому шарі ґрунту за методом Л.О. Разумової

(ст. Сербка, ґрунт – чорнозем південний каштановий, найменша вологомісткість – 156 мм.) Дата складання прогнозу 30 січня

№ за/п	Дані для розрахунків	Зяб	Озимі культури
Початкові дані			
1	Останнє визначення вологості ґрунту восени	10.XI	10.XI
2	Запаси води у ґрунті (мм)	40	80
3	Найменша вологомісткість (НВ) (мм)	160	160
4	Опади за період від останнього визначення вологості ґрунту до дати складання прогнозу	64	64
5	Середні багаторічні значення запасів води навесні	120	150
Дані за прогнозом			
6	Перехід середньої температури повітря через 5°C навесні	18.III	18.III
7	Опади за період від дати складання прогнозу до переходу температури повітря через 5°C навесні (мм)	42	42
Розраховані дані			
8	Опади за період від останнього визначення запасів води восени до переходу температури повітря через 5°C навесні (мм)	Графи: 4+7	
9	Нестача насичення ґрунту водою восени	Графи: 3-2	
10	Зміна запасів води за осінньо-зимово-весняний період	Визначається за відповідними графіками	
11	Запаси води, очікувані навесні (мм)	Графи: 2+10	
12	Те ж у % НВ		
13	Те ж у % від середньої багаторічної		

*Примітка: робочу таблицю для розрахунків викладач роздає студентам кожному індивідуально.

Слід мати на увазі, що для кожної наступної декади розраховані запаси продуктивної вологи на попередню декаду будуть початковими для розрахунків у наступній декаді.

- побудувати карти запасів продуктивної вологи під основними сільськогосподарськими культурами. Для основних зернових культур (озимі та ярі) складається карта-схема запасів продуктивної вологи по території області. При складанні карт слід мати на увазі, на початку весни для озимих зернових культур карти будуються за значеннями запасів продуктивної вологи у шарі 0-100см, для ярих зернових культур - до фази „вихід у трубку” карта складається за значеннями вологи у шарі 0-20см, після виходу у трубку - 0-100 см. Для запасів вологи під кукурудзою, соняшником, цукровими буряками та овочевими культурами карти будуються за значеннями запасів продуктивної вологи у шарі 0-50 см.

- скласти текст прогнозу. В тексті прогнозу детально характеризуються запаси вологи в шарах ґрунту 0-20, 0-50, 0-100 см на початок розрахунку, наводиться синоптичний прогноз погоди щодо очікуваної температури повітря і суми опадів і вже після цього характеризуються очікувані запаси продуктивної вологи з обов'язковим порівнянням із значеннями НВ. Дані для розрахунків видаються викладачем кожному студенту індивідуально.

4.3 Техніка розрахунку вологозабезпеченості сільськогосподарських культур

Розрахунок вологозабезпеченості сільськогосподарських культур краще виконувати у робочі таблиці (табл. 4.2)

У робочу таблицю із щорічників виписуються:

- фази розвитку та дати їх настання;
- значення середньої за декаду температури повітря, опадів, дефіциту вологи та запасів продуктивної вологи за фактичними спостереженнями на дату складання прогнозу;
- очікувані значення температури повітря, опадів за прогнозом;
- розраховуються за методом О.В. Процєрова значення дефіциту насичення повітря вологою. Для цього визначається відхилення температури повітря від норми, за цим значенням визначається відхилення дефіциту від норми у відсотках і потім розраховується очікувана величина дефіциту вологості повітря у мм;

Після визначення прогнозованих величин розраховуються:

- запаси продуктивної вологи у шарі 0-100 см та сумарне випаровування за графіками (рис. 3.1 а, б, в);
- випаровуваність (E_0 , формула 3.3);
- вологозабезпеченість по декадах (формула 3.1);
- середню вологозабезпеченість за період. Вона розраховується як середня арифметична величина.

Всі розрахунки заносяться у робочу таблицю (табл. 4.2). Після закінчення

розрахунків складається текст прогнозу, в якому характеризуються запаси вологи на початок розрахункового періоду, очікувані значення температури повітря, опадів, дефіциту насичення повітря вологою, розраховані значення запасів продуктивної вологи і очікувану вологозабезпеченість посівів ярої пшениці. Вологозабезпеченість оцінюється згідно з методом С.О. Веріго (див. теоретичну частину).

Дані для розрахунків видаються викладачем кожному студенту індивідуально.

Приклад. Розрахувати середню по області вологозабезпеченість посівів ярої пшениці. Розрахунок забезпечення посівів вологою краще виконувати у робочій таблиці (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Приклад розрахунку вологозабезпеченості ярої пшениці

Середні по області показники	Травень		Червень			Липень			Серпень	
	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
Середня декадна температура повітря	7	10	13	15	18	19	21	23	22	20
Сума опадів за декаду (мм)	10	15	25	8	16	0	5	10	25	20
Запаси вологи у метровому шарі ґрунту (мм)	110	105								
Сума середньодобової нестачі вологи повітря за декаду (мм)	22	25	34	49	60	97	90	105	82	82
Величина випарування, яка необхідна для оптимальних умов росту (мм)	13	15								
Сумарне випарування у поточному році (мм)										
Вологозабезпеченість за декаду (%)										
Середня вологозабезпеченість за весь минулий період (%)										

4.4 Техніка розрахунку прогнозу вологозабезпеченості цукрового буряка

Основні райони сіяння цукрових буряків - найважливішою технічною культури - розташовані в зоні недостатнього і нестійкого зволоження і тільки 20% площ знаходиться в районах достатнього, а в окремі періоди і надмірного зволоження. У зоні недостатнього зволоження врожайність цукрових буряків залежить від вологозабезпечення вегетаційного періоду. Вологозабезпеченість розглядається як відношення величини фактичного сумарного випаровування вологи з поля цукрових буряків до величини випаровування, при якій створюються оптимальні умови росту коренеплодів в даних метеорологічних умовах.

Порядок виконання:

1. Підготувати необхідну агрометеорологічних інформацію по гідрометеостанція території, що обслуговується: дати сівби цукрових буряків; температуру повітря; суму опадів по декадах; дані про запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-100 см; середній дефіцит вологості повітря, мб (табл. 4.3).

2. Для кожного пункту подекадно розрахувати:

- а) суму дефіцитів вологості повітря, мм;

- б) оптимальну вологопотребу цукрових буряків, використовуючи формулу 2.5;

- в) фактичне сумарне випаровування (за даними табл. 3.3 або рис. 3.1);

- г) вологозабезпеченість цукрових буряків за формулою 3.1.

3. Розрахувати послідовно середню вологозабезпеченість на кінець кожної декади до дати складання прогнозу (шляхом підсумовування значень вологозабезпеченості за кожну декаду наростаючим підсумком і ділення результату на число декад).

4. Розрахувати середню вологозабезпеченість за весь вегетаційний період, використовуючи рівняння (табл. 3.1).

4.3 Розрахунку вологозабезпеченості посівів цукрових буряків до кінця вегетації

Показники	Травень			Червень			Липень			Серпень			Вересень	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Середня декадна температура повітря в поточному році	10,3	14,7	15,2	16,8	19,3	19,2	17,4	18,4	–	–	–	–	–	–
середня багаторічна за прогнозом	9,2	12,7	14,4	15,8	17,2	18,1	19,1	20,3	20,8	21,0	20,4	19,1	16,8	14,5
	–	–	–	–	–	–	–	–	19	18	20	18	14	13
Сума температур за прогнозом	–	–	–	–	–	–	–	–	209	389	589	787	927	1057
Сума опадів у поточному році за прогнозом (х)	29	19	28	13	2	13	77	6	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	18	17	16	15	15	15
Сума середньо добового дефіциту вологості повітря, мм	38	60	52	69	88	68	45	43						
Коефіцієнт для визначення потреби цукрових буряків у волозі	0,22	0,26	0,31	0,39	0,49	0,65	0,72	0,80		–	–	–	–	–
Сумарне випарування, мм фактичне	22	36	36	32	32	32	34	22	–	–	–	–	–	–
прогнозоване (Е)	–	–	–	–	–	–	–	–	33	31	30	27	23	18
Потреба цукрових буряків у волозі	8	16	16	27	43	44	32	34	–	–	–	–	–	–
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 100 см за період фактичні	–	175	167	148	118	99	142	118	–	–	–	–	–	–
прогнозовані (W)	–	–	–	–	–	–	–	–	103	90	80	71	62	67
Вологозабезпеченість посівів за декаду, %	100	100	100	100	75	73	100	94	72	77	58	36	–	–
Середня вологозабезпеченість (в % за період вегетації)												82	–	–

Контрольні питання

Тема 1

1. Які Ви знаєте основні закономірності формування запасів продуктивної вологи в ґрунті?
2. Перелічіть методи прогнозів запасів продуктивної вологи на початок весни.
3. Що таке „глибина промочування ґрунту і як вона визначається?
4. Що називається „найменшою волого місткістю ґрунту?
5. Як розраховується нестача насичення ґрунту восени?
6. На якій основі базується прогноз запасів вологи Л.О. Разумової?
7. Для яких районів розроблено метод І.В. Свісюка?
8. З якою метою використовується максимальна кількість опадів за передпосівний період озимих культур?
9. Які дані необхідні для складання прогнозу запасів продуктивної вологи на весну?

Тема 2

1. Яка закономірність є основою прогнозу запасів вологи під сільськогосподарськими культурами?
2. Як враховуються фази розвитку сільськогосподарських культур при складанні прогнозів запасів продуктивної вологи?
3. Що входить у рівняння для розрахунку запасів вологи?
4. Чим відрізняються методи розрахунку запасів вологи під різними сільськогосподарськими культурами?

Тема 3

1. Що називається вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур?
2. Як розраховується сумарне випаровування?
3. Як розраховується випаровуваність?
4. Як прогнозується значення дефіциту насичення повітря?
5. Як розраховується вологозабезпеченість цукрових буряків у другу половину вегетації?

Список літератури

1. Божко Л.Ю. Агрометеорологічні розрахунки і прогнози: навчальний посібник. Київ: КНТ, 2007. 212 с.
2. Божко Л.Ю., Барсукова О.А. Агрометеорологічні прогнози: навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2012. 246 с.
3. Свисюк И.В. Агрометеорологические прогнозы, расчеты, обоснование. Ленинград: Гидрометеиздат, 1991.

4. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Адаменко Т.І. Агromетeоролoгiчнi прoгнoзи: пiдручник. Одeсa: ТЕС. 2017. 508 с.
5. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Ситов В.М., Ярмольська О.Є. Практикум з сiльськoгoспoдaрськoї мeтeорoлoгiї. Одeсa, 2002. 385 с.
6. Свисюк И.В. Агromетeоролoгичeскиe прoгнoзы, рaсчeты, oбoснoвaниe. Лeнингpaд: Гидрoмeтeoиздaт. 1991.
7. Вeригo С.А. Прoгнoз измeнeния зaпacoв влaги в пoчвe пo пeриoдaм вeгeтaции. Рукoвoдствo пo сoстaвлeнию aгromетeоролoгичeскиx прoгнoзoв. Лeнингpaд: Гидрoмeтeoиздaт, 1984. 301 с.
8. <http://library.odku.edu.ua/> (oфiцiйний вeб-сaйт бiблioтeки OДEКУ).
9. <http://eprints.library.odku.edu.ua/> (oфiцiйний вeб-сaйт рeпoзитaрiю бiблioтeки OДEКУ).