

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ, НАУКИ, МОЛОДІ ТА  
СПОРТУ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання практичних робіт  
за темою «Прогнози врожаїв технічних культур»  
з дисципліни «Довгострокові агрометеорологічні прогнози»

Спеціальність - Агрометеорологія

Одеса – 2011

Методичні вказівки до виконання практичних робіт «Прогнози врожаїв технічних культур» з дисципліни «Довгострокові агрометеорологічні прогнози» для студентів 5-го курсу денної форми навчання за спеціальністю – Агрометеорологія. //Укладачі: к.г.н., доц. Божко Л.Ю., к.г.н., доц. Барсукова О.А. Одеса, ОДЕКУ, 2011. – 51 с.

ЗМІСТ	Стр.
Передмова.....	4
1. Теоретична частина.....	6
Тема 1.1 Метод прогнозу забезпеченості теплом вегетаційного періоду.....	6
Тема 1.2 Прогнози врожаїв технічних культур.....	10
1.2.1 Прогноз врожаю соняшника для окремих господарств і областей.....	10
1.2.2 Метод прогнозу врожаю насіння соняшника для великих територій.....	12
1.2.3 Прогнози врожаю соняшнику в Україні.....	15
1.2.4. Прогноз врожаїв цукрових буряків.....	21
1.2.5 Метод прогнозу врожаю картоплі в Україні.....	26
2. Практична частина	
2.1 Техніка складання прогнозу забезпечення теплом вегетаційного періоду теплолюбних культур.....	32
2.2 Техніка складання прогнозу врожаю соняшника.....	32
2.2.1 В окремих господарствах.....	32
2.2.2 Техніка складання прогнозу соняшника на великих площах.....	33
2.2.3 Техніка складання і приклад прогнозу районної врожайності соняшника з різною завчасністю за методом Строкач.....	34
2.3 Розрахунок очікуваного врожаю цукрових буряків.....	35
2.4. Розрахунок очікуваного врожаю картоплі.....	37
Список літератури.....	39
Додатки.....	40

## Передмова

Довгострокові агрометеорологічні прогнози урожаїв сільськогосподарських культур – галузь науково-практичної діяльності працівників гідрометеорологічної служби України, яка спрямована на вивчення закономірностей впливу поточних, інерційних та тих, що прогнозуються, агрометеорологічних факторів на ріст, розвиток та формування продуктивності сільськогосподарських культур і забезпечення сільськогосподарського виробництва прогнозами очікуваних урожаїв з великою завчасністю. Чим триваліша завчасність прогнозу, тим краще працівники сільського господарства вирішуватимуть виробничі та економічні проблеми господарств.

Довгострокові прогнози врожаїв сільськогосподарських культур вивчаються у відповідній дисципліні і мають за мету:

– забезпечити відповідні сучасним вимогам знання студентів про закономірності впливу погодних умов на стан, ріст і розвиток сільськогосподарських культур та формування їх продуктивності в різних природно - кліматичних зонах, привити навички розрахунків, що виконуються, за відповідними програмами на ПЕОМ, навчити методам прогнозів зміни значень головних факторів в житті рослин.

Завдання дисципліни – навчити студентів:

- визначати найголовніші фактори довкілля та їх вплив на сільськогосподарські культури;
- визначати мінливість агрометеорологічних показників у просторі та часі;
- методам розрахунку очікуваних значень агрометеорологічних показників з великою завчасністю;
- методам розрахунку очікуваного стану рослин та очікуваного врожаю.

Після виконання завдань чинних методичних вказівок студенти повинні володіти:

Знаннями:

- теоретичних положень довгострокових агрометеорологічних прогнозів;
- закономірностей впливу агрометеорологічних умов на формування продуктивності сільськогосподарських культур;
- методик складання всіх видів прогнозів;
- особливості методик складання прогнозів у різних регіонах;
- закономірностей впливу вологозабезпеченості на врожаї сільськогосподарських культур;
- правил користування ПЕОМ.

Вміннями:

- розраховувати агрометеорологічні показники стану сільськогосподарських культур в різних ґрунтово-кліматичних зонах;
- визначати вологозабезпеченість посівів та її вплив на формування врожаїв;
- користуватись синоптичними прогнозами погоди;
- визначати головні інерційні фактори та їх вплив на формування продуктивності культур;
- виконувати оцінки впливу окремих факторів та їх комплексу на формування врожаїв сільськогосподарських культур.
- виконання розрахунків на ПЕОМ агрометеорологічних показників формування продуктивності культур;
- користуватись довідковою літературою, щорічниками та іншими матеріалами;
- виконувати аналіз виконаних розрахунків;
- складати тексти агрометеорологічних прогнозів.

**Кожний студент одержує від викладача - індивідуальні вихідні матеріали для виконання завдання.**

Після виконання робіт проводиться усне опитування.

Кожна практична робота відноситься до певного модулю лекційних і практичних занять. Чинні методичні вказівки відносяться до першого лекційного модуля. На оцінку робіт відводиться 5 балів. Оцінювання робіт проводиться за відповідями студентів і повнотою виконання розрахунків.

# 1 Теоретична частина

## 1.1 Метод прогнозу забезпеченості теплом вегетаційного періоду

Прогноз забезпечення теплом вегетаційного періоду розроблено Ф.Ф.Давітая. Сутність його полягає у прогнозуванні сум температур на вегетаційний період навесні. При цьому вегетаційний період приймається як період від переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  навесні до переходу її через  $10^{\circ}\text{C}$  восени. Ф.Ф. Давітая встановлено асинхронні зв'язки між строками початку весни і загальною кількістю тепла влітку. За індекс весни прийнята дата переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  навесні. Чим раніше настає ця дата, тим більша кількість тепла накопичується за вегетаційний період. Кількість тепла виражена через суму температур вище  $10^{\circ}\text{C}$  ( $\Sigma t > 10^{\circ}\text{C}$ ). Між датою переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  та кількістю тепла існує тісний зв'язок, який характеризується високими значеннями коефіцієнтів кореляції майже у всіх географічних зонах.

Характер залежності сум температур вище  $10^{\circ}\text{C}$  від початку весняних процесів неоднаковий в різні відрізки вегетаційного періоду. Якщо його розбити на дві частини, відокремивши перші два місяці, то залежність сум температур від дати переходу через  $10^{\circ}\text{C}$  за другий відрізок значно тісніша.

Крім того, Ф.Ф. Давітая також встановлено та науково обґрунтовано залежність тривалості вегетаційного періоду від початку весни. Таким чином, за датою стійкого переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  навесні є можливість розрахувати:

- очікувану суму температур вище  $10^{\circ}\text{C}$  за вегетаційний період або окремі його частини;
- тривалість вегетаційного періоду.

Дослідження багатьох авторів показали, що якщо за індекс весни прийняти перехід температури повітря через  $5^{\circ}\text{C}$ , а за індекс початку літа перехід температури через  $15^{\circ}\text{C}$ , то існує тісний зв'язок сум температур у межах цих дат з відповідними датами переходу температури повітря.

*Прогноз забезпеченості теплом вегетаційного періоду.* Ф.Ф. Давітая розроблена ціла низка рівнянь для розрахунку очікуваних сум температур за вегетаційний період для різних районів. В цілому рівняння має вигляд:

$$\Sigma t > 10^{\circ}\text{C} = A - aD, \quad (1)$$

де  $A$  – вільний член рівняння,  
 $a$  – коефіцієнт при змінній.

В табл. 1 наведені значення  $A$  та  $a$  рівняння (1) для різних гідрометеорологічних станцій.

Самий ранній місяць в табл. 1 наводиться з метою розрахунку кількості днів від першого числа самого раннього місяця до переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  навесні в поточному році, тому що в рівнянні (1) замість  $D$  використовується як раз така кількість днів.

Прогноз забезпеченості теплом складається відразу ж після переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  навесні поточного року.

Таблиця. 1 – Значення коефіцієнтів  $A$  і  $a$  рівняння (1) для прогнозу  $\Sigma t > 10^{\circ}\text{C}$  за весь вегетаційний період

Станція	Самий ранній місяць переходу температури повітря через $10^{\circ}\text{C}$ навесні	$A$	$a_1$	$\pm\sigma$
Квітень				
Чернігів	„	3390	-25,43	220
Київ	„	3270	-23,07	230
Житомир	„	3100	-22,11	220
Тернопіль	„	2910	-16,62	220
Львів	„	3140	-23,75	230
Хмельницький	„	2910	-16,62	220
Львів	„	3140	-23,75	230
Чернівці	„	3190	-18,65	230
Південно-Дністровськ	„	3310	-22,25	240
Умань	„	3270	-23,82	220
Полтава	„	3330	-21,71	240
Харків	„	3300	-22,06	250
Ворошиловград	„	3370	-17,19	220
Дніпропетровськ	„	3540	-18,65	230
Кіровоград	„	3300	-18,16	220
Запоріжжя	„	3630	-22,70	220
Херсон	„	3790	-18,01	240
Одеса	„	3740	-20,45	220
Кишинів	„	3700	-23,68	220

Дата переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  визначається за даними середніх за добу, або середніх за декаду температур повітря графічним методом (рис. 1), або за формулами:

для весни 
$$S = \frac{(10-a)}{(b-a)}d + 5, \tag{2}$$

для осені 
$$S = \frac{(b-10)}{(b-a)}d + 5,$$

де  $a$  – температура повітря нижче  $10^{\circ}\text{C}$ ;  
 $b$  – температура повітря вище  $10^{\circ}\text{C}$ ;  
 $d$  – кількість днів першої декади.

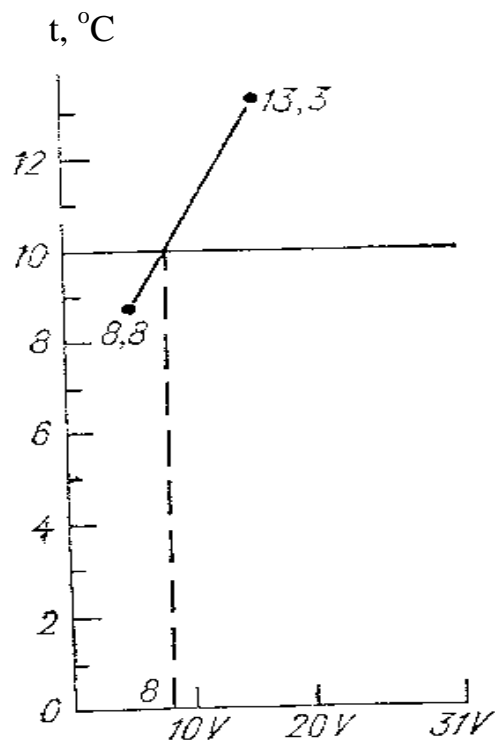


Рис. 1 – Графічний метод визначення дати переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  за середніми декадними температурами

Визначення дати переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  за допомогою графіка виконується так. Вибираються дві декади з середньою температурою нижче  $10^{\circ}\text{C}$  та вище  $10^{\circ}\text{C}$ . Ці значення температури наносяться на міліметровий папір, де на осі абсцис відкладаються дати (масштаб вибирається так, щоб 1 мм становив 1 день), а на осі ординат – значення середньої за декаду температури повітря (теж у масштабі  $1^{\circ}\text{C}$  становить 1 день). Потім на графіку на кінець кожної декади відкладається середнє значення температури повітря. Точки з'єднуються прямою лінією. З ординати точки, яка відповідає значенню температури  $10^{\circ}\text{C}$ , проводиться пряма, паралельна осі абсцис, до перетину з лінією, яка



сполучує два значення середньої за декаду температури. З точки перетину на вісь абсцис проводиться перпендикуляр до перетину з нею. У точці перетину і буде дата переходу температури повітря через 10° С.

Ф.Ф. Давітая також були розроблені прогностичні рівняння для розрахунку сум температур на другу половину вегетаційного періоду (через два місяці після переходу температури повітря через 10° С). Цей прогноз також складається за даними дат переходу температури повітря через 10 °С навесні. Але коефіцієнти в рівнянні (1) будуть інші (табл. 2).

Рівняння типу (1) для прогнозу сум температур за весь вегетаційний період або другу його половину можна розрахувати для будь-якої станції, яка має ряд спостережень за температурою повітря не менше ніж 50 років. Для цього спочатку за кожний рік визначають дати переходу температури повітря через 10°С навесні і підраховують фактичну суму температур за весь період вегетації та другу його половину. Потім за допомогою методів математичної статистики отримують відповідні рівняння.

Для складання прогнозу необхідно визначити дату переходу температури повітря через 10° С навесні ( $D$ ). Потім підрахувати кількість днів від першого числа місяця з самим раннім переходом температури повітря через 10° С до дати переходу температури повітря через цю ж температуру в поточному році. Знайти рівняння, яке відповідає станції, для якої ведеться розрахунок, і підставити всі значення в рівняння та виконати розрахунки.

Таблиця. 2 – Значення коефіцієнтів  $A$  і  $a$  у рівнянні (1) для прогнозу  $\Sigma t > 10^\circ \text{C}$  за другу частину вегетаційного періоду

Станція	Найбільший ранній місяць переходу температури повітря через 10°С навесні	$A$	$a$	$\pm\sigma$
Чернігів	Квітень	2050	-19,58	200
Рівне	„	1810	-18,60	190
Тернопіль	„	1790	-17,00	200
Хмельницький	„	1640	-15,50	190
Суми	„	1970	-19,60	200
Полтава	„	2100	-22,59	190
Житомир	„	2090	-20,60	200
Дніпропетровськ	„	2530	-33,40	190
Черкаси	„	2450	-22,60	190
Харків	„	2010	-16,20	200
Київ	„	2330	-24,64	190
Одеса	„	2820	-22,73	190

*Прогноз тривалості вегетаційного періоду.* Прогноз тривалості вегетаційного періоду засновано на залежності тривалості періоду від дати переходу температури через 10° С навесні до такої ж дати восени ( $n$ ) від дати стійкого переходу температури повітря через 10° С навесні ( $D$ ). Рівняння зв'язку у загальному вигляді:

$$n = A_1 - a_2 D \quad (3)$$

Для деяких пунктів України значення коефіцієнтів  $A_1$  та  $a_2$  визначені Ф.Ф. Давітая і Ю.С. Мельником (табл. 3).

Таблиця 3 – Значення коефіцієнтів  $A_1$  та  $a_2$  рівняння (3) для прогнозу тривалості вегетаційного періоду з температурою повітря вище 10° С

Станція	Найбільш ранній місяць переходу температури через 10° С навесні	$A_1$	$a_2$	$\pm\sigma$
Чернігів	Квітень	190	-1,14	10
Житомир	"	176	-1,05	9
Харків	"	179	-0,73	10
Умань	"	187	-1,03	10
Полтава	"	179	-0,71	10
Луганськ	"	182	-0,93	11
Кам'янець-Подільськ	"	189	-0,82	9
Чернівці	"	195	-1,17	10
Херсон	"	185	-0,87	10

## 1.2 Прогнози врожаїв технічних культур

### 1.2.1 Прогноз врожаю соняшника для окремих господарств і областей

Соняшник – основна олійна культура в Україні та одна з основних на Земній кулі. Соняшник відноситься до групи однорічних теплолюбних рослин. За період вегетації йому необхідна сума температур для середньостиглих сортів – 2100° С, середньоскоростиглих – 1800° С і середньопізностиглих – 2400° С. Найсприятливіші умови для вирощування складаються при температурі повітря 16 – 22° С і запасах продуктивної вологи у шарі 0 – 20 см – 30 – 50 мм, у шарі 0 – 50 см – 70 – 100 мм, у шарі 0 – 100 см – 120 – 160 мм.

Соняшник досить посухостійка рослина, але високі і сталі врожаї можливі тільки за умов оптимальної вологозабезпеченості посівів. Залежність врожаю насіння соняшника від сумарного водоспоживання має вигляд:

$$Y = 2,83 + 0,059E_{\phi}, \quad (4)$$

де  $Y$  – врожай, ц/га;

$E_{\phi}$  – сумарне водоспоживання соняшника за вегетаційний період, м<sup>3</sup>/га.

Дослідження Ю.С. Мельника впливу опадів на врожайність соняшника показали, що на величину врожаю впливають не тільки опади впродовж вегетаційного періоду, а і опади холодної пори року. Ю.С. Мельником був запропонований показник зволоження ( $K$ ), який розраховується за формулою:

$$K = \frac{0,6\Sigma X_1 + \Sigma X_2}{0,1\Sigma t}, \quad (5)$$

де  $\Sigma X_1$  – сума опадів за період від дати переходу температури повітря через 5° С восени до переходу її через 10° С навесні наступного року;

$\Sigma X_2$  – сума опадів від дати переходу температури повітря через 10° С навесні або від дати, коли засіяно більше 50 % посівної площі, до дати досягання соняшнику;

$\Sigma t$  – з сума температур вище 10 °С.

Коефіцієнт 0,6 – це коефіцієнт засвоєння опадів за осінньо-зимово-весняний період.

Ю.С. Мельником встановлена залежність урожаїв соняшника від коефіцієнта зволоження  $K$ .

Зв'язок врожаїв соняшнику на сортоділянках з коефіцієнтом  $K$  описується рівнянням (5) (рис. 2):

$$Y_c = 23,44(K - 0,46)^{0,8}. \quad (6)$$

Рисунок (2) і рівняння (3) можливо застосовувати тільки у районах, де середні багаторічні суми температур за період між датами стійкого переходу температури повітря через 10 °С навесні вище 2300° С.

Як відомо, врожаї соняшнику в умовах високої агротехніки (тобто на сортоділянках) значно вищі, ніж середні по області врожаї у всіх інших категоріях господарств. Тому були встановлені співвідношення, які дозволяють переходити від врожайності на сортоділянках ( $Y_c$ ) до середньої по області врожайності ( $Y_{обл}$ ). Ці співвідношення встановлені для середньо-та пізньостиглих сортів соняшнику для окремих груп областей:

Дніпропетровської, Донецької, Запорізької, Кіровоградської, Луганської, Полтавської, Черкаської, Миколаївської, Херсонської, Одеської областей та Криму:

$$Y_{обл.} = 0,61Y_c + 0,8 \quad , \quad (7)$$

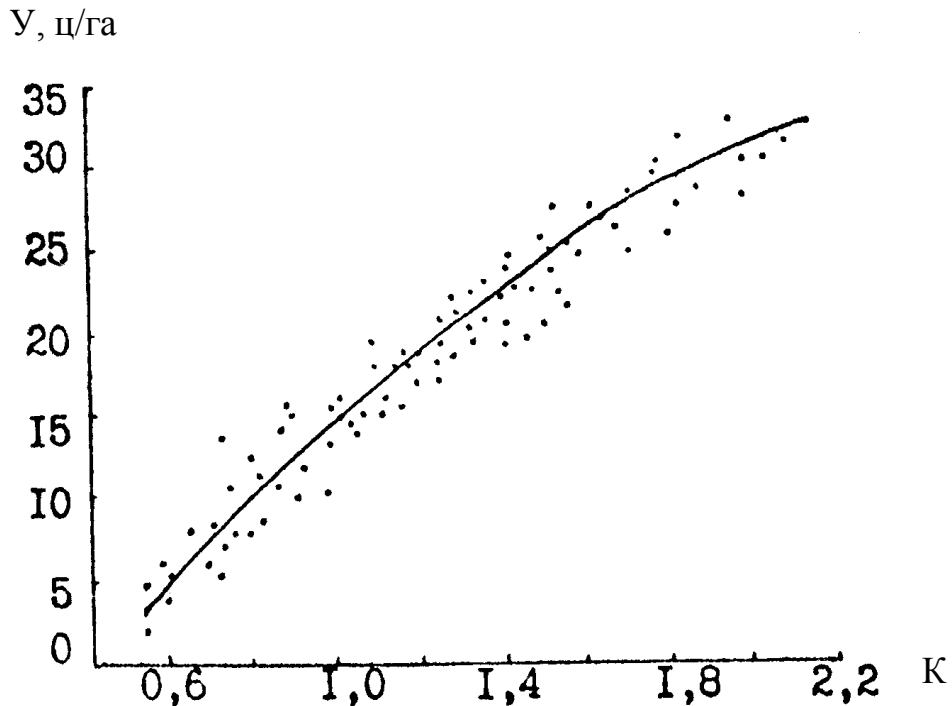


Рис. 2 – Зв'язок врожаю соняшника  $Y$  (ц/га) на сортоділянках з показником зволоження  $K$

для Вінницької, Сумської, Воронежської та Ростовської областей:

$$Y_{обл.} = 0,63Y_c - 1,2 \quad . \quad (8)$$

Необхідно зазначити, що співвідношення врожаїв на сортоділянках і в господарствах не залишається постійним. Тому необхідно для кожної області ці співвідношення уточнювати через кожні 5 – 6 років.

### 1.2.2 Метод прогнозу врожаю насіння соняшника для великих територій

Розробка методу прогнозу врожаю соняшника для великих територій засновується на врахуванні дії на врожай зростання культури землеробства і умов зволоження території. Врожайність соняшнику уявляє собою функцію двох факторів: 1 – умов зволоження –  $W$ , 2 – зростання культури землеробства –  $f(A)$ .

$$y = f(W, A) \quad . \quad (9)$$

Динаміка врожайності за часом представляється як зміна за рівнем культури землеробства, на фоні якого відбуваються випадкові коливання, які пов'язані у переважній більшості випадків з особливостями зволоження окремих років. Оцінка приросту врожайності за рахунок підвищення культури землеробства дозволила автору методу отримати прогностичні зв'язки врожаїв насіння з показником зволоження. Метод прогнозу врожаїв насіння з урахуванням культури землеробства складається з двох етапів: 1 – оцінки динаміки середніх приростів врожайності; 2 – оцінки впливу умов зволоження на врожай.

*Оцінка динаміки і середніх приростів врожайності.* Для оцінки впливу культури землеробства на врожайність соняшнику застосовується метод аналітичного вирівнювання часових рядів врожайності. Найбільш відповідальним при цьому є вибір форми кривої, що відображає тенденцію. Аналіз чисельних досліджень дозволив Ю.С. Мельнику дійти висновку, що для аналітичного вирівнювання тенденції врожайності соняшнику найбільш доцільно використовувати рівняння прямої лінії.

$$y = \alpha n + c, \quad (10)$$

де  $y$  – середня врожайність, ц/га;

$n$  – номер року в рядку досліджень;

$c$  – вільний член:  $\alpha$  – коефіцієнт регресії, що характеризує середній річний приріст функції.

Тому для розрахунку рівняння лінії тренда використовуються методи математичної статистики.

Автором методу для більшості областей і економічних районів розраховані рівняння ліній трендів (табл. 4). В рівняннях коефіцієнт регресії  $\alpha$  характеризує середній за рік приріст врожайності насіння соняшнику (ц/га) за рахунок культури землеробства.

*Оцінка впливу умов зволоження на врожай.* Для оцінки умов зволоження на врожай необхідно врахувати приріст врожаю за рахунок покращення культури землеробства. Тому спочатку від загальної величини врожаю відраховується приріст за рахунок зміни культури землеробства і таким чином одержують врожай, обумовлений погодою ( $y_1$ ).

Були одержані залежності врожаю ( $y_1$ ) зумовленого погодою, без впливу росту культури землеробства від показника зволоження ( $W$ ). Показник зволоження розраховується за рівнянням:

$$W = 0,6\Sigma x_1 + \Sigma x_2, \quad (11)$$

де  $\Sigma x_1$  – сума опадів від дати переходу температури повітря через  $5^{\circ}\text{C}$  восени до квітня включно;

$\Sigma x_2$  – сума опадів за травень – червень, мм.

В табл. 5 представлені рівняння, що характеризують зв'язок середньої по області (краю, економічному району і т. ін.) врожайності соняшника за виключенням впливу культури землеробства ( $y_1$ ) з показником зволоження ( $W$ ).

Для більшості території зв'язок носить криволінійний характер. Особливо це помітно на більш зволжених територіях. Рівняння (табл.5) зараз використовуються як головні при складанні прогнозу врожаю насіння соняшника.

Таблиця 4 – Рівняння лінії тренда врожайності соняшнику за 1985–2008 р.р.

Територія	Рівняння
Україна	$Y = 0,23n + 12,77$
Донецько-Придніпровський район	$Y = 0,20n + 13,57$
Дніпропетровська область	$Y = 0,21n + 13,45$
Донецька область	$Y = 0,01n + 17,00$
Запорізька область	$Y = 0,10n + 14,01$
Кіровоградська область	$Y = 0,41n + 12,50$
Луганська область	$Y = 0,24n + 11,65$
Полтавська область	$Y = 0,42n + 11,56$
Сумська область	$Y = 0,37n + 9,10$
Харківська область	$Y = 0,22n + 13,69$
Південно-Західний район	$Y = 0,16n + 12,69$
Вінницька область	$Y = 0,31n + 10,86$
Київська область	$Y = 0,30n + 9,42$
Черкаська область	$Y = 0,34n + 12,16$
Південний район	$Y = 0,32n + 10,67$
АР Крим	$Y = 0,09n + 10,05$
Миколаївська область	$Y = 0,36n + 10,35$
Одеська область	$Y = 0,32n + 10,64$
Херсонська область	$Y = 0,28n + 8,28$

При розрахунках кількість станцій вибирається таким чином, щоб вони як можна точніше характеризували метеорологічний режим території.

### 1.2.3 Прогнози врожаю соняшнику в Україні

Метод прогнозу середньої районної врожайності соняшника в Україні розроблений Н.К. Строкач на основі базової моделі В.П. Дмитренка.

Отримані В.П. Дмитренком оптимуми температури повітря і опадів для соняшника по періодах вегетаційного циклу в різних зонах вирощування в Україні уточнені А.В. Мургою і Ю.Ю. Жданович.

Таблиця 5 – Рівняння зв'язків врожайності соняшнику з показниками зволоження  $W$

Територія	Рівняння	R(r)
1	2	3
Україна	$Y_1 = 2,1168 + 0,03261W - 0,000008W^2$	0,83
Донецько-Придніпровський район	$Y_1 = -11,8574 + 0,1359W - 0,00016W^2$	0,75
Дніпропетровська область	$Y_1 = 1,3845 + 0,5477W - 0,000041W^2$	0,65
Донецька область	$Y_1 = 0,3077 + 0,07761W - 0,00006W^2$	0,85
Запорізька область	$Y_1 = -18,7784 + 0,19404W - 0,00026W^2$	0,89
Кіровоградська область	$Y_1 = -5,70666 + 0,1079W - 0,000147W^2$	0,61
Луганська область	$Y_1 = -12,12379 + 0,13959W - 0,00018W^2$	0,62
Полтавська область	$Y_1 = -5,1115 + 0,046W - 0,00012W^2$	0,67
Сумська область	$Y_1 = 1,9204 + 0,045189W - 0,000065W^2$	0,89
Харківська область	$Y_1 = -28,9675 + 0,24887W - 0,00034W^2$	0,79
Південно-Західний район	$Y_1 = -4,88919 + 0,10244W - 0,00014W^2$	0,69
Вінницька область	$Y_1 = -8,44218 + 0,00978W - 0,000007W^2$	0,88
Київська область	$Y_1 = -2,83549 + 0,07912W - 0,00012W^2$	0,71
Черкаська область	$Y_1 = -2,37634 + 0,08625W - 0,000118W^2$	0,61
Південний район	$Y_1 = 0,003W + 2,87$	0,71
АР Крим	$Y_1 = 0,04W - 0,66$	0,79
Миколаївська область	$Y_1 = -11,20614 + 0,12289W - 0,00016W^2$	0,64
Одеська область	$Y_1 = -12,4035 + 0,15482W - 0,000216W^2$	0,75
Херсонська область	$Y_1 = -13,65243 + 0,14211W - 0,0002W^2$	0,67

Повної моделі, яка б врахувала вплив комплексу агрометеорологічних факторів на продуктивність соняшника ще не створено. Не має також розробок з прогнозу середньої районної врожайності соняшника на Україні. Між тим важливість цієї провідної олійної культури та особливості технології її вирощування потребують завчасного отримання інформації про очікувану врожайність. Тому необхідно було розробити метод прогнозу врожайності, в якому було б враховано вплив комплексу агрометеорологічних факторів на продуктивність. Для цієї мети за комплексом врахованих прогнозних факторів найбільш придатна базова модель В.В.Дмитренка. Вона і використана при розробці методу розрахунку і прогнозу районної врожайності соняшника.

Розроблений метод може бути застосований при посівній площі в районі не менше 1000 га.

Для складання прогнозу врожайності соняшника використана базова модель врожайності В.П.Дмитренка:

$$Y_i = Y_{C,I} \cdot S(T, R)_{X \text{ і } V \text{ і } H} (1-U) \cdot \eta(\gamma), \quad (12)$$

де  $Y_i$  – прогнозована врожайність;

$Y_{C,I}$  – щорічний господарський максимум врожайності;

$S(T, R)_{X \text{ і } V \text{ і } H}$  – сумарний коефіцієнт продуктивності культури за температурою повітря і опадами за грудень-серпень;

$(1-U)$  множник, що залежить в основному від зрідженості посівів;

$\eta(\gamma)$  – множник, що враховує вплив додаткових факторів.

В свою чергу, зрідженість посівів великою мірою залежить від додержання необхідних технологічних операцій щодо термінів сівби і гущини посіву, від погодних умов, особливо несприятливих.

Щорічний господарський максимум  $Y_{C,I}$  залежить від біологічного потенціалу, продуктивності сорту, клімату, родючості ґрунту, рівня агротехніки та інших факторів на конкретній території. Тому його параметри можуть застосовуватись лише на території, для якої вони визначені.

Для розрахунку  $Y_{C,I}$  за формулою:

$$Y_{C,I} = Y_C + At, \quad (13)$$

було визначено:

$(Y_C)$  – господарський максимум врожайності на реперний рік  $t$ ;

$A$  – приріст тенденції врожайності за трендом (ц/га);

$t$  – інтервал часу між поточним  $t_i$  -тим і реперним роком ( $t = t_1 - t_c$ ).

Значення господарського максимуму врожайності  $Y_{C,i}$  для реперного року можна отримати за допомогою відомого методу Е. Гумбеля. В зв'язку



з динамікою рівня врожайності, для визначення господарського максимуму методом Е. Гумбеля в натуральний ряд врожайності вносились поправки на тренд.

Значення щорічного господарського максимуму на 2002 рік і тренд для районів наведені в табл. 1 додатку А

Оскільки в сільському господарстві рівень агротехніки є нестійким, то тренд врожайності потребує відповідного щорічного корегування.

Співмножник  $S(T, R)$  характеризує вплив на рівень врожайності термічного режиму ( $T$ ), а також кількості опадів ( $R$ ) в основні між фазні періоди протягом всього вегетаційного циклу.

Кількісна оцінка впливу розглянутих величин на формування врожайності соняшника в передпосівний період і протягом вегетаційного періоду розраховується за допомогою функції корисності;

$$S(T, R) = \Sigma S_1(T) \cdot \Sigma S_2(R) \cdot a, \quad (14)$$

де  $S_1(T), S_2(R)$  – коефіцієнти продуктивності соняшника, розраховані відповідно за температурою повітря  $T$  і опадами  $R$  за  $i$ -тий період вегетаційного циклу.

Вплив температури на формування врожайності відображено коефіцієнтом продуктивності у вигляді:

$$S_1(T) = \frac{Y(T)}{Y(T_e)} = e^{-a\left(\frac{m-m_0}{10}\right)} \quad a = \begin{cases} a^1_{\text{коли } T \leq T_0} \\ a^0_{\text{коли } T > T_0} \end{cases}, \quad (15)$$

де  $S_1(T)$  – кількісний вираз приросту продукції  $Y(T)$  при температурі  $T$  по відношенню до максимально можливого  $Y(T_m)$  при оптимальній температурі  $T_0$  в даний період вегетаційного циклу;

$a$  – параметр, визначений емпірично.

Оцінка впливу опадів на формування врожайності соняшника здійснюється за допомогою коефіцієнтів продуктивності, розрахованих за опадами:

$$S_2(R) = \frac{Y(R)}{Y(R_0)} = \left(1 + \frac{R - R_0}{R_0 - R_{\min}}\right)^{a_1} \left(1 - \frac{R - R_0}{R_{\max} - R_0}\right)^{a_2}, \quad (16)$$

де  $S_2(R)$  – кількісний вираз приросту продукції в  $i$ -тий період вегетаційного циклу при кількості опадів  $R$  мм по відношенню до максимально можливого  $Y(R_0)$  при оптимальній кількості опадів  $R_0$ ;

$R_{min}, R_{max}$  – відповідно біологічні мінімум і максимум опадів в кожний період вегетаційного циклу; тут  $R_{min} = 0$ .

Множник  $\alpha$ , який враховує внесок періоду вегетаційного циклу у врожайність при оптимальному значенні кожного елемента продуктивності, розраховується:

$$\alpha = \frac{Y_i(\tau)}{Y_i(T)} = \frac{1}{1 + C(i - \tau)e^{-\tau c \tau}}, \quad (17)$$

де  $Y_i(\tau)$  – частина врожаю, утворена в даний  $i$ -тий період вегетаційного циклу;

$\tau$  – тривалість  $i$ -того періоду вегетаційного циклу в частці від одиниці;

$Y_i(T)$  – кінцева величина врожайності;

$C$  – параметр, який враховує вплив довкілля в передпосівний період;

$\tau_c$  – середній коефіцієнт зрідженості посівів на початку вегетації.

Значення  $\alpha$  і параметрів в моделях за кожний період вегетаційного циклу наведені в табл. 6. Вплив температури повітря і опадів на врожай соняшника за періоди розвитку подані в табл. 2 та 3 додатку А.

На посівах соняшника часто спостерігається значна зрідженість. За даними аеровізуальних обстежень середні значення її знаходяться у межах 10 – 20 %, хоча в окремих випадках вона може становити 30 % і більше.

Вплив зрідженості посівів ( $U$ ) на врожайність в моделі враховано показником густоти посівів ( $1 - U$ ), де  $U$  подана в частці від одиниці. Зрідженість посівів соняшнику визначають після останнього проріджування. Оцінка зрідженості що до площі достатньо надійно може бути отримана при аеровізуальному обстеженні. При відсутності даних аеровізуальних обстежень доцільно використовувати результати наземних автомаршрутних обстежень. Необхідний мінімум обстежень полів повинен бути в межах 70 – 100. Маючи дані про фактичну  $N_\phi$  і оптимальну  $N_o$  густоту посівів, зрідженість визначається як:

$$U = \frac{|N_o - N_\phi|}{N_o} = 1 - \frac{N_\phi}{N_o}, \quad (18)$$

де  $N_o - N_\phi$  дозволяє враховувати вплив як зрідженості, так і загущеності посівів.

Густоту посівів соняшнику для лісостепових районів України слід прийняти 50 тис. рослин на га, в Кіровоградській області – 46, в центральних степових районах – 41 тис. рослин на га.

За відсутністю відомостей про зрідження посівів можна

використовувати дані попередніх років.

Таблиця 6 – Оптимальні значення температури повітря  $T_0$ , опадів  $R_0$   $\alpha$  і параметри до формул за кожний період вегетаційного циклу соняшника

Період вегетаційного Циклу		$T_0$ град.	Параметри до рівняння (9.2), коли		$R_0$ , мм	$R_{max}$ , мм	Параметри до рівняння (9.3)		$\alpha$
Назва	Місяці - за середніми багаторічними даними		$T \leq T_0$	$T \geq T_0$			$a_1$	$A_1$	
<b>Лісостеп</b>									
Передпосівний	XII-III	-5,0	-1	-2	180	665	0,27	0,73	20
Сівба	IV	7,6	-1	-2	40	175	0,23	0,77	5
Сходи – 2-га пара справжніх листків	V-VI	16,0	-1	-2	110	496	0,22	0,78	19
Утворення суцвіть – цвітіння	VII	19,0	-1	-2	80	348	0,23	0,77	19
Цвітіння – Дозрівання	VIII	19,0	-1	-2	60	236	0,25	0,75	37
<b>Степ</b>									
Передпосівний	XII-III	-5,0	-1	-2	180	624	0,29	0,71	20
Сівба	IV	8,5	-1	-2	40	144	0,28	0,72	5
Сходи – 2-га пара справжніх листків	V-VI	17,0	-1	-2	12	395	0,30	0,70	19
Утворення суцвіть – цвітіння	VII	19,2	-1	-2	65	228	0,26	0,74	19
Цвітіння – Дозрівання	VIII	19,7	-1	-2	50	176	0,28	0,72	37

$$U_i = \frac{Y_{p,i} - Y_{\phi,i}}{Y_{\phi,i}}, \quad U = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{n}, \quad (19)$$

де  $Y_{p,i}$  – врожайність розрахована за формулою:

$$Y_{p,i} = (Y_c + At) \cdot S(T, R), \quad (20)$$

На врожайність соняшника часто впливають додаткові фактори. За додаткові фактори взяті чинники, які визначаються на гідрометеорологічних станціях, а саме: кількість днів з заморозками, суховіями, опадами  $\geq 1$  мм і  $\geq 5$  мм, відносною вологістю  $\leq 30$  %, дефіцитом вологості повітря  $\leq 3$  мб, зливами, екстремальними температурами.

Вплив додаткових факторів враховується формулою:

$$Y = Y'(1 - \gamma), \quad (21)$$

де  $Y$  – виправлена врожайність;

$Y'$  – врожайність, обчислена без врахування впливу додаткових факторів;

$\gamma$  – показник, який враховує вплив даного додаткового фактора.

Оцінка зниження врожайності від несприятливих явищ погоди розраховується за єдиною для всіх них формулою:

$$(1 - \gamma) = e^{-a \left( \frac{x - x_n}{10} \right)^2}, \quad (22)$$

де  $a$  – коефіцієнт, який залежить від природного явища, умов вирощування, фази розвитку;

$x$  – кількість днів з несприятливими явищами погоди, які не знижують врожай;

$e$  – експонента.

В табл. 5, та 6 додатка А наведені  $(1 - \gamma)$  для всіх зазначених явищ.

Кількість днів з суховіями різної інтенсивності (окрім слабких) розраховується за даними спостережень найближчих метеостанцій згідно з типізацією Є.А. Цубербіллер (табл. 7).

Встановлено, що несприятливі явища в жаркий і сухий рік у будь який період вегетації враховуються коефіцієнтом продуктивності меншим за 0.60, тому у таких випадках блок  $(1 - \gamma)$  не застосовується.

У вологі роки ці показники необхідно вводити в модель незалежно від рівня коефіцієнтів продуктивності.

Таблиця 7– Характеристика суховіїв різної інтенсивності згідно з типізацією К. А. Цубербіллер

Інтенсивність суховіїв	Дефіцит вологості повітря о 13 годині (мб) коли швидкість вітру	
	$\geq 8$ м/с	$< 8$ м/с
Середні	20 – 29.9	30 – 39
Інтенсивні	30 – 39.9	40 – 49
Дуже інтенсивні	$\geq 40$	$\geq 50$

При відсутності даних аеровізуальних або автомаршрутних обстежень доцільно використовувати середню багаторічну зрідженість, що визначається за формулою (18) для всіх районів (табл.4 додатку А).

При врахуванні міри зрідженості можна користуватись і шкалою оцінки стану рослин. Так, якщо на час складання першого прогнозу (травень, червень) стан рослин оцінюється в 3 бали, то поправка на зрідженість збільшується по відношенню до середньої багаторічної на 20 %, як в лісостеповій, так і степовій зонах.

В табл. 5, та 6 додатку А наведені значення  $(1 - \gamma)$  для всіх зазначених явищ розраховані за формулою (18).

Встановлено, що несприятливі явища в жаркий і сухий рік у будь який період вегетації враховуються коефіцієнтом продуктивності меншим за 0.60, тому у таких випадках блок  $(1 - \gamma)$  не застосовується.

У вологі роки ці показники необхідно вводити в модель незалежно від рівня коефіцієнтів продуктивності.

Таким чином, для складання прогнозу районної врожайності соняшника, необхідні в першу чергу: відомості про фактичні значення температури повітря і опадів за період до дати складання прогнозу, про середні багаторічні або розраховані значення цих елементів на наступні періоди, а також про гущину посівів, їх зрідженість, число днів з суховіями, заморозками, екстремальними температурами, зливами, вологістю повітря  $\leq 30$  %, а також дані про господарський максимум і тренд врожайності для конкретного року і району.

#### 1.2.4. Прогноз врожайів цукрових буряків

Основні площі вирощування цукрових буряків розташовані в зоні недостатнього та нестійкого зволоження і тільки 20 % посівної площі знаходиться в районах достатнього зволоження. Це здебільшого західні області України – Волинська, Рівненська, Тернопільська, Хмельницька, Чернівецька, Івано-Франківська та частково Львівська область. Великі площі посіву цукрових буряків знаходяться у чорноземних областях Росії.

Для України цукрові буряки є однією з провідних культур. Середня врожайність їх становить 140 – 300 ц/га. Але, поряд з величиною самого врожаю, велике значення має вміст цукру у коренеплодах. Тому підвищення вмісту цукру є однією з головних задач буряководів.

Перед агрометеорологічною службою України стоїть задача давати не тільки прогнози величини очікуваного врожаю, але й вмісту цукру у коренеплодах наприкінці вегетації.

Чисельні дослідження О.М. Конторщикової, Н.І. Михайлової, Н.П. Шаповал, Н.І. Орловського показали, що цукрові буряки дуже чутливі до зміни агрометеорологічних умов вирощування, до своєчасного проведення агротехнічних заходів. На формування врожаю цукрових буряків впливають волого- та теплозабезпеченість посівів, густина посівів, вага коренеплоду. Останні два чинники є інтегральними показниками впливу погодних умов та агротехнічних заходів догляду за посівами впродовж всієї вегетації культури.

Встановлено, що в південних районах на формування врожаю переважно впливають умови вологозабезпечення посівів. У більш прохолодних областях – умови тепло забезпеченості. Аналіз коефіцієнтів кореляції врожаю з різними показниками дозволили О.М. Конторщиковій виявити найбільш впливові фактори для формування доброго врожаю цукрових буряків у різних регіонах їх вирощування. Так, для території західних областей України встановлено тісний зв'язок врожайів цукрових буряків ( $Y$ ) з сумами температур від сходів до 1 серпня – ( $\Sigma t$ ), масою коренеплоду на 20 липня ( $P$ ), середньою густиною посівів ( $N$ ) та середніми запасами продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту ( $W$ ):

$$Y = 0,07\Sigma t + 1,86P + 4,43N + 0,07W - 384,29$$
$$R = 0,80; \quad S = \pm 28 \text{ ц/га} \quad (23)$$

Для складання прогнозу врожаю цукрових буряків за цим рівнянням необхідно підготувати такі дані: площі посів, рівномірність їх розподілу по території, середню температуру повітря до дати складання прогнозу та прогноз на подальший період, середні запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту, масу коренеплоду на 20 липня та густоту посівів на 1 липня.

Прогноз складається на початку липня, тобто за 2 місяці до припинення вегетації. Необхідна густина посівів на 20 серпня розраховується за формулою:

$$N = 0,62 \cdot m + 31, \quad (24)$$

де  $m$  – густина посівів на 1 липня, тис рослин/га.

В зоні недостатнього зволоження врожайність цукрових буряків у значній мірі залежить від вологозабезпеченості посівів. При складанні прогнозу врожаїв буряка вологозабезпеченість посівів визначається як відношення величини фактичного сумарного випаровування ( $E$ ) до випаровуваності, тобто до величини, яка означає потребу рослин у волозі.

$$V = E_{\phi} / E_0 \cdot 100, \quad (25)$$

де  $E_{\phi}$  розраховується як:

$$E_{\phi} = (W_1 + x) - W_2, \quad (26)$$

а  $E_0$  за формулою :

$$E_0 = K \cdot \Sigma d, \quad (27)$$

де  $W_1$  та  $W_2$  – запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 100 см на початку та наприкінці розрахункового періоду (за звичай приймається декада), мм;

$x$  – сума опадів за період, мм;

$K$  – коефіцієнт біологічної кривої водоспоживання цукрового буряку;

$\Sigma d$  – сума дефіцитів насичення повітря, мм.

Для визначення  $K$  використовується табл. 8.

В середньому за вегетаційний період цукрових буряків значення  $K$  становить 0,50.

Таблиця 8 – Значення коефіцієнтів  $K$  для визначення потреби буряків у воді

Декада вегетації	1	2	3	4	5	6	7	8
Значення $K$	0,22	0,26	0,31	0,39	0,49	0,65	0,72	0,80
Декада вегетації	9	10	11	12	13	14	15	16
Значення $K$	0,78	0,75	0,72	0,69	0,66	0,64	0,61	0,55

Величину сумарного випаровування з поля цукрових буряків визначають або за формулою, або за допомогою табл. 9

Таблиця 9– Рівняння зв'язку для визначення вологозабезпеченості вегетаційного періоду цукрових буряків

Декада після початку росту коренеплоду	Рівняння зв'язку	Помилка рівняння ( % )	Коефіцієнт кореляції
Перша	$Y = 1,5V - 66$	6	$0,68 + 0,03$
Друга	$Y = 1,5V - 61$	6	$0,72 + 0,02$
Третя	$Y = 1,4V - 50$	5	$0,76 + 0,02$
Четверта	$Y = 1,4V - 45$	5	$0,84 + 0,02$
П'ята	$Y = 1,3V - 35$	4	$0,87 + 0,02$
Шоста	$Y = 1,3V - 30$	3	$0,90 + 0,01$
Сьома	$Y = 1,1V - 12$	3	$0,94 + 0,01$
Восьма	$Y = 1,1V - 10$	2	$0,94 + 0,01$
Дев'ята	$Y = 1,0V - 2$	2	$0,96 + 0,01$
Десята	$Y = 1,0V - 2$	2	$0,96 + 0,01$
Одинадцята	$Y = 0,95V + 5$	2	$0,96 + 0,01$

З табл. 9 видно, що сумарне випаровування залежить від запасів продуктивної вологи на початку розрахунку, суми опадів за декаду та середньої температури повітря. Якщо сумарне випаровування розраховується за прогнозованими величинами температури та опадів, то для розрахунку його за наступну декаду приймається значення запасів вологи, розрахованих за попередню декаду. Для складання прогнозу врожаїв цукрових буряків необхідно знати вологозабезпеченість всього періоду вегетації. Це значення розраховується за залежностями О.М. Конторщиковой за даними середньої вологозабезпеченості за період від сходів цукрових буряків до початку росту коренеплоду. Ці залежності представлені в табл. 8. Розрахунок забезпечення посівів вологою за увесь період вегетації дає змогу розраховувати очікуваний врожай з завчасністю 2 місяці.

Якщо при розрахунках значення вологозабезпеченості посівів більше 100 %, то воно береться рівним 100, тому що в районах недостатнього зволоження короточасне надмірне зволоження не викликає негативних наслідків. Звичайно, чим пізніше складається прогноз вологозабезпеченості, тим точніше її розраховане значення.

Крім вологозабезпеченості велике значення для формування врожаю цукрових буряків мають густота посівів та маса коренеплоду. Спостереження за масою коренеплоду виконуються щодакдно після настання фази "початку росту коренеплоду", а густота посівів визначається двічі – в липні та в серпні. Тому наприкінці серпня густота посівів (N) розраховується за рівняннями:



для західних областей України

$$N = 0,62N_1 + 31, \quad (28)$$

для всієї іншої території України:

$$N = 0,86N_1 + 6, \quad (29)$$

де  $N$  – середня по області густина посівів на 20 серпня, тис. росл./га;

$N_1$  – середня по області густина посівів на 1 липня.

При розрахунках середніх по області величин вологозабезпеченості або суми опадів не рекомендується розраховувати їх як середнє арифметичне. При цьому необхідно враховувати питому вагу кожної метеорологічної станції. Тому враховуються умови на 50 % посівної площі.

Біологічний врожай ( $y_1$ ) розраховується шляхом перемноження маси коренеплоду на 20 серпня на густоту посівів.

В роки, коли формування врожаю цукрових буряків відбувається при вологозабезпеченості посівів менше 70 % та температурі повітря 22 – 24 °С впродовж 3 – 4 декад підряд, розраховану врожайність зменшують на 10 – 20 %, впродовж 5 – 6 декад – на 30 – 40 %. Якщо ж середня температура складала 25 – 28 °С підряд 5 – 6 декад, то зменшення врожаю становить 40 % і більше.

Таблиця 10– Рівняння для розрахунку врожаїв цукрових буряків

Область	Рівняння	№ рівняння
Київська, Вінницька, Житомирська, Сумська, Черкаська, Полтавська, Харківська, Кіровоградська, Дніпропетровська, Миколаївська, Одеська.	$Y = 1,15y_1 + 0,90V - 0,09\Sigma T + 2,19V_1 - 16,50$	(30)

*Примітка.*  $Y$  – очікувана врожайність, ц/га;  $y_1$  – середній по області біологічний врожай, ц/га;  $V$  – середня по області вологозабезпеченість за вегетаційний період, %;  $\Sigma T$  – сума середніх за добу температур повітря за період від декади, коли було посіяно 50 % площі, або від декади переходу температури повітря через 10 °С до 1 серпня, °С;  $V_1$  – середня по області вологозабезпеченість посівів за період від сівби до початку росту коренеплоду, %.

Збирання цукрових буряків в деяких областях часто супроводжується несприятливими умовами погоди. Тому прогноз врожаїв уточнюється у другій декаді вересня. Залежність врожайності від кількості несприятливих днів у період збирання встановили О.М. Конторщикова та А.І. Гришина:

$$Y = 0,87 y_1 - 0,85 n - 3,65, \quad (31)$$

де  $Y$  – очікувана по області середня врожайність, ц/га;

$y_1$  – середня маса коренеплоду на 31 серпня, перемножена на густоту посівів на 20 серпня;

$n$  – кількість несприятливих днів для збирання буряків.

За несприятливий день приймається день, коли спостерігають опади 1 мм і більше або промерзання ґрунту. Тривалість збирання буряків визначається як кількість днів від початку збирання до переходу температури повітря через 0° С.

Прогноз врожаю з врахуванням умов збирання уточнюється у другій декаді вересня.

#### 1.2.5 Метод прогнозу врожаю картоплі в Україні

У практиці агрометеорологічного забезпечення в Українському гідрометеорологічному центрі для прогнозу врожаїв картоплі застосовується метод, запропонований Р.М. Шелудяковою [4]. Пізніше метод було вдосконалено та доповнено В.П. Дмитренко та А.А. Вількенс.

За методом Р.М. Шелудякової розрахунки очікуваного врожаю виконуються з завчасністю від одного до трьох місяців з помилкою не вище 10 – 20 % для усіх областей України. Метод має недоліки в тому, що не враховуються втрати врожаю при збиранні в дуже посушливі та надто вологі роки.

В основі методу прогнозу врожаю картоплі лежить математична модель врожайності сільськогосподарських культур В.П.Дмитренка, в якій враховано вплив на врожайність культури землеробства та інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. Модель доповнена додатковими блоками з розрахунку втрат урожаю картоплі від захворювання рослин фітофторою та кількості суховійних днів у сухі роки та дощових днів у вологі холодні роки.

Загальна модель врожайності картоплі має вигляд:

$$Y = [Y_j \cdot S(T, R) - f] \cdot (1 - \gamma_k), \quad (32)$$

де  $Y$  – очікувана врожайність, ц/га;

$Y_j$  – щорічний статистичний максимум врожайності картоплі, ц/га;

$S(T,R)$  – сумарний сумісний коефіцієнт продуктивності картоплі, що розраховується за даними температури повітря та опадів за вегетаційний період;

$f$  – величина втрат врожаю картоплі у випадку захворювання рослин фітофторою, ц/га;

$\gamma_k$  – зміна врожайності за рахунок додаткових факторів (кількості днів з суховіями або кількості днів з опадами більше 0,1мм).

Щорічний статистичний максимум врожайності картоплі розраховується за формулою:

$$Y_j = Y_c + A_c t, \quad (33)$$

де  $Y_c$  – статистичний максимум врожайності картоплі з ймовірністю 99,9 %, ц/га, розрахований на цілком визначений рік;

$A_c$  – середній річний приріст врожайності картоплі, ц/га, рік;

$t$  – відхилення року, в якому ведеться розрахунок  $t_j$  від початкового  $t_0$ , що виражається кількістю років  $t$ .

Чинник  $Y_c$  враховує рівень культури землеробства, а  $A_c$  – вплив інтенсифікації сільськогосподарського виробництва на врожайність. Значення статистичного максимуму та середнього за рік приросту врожайності картоплі розраховані для кожної області.

Розробляючи метод, Р.М. Шелудякова [4] визначила основними факторами навколишнього середовища температуру повітря та опади. Для оцінки впливу цих факторів вегетаційний період картоплі було розбито на 5 підперіодів: посадка – сходи (травень); сходи – початок цвітіння (червень); цвітіння (липень); кінець цвітіння – в'янення бадилля (серпень); в'янення бадилля – збирання врожаю (вересень).

Як видно із розподілу на періоди, кожен умовно приймався за тривалістю подібним якому-небудь місяцю. Це зроблено для спрощення розрахунків, хоча і дещо зменшує точність розрахунків.

Вплив основних метеорологічних факторів на формування врожаїв картоплі за усі підперіоди вегетаційного циклу виражаються коефіцієнтами продуктивності за температурою повітря ( $T$ ) та опадами ( $R$ ), які визначаються з номограм або таблиць.

У будь-який міжфазний період сумісний вплив температури повітря та опадів на врожайність картоплі визначається шляхом перемноження відповідних коефіцієнтів продуктивності за даний період вегетації з врахуванням його значущості  $\alpha_i$ :

$$S(T,R) = S(T) \cdot S(R) \cdot \alpha_i, \quad (34)$$

де  $S(T, R)$  – сумісний коефіцієнт продуктивності за температурою повітря та опадами;

$\alpha_i$  – ваговий множник  $i$ -го періоду вегетаційного циклу.

Сумарні сумісні коефіцієнти продуктивності за температурою та опадами за увесь вегетаційний період  $S(T, R)$  розраховуються за формулою:

$$S(T, R) = \sum_{i=1}^n S_1(T)_i \cdot S_2(R)_i \cdot \alpha_i. \quad (35)$$

Ваговий множник  $\alpha_i$  отриманий статистичним шляхом і він відображує роль кожного періоду вегетаційного циклу картоплі у формуванні врожайності. Значення  $\alpha_i$  наводяться у табл.11.

Таблиця 11 – Ваговий множник  $\alpha_i$  по періодах вегетації

Посадка – сходи	Сходи – початок цвітіння	Цвітіння	Кінець цвітіння – в’янення бадилля	В’янення бадилля – збирання
0,13	0,25	0,28	0,21	0,13

Для визначення коефіцієнтів продуктивності територія України розділена на 4 райони (табл. 12).

Таблиця 12 – Розподіл областей України по регіонах

Полісся	Лісостеп	Степ	Західні області
Житомирська	Вінницька	Луганська	Волинська
Київська	Полтавська	Дніпропетровська	Закарпатська
Сумська	Харківська	Донецька	Івано-Франківська
Чернігівська	Черкаська	Запорозька	Львівська
		Кіровоградська	Рівненська
		Кримська	Тернопільська
		Миколаївська	Хмельницька
		Одеська	Чернівецька
		Херсонська	

Після визначення усіх складових розраховується очікуваний врожай за формулою:

$$Y_{TR} = Y_i \cdot S(T, R)_{V-IX}. \quad (36)$$

Але справджуваність очікуваного врожаю буде залежати від впливу неврахованих факторів. Р.М. Шелудякова ввела у формулу (36) поправку на втрати врожаю від пошкодження фітофторою. Ця поправка розраховується як залишок між розрахованою врожайністю та втратами врожаю від захворювання фітофторою:

$$Y_f = Y_{TR} - f. \quad (37)$$

Розрахунок втрат врожаю картоплі  $f$  ц/га від міри пошкодження рослин фітофторою виконуються за формулою:

$$f = \frac{Y' \cdot Y_{TR}}{100}, \quad (38)$$

де  $Y'$  – загальний відсоток зменшення врожаю за рахунок пошкодження рослин фітофторою.

Величина  $Y'$  розраховується за формулою:

$$Y' = 0,457x \quad (39)$$

де  $x$  – міра пошкодження картоплі фітофторою (%).

Значення  $Y'$  в залежності від  $x$  представлені у табл. 13.

Таблиця 13 – Зменшення врожаю картоплі (%) в залежності від міри пошкодження картоплі фітофторою

x	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9
	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5
Y	5	7	9	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4
				1	4	6	8	0	3	5	7	0	2	4	7	9	1	3

Дані про міру пошкодження рослин картоплі фітофторою (%) отримують на обласних станціях захисту рослин. Найчастіше поява фітофтори відзначається у період від початку цвітіння картоплі. Тому поправка прогнозу врожаю на пошкодження фітофторою вноситься в розраховану величину вже в липні.

Крім того, зменшують також врожай такі несприятливі явища як суховії та велика кількість днів з дощем. Особливо небезпечні суховії, що спостерігаються у період утворення бульби. Дія суховіїв на території України локальна. Найчастіше вони спостерігаються у степовій зоні України, де повторність їх становить 8 – 9 років із 10. У степовій зоні

України середня багаторічна кількість днів з суховіями складає в середньому від 7 до 11, а в окремі роки – до 25.

Слід зазначити, що при визначенні кількості днів з суховіями враховуються лише дні з суховіями середньої інтенсивності, інтенсивними та дуже інтенсивними. Кількість днів з суховіями підраховується не менше ніж по 5 – 6 станціях кожної області.

Суховійний період може починатись і ранньою весною, але найбільше зменшення врожаю від дії суховіїв спостерігається при суховіях у період утворення бульби – наприкінці червня – липні. Вплив суховіїв на врожай картоплі за наявності рослин, пошкоджених фітофторою, визначається з формули:

$$Y_{cux} = Y_f (1 - \gamma_{cux}), \quad (40)$$

де  $Y_{cux}$  – уточнена врожайність, ц/га;

$Y_f$  – врожайність, розрахована за формулою (37) з врахуванням пошкодження фітофторою.

У степових областях України пошкодження рослин фітофторою спостерігається дуже рідко, то очікуваний врожай розраховується :

$$Y_{cux} = Y_{TR} (1 - \gamma_{cux}). \quad (41)$$

Втрати врожаю  $\gamma_{cux}$  у формулах (40) та (41) визначаються за виразом:

$$\gamma_{cux} = (N_{VI-VII} - N_0)_{cux} \cdot 0,03, \quad (42)$$

де  $N_{VI-VII}$  – середня кількість днів з суховіями по області за червень-липень, визначена за даними 6 – 10 станцій;

$N_0$  – поправковий коефіцієнт, що відображає вплив суховіїв за допомогою сумарного сумісного коефіцієнта продуктивності S(T,R).

Якщо сумарний сумісний коефіцієнт становить більше 66 %, то поправочний коефіцієнт дорівнює 0. При несприятливих погодних умовах, коли сумісний сумарний коефіцієнт становить менше 65 %, самостійний вплив суховіїв відбувається у випадках, коли кількість днів з суховіями в червні та липні буває більше 12. Слід зазначити, що показник  $N_0$  враховується при визначенні очікуваного врожаю в усіх категоріях господарств.

Дощове холодне літо також несприятливе для формування високого врожаю картоплі. Врахування несприятливих умов у цьому випадку виконується за допомогою кількості днів з опадами більше 0,1 мм за

період цвітіння – утворення бульби. Для областей степу це червень-серпень, для Полісся, західних областей та лісостепу – червень-вересень. Вплив дощових днів на врожай визначається з формули:

$$\gamma_{оп} = \alpha \cdot (n_{оп} - n_0), \quad (43)$$

де  $n_{оп}$  – параметр, який визначається умовами вегетації картоплі;

$n_0$  – кількість днів з сумою опадів, більше якої спостерігається зменшення врожаю;

$\alpha$  – параметр.

Уточнення величин прогнозованого врожаю виконується за допомогою формули:

$$Y_{оп} = Y_f (1 - \gamma_{оп}). \quad (44)$$

Великих втрат картоплярству завдають колорадський жук та пізні весняні заморозки. Але в моделі ці величини не враховуються, тому поправку необхідно вводити на місцевих матеріалах спостережень.

## 2. Практична частина.

При виконанні практичних робіт робочі таблиці для практичних занять видаються викладачем особисто кожному студентові.

### 2.1 Техніка складання прогнозу забезпечення теплом вегетаційного періоду теплолюбних культур.

Розрахунки виконуються в робочій таблиці РТ – 1 (видається викладачем кожному студентові).

*Техніка виконання розрахунків:*

- знайти дату переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  навесні, використовуючи формулу 1 та таблицю 1;
- знайти кількість днів від першого числа місяця з найранішим переходом температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  до дати цього переходу у поточному році;
- розрахувати очікувані суми температур за рівнянням 1, використовуючи значення коефіцієнтів із табл. 1;
- скласти текст прогнозу.

### 2.2 Техніка складання прогнозу врожаю соняшнику.

#### 2.2.1 В окремих господарствах.

Прогноз врожаю насіння соняшнику складається двічі – на початку червня і на початку серпня (уточнення). Розрахунки виконуються в робочих бланках РТ – 2.

*Техніка виконання розрахунків:*

1. Для усіх станцій області із агрометеорологічних щорічників виписуються матеріали:
  - сума опадів (мм) за осінньо-зимово-весняний період ( $\Sigma X_1$ );
  - середні багаторічні дати досягання соняшнику;
  - сума опадів за період від дати переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  навесні до дати досягання соняшнику ( $X_2$ ).
2. Розраховуються:
  - очікувана сума температур повітря за період, обмежений датами переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  навесні та восени. Ця сума розраховується за методом Ф.Ф. Давітая;
  - очікувана тривалість вегетаційного періоду. Вона розраховується за допомогою рис. 3 за датами сівби або переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  навесні;
  - значення коефіцієнта  $K$  на станціях і середне обласне;
  - за рис. 2 визначається очікувана врожайність на сортоділянках;
  - за рівняннями очікувана врожайність у господарствах області;



- складається текст прогнозу.

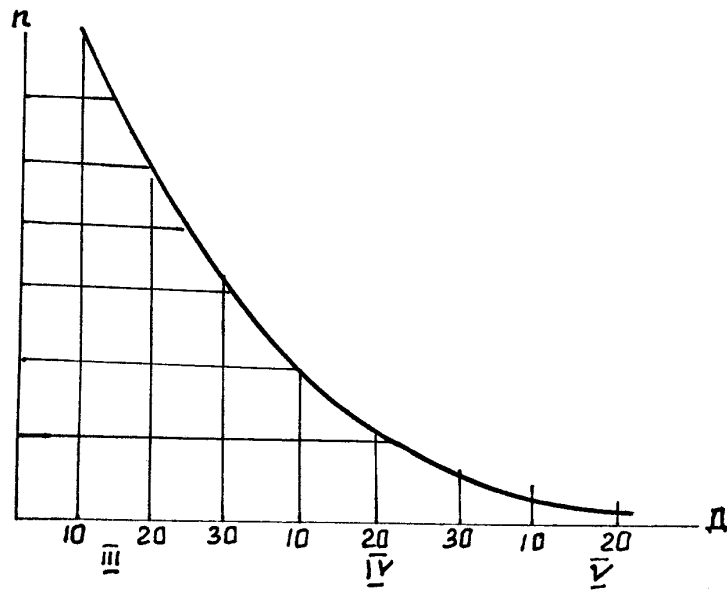


Рис. 3 – Зв'язок між тривалістю періоду сівби – дозрівання соняшнику у днях (n) і датою сівби (D).

### 2.2.2 Техніка складання прогнозу соняшнику на великих площах.

Станції вибираються таким чином, щоб вони як можна точніше характеризували метеорологічний режим території. Розрахунки виконуються в робочих бланках РТ-3.

Розраховується:

- дата переходу температури повітря через  $5^{\circ}\text{C}$  восени;
- виписується значення опадів за осінь, зиму, весну (від дати переходу температури повітря через  $5^{\circ}\text{C}$  весни до дати переходу її через  $10^{\circ}\text{C}$  навесні);
- сума опадів ( $\Sigma x_1$ ) від дати переходу температури повітря через  $5^{\circ}\text{C}$  восени по квітень включно.
- з синоптичного прогнозу погоди визначається сума опадів за травень – червень ;
- коефіцієнт зволоження по станціях (W) і середній обласний ( $W_{\text{обл}}$ ). за відповідними формулами;
- визначається врожайність ( $y_1$ ) по території без врахування культури землеробства;
- визначається поправка ( $\Delta y$ ) на культуру землеробства з використанням відповідного рівняння,  $n = 15$ ;
- розраховується очікуваний врожай як сума  $y_1 + \Delta y$ .

Якщо є розміри посівної площі, то розраховується валовий збір насіння по області. Для цього величину очікуваного врожаю перемножується на розмір посівної площі.

Після розрахунку  $U_1$  – необхідно внести поправку на зростання культури землеробства.

### 2.2.3 Техніка складання і приклад прогнозу районної врожайності соняшнику з різною завчасністю за методом Строкач.

Розрахунки виконуються в робочій таблиці РТ – 4.

Прогнози районної врожайності можна скласти чотирьох видів. Перший прогноз складають після сходів (перша – друга декада травня), його завчасність біля 4 –х місяців. Другий прогноз складають до 20 червня з завчасністю 2 – 2,5 місяці, третій – до 20 липня з завчасністю 1 – 1,5 місяців і останній розрахунок проводять наприкінці серпня.

Дані, необхідні для складання прогнозу, заносяться в форму (табл. А7).

В заголовку таблиці записується назва області, району, рік, господарський максимум врожайності за даний рік  $U_{o,i}$ , і показник, який характеризує стан посівів (його зрідженість), який береться із табл. 4. додатку А.

Господарський максимум на 2005 рік визначається за формулою з використанням даних табл. 1 додатку А.

При розробці першого прогнозу визначається фактичне значення  $T, R$ , з врахуванням опадів з грудня минулого по квітень поточного року.

При визначенні значень  $T$  і  $R$  для другого прогнозу використовують фактичні значення цих елементів за квітень і травень і прогностичні або середні багаторічні з відповідною ймовірністю за червень – серпень.

За фактичними значеннями  $T$  і  $R$  знаходиться по табл. 2 та 3 додатку Б коефіцієнти продуктивності за відповідним елементом і перемножують їх на ваговий коефіцієнт внеску  $\alpha$  відповідного періоду (табл. 6), одержують сумарний коефіцієнт продуктивності за опадами і температурою повітря.

При складанні подальших прогнозів уточнюються фактичні значення  $T$  і  $R$  і за даними аеровізуальних або автомаршрутних обстежень уточнюється зрідженість. Якщо дані про зрідженість відсутні, тоді користуються тими, які наведені в табл. 4 додатку А.

При складанні чергового прогнозу вноситься поправка на кількість днів з несприятливими явищами погоди. Оскільки несприятливі явища не прогножуються, то їх вплив на формування врожайності враховується тільки на час складання прогнозу.

Другий прогноз. На час складання другого прогнозу підрахувати кількість днів з дефіцитом вологості повітря  $\leq 3$  мб і 10 днів з опадами  $\geq 1$  мм.

В табл. 7 додатку А знаходиться період вегетації (V – VI) і по кількості днів з вологістю повітря  $\leq 3$  мб (9 днів) записується поправка на зниження врожайності. Ці дві поправки додаються до розрахунків першого прогнозу.

### 2.3 Розрахунок очікуваного врожаю цукрових буряків.

Розрахунки виконуються в робочих таблицях РТ - 5.

*Техніка виконання розрахунків:*

1. Для всіх станцій області із агрометеорологічних щорічників виписуються матеріали:

- фази розвитку цукрового буряку и дати їх настання (табл. 14);
- середньодекадну температуру повітря, °С;
- суму опадів, мм;  
та за весь період;
- посівні площі в районі станцій;
- маса коренеплоду на декаду, в якій складається прогноз;
- густоту посівів на 1 липня.

2. Розраховуються:

- вологозабезпеченість за період від посіву до початку росту кореня
- сума середньодобових температур за період від 1 серпня по пунктам;
- густота посівів на 21 серпня для кожного пункту за формулою (29).
- біологічний врожай по пунктах;
- середня по області сума температур повітря за період «посів – 1 серпня»;
- середня по області густота посіву на 21 серпня;
- середній по області біологічний врожай;
- очікуваний середньообласний врожай цукрового буряку з рівняння (табл. 10) (з урахуванням території).
- порівняти прогнозований рівень із середнім багаторічним, та найти відхилення;
- відносну похибки прогнозу (Р) за рівнянням

$$P = \left| \frac{Y_n - Y_{\phi}}{Y_{\phi}} \right| \cdot 100\%$$

де  $Y_n$  – прогнозований врожай;  $Y_{\phi}$  – фактичний врожай.

Справджуванність прогнозу розраховується за рівнянням  $100\% - N$

Якість прогнозу оцінюється по шкалі:

- 5 балів – справджуванність більше 91 %;
- 4 бали – справджуванність 81 – 90 %;
- 3 бали – справджуванність 71 – 80 %;
- 0 балів – справджуванність менше 70 %;

– складається текст прогнозу.

Таблиця 14 – Розрахунок вологозабезпеченості та очікуваного врожаю цукрового буряку

Дніпропетровська обл.	Ст. Жовтневе										
	квітень		травень			червень			липень		
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. Фази розвитку		Посів			Початок росту коріння						
2. Дата наступу фази розвитку		30.IV			10. VI						
3. Площадь посіву %									19%		
4. Густота рослин на 1.VII тыс/га									74		
5. Маса коренеплоду на 20.VII (гр.)									70		
6. Середн. тем-ра повітря (t°C)	7.3	12.3	12.9	17.4	19.9	19.8	22.5	16.5	21.7	19.2	19.3
7. Сума опадів ( $\sum r$ , мм)	6	7	5	15	3	8	18	18	37	14	17
8. Сума дефіцитів ( $\sum d$ , мм)	30	70	69	112	112	77	74	73	80	92	112
9. Запаси продукт. вологи ( $W_{0-100}$ )	148	136									
10. Оптим. випарування ( $E_o$ )											
11. Сумарне випарування ( $E_\phi$ )											
12. Вологозабезп. за дек. (IV)											
13. Середня вологозаб. ( $V_1$ ) за перехід посівів П.Р.К.											
14. Середня V за весь період вегетації (V)											
15. $\sum t^\circ C$ від посіву до 1 серпня											

Середня по області:  $V_1 =$        $V =$        $\sum t^\circ C =$        $P =$        $y =$

## 2.4. Розрахунок очікуваного врожаю картоплі.

*Техніка виконання розрахунків:*

1. Для всіх станцій області із агрометеорологічних щорічників виписують матеріали:

- дати посадки та сходів картоплі;
- середню багаторічну, фактичну та очікувану температуру повітря за квітень, травень, червень, липень, серпень та вересень;
- середні багаторічні, фактичні та очікувані по прогнозу опади за вказані місяці;
- дані про ступінь пошкодження картоплі фітофторою;
- середню обласну врожайність картоплі за 20 – 25 років.

2. Розраховуються:

1. Статистичний максимум врожайності картоплі.

Розрахунки проводяться в такій послідовності:

- існуючий ряд значень врожайності розставити у зростаючому порядку незалежно від порядкового номера року;
- розрахувати для кожного року забезпеченість одержання заданої врожайності за формулою (табл. Б11)

$$P = \frac{m}{n - 1}$$

де  $P$  – забезпеченість поточного номера врожайності, %;

$m$  – порядковий номер;

$n$  – обсяг вибірки.

- побудувати графік, на осі абсцис – забезпеченість, на осі ординат – врожайність;
- провести пряму лінію по нанесених точках, екстраполюючи її до обрізу клітчатка імовірності;
- зняти врожайність з цього графіку при забезпеченості 99,9%. Ця величина буде відповідати статистичному максимуму врожайності картоплі для даної області;

2. Розрахувати середньорічний приріст врожайності картоплі, використовуючи дані врожайності за останні 10 – 11 років. Для розрахунку середньорічного приросту необхідно:

- дані врожайності  $y_i$  розташувати в хронологічному порядку та розрахувати середню врожайність  $\bar{y}$  за ці 11 років;
- обчислити відхилення  $y_i - \bar{y}$  врожайності від середньої;
- пронумерувати роки так, щоб середина інтервалу (6-й рік) відповідав початку  $x_i$  підрахунку та для кожного року

розрахувати  $x_i^2$  та суму цих добутків за ці одинадцять років  $\sum x_i^2$ ;

- розрахувати добуток відхилення врожайності від середньої на номер року  $\sum (y_i - \bar{y})x_i$  та суму цих добутків за всі роки;
- знайти середньорічний приріст врожайності по формулі

$$A = \frac{\sum (y_i - \bar{y})x_i}{\sum x_i^2}$$

3. Розраховується щорічний статистичний максимум врожайності картоплі як розраховується за формулою:

$$Y_j = Y_c + A_c t,$$

де  $Y_c$  – статистичний максимум врожайності картоплі з ймовірністю 99,9 %, ц/га, розрахований на цілком визначений рік;

$A_c$  – середній річний приріст врожайності картоплі, ц/га, рік;

$t$  – відхилення року, в якому ведеться розрахунок  $t_j$ , від початкового  $t_0$ , що виражається кількістю років  $t$ .

4. Розрахувати коефіцієнти продуктивності по температурі повітря (табл. Б8) в залежності від температури повітря за кожний місяць;
5. Розрахувати коефіцієнти продуктивності по сумі опадів за кожний місяць періоду вегетації картоплі (табл. Б9 );
6. Розрахувати сумарний коефіцієнт продуктивності для кожного місяця з урахуванням температури повітря, опадів та вагового коефіцієнта  $\alpha$  (табл. 11), який відображає роль кожного між фазного періоду та формування врожайності картоплі. Цей сумарний коефіцієнт представляє добуток коефіцієнтів по температурі та опадах за кожний місяць на значення  $\alpha$  для даного періоду вегетації картоплі, тобто  $S(T,R)\alpha$ .
7. Розрахувати загальний коефіцієнт продуктивності за весь період вегетації. Він представляє суму  $S(T,R)\alpha$  сумарних коефіцієнтів за травень – вересень (табл. Б14);
8. Розрахувати очікувану врожайність картоплі за формулою (32).
9. Скласти текст прогнозу .

## Контрольні питання

1. Основні положення методу прогнозу врожаїв соняшника?
2. Що таке коефіцієнт зволоження та як він розраховується?
3. Як розраховується тривалість вегетаційного періоду соняшника?
4. За який період враховуються опади при складанні прогнозу врожаю соняшника?
5. Наукові підстави прогнозу врожаїв картоплі?
6. Що таке «коефіцієнти продуктивності» та за якими метеорологічними елементами вони розраховуються?
7. Як впливає вологозабезпеченість посівів на формування продуктивності сільськогосподарських культур?
8. Як розраховується очікуваний врожай цукрових буряків?
9. Які вхідні дані потрібні для складання прогнозу врожаю цукрових буряків?

## Список літератури

1. Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов. –Л.: Гидрометеиздат, 1984. Том 1 и 2.
2. Польовий А.М., Божко Л.Ю. Довгострокові агрометеорологічні прогнози. - Київ, КНТ. 2007.
3. Мельник Ю.С. Климат и произрастание подсолнечника.- Л.: Гидрометеиздат, 1977. –С.34.
4. Шелудякова Р.М. Основы методики прогноза урожая картофеля для территории УССР. // Труді Укр НИГМИ, 1977. –Вып. 159.

## ДОДАТКИ



Додаток А .Таблиця. 1 – Господарський максимум  $У_{С,І}$  ц/га і тренд А (ц/га /рік) середньої районної врожайності соняшнику на 2005 рік

№ п/п	Район	$У_{С,І}$ ц/га на 1995 р	А ц/га після 1995 р	№ п/п	Район	$У_{С,І}$ ц/га на 1995 р	А ц/га після 1995 р
1	2	3	4	5	6	7	8
	Лісостеп центральний <u>Вінницька обл.</u>			17	Смілянський	31,6	0,09
1	Бернадський	36,4	0,12	18	Черкаський	32,4	0,08
2	Гайсинський	31,3	0,32	19	Чорнобаївський	31,8	0,10
3	Іллінецький	31,7	0,33	20	Канівський	22,4	0,10
4	Крижопільський	29,1	0,18				
5	Липовецький	28,3	0,16		Лісостеп східний		
6	Могилів-Подільський	27,2	0,10		<u>Полтавська обл.</u>		
7	Муровано-Куриловецький	24,6	0,36	1	Великобога-чанський	27,4	0,12
8	Немирівський	25,2	0,22	2	Гадяцький	26,0	0,12
9	Піщанський	29,9	0,20	3	Глобинський	26,8	0,16
10	Теплицький	35,3	0,15	4	Гребінківський	27,0	0,10
11	Томашпільський	35,7	0,13	5	Диканський	29,4	0,15
12	Тростянецький	33,7	0,10	6	Зінківський	29,2	0,21
13	Тулчинський	28,4	0,09	7	Карловський	31,5	0,14
14	Тивровський	23,4	0,06	8	Кобеляцький	25,7	0,15
15	Чечельницький	32,6	0,23	9	Козелевщицький	26,4	0,17
16	Шаргородський	29,5	0,06	10	Котелевський	28,5	0,12
				11	Кременчуцький	22,9	0,13
	<u>Черкаська обл.</u>			12	Лохвицький	24,5	0,10
1	Городищенський	33,5	0,20	13	Лубенський	29,6	0,21
2	Дабівський	29,5	0,18	14	Мащівський	29,5	0,13
3	Жашківський	37,8	0,16	15	Миргородський	26,4	0,12
4	Звенигородський	35,8	0,14	16	Ново-Санжарський	29,5	0,16
5	Золотоніський	28,6	0,12	17	Оржицький	27,4	0,14
6	Кам'янський	31,5	0,13	18	Пирятинський	25,3	0,21
7	Катеринопільський	26,6	0,10	19	Полтавський	28,9	0,22
8	К-Шевченківський	40,4	0,09	20	Решетилівський	33,8	0,24
9	Лисянський	32,6	0,11	21	Семенівський	27,9	0,20
10	Банківський	36,9	0,11	22	Хорольський	28,7	0,09
11	Монастирищенський	36,2	0,13	23	Чорнухинський	26,3	0,17

Таблиця А2 – Оцінка впливу температури повітря Т на врожайність соняшнику

Температура повітря, Т <sup>0</sup> С					Коефіцієнти корисності (%) з десятими частками (η Т)									
ХІІ-ІІІ	ІУ	ІУ-УІ	УІІ	УІІІ	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Степ (середньостиглі і середньопізні сорти)														
	4	12	14	15	75	76	77	78	79	80	81	83	84	84
	5	13	15	16	85	86	87	87	88	88	89	90	90	91
	6	14	16	17	91	92	92	93	93	94	94	95	95	96
	7	15	17	18	96	96	97	97	97	98	98	98	99	99
	8	16	18	19	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100
	9	17	19	20	100	100	100	100	100	100	99	99	99	98
	10	18	20	21	98	98	97	97	96	96	95	94	94	93
	11	19	21	22	92	92	91	90	89	88	87	86	85	85
	12	20	22	23	84	83	81	80	79	78	77	76	75	74
	13	21	23	24	73	71	70	69	68	67	65	64	63	62
0	14	22	24	25	61	59	58	57	56	55	53	52	51	50
1	15	23	25	26	49	48	46	45	44	43	42	41	40	39
2	16	24	26	27	38	36	35	34	33	32	31	31	30	29

Таблиця А3 – Оцінка впливу опадів на врожайність соняшнику (у % від максимальної) по періодах

Кількість опадів, R мм	Коефіцієнти корисності (%) при опадах , мм ( $\eta R$ )									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Лісостеп (середньопізні сорти)										
а) грудень-березень, передпосівний період										
0	0	57	68	75	80	84	87	90	92	94
100	95	97	98	98	99	99	100	100	100	100
200	100	99	99	99	98	98	97	96	95	94
300	93	92	91	90	89	87	86	85	83	81
400	80	78	75	75	73	71	69	67	64	62
б) квітень, сівба – сходи										
0	0	85	95	99	100	99	97	94	89	84
100	79	72	64	56	47	37	25	11	0	
в) травень-червень, формування вегетативних органів										
0	0	71	81	87	91	94	96	98	99	100
100	100	100	100	100	99	98	98	97	95	94
200	93	91	90	88	86	84	82	80	78	76
300	74	71	69	66	63	60	58	55	51	48
400	45	41	38	34	30	26	22	17	12	5
Г) липень, формування генеративних органів										
0	0	74	85	91	95	97	99	100	100	100
100	99	98	97	95	9	92	89	87	84	81
200	78	75	71	68	64	60	56	51	46	41
300	36	30	24	17	94	0				
д) серпень, дозрівання										
0	0	77	89	95	98	100	100	100	98	96
100	94	91	87	84	78	74	68	62	56	49
200	41	33	23	11						

Таблиця А4 – Середня зрідженість по районах ( I - U )

Лісостеп центральний		Лісостеп східний		Степ північний	
Область, район	(I-U)	Область, район	(I-U)	Область, район	(I-U)
<u>Вінницька обл.</u>		<u>Харківська обл.</u>		<u>Донецька обл.</u>	
Крижопільський	0,90	Барвінківський	0,90	Середня зрідженість в решті районів складає	0,90
Піщанський	0,90	Борівський	0,90		
Могилів-Подільський	0,90	Великобурулуцький	0,90		
		Зміївський	0,90		
Середня зрідженість в решті районів складає	0,80	Зачепилівський	0,90	<u>Кіровоградська обл.</u>	
<u>Черкаська обл.</u>		Ізюмський	0,90	Середня зрідженість в решті районів складає	0,80
Кам'янський	0,90	Кегичівський	0,90		
Канівський	0,90	Красноградський	0,90	<u>Луганська обл.</u>	0,90
Лисянський	0,90	Лозівський	0,90		
Уманський	0,90	Нововодолазький	0,90		
Христинівський	0,90	Первомайський	0,90		
Середня зрідженість в решті районів складає	0,80	Харківський	0,90	Біловодський	0,90
		Середня зрідженість в решті районів складає	0,80	Краснодонський	0,90
		Середня зрідженість в решті районів складає	0,80	Середня зрідженість в решті районів складає	0,80

Таблиця А5 – Оцінка впливу кількості днів з суховіями на врожайність соняшнику (коефіцієнти зниження врожайності)

Число днів	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Степ південний (середньостиглі і середньопізні сорти)										
Степ північний (середньостиглі сорти) V – VI										
0	–	–	–	–	–	–	–	–	1,0	1,0
10	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,98	0,98
20	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,92	0,90	0,89
VII										
0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,0
10	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94
20	0,91	0,93	0,93	0,92	0,91	0,91	0,90	–	–	–
VIII										
10	–	–	–	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97

Таблиця А6 – Оцінка впливу на врожайність соняшнику числа днів з середньодобовою температурою повітря > 25° С (коефіцієнти зниження врожайності)

Число днів	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Степ південний і північний (середньостиглі і середньопізні сорти) V – VI										
0	–	–	–	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97
10	0,98	0,96	0,96	0,95	0,95	–	–	–	–	–
VII										
0	–	–	–	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98
10	0,97	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95	0,94	–	–	–
VIII										
0	–	–	–	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
10	–	0,97	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,94	0,93

Таблиця А7 – Оцінка впливу на врожайність соняшнику числа днів з середньодобовою температурою повітря 20 – 25° С (коефіцієнти зниження врожайності)

Число днів	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Степ північний і південний (середньостиглі і середньопізні сорти) V – VI										
10	–	–	–	–	–	–	1,00	1,00	0,99	0,99
20	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96
30	0,96	0,96	0,94	0,93	0,93	–	–	–	–	–
VII										
10	–	–	–	–	–	–	1,00	1,00	0,99	0,99
20	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,94	0,94			
30				0,96	–	–	–	–	–	–
VIII										
10	–	–	–	–	–	–	1,00	1,00	0,99	0,99
20	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94	0,94	–	–

Додаток Б. Таблиця 8 – Коефіцієнти продуктивності, розраховані з врахуванням температури повітря

°C	Десяти долі градуса					°C	Десяти долі градуса				
	0	2	4	6	8		0	2	4	6	8
Район III, квітень, район I та IV вересень											
5	0,65	0,66	0,69	0,71	0,72	15	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6	0,74	0,76	0,77	0,79	0,80	16	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96
7	0,82	0,83	0,84	0,86	0,87	17	0,85	0,95	0,92	0,91	0,90
8	0,89	0,90	0,92	0,93	0,94	18	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80
9	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	19	0,78	0,76	0,74	0,72	0,70
10	0,98	0,99	0,99	0,99	1,0	20	0,67	0,64	0,62	0,60	0,57
11	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	Район III, червень, район I та II липень, район IV, червень-липень					
12	1,0	0,99	0,99	0,98	0,96						
13	0,95	0,94	0,93	0,91	0,90	12	0,64	0,66	0,68	0,71	0,72
14	0,88	0,86	0,85	0,83	0,81	13	0,76	0,77	0,79	0,80	
15	0,79	0,77	0,74	0,72	0,69	14	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87
16	0,67	0,67	0,63	0,60	0,57	15	0,94	0,90	0,91	0,92	0,93
17	0,55	0,53	0,50	0,48	0,45	16	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98
Район I, II та III, травень						17	0,98	0,99	0,99	0,99	1,0
10	0,70	0,74	0,76	0,78	0,80	18	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
11	0,80	0,82	0,84	0,86	0,87	19	0,99	0,99	0,98	0,98	0,96
12	0,88	0,90	0,91	0,92	0,93	20	0,95	0,94	0,93	0,91	0,90
13	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	21	0,88	0,87	0,85	0,83	0,81
14	0,98	0,98	0,99	0,99	1,0	22	0,79	0,76	0,73	0,71	0,69
						23	0,67	0,64	0,62	0,60	0,57
Район VI, липень						Район III, серпень, район II червень, серпень, район I червень, серпень					
15	0,80	0,82	0,84	0,86	0,87	14	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93
16	0,88	0,89	0,91	0,92	0,98	15	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97
17	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	16	0,98	0,98	0,99	0,99	1,0
18	0,98	0,98	0,99	0,99	1,0	17	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
19	1,0	1,0	1,0	1,0	0,99	18	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96
20	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	19	0,95	0,94	0,93	0,91	0,90
21	0,96	0,95	0,93	0,92	0,90	20	0,88	0,87	0,84	0,82	0,80
22	0,67	0,65	0,62	0,60	0,57	21	0,78	0,76	0,74	0,72	0,68
23	0,79	0,77	0,75	0,72	0,70	22	0,67	0,65	0,62	0,60	0,67

Таблиця Б9 – Коефіцієнти продуктивності, розраховані з врахуванням опадів

°C	Десяти долі градуса					°C	Десяти долі градуса				
	0	2	4	6	8		0	2	4	6	8
10	Район III Україна										
10											
	квітень						вересень				
10	0,43	0,50	0,54	0,57	0,60		0,70	0,75	0,79	0,81	0,83
30	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82		0,94	0,95	0,96	0,98	0,98
50	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94		1,0				
70	0,99						0,98				
90	1,0						0,89	0,88	0,87	0,84	0,82
110		0,99	0,98	0,97	0,96		0,82	0,80	0,79	0,78	0,73
130	0,79	0,76	0,72	0,84	0,80		0,57	0,56	0,54	0,49	0,45
	травень						червень				
10	0,60	0,64	0,68	0,71	0,74		0,45	0,49	0,53	0,57	0,60
30	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91		0,74	0,76	0,78	0,80	0,82
50	0,96	0,97		0,97			0,90	0,91	0,93	0,94	0,94
70	1,0							0,98		0,99	
90	1,0						1,0				
110	0,96	0,95	0,94	0,93	0,93			0,99		0,98	
130	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81		0,93	0,92	0,91	0,89	0,88
150	0,72	0,70	0,68	0,67	0,65		0,79	0,77	0,75	0,73	0,71
170	0,54	0,52	0,50	0,48	0,46		0,55	0,51	0,48	0,44	0,40
	липень						серпень				
10	0,40	0,45	0,49	0,53	0,57		0,46	0,51	0,52	0,56	0,60
30	0,72	0,73	0,75	0,76	0,78		0,78	0,80	0,82	0,84	0,86
50	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90		0,94	0,95	0,96	0,97	0,98
70	0,95	0,96	0,96		0,97				1,0		
90			1,0				0,96	0,95	0,94	0,94	0,94
110			0,99				0,85	0,83		0,83	
130	0,96		0,95		0,94		0,71	0,69	0,66	0,64	0,62
150	0,88	0,87	0,86	0,85	0,83		0,43	0,41	0,35		0,33
170	0,73	0,72	0,89	0,66	0,62						

Таблиця Б10 – Прогноз середньообласної врожайності картоплі (метод Шелудякової)

Вінницька обл. (район ІІ)

	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень
	сівба	сходи	початок цвітіння	цвітіння	кінець цвітіння – в'янення бадилля	в'янення бадилля – збирання врожаю
Середньообласні дати наступу фаз розвитку	26 IV	24 V	12 VI	9 VII	18 VIII	22 IX
Середньообласна тем-ра повітря	8,7	12,9	15,7	18,9	19,9	15,0
Коеф. продукт.η (T)						
Сума опадів	14	28	60	43	70	51
Коеф. продукт.η (R)						
Сумарний коеф. продукт. S(N,R) по період						
Сумарний коеф. продукт. за весь період вегетації						



Таблиця Б11 – Ряд урожайності

m	$Y_i$	Розрахувати Р
1	125	
2	126	
3	128	
4	130	
5	130	
6	140	
7	144	
8	148	
9	149	
10	152	
11	154	
12	156	
13	159	
14	160	
15	165	
16	165	
17	170	
18	172	
19	176	
20	179	
21	190	
22	1983	
23	200	
24	210	
25	220	

Таблиця Б12 – Розрахунок середньорічного приросту (А)

Рік	$y_i$	$y_i - \bar{y}$	$x_i$	$x_i^2$	$(y_i - \bar{y})x_i$
1997	210				
1998	190				
1999	193				
2000	160				
2001	148				
2002	165				
2003	170				
2004	200				
2005	220				
2006	176				
2007	179				
Сума					
Середнє					

Таблиця Б13 – Розрахунок очікуваної середньообласної урожайності картоплі

Середньо-річний стат. мах $Y_i$	Сумарний коеф. продуктивності $S(T,R) \cdot \alpha_{v-ix}$	Очікув. врожайність $Y$	Ступінь пошкодження фітофторою $x$	Знижка врожайності за рахунок фітофторози $Y'$	Втрата врожаю $f$	Очікуваний врожай з врахуванням втрати
			50			

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання практичних робіт  
за темою «Прогнози врожаїв технічних культур»  
з дисципліни «Довгострокові агрометеорологічні прогнози»

Спеціальність - Агрометеорологія

Укладачі: к.г.н., доц. Божко Л.Ю., к.г.н., доц. Барсукова О.А.

Підписано до друку  
Ум. друк. арк.

. Формат  
Тираж 25 прим.

. Папір офсетний.  
Зам. №

---

Одеський державний екологічний університет  
65016, вул. Львівська, 15

---