МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-консультаційний
центр заочної освіти
Кафедра агрометеорології та
агрометеорологічних прогнозів

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

рівень вищої освіти: спеціаліст

на тему: **Оцінка агроекологічних категорій урожайності соняшнику в Одеській області**

Виконала студентка групи АЕ-VI
спеціальності 101 «Екологія»,
спеціалізації «Агроекологія»
Яцемирська Юлія Олександрівна

Керівник к.геогр.н., доцент
Кирнасівська Наталія Василівна

Рецензент к.геогр.н., доцент
Семергей-Чумаченко Аліна Борисівна

Одеса 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-консультаційний центр заочної освіти_____
Кафедра_агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів_____
Рівень вищої освіти _____спеціаліст _____
Спеціальність __101 «Екологія»,___спеціалізація «Агроекологія»_____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів
_____Польовий А.М.
“__13__” _березня__2017 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТЦІ

_____Яцемирська Юлії Олександрівна_____
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема проекту_«Оцінка агроекологічних категорій урожайності соняшнику в Одеській області»_____

керівник проекту__Кирнасівська Наталія Василівна, к.геогр.н., доцент_____
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від « 16 » січня 2017 року №3 - «С»
2. Строк подання студентом проекту_____01 червня 2017 р._____
3. Вихідні дані до проекту середньобагаторічні дані спостережень на мережі метеорологічних та агрометеорологічних станцій Одеської області: відомості з «Справочника по климату СССР» і «Агроклиматического справочника по Одесской области», «Агрокліматичний довідник по Одеській області: (1986-2005 рр.)» по сумі середніх добових температур повітря, дефіциту вологості повітря, кількості опадів, середньорайонні дані по врожайності соняшнику у виробництві за період з 1980 по 2007 рік, а також із «Довідника з агрокліматичних ресурсів України. Серія 2. Частина 2" по фенології культури соняшник

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Виконати кількісну оцінку динаміки врожайності соняшнику, який вирощено у виробництві. 2. Виконати імовірну оцінку можливих врожаїв соняшнику відносно середніх багаторічних значень. 3. Виконати кількісну оцінку сум сумарної радіації і показників ресурсів вологи районів Одеської області. 4. Вивчити фізико-статистичну модель «Клімат-урожай» розрахунку врожаїв різного виду та рівня з веденням ряду модифікацій. 5. Виконати

агрокліматичну оцінку агроекологічний категорій врожаїв соняшнику для умов Одеської області.

6. Провести оцінку ступеня сприятливості клімату для вирощування соняшнику в різних районах.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1) Фізико-географічна карта Одеської області; 2) Карта агрокліматичних ресурсів Одеської області; 3) Графіки динаміки врожайності соняшнику у виробництві для районів Одеської області. 4) Графіки відхилень врожайності соняшнику від лінії тренду для адміністративних районів області. 5) Криві сумарної імовірності можливих врожаїв соняшнику в адміністративних районах області. 6) Карта комплексного агрокліматичного районування радіаційно-теплових ресурсів Одеської області.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 13 березня 2017 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Збір вихідних даних до проекту. Ознайомлення з літературними джерелами за темою дипломного проекту.	13.03.2017 р.-26.03.2017 р.	86,0	добре
2	Вивчення фізико-статистичної моделі та проведення розрахунків.	27.03.2017 р.-02.04.2017 р.	86,0	добре
3	Атестація I	03.04.2017 р.-08.04.2017 р.	86,0	добре
4	Проведення критичного аналізу одержаних результатів, складання таблиць, побудова карти та графіків.	09.04.2017 р.-23.04.2017 р.	85,0	добре
5	Написання аналізу одержаних результатів.	24.04.2017 р.-02.05.2017 р.	87,0	добре
6	Атестація II	03.05.2017 р.-06.05.2017 р.	86,0	добре
7	Написання аналізу одержаних результатів.	07.05.2017 р.-28.05.2017 р.	90,0	відмінно
8	Оформлення дипломного проекту. Здача дипломного проекту на кафедру	29.05.2017 р.-01.06.2017 р.	90,0	відмінно
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		**87**	

Студент _____ Яцемирська Ю.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Кирнасівська Н.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Стр.
ВСТУП 4
1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ТА АГРОКЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ…… 6
1.1. Фізико-географічна характеристика області……. 6
1.2. Агрокліматична характеристика теплого періоду……. 10
1.3. Агроекологічна характеристика культури соняшник…… 14
2 ОЦІНКА КОЛИВАНЬ ВРОЖАЙНОСТІ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ В ОДЕСЬКІЙ ОБЛАСТІ……... 19
2.1. Існуючі методи оцінки динаміки врожайності сільськогосподарських культур…….. 19
2.2. Кількісна оцінка динаміки врожайності соняшнику в районах Одеської області……... 25
2.3. Імовірнісна оцінка можливих врожаїв соняшнику відносно середніх багаторічних значень…….. 32
3 ОЦІНКА АГРОЕКОЛОГІЧНИХ КАТЕГОРІЙ ВРОЖАЙНОСТІ СОНЯШНИКУ В ОДЕСЬКІЙ ОБЛАСТІ…….. 39
3.1. Методи оцінки продуктивності сільськогосподарських культур за агрокліматичними показниками……. 39
3.2. Методика розрахунків та оцінка сумарної сонячної радіації і ФАР…… 43
3.3. Агрокліматичне районування агроекологічних категорій врожайності соняшнику в Одеській області…… 49
3.3.1. Оцінка агроекологічних категорій врожайності соняшнику в районах Одеської області…… 49
3.3. Порівняльна оцінка врожаїв соняшнику за ступенем сприятливості клімату……. 57
ВИСНОВКИ……. 61
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ……. 64
ДОДАТОК 67

ВСТУП

Соняшник є основною олійною культурою, яка вирощується на території СНД, в тому числі в Україні. Площа його посівів становить понад 5 млн.га. Значні площі під соняшником зайняті і в Україні, в тому числі в Одеської області. Батьківщиною соняшнику є Північна Америка. В Європу ця культура була завезена на початку XVI століття, а в Росії її стали вирощувати в XVIII столітті. Причому спочатку ця культура вирощувалася як декоративна, а також заради їстівних насінин, які вживали замість горіхів. Практичне введення соняшнику в культуру землеробства і використання його насіння для отримання рослинного масла відбулося на початку IX століття [4].

В наш час посіви соняшнику в Україні займають понад 2 млн. га, що становить 96 % площі всіх олійних культур (Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Кіровоградська, Луганська, Миколаївська, Одеська, Херсонська і Полтавська області). У світовому землеробстві його площі становлять понад 14,5 млн. га (Україна, Аргентина, США, Китай, Іспанія, Туреччина, Румунія, Франція та ін.).

Середня врожайність насіння соняшнику в межах СНД залежить від агрокліматичних умов окремих років і коливається в межах 12-24 ц/га. Середня врожайність соняшнику в Україні в останні роки становила 16 – 18 ц/га. Найвища вона в господарствах, де соняшник вирощують за прогресивною технологією, — по 30 ц/га і більше, а в умовах зрошення – 38,7 – 40 ц/га [13].

Насіння сучасних районованих сортів містять до 30-50% масла.

Соняшникова олія є висококалорійним харчовим продуктом. За засвоюваністю організмом людини і смаковими якостями вона поступається лише вершковому маслу. Особливу цінність в соняшниковій олії представляють такі активні речовини як лінолева кислота, фосфатиди, стерини, вітаміни А, Д, Е. При переробці отримують від 28 до 35% цінного побічного продукту - макухи. Він є прекрасним концентрованим кормом для сільськогосподарських тварин. Цінується соняшник і як лікарська, і як медоносна рослина [19].

Незважаючи на високу цінність соняшнику і великі площі посівів його в Одеській області виробничі врожаї його залишаються значно нижче біологічних можливостей сучасних сортів. Цей факт пояснюється декількома причинами: недотриманням технології обробітку, недостатнім внесенням добрив, проявом в окремі роки лімітуючи факторів клімату. Але головна причина полягає в слабкому вивчені впливу агрокліматичних факторів на продуктивність соняшнику в різних районах області.

Наприклад, в «Агрокліматичному довіднику Одеської області» відсутні відомості про просторово-часову мінливість врожаїв соняшнику; не досліджена забезпеченість врожаїв соняшнику різної ймовірності; в дуже обмеженому вигляді надана агрокліматична характеристика зростання цієї культури в межах Одеської області.

Тому в даному дипломному проекті поставлені і вирішуються такі завдання.

1. Кількісна оцінка динаміки виробничих врожаїв соняшнику в різних районах Одеської області.
2. Імовірнісна оцінка можливих врожаїв соняшнику з регіональним підходом.
3. Виявлення географічних особливостей розподілу сумарної сонячної радіації і ФАР, а також показників ресурсів вологи на території області.
4. Оцінка агроекологічних категорій врожаїв соняшнику в Одеській області на основі фізико-статистичного моделювання.

Для цієї мети використана режимна інформація за основними показниками тепло і вологозабезпечення. Середні багаторічні спостереження у теплий період на гідрометеорологічних станціях із довідників [1, 2, 8, 25, 26], які розташовані на території Одеської області, а також щорічні дані по фенології врожайності соняшнику за період 1980-2007 рр. [1].

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ТА АГРОКЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.1. Фізико-географічна характеристика області

Одеська область розташована на півдні України в Причорноморській низовині. Північна її частина знаходиться в лісостеповій зоні, а південна – в степовій. Поверхня області рівнинна, злегка нахилена до Чорного моря. Найбільш високою є її північно-західна частина куди заходять відроги Волинсько-Подільської височини, де висоти перевищують 200 м над рівнем моря. Тут рельєф дуже розчленований, є багато глибоких балок і ярів, в яких перевищення вододілів над дном долин досягають 100 м. В цій частині області спостерігається сильний змив ґрунтів [1].

Ліси на півночі області зустрічаються на невеликих ділянках – вододілів і в долинах річок. Основним типом лісів є діброви, для узлісь характерні степові чагарники: степова вишня і терен. Безлісні простору області майже повністю розорані; залишки степової рослинності збереглися подекуди по крутих схилах річкових долин і балок [2].

Річки області належать басейну Чорного моря; головними з них є Південний Буг, що протікає по північній межі області, Дністер і Дунай. Водні ресурси басейну Дунаю представлені в першу чергу самим Дунаєм і гідравлічно пов'язаними з ним прісноводними озерами Кагул, Ялпуг, Катлабух, Китай, а також стоком місцевих малих річок. Стік Дунаю в дельті розподіляється по рукавах: Кілійському – 70% річного стоку, Сулинскому –

12,4%, Георгіївському – 17,6%. Таким чином, основний обсяг річного стоку Дунаю (137 км^3) проходить через Кілійський рукав. Водні ресурси межиріччя Дунай – Дністер представлені чотирма малими річками – Алкалией, Хаджидером, Саратой і Когильником [22].

Ґрунти області представлені головним чином чорноземами. Вони мають добре виражений зональний характер. На півночі, в лісостеповій частині області поширені на підвищених і розчленованих ділянках опідзолені чорноземи, зустрічаються сірі опідзолені ґрунти, а на більш плоских зволожених просторах потужні середньогумусні чорноземи. В центральній степовій частині області розвинуті звичайні середньогумусні чорноземи [22].

У південній степовій частині області мають місце переважно південні малогумусні, важкосуглинисті чорноземи. У приморській смузі сухого степу і на південно-заході області є темно-каштанові слабо солонцюваті ґрунти. По долинах річок розвинені родючі лучні ґрунти, а в приморських западинах зустрічаються солончаки. На борових терасах Савранки, Кодими, Тилігулу та інших річок розвинуті дернові супіщані і суглинисті ґрунти. В широких заплавах річок і днищах балок велике поширення одержали лучні і чорноземно-лучні ґрунти [22].

Фізико-географічне районування Одеської області проведено на основі ландшафтно-генетичного принципу. При цьому враховано співвідношення тепла і вологи, якими зумовлюється формування певних зональних типів ґрунтів і рослинності. За особливостями зволоження території в межах зон виділено підзони, межі між якими встановлені шляхом аналізу поширення ґрунтів і рослинності, а також з урахуванням значення гідротермічного коефіцієнта [2].

Одеська область розташована в лісостеповій і степовій зонах, у межах яких виділено такі фізико-географічні райони (рис. 1.1).

І. Лісостепова зона Одеської області входить в крайній південний захід лісостепової зони України. У даній зоні чітко виражений головний вододіл з висотами до 300 м на північно-заході і 180-200 м на південному сході, який

ділить територію на дві частини: південно-західну – до долини Дністра і південно-східну – до долині Південного Бугу. Лісостепова зона найбільш волога частина області, де кількість опадів за рік перевищує 500 мм. В той же час тут найбільш холодні зими і нежарке літо. Ґрунтовий покрив характеризується значною строкатістю (більше 20 різновидів ґрунтів) [22].

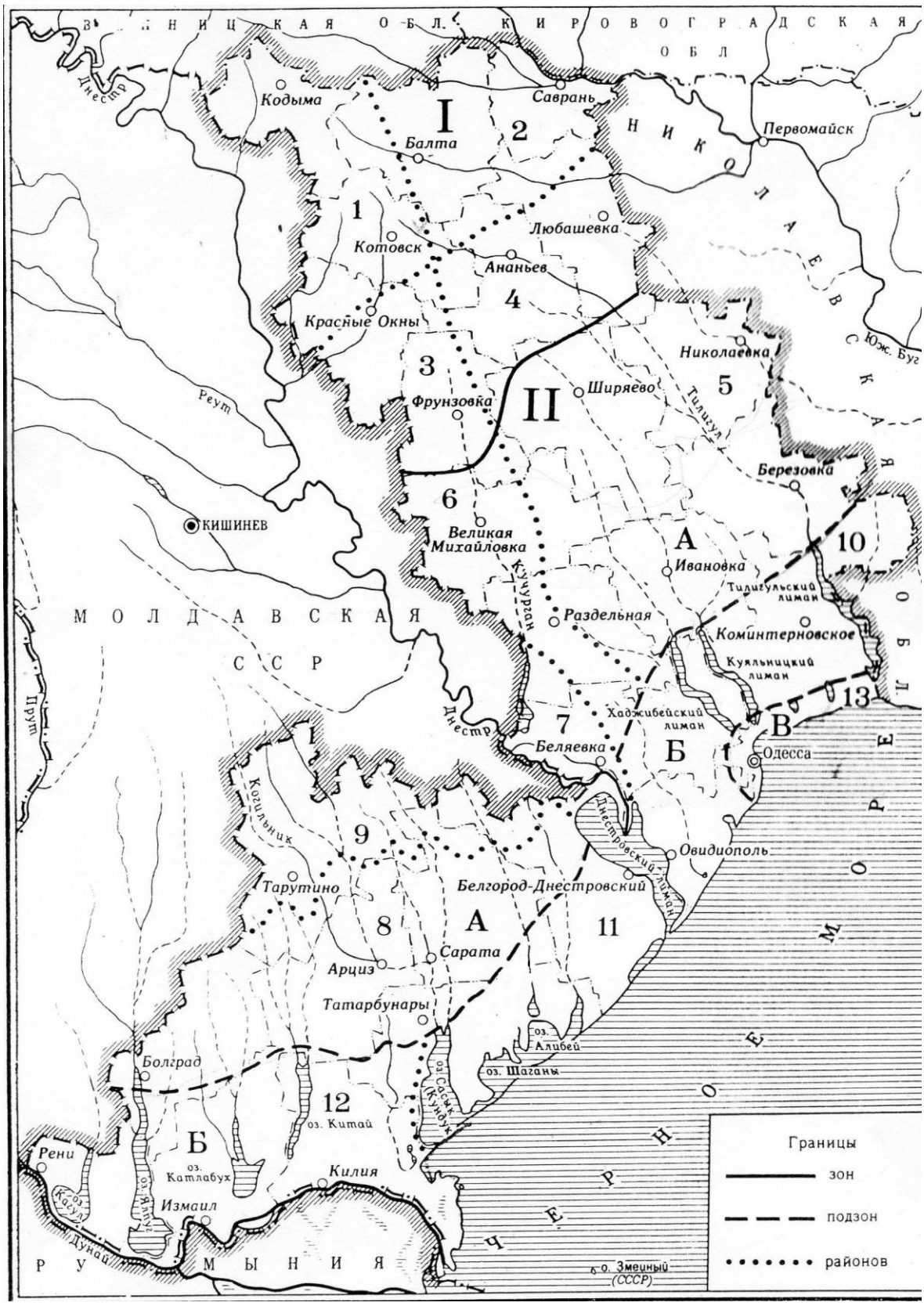

Рисунок 1.1. – Фізико-географічне районування Одеської області.

Піднесений розчленований рельєф і значне зволоження території лісостепу сприяли розвитку лісостепової рослинності. Нині ці ліси сильно вирубані. Сучасна лісостеп характеризується чергуванням лісових масивів із сільськогосподарськими угіддями на місці колишніх лучних степів. На крутих схилах зустрічаються нерозорані степові ділянки. Ліси належать до Дністровсько – Бузького округу .

IIа. Північна степова зона. Поверхня зони лежить на висоті від 130 до 200 м. Долини і балки поглиблені на 75-100 м. Літо в зоні спекотне, зима – м'яка. Безморозний період становить 180-185 днів. Річна сума опадів не перевищує 380-400 мм. Зональними ґрунтами є чорноземи звичайні, які займають площу в 1114 тис. га. На широких заплавних терасах малих річок на лучних ґрунтах розвинені коротко-заплавні луки [22].

Заплава Дністра зайнята довго-заплавними луками, залитими навесні в середньому 2 місяці, і плавнями. Довго-заплавні луки розвиваються на лучних ґрунтах, які мають у верхній частині до 4% гумусу і мають міцної зернистою структурою. На важких мулисто-глинистих відкладах розвинуто лучні ґрунти злиті. Рослинний покрив представлений пирієм, осокою, деревієм, калюжницею та ін. Луки використовуються під сіножаті, пасовища, городи. Плавні покриті в основному гідрофільними рослинними співтовариствами, які залежно від гідрологічного режиму і морфогідрографії поділяються на водні, плавневі і суходільні [22].

IIб. Південна степова зона. Вона займає широку смугу Причорноморської низовини і характеризується плоскою слаборозсіченою поверхнею. У ґрунтовому покриві Дністровського лівобережжя панують гумусні чорноземи, південні малогумусні. Меншу площу займають чорноземи південні остаточно-солонцюваті. Вздовж узбережжя моря в межах Комінтернівського району вузьку смугу займають темно-каштанові ґрунти.

Південні степи з пануючих в минулому рослинах носять назву типчаково-ковилових. У їх складі було досить багато ефемерів (крупка, бурячки, вероніка) та ефемероїдів (гусяча цибуля, тюльпан, степовий

гіацинт). По балках, схилах долин річок та лиманів є зарості степових чагарників (шипшина, дереза, терен, карагана). У заплавах малих річок розвинені коротко-заплавні луки. Для них характерні лисохвіст луговий, пирій повзучий, морковник солончаковий, полин морська, астра солончакова, подорожник солончаковий [22].

Для сухостепової смуги (підзона IIв) у доагрокультурний період була характерна ксерофитна злакова рослинність з домішкою напівкустарникового полину та солянок. В даний час на її місці панують різні сільськогосподарські культури, а також сади і виноградники. В ландшафтній структурі поєднуються місцевості міжлимані плоскорівнинні з чорноземами південними малогумусними і темно-каштановими ґрунтами зі слабо пологими схилами. Всі ці землі розорані. Крім того виділяються приморські місцевості, провідним ландшафтноутворюючим чинником є гідродинамічний режим берегової смуги. На піщаних терасах і схилах переважають дерново-пісчані й дерново-суглинністі ґрунти [22].

1.2. Агрокліматична характеристика теплого періоду

Агрокліматичне районування області дає можливість зробити порівняльну кліматичну оцінку окремих частин території. В основі агрокліматичного районування лежать умови тепло- і вологозабезпеченості рослин у вегетаційний період. Теплозабезпеченність території характеризується сумою температур вище 10 ºС. За термічними умовами в Одеській області виділено 3 зони: від помірно теплої на півночі до спекотної на півдні. Кожна зона відрізняється від сусідньої сумою температур до 200 ºС [2].

Вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5 °С і вище) триває 228-246 днів, починається в середньому по області 18 березня і закінчується 11 листопада. Сума позитивних температур повітря вище 5 °С за цей період змінюється від 3435 °С на півночі області до 3955 °С на півдні.

Період активної вегетації сільськогосподарських культур (із середніми добовими температурами повітря 10 °С і вище) триває 179-198 днів, починається з 9 по 18 квітня і закінчується 13-25 жовтня. Сума позитивних температур повітря вище 10 °С за цей період змінюється від 3075 °С на півночі області до 3575 °С на півдні [2].

В залежності від кількості опадів за період з температурою вище 10 ºС зони поділяються на підзони. Підзони з однаковою кількістю опадів, але якщо знаходяться в різних зонах (за температурних умов), можуть мати різну вологозабезпеченість рослин. Підзони, розташовані в зонах з більш високими сумами температур, витрачають більше води на випаровування і мають меншу вологозабезпеченість. Тому суми опадів недостатньо добре характеризують вологозабезпеченість рослин [1, 2].

Середня кількість опадів по області за рік становить 491 мм, змінюючись по території від 458 до 526 мм. Кількість опадів по роках змінюється від 263 до 766 мм. Близько 70 % від річної кількості опадів випадає у теплий період року [1].

Більш правильним показником вологозабезпеченості може служити відношення приходу вологи (суми опадів) до її можливої витрати (випаровуваності). Приймається, що величина випаровуваності близько збігається з сумою температур, яка зменшена в 10 разів. Тому відношення суми опадів ($\sum R$) до суми температур, поділена на 10($\sum$t/10), може характеризувати вологозабезпеченість того чи іншого району і називається гідротермічним коефіцієнтом (ГТК):

$$ГТК = \frac{\sum г}{\sum T_c \geq 10^o C : 10} \qquad (1.1)$$

На території області гідротермічний коефіцієнт зменшується в напрямку з північного-заходу на південний-схід від 1,0 до 0,7. Для південно-західної прибережної смуги гідротермічний коефіцієнт знижується до 0,7 [2]. Слід

Рисунок 1.3. – Агрокліматичне районування території Одеської області.

Таблиця 1.1. – Агрокліматичне районування Одеської області.

Агрокліматичні райони	Агрокліматичні показники						
	Тривалість періоду (дні) з		Сума позитивних температур за період з		Кількість опадів (мм) за період з $T \geq 10\ ^0C$	Гідро-термічний коефіцієнт (ГТК)	Абсолютний мінімум температури взимку
	$T \geq 5\ ^0C$	$T \geq 10\ ^0C$	$T \geq 5\ ^0C$	$T \geq 10\ ^0C$			
1. Помірного тепло-забезпечення, недостатнього зволоження	≤ 230	≤ 185	≤ 3600	≤ 3200	≥ 360	1,0	мінус 23-24
2. Високого рівня теплозабезпечення, посушливий	231-240	185-195	3601-3800	3201-3500	331-360	0,8-0,9	мінус 22-24
3. Високого рівня тепло забезпечення, дуже посушливий	≥ 240	≥ 195	≥ 3800	≥ 3500	≤ 330	≤ 0,8	мінус 21-24

враховувати й умови перезимівлі рослин. Ступінь морозонебезпечності визначається середнім з абсолютних річних мінімумів температури повітря.

Абсолютний мінімум температури повітря по області (за період з 1986 по 2005 рр.) зафіксований у грудні 1996 року і становив - -24,4 °С (М Сербка) , а абсолютний максимум - у липні 2000 року і становив + 40,2 °С (М Сарата) [2].

В Одеській області виділено 3 агрокліматичних райони (помірного теплозабезпечення і недостатнього зволоження; високого рівня теплозабезпечення посушливий; високого рівня теплозабезпечення дуже посушливий) [2].

1.3. Агроекологічна характеристика культури соняшник

Біологічні особливості. Соняшник однорічна рослина. Ця культура належить до сімейства складноцвітих, стебло прямостояче. Висота рослин, залежно від сорту і умов вирощування, коливається від 60 до 250 днів. Формування листя закінчується у фазі утворення кошика.

Соняшник має потужну кореневу систему. Розвиток коренів більш інтенсивно відбувається в першу половину вегетації. Глибина проникнення кореневої системи становить для головного кореня 140-250 см, а для бічних – 60-90 см [5].

Квіти у соняшника зібрані в суцвіття-кошик. По краю кошика розташовані язичкові квітки, а на внутрішній поверхні – трубчасті, які в результаті запилення дають зав'язі і утворюють сім'янки.

Формування суцвіть відбувається у скоростиглих сортів у фазі 3-5 пари, а у пізньостиглих – 8-10-ї пари листків. Найбільш інтенсивний ріст листя і стебла відбувається в період від утворення суцвіть і до цвітіння. Цвітіння однієї рослини відбувається в середньому від 8-10 днів [13].

Період наливу сім'янок триває близько 35 днів з часу запліднення. Накопичення олії в насінні починається з моменту формування ядра і триває

до повного дозрівання рослин. Максимальна дозрівання олії в насінні відзначається через кілька днів після настання фізіологічної стиглості.

Довжина вегетаційного періоду в різних форм коливається в середньому від 75 до 140 днів. У насінні соняшнику міститься до 50-54 % рослинної олії. Урожайність насіння сучасних сортів досягає в середньому 1,6-1,7 т/га, а в передових господарствах – 2,0-2,5 т/га [13].

Відношення до світла. Соняшник – світлолюбна культура. Тривала похмура погода або затінення молодих рослин послаблюють його ріст і розвиток, знижують урожай насіння і їх якість за вмістом соняшникової олії. Ця культура належить до рослин короткого дня. При просуванні з півдня на північ тривалість вегетаційного періоду у соняшнику зростає на 1-2 дні на кожен градус північної широти [13].

Відношення до тепла. Соняшник є теплолюбною рослиною. Однак різноманітність сортів дає змогу вирощувати цю культуру за вегетаційний період від 1600 до 2900 ºС. Щодо вимог соняшнику до термічних ресурсів, необхідних для дозрівання, у літературі наводяться де які суперечливі дані. Так, Ф. С. Венцлавович пише з цього приводу, що «кліматичний мінімум, який визначає зону вирощування олійного соняшнику, збігається з областю, окресленої лінією липневих ізотерм в 21-22 ºС. У цій області за вегетаційний період забезпечується сума тепла в 2300-2600 ºС» [11].

В. А. Мінкевич та В. О. Боровський вказують, що для повного розвитку соняшнику (від проростання насіння до дозрівання) потрібна сума середньодобових температур 2600-2900 ºС, при температурі проростання від 8 до 10 ºС [5]. Виходячи з цих даних, потреба соняшнику в теплі від посіву до дозрівання потрібно оцінювати більш високими сумами температур повітря.

Ряд дослідників в основу поділу за скоростиглістю сортів соняшнику використовують тривалість їх вегетаційного періоду. Так, В. А. Мінкевич ділить сорти на самі скоростиглі з періодом вегетації 67-98 днів, середньостиглі – 105-124 дня і пізньостиглі – 138 днів і більше. Наведений

критерій скоростиглості може використовуватись лише в тому випадку, коли рослини розвиваються при цілком ідентичному термічному режимі.

Використовуючи матеріали парних спостережень за [24] визначила біологічні суми температур, необхідні для досягнення фази дозрівання, тобто, встановила ступінь скоростиглості окремих сортів по їх відношенню до термічних умов середовища. При цьому всі сорти Смирнова розділила по скоростиглості на 4 групи:

1) пізні, вимагають від посіву до дозрівання суму температур, рівну 2450 ºС;

2) середньопізні – 2300 ºС;

3) середні – 2100 ºС;

4) ранні – 1850 ºС.

Ці суми дані для середнього рівня температури за вегетаційний період (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Потреба сортів соняшнику різної скоростиглості в біологічних сумах температур повітря ($\sum T_б$, ºС)

Скоростиглість сортів	Період, дні	Біологічний мінімум ($T_с$, ^oC)		$\Sigma T_б$, ^oC
		початок росту	дозрівання	
Ранньостиглі	Посів-дозрівання	8	10	1850
Середньостиглі	Посів-дозрівання	8	10	2100
Середньопізні	Посів-дозрівання	8	10	2300
Пізні	Посів-дозрівання	8	10	2450

В окремі роки, коли термічний режим вегетаційного періоду істотно відрізняється від середнього рівня (літо дуже холодне або, навпаки, спекотне), сума потрібних для дозрівання температур може дещо відрізнятися від наведених величин.

Відношення до заморозків. Насіння соняшнику починають проростати при температурі 5-7 ºС, оптимальною вважається температура близько 20 ºС, при якій сходи з'являються на 6-8-й день після посіву при достатньому зволоженні ґрунту. Сходи легко переносять короткочасні заморозки до -3, -4 ºС (окремі сорти до -5, -6 ºС).

Від фази сходів до цвітіння вимоги соняшнику до тепла зростають. Оптимальною є температура 25, 27 ºС, пригнічувальну дію на рослини чинить температура повітря 30 ºС і більше.

В період цвітіння заморозки -1, -2 ºС виявляються згубними для всієї рослини [13].

Відношення до вологи. Крім тепла, важливим фактором у житті рослин є волога. Недолік вологи викликає загальне зменшення продуктивності та зміна у якісному складі насіння. Під впливом поганих умов зволоження в насінні соняшнику зменшується кількість запасних поживних речовин у формі жирів і вуглеводів і збільшується відсоток вмісту білків.

Соняшник вважається посухостійким рослиною, проте він споживає велику кількість води. Найбільша потреба у волозі відзначається в період утворення кошика-цвітіння: близько 60 % всієї необхідної рослині вологи за весь період вегетації [13].

Нестача вологи в період цвітіння рослин і наливу насіння несприятливо позначається на величині врожаю соняшнику. Погані умови зволоження в цей час призводять до формування кошиків меншого діаметру, затримують утворення нових квіток. Різко знижується кількість повноцінних сім'янок.

Посуха в цей період є основною причиною «захоплення» і поганого наливу насіння. Соняшник характеризується високим споживанням вологи на одиницю сухої речовини. Його транспіраційний коефіцієнт становить 470-570. Завдяки потужній і глибокій кореневій системі і опушенню надземних вегетативних органів соняшник виявляється стійкий до короткочасних посух. Загальний витрата води соняшнику за вегетаційний період в посушливі роки становить 280-290 мм, у вологі близько 400 мм [12].

Високі врожаї соняшнику можливі за умови оптимальної забезпеченості рослин вологою протягом усього вегетаційного періоду, аж до закінчення наливу насіння. Недолік вологи в який-небудь один з розглянутих періодів веде до зниження врожаю навіть при наявності гарної влагозабезпеченності в інші періоди.

За даними Ю. С. Мельника [11] сумарні витрати вологи метрового шару ґрунту з поля зайнятого соняшником в різні періоди його розвитку представляються в наступному вигляді: у період до утворення суцвіть вони складають в середньому 29 % від загальних витрат вологи за період вегетації, в період утворення суцвіть – цвітіння - 45 % і в період цвітіння – дозрівання - 26 %.

На більшій частині території Одеської області запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-50 см у період сходи-утворення суцвіть близькі до 50-60 мм, що достатньо для цього міжфазного періоду. Після утворення суцвіть у соняшника відбувається посилений ріст стебла і інтенсивне формування квіток. Вологозабезпеченість посівів в цей період має вирішальне значення для врожаю. В період наливу зерна у північний районах у шарі ґрунту 0-100 см запаси продуктивної вологи складають 100-110 мм. У центральних і південних районах, вологовміст ґрунту в шарі 0-100 см де що нижчий, і знаходиться в межах 60-80 мм. Загальні витрати води соняшником за вегетаційний період в посушливі роки становлять 280-290 мм, а у вологі роки – близько 400 мм [1, 22].

Суховії і дефіцит вологи в період формування насіння викликають їх щуплість і недорозвиненість в центральній частині кошика, знижують олійність на 2-3 %. Середня кількість днів з суховіями в липні-серпні становить 12-20. Велике значення в сухі періоди з посухою набуває здатність соняшнику використовувати вологу більш глибоких горизонтів ґрунту. В кінці дозрівання потреба у волозі різко скорочується. Рясні опади у цей період можуть негативно вплинути на врожай [1].

2 ОЦІНКА КОЛИВАНЬ ВРОЖАЙНОСТІ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ В ОДЕСЬКІЙ ОБЛАСТІ

2.1. Існуючі методи оцінки динаміки врожайності сільськогосподарських культур

Прогрес сільського господарства сприяв значному збільшенню врожайності всіх культур. Однак при загальному зростанні врожаїв, коливання їх за роками залишаються значними, і з часом не зменшуються. Тому для отримання програмованих урожаїв науково обґрунтованого розміщення сільськогосподарських культур, поряд з вирішенням інших питань, необхідно вивчення часової мінливості врожайності в різних кліматичних зонах. Виходячи з методу найменших квадратів, коливання врожайності сільськогосподарських культур в окремі роки обумовлюються впливом великого числа факторів, які прийнято ділити на 2 групи [9, 10].

Перша група включає фактори, які об'єднують під загальним терміном – «культура землеробства». За цим терміном розуміють досягнення селекції, кількість і якість внесених у грунт добрив, заходи по боротьбі з хворобами і шкідниками, меліорацію земель і т.ін. Фактори цієї групи обумовлюють середній (для даних умов) рівень врожайності сільськогосподарських культур [10, 18].

Друга група об'єднує погодні фактори, які визначають значні відхилення врожайності в окремі роки від середнього рівня.

Врожайність в кожному конкретному році формується під впливом всього комплексу чинників. Однак при вирішенні багатьох практичних питань, виникає необхідність роздільної оцінки ступеня впливу на врожайність, як рівня культури землеробства, так і умов погоди. В основу такої оцінки покладено ідею В. М. Обухова про можливості розкладання динамічного (тимчасового) ряду врожайності на дві складові: стаціонарну та

випадкову. У такій постановці часовий ряд урожайності ($У_t$ = 1, 2, ..., n) можна представити загальною статистичною моделлю наступного виду:

$$У_t = f(t) + U_t \qquad (2.1)$$

У цієї моделі ряд розглядається, як сума двох послідовностей: стаціонарної, повністю детермінованою $f(t)$ і випадкової U_t. Ці компоненти часового ряду не спостережні, вони є теоретичними величинами. У такій моделі передбачається, що час практично не відбивається на випадковій компоненті і всяка залежність від часу включається в стаціонарну складову [18, 21].

Коливання врожайності біля лінії тренда характеризує ступінь сприятливості або несприятливості погодних умов окремих років. Якщо в розглянутому періоді років спостерігається рівномірна зміна врожайності, лінія тренда може бути представлена рівнянням прямої:

$$У = a_0 + a_1 t \qquad (2.2)$$

Якщо зміна врожайності відзначається нерівномірністю, лінію тренда слід представляти у вигляді параболи другого порядку:

$$У = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 \qquad (2.3)$$

де $У$ - урожайність, ц/га;

a_0 - вирівняний рівень урожайності на початку розглянутого періоду;

a_1 - середньорічний приріст врожайності, обумовлений культурою землеробства;

a_2 - прискорення приросту врожайності;

t - порядковий номер у ряду врожайності.

Мінливість врожайності в розглянутому періоді років може бути оцінена коефіцієнтом варіації:

$$C_v = \frac{\sigma_y}{\overline{У}} \qquad (2.4)$$

де σ_y - середнє квадратичне відхилення ряду врожайності;

$\overline{У}$ - середня врожайність, ц/га.

Цей коефіцієнт характеризує загальну варіацію ряду врожайності, обумовлену, як культурою землеробства, так і особливостями погоди. Однак цікавою буде оцінка роздільного вкладу в цю мінливість рівня культури землеробства і погодних умов. Для цього загальну дисперсію ряду врожайності слід розкласти на суму двох дисперсій: дисперсію, пов'язану з культурою землеробства, і дисперсію, обумовлену особливостями погоди окремих років [18, 21].

$$\sigma^2_{обл} = \sigma^2_{кз} + \sigma^2_n, \quad \text{звідки} \quad \sigma^2_n = \sigma^2_{об} - \sigma^2_{кз}$$

так як $\sigma^2_{обл} = \dfrac{\sum(У_i - \overline{У})^2 - \sum(\hat{У}_c - \overline{У})^2}{n-1}$ і

$$\sigma^2_{кз} = \frac{\sum(\hat{У}_i - \overline{У})^2}{n-1}, \quad \sigma^2_n = \frac{\sum(У_i - \overline{У})^2 - \sum(\hat{У}_i - \overline{У})^2}{n-1} \quad \text{і}$$

$$C_n = \frac{1}{\overline{У}}\sqrt{\frac{\sum(\hat{У}_i - \overline{У})^2 - \sum(\hat{У}_i - \overline{У})^2}{n-1}} \qquad (2.5)$$

де $У_i$ - значення ряду врожайності;

$\overline{У}$ - середнє арифметичне значення ряду;

n - довжина ряду.

Середня квадратична помилка коефіцієнта варіації може бути розрахована за формулою:

$$\sigma_{Cn} = \frac{Cn\sqrt{1+Cn^2}}{\sqrt{2(n-1)}} \qquad (2.6)$$

Метод найменших квадратів (МНК) був використаний Манелля И., Френзелем П., а також Обуховим В.М. [9, 10] для оцінки динаміки врожайності ряду однорічних культур по адміністративних областях і краях території СНД. Ними отримано відповідні рівняння трендів врожайності.

Основною проблемою розв'язання задачі аналітичного згладжування часових рядів є вибір конкретної аналітичної формули функції *f(t)*, так як ця формула багато в чому визначає результати екстраполяції тренду.

Метод гармонійних ваг (МГВ), запропонований З. Хельвигом для прогнозування економічних показників, має ту перевагу, що тут немає необхідності у виборі функції аналітичного згладжування [9].

Основна ідея методу полягає в тому, що в результаті зважування певним чином окремих спостережень тимчасового ряду, більш пізнім спостереженням надаються великі ваги. При використанні методу гармонійних ваг в якості деякого наближення істинного тренда приймається ламана лінія, яка згладжує задане число точок тимчасового ряду $У_t$.

Змінюване положення окремих відрізків ламаної лінії, що представляє тренд, описує безперервні зміни в досліджуваному процесі, тобто його окремі фази.

Для визначення окремих фаз руху тренда необхідно вибрати деяке число <n і за допомогою методу найменших квадратів розрахувати параметри рівнянь лінійних відрізків:

$$У_i(t) = q_i + S_{it}, \quad I = 1,2, \ldots, n - K + 1 \qquad (2.7)$$

При цьому: для i = 1, t = 1, 2, …, K;

для i = 2, t = 1, 2, …, K + 1;

для i = n - K + 1, n - K + 2, …, n;

Далі слід визначити значення кожної функції $У_i(t)$ в точках:

$$t = I + n-1,\ n = 1, 2, \ldots, K$$

Відібрати серед цих значень ті, для яких t = I, і позначити через $У_i(t)$ значення функції $У_i(t)$ для t = i. Нехай таких значень q_i. Середнє можна визначити з виразу:

$$\bar{y}_i(t) = \frac{1}{q_i}\sum_{j=1}^{q_i} y_i(t-j),\ j = 1,2,\ldots,q_i \qquad (2.8)$$

Для побудови прогнозу тенденції часового ряду за методом гармонійних ваг, необхідно, щоб виконувалися деякі передумови.

1. Часовий ряд, в якому розглядається економічний процес, повинен бути досить тривалим, щоб усередині цього ряду можна було простежити закономірність досліджуваного процесу.

2. Відхилення від тренда ковзного повинно представляти собою стаціонарний випадковий процес.

Цей метод враховує всі ці передумови, а розрахунки за цим методом здійснюються наступним чином.

Прирости функції:

$$\omega_{t+1} = f(t+1) - f(t) = \bar{y}_{t+1} - \bar{y}_t. \qquad (2.9)$$

Потім обчислюється середня приростів:

$$\overline{W} = \sum_{t=1}^{n-1} \vartheta_{t+1}^{nn} W_{t+1}, \qquad (2.10)$$

де υ^n_{t+1} - коефіцієнти, що задовольняють наступним рівнянням:

$$\vartheta_{t+1}^{n} > 0, \qquad t = 1.2,\ldots, n-1, \qquad (2.11)$$

$$\sum_{t=1}^{n=1} \vartheta_{+1}^{m} = 1. \qquad (2.12)$$

Вираз (2.11) дозволяє надавати більш пізнім спостереженням більше ваги.

Якщо ранні спостереження мають вагу

$$m_2 = \frac{1}{n-1}. \qquad (2.13)$$

то вага інформації m_3, відноситься до наступного моменту часу,

$$m_3 = m_2 + \frac{1}{n-2}. \qquad (2.14)$$

Таким чином, ряд ваг визначається по рівнянню

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t,} \qquad t = 2.3,....,n-1. \qquad (2.15)$$

з початковою величиною, виражено рівнянням (2.13).

Екстраполяцію тенденції часового ряду зробимо за вираженням

$$У_{t+1} = y_t + \overline{\overline{W}}. \qquad (2.16)$$

Запропонований алгоритм описує метод розрахунку точок динамічної складової часового ряду за методом гармонійних ваг, а також прогноз тенденції тимчасової ряду на наступний момент або інтервал часу.

Широко використовуються в агрометеорології дослідження, пов'язані з прогнозом урожайності Пасова В. М., Польового А. Н. [18, 21].

2.2. Кількісна оцінка динаміки врожайності соняшнику в районах Одеської області

Для оцінки динаміки врожайності насіння соняшнику, вирощеного в виробничих умовах, застосований метод гармонійних ваг (МГВ). Розрахунки виконані для двох адміністративних районів Одеської області, які характеризують північну частину (Любашівський район) та південну (Овідіопільський район). В якості вихідної інформації використані статистичні ряди врожайності за період 1980-2006 рр..

Результати розрахунків представлені, на рис. 2.1, 2.2, 2.3 і 2.4. Плавні лінії на малюнках характеризують тренди врожайності соняшнику, які обумовлені рівнем культури землеробства. Ламані лінії показують міжрічну мінливість врожаїв соняшнику в окремі роки під впливом культури землеробства та агрокліматичних умов (рис.2.1 і 2.3). На динаміку врожайності культури впливають фізико-географічні особливості місця зростання, а також місцеві мікрокліматичні умови.

Наприклад, на півночі в Любашівському районі врожайність соняшнику згідно лінії тренду за 28 років змінювалася від 19,0 ц/га в 1980 році до 15,5 ц/га в 2006 році. Тенденція врожайності негативна і дорівнює – 0,5 ц/га. Найбільш значний приріст врожайності характерний для періоду з 1987 по 1992 рік, коли значення $\hat{y}_{П}$ знаходилися в межах 20-21 ц/га.

За середньої багаторічної врожайності соняшнику, яка дорівнює 18 ц/га спостерігається значна мінливість в окремі роки під впливом агрокліматичних умов. Наприклад, в 1984 році урожай склав лише 13,6 ц/га, а в 1989 році він зріс до 27,0 ц/га. В 1994 році урожай насіння соняшнику не перевищував 15,0 ц/га, а в 1996 році він збільшився до 25 ц/га. Діапазон відмінностей між максимальними і мінімальними врожаями в 80-ті, 90-ті і 200-ні роки склав відповідно 13 ц/га, 14 ц/га і 10 ц/га.

На південному сході в Овідіопольському районі області інша форма лінії тренда врожайності соняшнику. Вона має увігнуто - випуклу форму. На

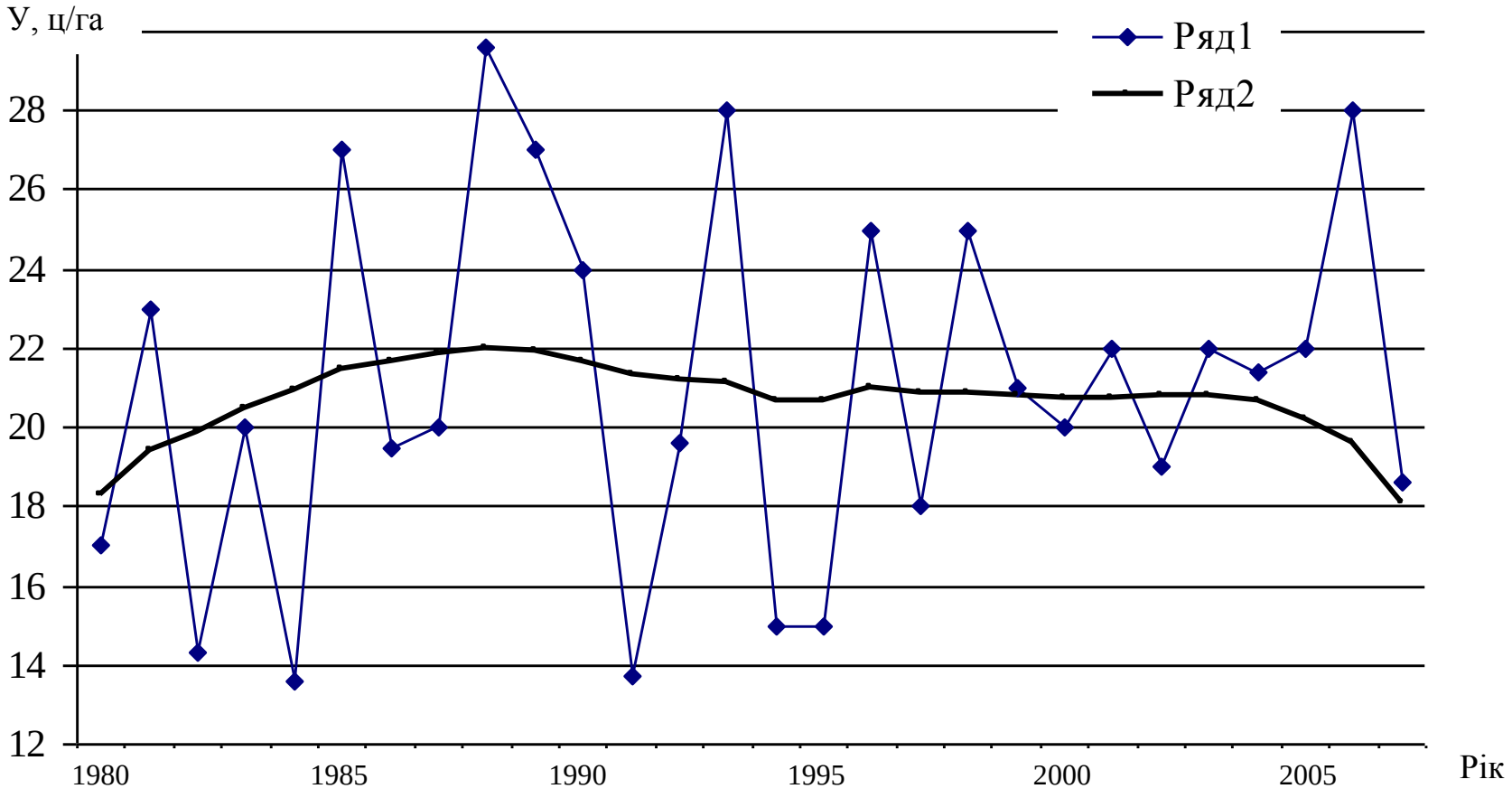

Рисунок 2.1. – Динаміка врожайності соняшнику (Ряд 1) та лінія тренда (Ряд 2) в Любашівському районі Одеської області. Ряд 1 – щорічні значення урожаю (ц/га), ряд 2 – лінія тренда.

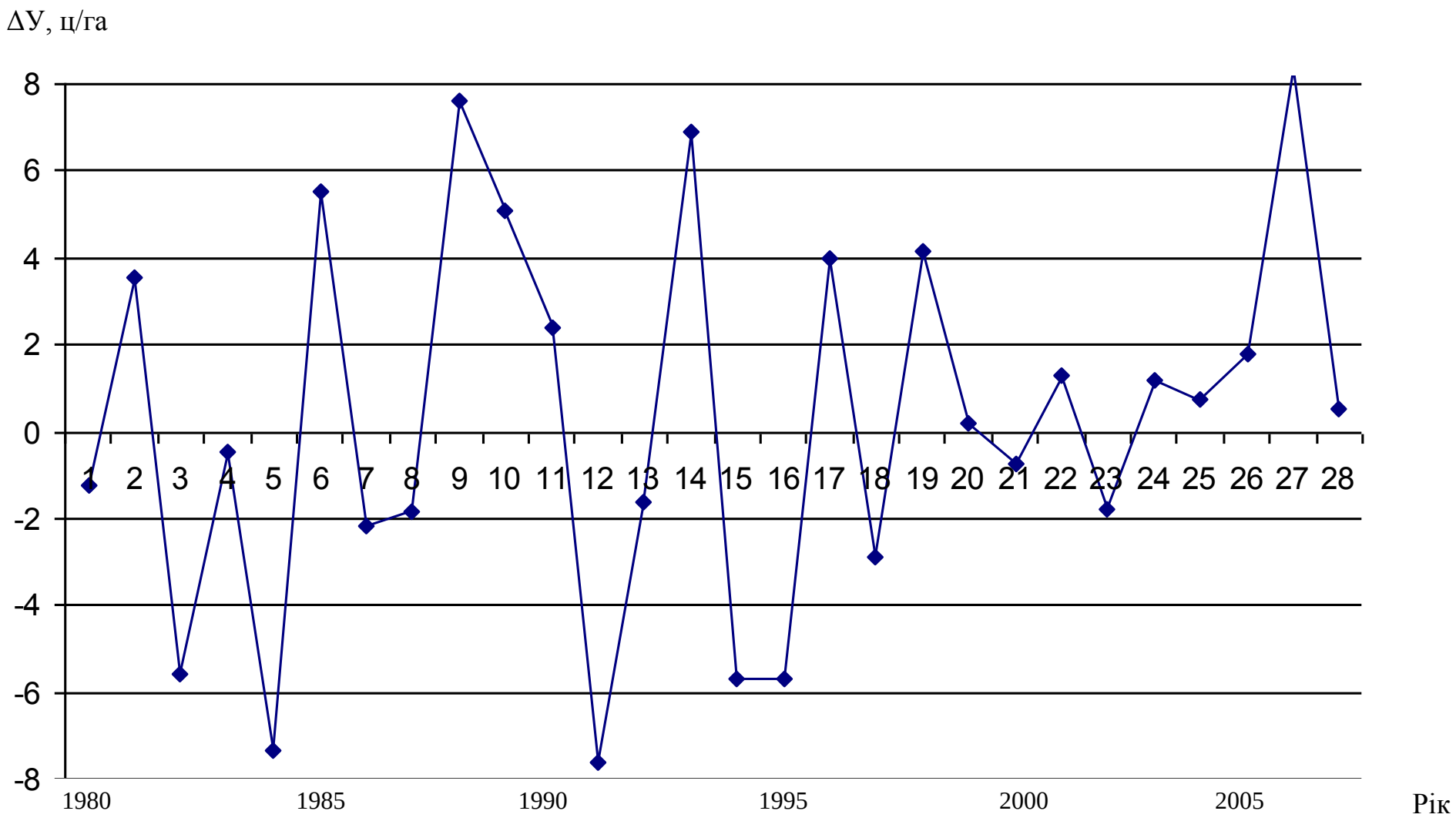

Рисунок 2.2. – Відхилення врожайності соняшнику від лінії тренду в Любашівському районі Одеської області.

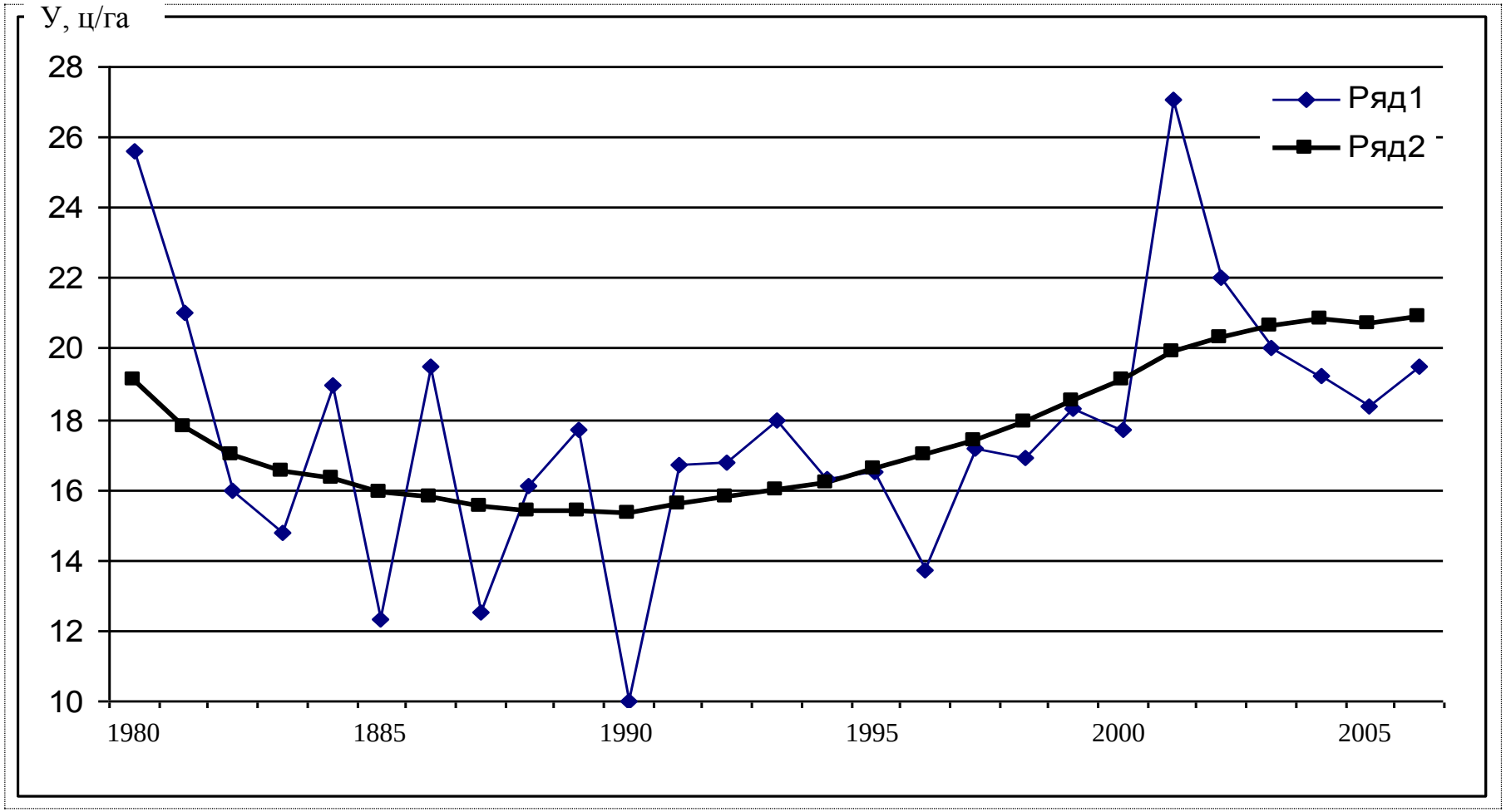

Рисунок 2.3. – Динаміка врожайності соняшнику (Ряд 1) та лінія тренда (Ряд 2) в Овідіопільському районі Одеської області. Ряд 1 – щорічні значення урожаю (ц/га), ряд 2 – лінія тренда.

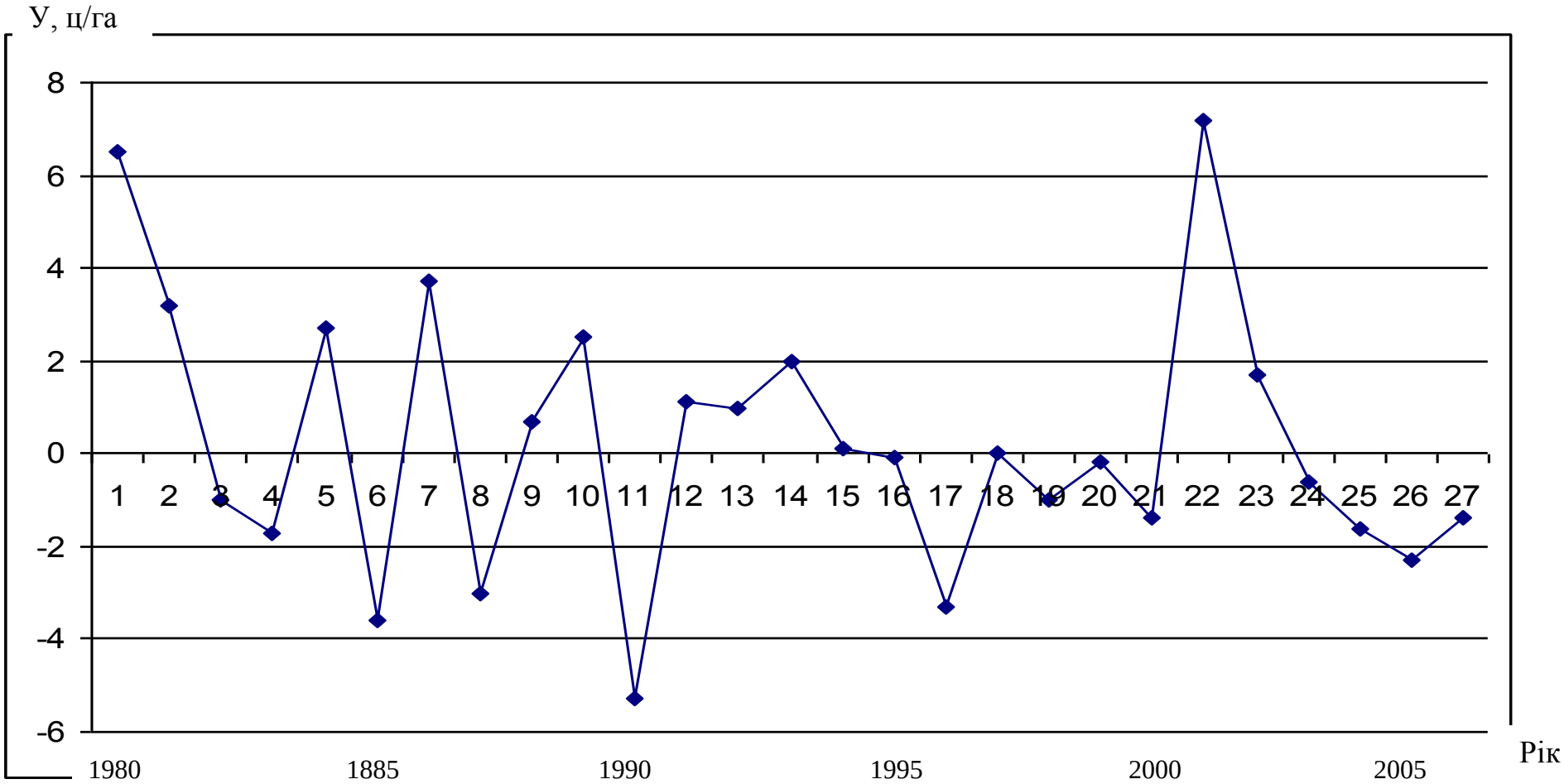

Рисунок 2.4. – Відхилення врожайності соняшнику від лінії тренду в Овідіопільському районі Одеської області.

початку періоду (1980 рік) склав 19,2 ц/га. Далі до 1970 року спостерігалася тенденція до зниження врожайності до 15,3 ц/га. Починаючи з 1991 року, урожай збільшувався і на кінець періоду (2006 рік) склав 20,9 ц/га. Таким чином, за весь період спостережень урожай соняшнику в цьому районі збільшився на 5,6 ц/га. Тенденція врожайності по тренду позитивна і дорівнює 0,5 ц/га.

В окремі роки урожай насіння соняшнику в цьому районі істотно змінювався. Наприклад, в 1980 році дорівнював 25,6 ц/га, а в 1983 – знизився до 14,8 ц/га. В 1990 році не перевищував 10,0 ц/га, а в 1999 році він збільшився до 18,3 ц/га. Таким чином, діапазон відмінностей в склав в 80-ті, 90-ті і 200-ні роки відповідно 12 ц/га, 8 ц/га, 9 ц/га.

На рис. 2.2 та 2.4 показані відхилення врожаїв соняшнику в окремі роки від врожайності по тренду. Ламані лінії характеризують в чистому вигляді вплив агрокліматичних умов окремих років на формування врожаїв соняшнику в обох адміністративних районах. Урожай вище точок тренду вказує, що в ці роки створювалися сприятливі умови для формування врожаїв культури. Урожай нижче точок тренду свідчить про те, що ці роки були несприятливими по агрометеорологічних умов тепло-і вологозабезпеченості.

У таблиці 2.1 подані основні характеристики динаміки врожайності соняшнику, в тому числі і коефіцієнта сприятливості клімату ($K_б$). Він розрахований за формулою

$$K_{бл} = \frac{У_П}{У_П^{Є}} \qquad (2.15)$$

де $У_П$ – урожай в окремі роки; - урожай по тренду в ті ж роки.

Значення $K_б$ вище 1 вказують на сприятливі умови тепло- і вологозабезпеченості для формування врожаїв соняшнику. Значення $K_б$ нижче 1 характеризують агрометеорологічні умови окремих років, несприятливі для вирощування соняшнику в окремі періоди вегетації. З аналізу даних рис.2.1 - 2.4 та табл.2.1 можна зробити наступний висновок. У

Таблиця 2.1 – Характеристика динаміки врожайності соняшнику в Овідіопільському районі за період 1980-2006 рр..

Роки	$У_п$, ц/га	$\widehat{У}_п$	$\Delta\widehat{У}_п$	$К_{бл}$
1980	25,6	19,1	6,5	1,3
1981	21,0	17,8	3,2	1,2
1982	16,0	17,0	-1,0	0,9
1983	14,8	16,5	-1,7	0,9
1984	19,0	16,3	2,7	1,2
1985	12,3	15,9	-3,6	0,8
1986	19,5	15,8	3,7	1,2
1987	12,5	15,5	-3,0	0,8
1988	16,1	15,4	0,7	1,0
1989	17,7	15,4	2,5	1,1
1990	10,0	15,3	-5,3	0,7
1991	16,7	15,6	1,1	1,1
1992	16,8	15,8	1,0	1,1
1993	18,0	16,0	2,0	1,1
1994	16,3	16,2	0,1	1,0
1995	16,5	16,6	-0,1	0,9
1996	13,7	17,0	-3,3	0,8
1997	17,2	17,4	-0.2	0,9
1998	16,9	17,9	-1,0	0,9
1999	18,3	18,5	-0,2	1,0
2000	17,7	19,1	-1,4	0,9
2001	27,1	19,9	7,2	1,4
2002	22,0	20,3	1,7	1,1
2003	20,0	20,6	-0,6	0,9
2004	19,2	20,8	-1,6	0,9
2005	18,4	20,7	-2,3	0,8
2006	19,5	20,9	-1,4	0,9

Любашівському районі позитивні відхилення врожаїв спостерігалися у 16 років. В Овідіопольському районі Одеської області позитивні відхилення від $У_П$ точок тренда в 12-ти роках за розглянутий період спостережень. У 15-ти роках тут спостерігалися негативні відхилення врожаїв насіння соняшнику від точок тренда. У ці роки проявилося несприятливий вплив на формування врожаїв лімітуючих факторів клімату (посуха, заморозки, суховії, недолік тепла).

Розглянуті матеріали дозволяють зробити наступний висновок. Незважаючи на рівень культури землеробства в обох адміністративних району залежність врожайності соняшнику від агрокліматичних умов у всі роки зберігається значною. Це вказує на необхідність більш детального вивчення впливу ресурсів клімату на зростання та формування врожаю соняшнику з регіональним підходом у межах Одеської області.

2.3 Імовірнісна оцінка можливих врожаїв соняшнику відносно середніх багаторічних значень

У доповнення до аналізу динаміки урожайності соняшнику, який вирощують у виробничих умовах з визначенням його тенденції на найближчі роки, є цікавою оцінка просторово-часової мінливості можливих врожаїв соняшнику в окремі роки. Вирішити цю задачу, використовуючи середні багаторічні значення врожайності по адміністративним районам Одеської області, неможливо. Для цієї мети необхідно розрахувати сумарну ймовірність і побудувати криві розподілу врожайності, усередненої для ряду адміністративних районів Одеської області.

В агрокліматичних дослідженнях імовірнісна оцінка показників клімату вперше була застосована в 50-х роках Ф. Ф. Давітая для оцінки теплозабезпеченності винограду. Пізніше ця методика була розвинена І.А. Гольцберг, А. Н. Лебедєвим, З. А. Міщенко та ін [14, 15] стосовно до основних елементів клімату.

Виходячи з теоретичних та практичних міркувань, Р. А. Алексєєв [3] запропонував для побудови емпіричної кривої сумарної імовірності користуватися формулою виду:

$$P_x = \frac{m_i - 0{,}25}{n + 0{,}50} \cdot 100\,\%, \qquad (2.16)$$

де P_x – сумарна імовірність, значення якої послідовно зростають: m_i = 1, 2, ..., n – порядковий номер членів статистичного ряду x_1, x_2, ..., $x_п$ розташованих у зменшувальному порядку; n – число років або число спостережень в статистичному ряді.

Перевага цієї формули у тому, що вона придатна для розрахунку сумарної ймовірності для елементів клімату з нормальним і асиметричним розподілом.

Алексєєв Р. А. показав, що шукана біноміальна (аналітична) крива забезпеченості $x_p = \varphi(P)$, визначена за основними статистичними параметрами $(\bar{x}, \sigma_x, c_v)$ і побудована за допомогою таблиць ймовірності перевищення нормованих відхилень від середнього значення за формулою:

$$x_p = \bar{x} + \sigma_x \cdot \varphi(P, C_s) \qquad (2.17)$$

повинна пройти через три опорні точки x_{p1}, x_{p2}, x_{ps}, відповідні значенням ймовірності P_1= 5 %, P_2= 50 % и P_3 = 95 % емпіричної кривої, отриманої з виразу (2.1). Виходячи з цих умов, доведено, що рівняння виду

$$\bar{x} + \sigma_x \cdot \varphi(P_1, C_s) = x_{p1} \qquad (2.18)$$

$$\bar{x} + \sigma_x \cdot \varphi(P_2, C_s) = x_{p2} \qquad (2.19)$$

$$\bar{x} + \sigma_x \cdot \varphi(P_3, C_s) = x_{p3} \qquad (2.20)$$

з трьома невідомими $(\bar{x}, \sigma_x, c_s)$ можуть бути вирішені за допомогою запропонованих формул. У разі нормального розподілу (3s=0) задача зводиться до знаходження σ_x і $\bar{x}$, які можна обчислити за формулами:

$$\sigma_x = \frac{xp_1 - xp_3}{\varphi(P_2, c_s) - \varphi(P_3, c_3)} \tag{2.21}$$

$$\bar{x} = xP_2 - \sigma_x (P_2, c_3) = x_{50} - \sigma_x \varphi_{50}, \tag{2.22}$$

де $(\varphi_5 - \varphi_{95})$ - різниця нормованих відхилень, що відповідають прийнятій величині;

φ_{50} - нормоване відхилення, відповідно забезпеченості P=50% при прийнятому *Cs*.

Значення $(\varphi_5 - \varphi_{95})$ φ_{50} беруться з таблиці, складеної Р. А. Алексєєвим [3].

Зазначений метод застосований нами для визначення міжрічної мінливості врожаю соняшнику в семи адміністративних районах Одеської області. Розрахунки виконані за формулою 2.16. В якості вихідної інформації використані щорічні дані щодо врожайності соняшнику за період 1980-2007 рр..

Неповні результати розрахунків представлені в додатку А.1. За цими даними побудовано робочі графіки кривих сумарної ймовірності можливих врожаїв соняшнику для кожного з восьми адміністративних районів Одеської області – Любашівський, Роздільнянський, Овідіопільський, Саратський, Болградський, Ізмаїльський. При цьому ставилося завдання виявити географічні особливості в розподілі можливих врожаїв в окремі роки порівняно з середніми багаторічними значеннями.

Розглянемо більш докладно результати розрахунків сумарної ймовірності можливих врожаїв соняшнику, представлених в неповному об’ємі на рис.2.5. та 2.6 і в табл.2.2. Вона отримана шляхом зняття з кривих сумарної ймовірності значень забезпеченості виробничих урожаїв соняшнику для кожного району з кроком 5 %, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 95 %.

Таблиця 2.2 – Забезпеченість можливих врожаїв соняшнику в ряді районів Одеської області щодо середніх багаторічних значень.

№ п/п	Район	$\overline{У}_{П}$, ц/га	Забезпеченість, %										
			5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
1	Любашівський	21,8	28,8	26,0	25,7	24,0	21,5	21,0	20,0	19,0	16,3	14,5	13,0
2	Фрунзівський	16,2	23,0	21,0	18,8	17,0	16,3	15,0	15,0	14,0	14,0	11,0	11,0
3	Роздільнянський	15,6	21,0	20,0	17,3	16,0	15,5	15,0	14,0	12,5	11,5	10,0	9,0
4	Комінтернівський	16,7	20,0	20,0	17,0	16,2	15,5	15,0	14,5	14,3	14,0	11,0	7,0
5	Овідіопільський	18,4	26,0	22,0	19,8	19,0	17,0	17,0	16,5	16,0	15,0	13,0	11,0
6	Саратський	15,6	24,0	23,0	20,3	19,5	18,0	17,0	16,0	15,0	14,0	10,0	8,5
7	Болградський	17,6	21,0	19,8	18,0	18,0	16,6	17,0	17,0	17,0	16,0	14,4	13,0
8	Ізмаїльський	17,7	22,0	20,0	19,0	18,3	17,5	17,0	16,0	16,0	16,0	15,0	12,5

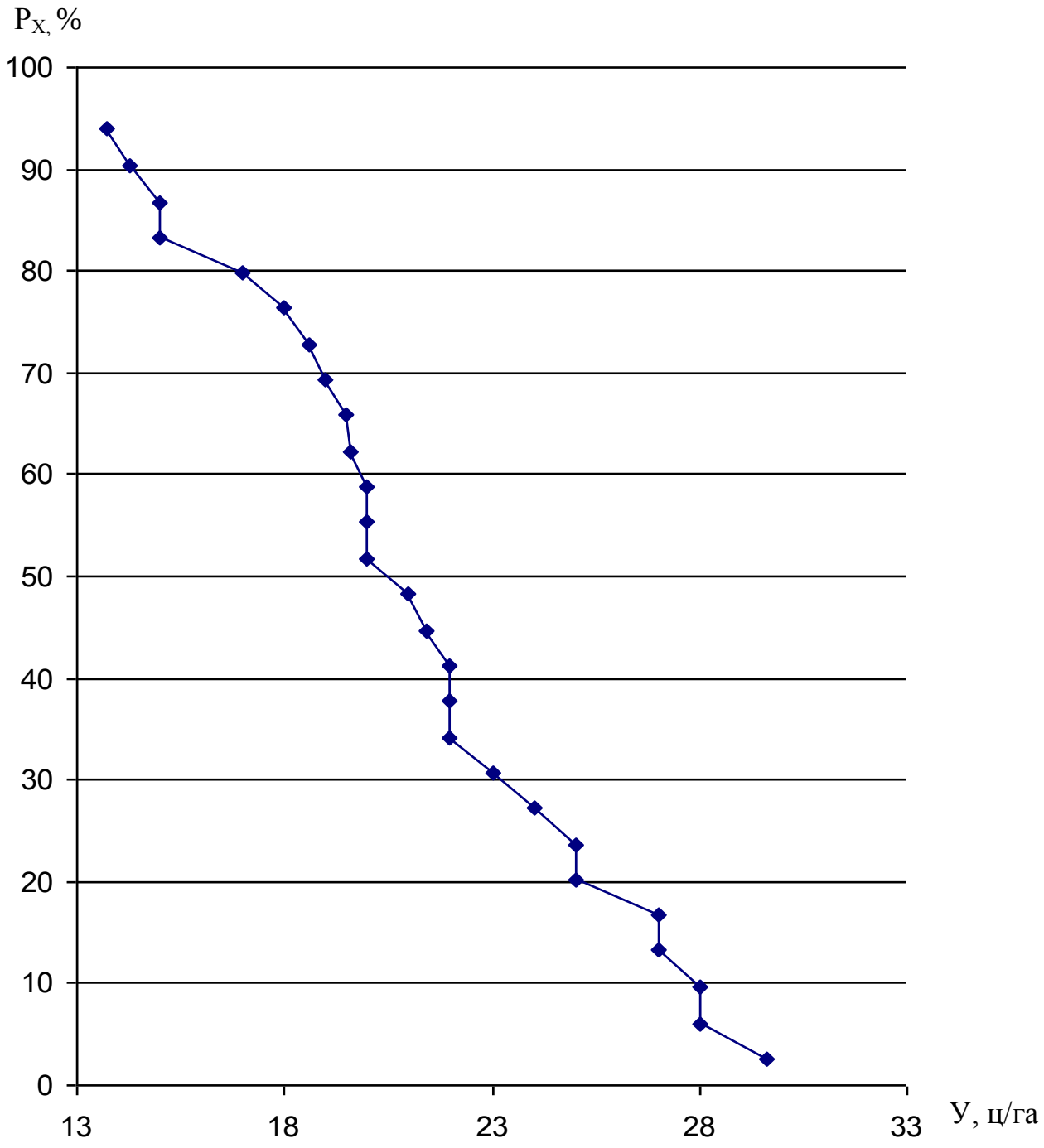

Рисунок 2.5 – Крива сумарної ймовірності можливих врожаїв соняшнику (ц/га) в Любашівському адміністративному районі.

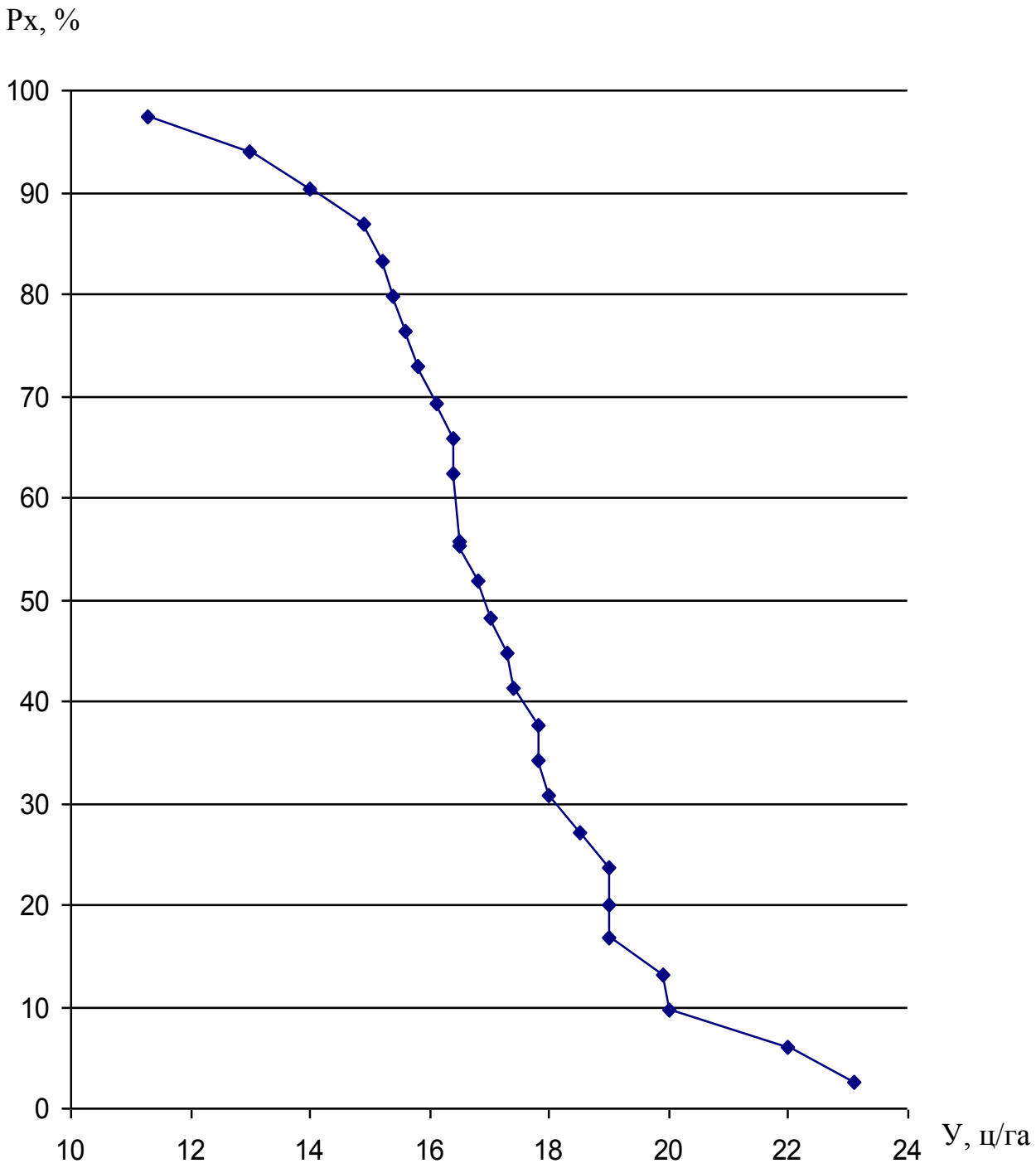

Рисунок 2.5 – Крива сумарної ймовірності можливих врожаїв соняшнику (ц/га) в Ізмаїльському адміністративному районі.

У північній частині області (Любашівський район) середня багаторічна величина врожаю насіння соняшнику становила 21,8 ц/га. Ймовірність отримання високих врожаїв тут близько 25-26 ц/га не перевищує 10 %, тобто може бути не більш 1 разу в 10 років. Однак отримання врожаїв в 13-14 ц/га забезпечено на 90 %, тобто 9 раз в 10 років.

У центральній частині області (Комінтернівський район) середнє багаторічне значення врожайності не перевищує 16,7 ц/га. Хороший урожай порядку 19-20 ц/га забезпечений тут на 10 % (1 раз в 10 років); на 90 % (9 раз в 10 років) гарантоване одержання врожаю насіння соняшнику не нижче 11 ц/га.

У південній частині (Ізмаїльський район) середній багаторічний урожай соняшнику склав 17,7 ц/га і така його величина можлива 4-5 разів у 10 років. Ймовірність отримання високих врожаїв рівних 20-21 ц/га невелика, не перевищує 1 раз в 10 років (тобто такі врожаї забезпечені на 10 % років). Майже щорічно можливе отримання врожаю не нижче 14-15 ц/га. Помітне зниження врожаїв соняшнику всіх рівні тут порівняно з північним районом (Любашівський) можна пояснити гіршими умовами зволоження в умовах південного степу порівняно з лісостеповою зоною.

З аналізу матеріалів з імовірною оцінкою можливих врожаїв соняшнику в межах Одеської області можна зробити наступний висновок. У слабо посушливих умовах лісостепової зони одержання високих врожаїв насіння соняшнику порядку 26-27 ц/га забезпечено на 10 %. Середні багаторічні врожаї близько 20-24 ц/га тут можливі 4-5 разів у 10 років. В дуже посушливих умовах південного степу при середніх багаторічних значеннях близько 16-17 ц/га один раз в 10 років можливі високі врожаї не більше 20-22 ц/га.

3 ОЦІНКА АГРОЕКОЛОГІЧНИХ КАТЕГОРІЙ ВРОЖАЙНОСТІ СОНЯШНИКУ В ОДЕСЬКІЙ ОБЛАСТІ

3.1 Методи оцінки продуктивності сільськогосподарських культур за агрокліматичними показниками

В даний час застосовується два методи агрокліматичної оцінки продуктивності культурних рослин. За методичним прийомом можна виділити два підходи.

1. Емпірико-статистичний метод заснований на статистичних зв'язках врожайності сільськогосподарських культур з метеорологічними факторами.

2. Імітаційно-модельний базується на фізико-статистичних моделях формування врожаю сільськогосподарських культур.

Важливим в обох методів для оцінки агрокліматичних ресурсів є те, що вони виражаються не тільки показниками окремих складових клімату, але і в зручних для економічної інтерпретації значеннях врожайності.

Суть емпірико-статистичного методу полягає в наступному. Якщо кількісне вираження врожаю є величина У, а елементи клімату, що характеризують стан приземного шару повітря і грунту – x_1, x_2, x_3, ..., x_n, то модель «клімат-врожай» має на увазі розкриття, аналіз і використання функції виду:

$$У = f\,(x_1, x_2, \ \ldots, x_n) \qquad (3.1)$$

Вираз (3.1) встановлюється на основі тривалих спостережень, аналізу багаторічних даних і подальшій їх статистичній обробці. Функція може носити лінійний показовий, експоненціальний та інший характер в залежності від місця спостережень, особливостей рельєфу, кліматичної зони, а також від виду рослини і фази його розвитку.

Зазначений емпірико-статистичний метод, заснований на встановленні кількісних зв'язків між тими чи іншими показниками клімату і величиною

урожаю до останнього часу широко використовується в практиці агрометеорологічного забезпечення сільського господарства, недолік емпірико-статистичного методу: труднощі в отриманні інформації, суб'єктивність дослідника [9].

Протилежним емпірико-статистичного методу є імітаційно-модельний. В цьому випадку не висновки з середньостатистичної обробки, а фізичні міркування, що випливають із суті даного явища, кладуться в основу аналізу та оцінки врожайності культурних рослин. Помітним кроком вперед у розробці фізико-статистичних моделей для оцінки агрокліматичних ресурсів з'явився запропонований П. І. Колосковим і одержавши подальший розвиток у роботах С. А. Сапожнікової та Д. І. Шашко [28] метод оцінки землі за показниками потенційно біологічної продуктивності – значенням біокліматичною потенціалу (БКП).

Біокліматичний потенціал території стосовно до зернових культур, запропонований Д. І. Шашко, розраховується за формулою:

$$БКП = K_p \frac{\Sigma T > 10^0 C}{\Sigma T_{c(баз)}} , \qquad (3.2)$$

де K_p – коефіцієнт росту за річним показником атмосферного зволоження або коефіцієнт біологічної продуктивності;

$\sum T \succ 10^0 C$ – сума середньодобових температур повітря за період активної вегетації рослин в даному районі;

$\sum T_{c(баз)}$ – дорівнює 1000 ºС на північному кордоні польового землеробства стосовно зернових культур. Коефіцієнт біологічної продуктивності знаходиться емпіричним шляхом.

Більш прийнятна фізико-статистична модель продуктивності агробіоценозів була запропонована де Вітом. У модифікації Хенкса цю модель можна записати у вигляді:

$$\frac{У}{У_p} = \frac{T_r}{T_{rp}} , \qquad (3.3)$$

де $У$ – розглянутий урожай культури;

$У_р$ – потенційний врожай культури;

T_r – фактична транспірація;

T_{rp} – потенційна транспірація.

Подальше удосконалення моделі йшло по шляху диференційного обліку агрокліматичних параметрів по етапах розвитку культури. В цьому плані представляє інтерес модель А. Р. Константинова [9], розроблена для території України стосовно зернових культур. Ця модель має наступний вигляд:

$$У_{роз} = У_1^г + \sum_{i=1}^{n} \Delta У_i^г, \qquad (3.4)$$

де $У_{роз}$ – відносне значення розрахованої врожайності;

$У_1^г$ - графічне значення щодо врожайності;

$\Delta У_i^г$ - додатковий вплив на врожайність інших факторів, що визначаються з допомогою графічної регресії.

В якості основних факторів взяті: біологічні особливості культури, гідрометеорологічні елементи родючості ґрунту і агротехніка. Родючість ґрунту автором взято на основі врахування механічного складу різних ґрунтів.

В останні роки широке визнання здобула фізико-статистична модель продуктивності, розроблена Х.Р. Тоомінгом [27]. Він ввів поняття еталонних врожаїв і пропонує розглядати різні категорії врожаїв і проводити порівняльну оцінку їх.

1. Врожай у виробництві ($У_п$), одержуваний за даними щорічних статистичних довідників.

2. Потенційний урожай ($У_{пт}$).

3. Дійсно можливий урожай ($У_{дв}$).

Потенційний урожай ($У_{пт}$) – це значення врожаю, яке забезпечується приходом ФАР в конкретній місцевості при ідеальних метеорологічних умовах протягом усього вегетаційного періоду культури. При цьому урожай сухої фітомаси можна розрахувати по середньому за вегетаційний період потенційному ККД використання ФАР посівами за формулою

$$У_{пт} = \frac{\eta_n \cdot \Sigma Q_ф}{q} \cdot К_{хоз} \ , \qquad (3.5)$$

де $У_{пт}$ - потенційний врожай посіву (кг/м^2);

η_n - коефіцієнт корисної дії посіву (%);

q – питома теплота згоряння рослин (МДж/кг);

$\sum Q_ф$ – сума фотосинтетично активної радіації за вегетаційний період культури (МДж/м^2).

В цю формулу введено $К_{хоз}$. За його допомогою можна визначити господарсько цінну частину врожаю.

Дійсно можливий урожай ($У_{дв}$) – це урожай, який визначається значенням $У_{пт}$ і лімітуючими факторами клімату. $У_{дв}$ відрізняється від $У_{пт}$ тим більше, чим більше метеорологічні фактори відрізняються від оптимальних. Для території з недостатнім зволоженням його можна розрахувати за наступною формулою:

$$У_{дв} = У_{пт} \cdot \frac{E}{E_0} \ , \qquad (3.6)$$

де E – фактичне випаровування (мм);

E_o – випаровуваність (мм).

Величина E/E_o характеризує вологозабезпеченість конкретної культури або відносне випаровування.

Перевага методу еталонних урожаїв полягає в тому, що він дозволяє вийти на географічне узагальнення врожайності різного виду з урахуванням

впливу агрокліматичних показників на продуктивність сільськогосподарських культур.

3.2 Методика розрахунків та оцінка сумарної сонячної радіації і ФАР

Сонячна радіація є енергією, яка використовується рослинами для створення органічної речовини в процесі фотосинтезу. Вона впливає на процеси росту і розвитку, розташування і будову листя, на хімічний склад та якість продукції, тривалість вегетаційного періоду. Значна частина прямої сонячної радіації досягає земної поверхні у вигляді паралельного пучка променів, що йдуть від Сонця (*S*). Якась частка радіації, розсіяної в атмосфері, приходить до земної поверхні, як розсіяна радіація від усіх точок небесного небосхилу (*Д*).

Пряма і розсіяна сонячна радіація, що надходить на горизонтальну поверхню, в сумі дають сумарну короткохвильову радіацію:

$$Q = S + D. \tag{3.9}$$

Ці показники ефективні для детальної оцінки агрокліматичних ресурсів на рівнинних землях та на територіях зі складним рельєфом. Для вирішення агрокліматичних завдань застосовуються розрахункові методи. Однією з найбільш відомих є формула Берлянда [14], яка має вигляд:

$$\sum Q = \sum Q_0 (1 - an - bn^2) \tag{3.10}$$

де $\sum Q_0$ - місячна сума сумарної радіації при безхмарному небі; *a, b* – числові безмірні коефіцієнти, *b* – 0,38, значення *Q* залежить від широти; *n* – середнє місячне значення загальної хмарності, яке виражене в частках одиниці.

Для розрахунку місячних сум сумарної радіації можна використовувати дані про дійсну тривалості сонячного сяйва в конкретному пункті або районі. Сівков С.В. [23] запропонував уточнену формулу Українцева Н.В.:

$$\Sigma Q = 49 S_c^{1,31} \cdot 10^4 \cdot 10{,}5\,(Sinh_o)^{2,1}, \qquad (3.11)$$

де S_c – дійсна тривалість сонячного сяйва за місяць; $\sin h_0$ - висота сонця опівдні на середину місяця.

Полуденна висота сонця розраховується за формулою:

$$h_{ng} = 90^o - \varphi + \delta_o\ , \qquad (3.12)$$

Де φ - широта місця, $\sigma_\circ$- схилення сонця.

Частина сонячного спектра сонячного світла, яка безпосередньо бере участь у процесі фотосинтезу рослин, називається фотосинтетично активною радіацією (ФАР). Фотосинтез, що протікає завдяки поглинанню ФАР, є головним фактором в отриманні врожаю (0,38-0,71 мкм). Згідно з дослідженнями О. Авасте, Б. В. Гуляєва, Н. Молдау, Х. Р. Тооминга [14], в актинометричних розрахунках для умов рівного місця перехід від короткохвильової радіації до ФАР здійснюється за формулами:

$$\Sigma S_ф = \overline{C}_S\ \Sigma S\ , \qquad (3.13)$$

$$\Sigma Д_ф = \overline{C}_Д\ \Sigma Д\ , \qquad (3.14)$$

де $\Sigma S_ф, \Sigma Д_ф, \Sigma Q_ф$ - суми прямої, розсіяної та сумарної радіації, розрахованої за місяць або період вегетації; $\overline{C}_S, \overline{C}_Д, C_Q$- середні коефіцієнти переходу від короткохвильової радіації до ФАР.

Розрахунковий і експериментальний методи показали відносно хорошу стабільність перехідних коефіцієнтів, які можна прийняти рівними для $\overline{C}_S$ =

0,43 і для $\overline{C}_Д$ = 0,57 [7,18]. Звідси випливає, що розрахунки денних сум ФАР можна виконати для середніх багаторічних умов за формулою:

$$\Sigma Q_ф = 0{,}43\,\Sigma S + 0{,}57 \cdot \Sigma Д = 0{,}5\Sigma Q \qquad (3.15)$$

Для агрокліматичної оцінки енергетичних ресурсів розрахунку ΣQ і $\Sigma Q_ф$ за теплий період або вегетаційний період конкретної культури виконуються за формулами:

$$\Sigma Q = \Sigma(Q_{IV} \cdot N_{IV} + Q_V \cdot N_V + \ldots + Q_X \cdot N_X) \qquad (3.16)$$

$$\Sigma Q_ф = \Sigma(Q_ф \cdot N_{IV} + Q_ф \cdot N_V + \ldots + Q_ф \cdot N_X) \qquad (3.17)$$

де *N* з індексами *IV, V, ..., X* означають кількість днів у квітні, травні і до жовтня з *Тс* вище 5 ºС або 10 ºС; Q_{IV}, Q_V і т. д. – середні декадні або середні місячні значення сумарної радіації або ФАР. Якщо використовуються місячні суми цих показників, то завдання зводиться до їх сумування за теплий період.

Розрахунки сумарної радіації за вищевказаними формулами доцільні для визначення декадних або місячних значень цього показника. Однак для отримання масових даних по ΣQ і $\Sigma Q_ф$ за теплий період з температурою повітря вище 10 ºС або за вегетаційний період розвитку культури – користуватися цими формулами важко через складність розрахунків.

Тому нами застосована методика непрямих розрахунків ΣQ і $\Sigma Q_Ф$, яка розроблена З. А. Міщенко і С. В. Ляхової [14] для території України.

Вона заснована на кількісних залежностях між традиційними показниками термічних ресурсів у вигляді сум середніх добових температур повітря за період з T_c вище 10 ºС і тривалістю сонячного сяйва за той же період (ΣS_c), ΣT_c >10 ºС і сумою сумарної радіації за той же період (ΣQ), ΣT_c >10 ºС і сумою ФАР ($\Sigma Q_Ф$).

Розрахунки ΣQ і $\Sigma Q_{Ф}$ за теплий період з температурою повітря вище 10 ºС виконані нами за формулами

$$\Sigma Q = 0{,}89 \cdot \Sigma T_C + 450{,}2 \qquad (3.18)$$

$$\Sigma Q = 0{,}45 \cdot \Sigma T_C + 225{,}4 \qquad (3.19)$$

Тривалість теплого періоду з T_c вище 10 ºС ($N_{ТП}$) і тривалість сонячного сяйва за той же період (ΣS_c) обчислена за формулами

$$N_{ТП} = 0{,}033 \cdot \Sigma T_C + 76 \qquad (3.20)$$

$$\Sigma S_C = 0{,}47 \cdot \Sigma T_C + 30{,}3 \qquad (3.21)$$

Коефіцієнти кореляції між цими показниками клімату коливаються в межах 0,86-0,95. Середні квадратичні помилки коефіцієнтів кореляції і ймовірні помилки малі. Похибки в значеннях ΣQ і $\Sigma Q_{Ф}$, ΣS_c і $N_{ТП}$ за теплий період з T_c вище 10 ºС, отриманих розрахунковим способом не перевищують 3-5 %.

Для визначення ΣQ і $\Sigma Q_{Ф}$, ΣS_c і $N_{ТП}$ використовувалися усереднені дані по ΣT_c вище 10 ºС, наведені по окремих адміністративних районах Одеської області «Агроклиматическом справочнике по Одесской области» [1]. Результати розрахунків, представлені в табл.3.1, характеризують радіаційно-теплові ресурси в північних, центральних і південних районах.

Наочно видно, що суми середніх добових температур повітря вище 10 ºС і тривалість теплого періоду з T_c вище 10 ºС збільшуються в напрямку з півночі на південь. Наприклад, у північній частині області (Котовський та Любашівський райони) ΣT_c та $N_{тп}$ не перевищують відповідно 2870-2920 ºС і 170 днів. У центральних (Роздільнянський і Біляївський) значення ΣTc та $N_{тп}$ збільшуються до 3150-3200 ºС та 180 днів. На крайньому півдні (Болградський та Ізмаїльський райони) ресурси тепла зростають до 3500-3600 ºС, а тривалість теплого періоду становить 190-195 днів. Діапазон

Таблиця 3.1 – Радіаційно-теплові ресурси за період з T_c вище 10 ºС в різних районах Одеської області.

№ п/п	Адміністративний район	ΣQ МДж/м^2	$\Sigma Q_{Ф,}$ МДж/м^2	$\Sigma S_{c,}$ часы	ΣT, ºС	$N_{ТП}$ дни
Північні райони						
1	Кодимський	3086	1543	1370	2850	170
2	Балтський	3092	1546	1375	2860	170
3	Котовський	3120	1560	1398	2910	170
4	Любашівський	3115	1557	1393	2900	170
Центральні райони						
5	Роздільнянський	3284	1642	1530	3190	180
6	Іванівський	3271	1635	1520	3170	180
7	Комінтернівський	3313	1656	1553	3240	185
8	Овідіопільський	3371	1685	1600	3340	190
Північні райони						
9	Болградський	3458	1729	1671	3490	190
10	Ренійський	3493	1746	1699	3550	195
11	Ізмаїльський	3516	1758	1718	3590	195
12	Кілійський	3522	1761	1722	3000	195

географічних відмінностей складає ΣТс 700 ºС, а по $N_{тп}$ 25 днів. Тривалість сонячного сяйва за теплий період з T_c вище 10 ºС також збільшується в напрямку з півночі на південь області від 1370 годин до 1722 годин.

Оскільки Одеська область витягнута по широті, має місце значна зональна мінливість в розподілі сум сумарної сонячної радіації і ФАР. У північних районах ΣQ і $ΣQ_Ф$, за теплий період з T_c вище 10 ºС не перевищують 3100 МДж/м^2 та 1550 МДж/м^2. У центральних районах радіаційні ресурси збільшуються і складають для ΣQ і $ΣQ_Ф$, 3270 МДж/м^2 і 1635 МДж/м^2. У південних районах ΣQ і $ΣQ_Ф$ зростають до 3450-3550 МДж/м^2 і 1725-1775 МДж/м^2. Діапазон географічних відмінностей в сумах сумарної радіації і фотосинтетично активною радіації значний і становить відповідно 450 МДж/м^2 і 225 МДж/м^2.

Таблиця 3.2 – Кількісна оцінка кліматичних (ΣQ і $ΣQ_Ф$) і біологічних ($ΣQ_б$ і $ΣQФ_б$) сум сумарної радіації і ФАР (МДж/м^2).

Станція	За $N_{ТП}$ з T_c вище 10 °С					За $N_{ВП}$ соняшнику			
	$Д_В$	$Д_О$	$N_{ТП}$	$ΣQ$	$ΣQ_Ф$	$Д_{ВП}$	$Д_{ОП}$	$N_{ВП}$	$ΣQ_{Фб}$
Любашівка	22.IV	11.X	171	3114	1557	16.IV	18.VIII	92	1256
Затишшя	21.IV	13.X	174	3196	1598	15.IV	18.VIII	91	1264
Сербка	20.IV	15.X	177	3312	1656	14.IV	17.VIII	94	1292
Раздільна	20.IV	16.X	178	3284	1642	14.IV	19.VIII	96	1290
Одеса	21.IV	19.X	180	3318	1659	14.IV	17.VIII	94	1274
Сарата	20.IV	20.X	182	3406	1703	12.IV	12.VIII	91	1272
Болград	17.IV	22.X	187	3458	1729	13.IV	15.VIII	93	1333
Ізмаїл	15.IV	25.X	192	3516	1758	12.IV	16.VIII	95	1364

Для перевірки достовірності виконаних розрахунків по ΣQ і ΣQ_{Φ}, для адміністративних районів, розташованих на території Одеської області, нами визначені значення ΣQ і ΣQ_{Φ} за теплий період з T_c, вище 10 ºС для 8 агро - і метеорологічних станцій. Для цих пунктів розраховані і біологічні суми сумарної і фотосинтетично активної радіації за період активної вегетації соняшнику від сівби до дати повної стиглості. Результати цієї роботи представлені в табл.3.2.

Наочно видно, що істотних розбіжностей в даних кліматичних ΣQ і ΣQ_{Φ}, отриманих за окремими станціям зі значеннями цих показників для адміністративних районів (табл.3.1) не існує. Зберігається така ж закономірність у збільшенні значень ΣQ і ΣQ_{Φ} за теплий період з T_c вище 10 ºС в напрямку з півночі на південь. Проглядається чітка тенденція до збільшення і біологічних сум ФАР в цьому ж напрямку.

3.3 Агрокліматичне районування агроекологічних категорій врожайності соняшнику в Одеській області

3.3.1 Оцінка агроекологічних категорій врожайності соняшнику в районах Одеської області

Аналіз міжрічної мінливості врожаїв соняшнику, отриманих у виробничих умовах, дозволяє зробити висновок про те, що їх рівень значно нижче біологічних можливостей сучасних сортів. Причина у неточному виконанні технології вирощування цієї культури, а також у недостатньому обліку місцевих грунтово-кліматичних умов при розміщенні соняшнику.

Отже, необхідно орієнтувати практиків сільського господарства на інші рівні врожаїв, які можна отримати відповідно до біокліматичного потенціалу конкретних регіонів. Інтерес також представляє виявлення географічної мінливості потенційних ($У_{пт}$) і дійсно-можливих врожаїв соняшнику ($У_{дв}$) розрахованих за допомогою фізико-статистичної моделі «клімат-врожай».

Нами зроблена така спроба вирішити завдання стосовно до території Одеської області.

За основу прийнята фізико-статистична модель «Клімат-врожай» Х. Р. Тооминга [27], адаптована до соняшнику з введенням ряду методичних прийомів, реалізованих З. А. Міщенко, Н.В. Кирнасівською [15, 17] стосовно до території України. А саме, при розрахунку потенційних врожаїв ($У_{пт}$) і дійсно можливих ($У_{дв}$) із застосуванням формул 3.5 та 3.6 враховувалася їх потенційне значення ККД використання ФАР посівами (його значення достовірно визначити важко), а при різних значеннях ККД рівних 0,5 %; 1,0 %, 1,5 %, 2,0 %, 2,5 %; 3,0 % - питома теплота згорання (q) була прийнята рівною 16,75 МДж/кг. Для отримання кількісної оцінки господарсько цінної частини врожаю соняшнику в формулу 3.5 введений відповідний коефіцієнт ($К_{хоз}$), рівний 0,6. Значення ФАР були визначені за період вегетації середньостиглих сортів соняшнику від дати посіву до дати достигання.

Для виявлення географічних особливостей у розподілі розрахункових врожаїв за основу прийнята середньомасштабна карта агрокліматичного районуванням показників радіаційно-теплових ресурсів на території Одеської області, розроблена З. А. Міщенко [16] в робочому масштабі 1: 400.000. На цій карті (рис.3.1) виділено десять мезорайонів. Кількісна легенда до карти дана в табл.3.3. Наочно видно, що радіаційно-теплові ресурси Одеської області зростають з півночі на південь. У крайніх північних мезорайонах 1, 2 ΣQ і $\Sigma Q_Ф$ за теплий період з $Т_с$ вище 10 ºС не перевищують 3100 МДж/м^2 і 1650 МДж/м^2.

В центральних мезорайонах (5-7) суми сумарної радіації і ФАР за період з $Т_с$ вище 10 ºС складають відповідно 3200-3400 МДж/м^2 та 1625-1675 МДж/м^2.

У південних районах (9-10) і зростають відповідно до 3450-3500 МДж/м^2. Діапазон географічної мінливості цих показників склав для 350-400 МДж/м^2 і для 175-200 МДж/м^2.

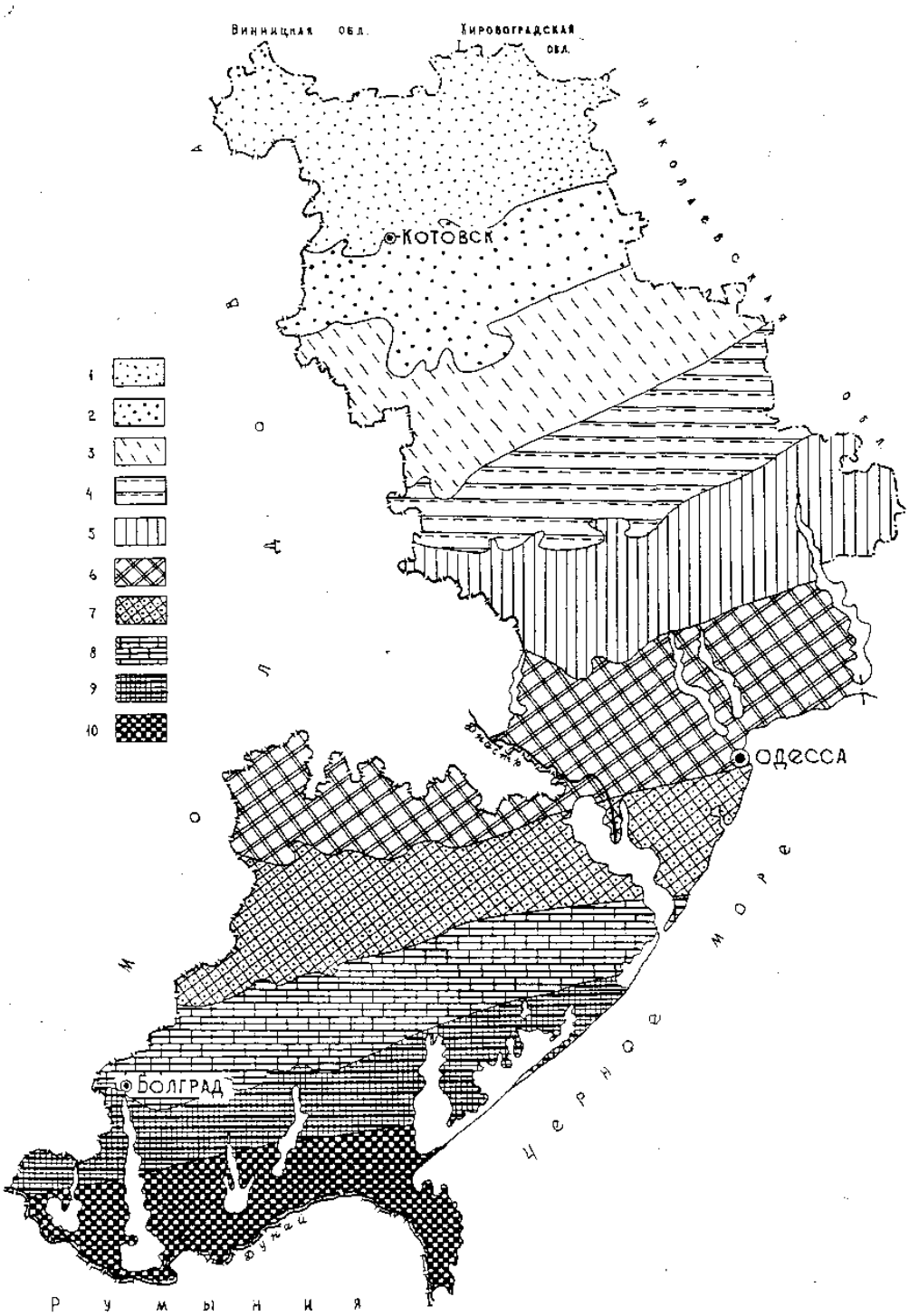

Рисунок 3.1 - Агрокліматичне районування території Одеської області за радіаційно-світловими та тепловими ресурсами. (Мезорайони 1-10 див. табл. 3.3)

Таблиця 3.3 – Кількісна оцінка показників радіаційно-теплових ресурсів в Одеській області за теплий період з T_c вище 10 ºС.

Мезорайон	ΣQ, МДж/м^2	$\Sigma Q_Ф$, МДж/м^2	ΣT_c, ºС	ΣS_c, год	$N_{ТП}$, дні.
1. Крайній північний прохолодний	<3100	<1550	<2874	<1440	<170
2. Північний відносно прохолодний	3100-3150	1550-1575	2874-2960	1440-1469	171-174
3. Північний порівняно прохолодний	3150-3200	1575-1600	2960-3046	1469-1497	174-177
4. Північний порівняно теплий	3200-3250	1600-1625	3046-3132	1497-1525	177-179
5. Центральний відносно теплий	3200-3300	1625-1650	3132-3218	1525-1553	179-182
6. Центральний помірно теплий	3300-3350	1650-1675	3218-3304	1553-1581	182-185
7. Центральний теплий	3350-3400	1675-1700	3304-3390	1581-1609	185-188
8. Помірно теплий південний	3400-3450	1700-1725	3390-3476	1609-1637	188-191
9. Теплий південний	3450-3500	1725-1750	3476-3562	1637-1666	191-193
10. Дуже теплий південний	>3500	>1750	>3562	>1666	193-195 и более

Суми середніх добових температур повітря вище 10 ºС (ΣT_c) і тривалість сонячного сяйва за той же період (ΣS_c) також збільшуються з півночі на південь Одеської області. У північних районах їх значення не перевищують відповідно 2850-2950 ºС і 1440-1450 годин, а в південних – зростають до 3500-3550 ºС і 1650-1670 годин. Діапазон географічної мінливості ΣT_c і ΣS_c значний і становить відповідно 650-700 ºС і 210-220 годин.

Порівняння кліматичних сум ФАР ($\Sigma Q_ф$) за теплий період з T_c вище 10 ºС з біологічними ($\Sigma Q_{фб}$) дозволяє зробити висновок про те, що в північних районах області ранньостиглі сорти соняшнику забезпечені теплом на 100 %. У центральних районах можливе вирощування ранньостиглих і середньостиглих сортів з такою ж забезпеченістю. Південні райони однаково придатні для вирощування ранньостиглих, середньостиглих і пізньостиглих сортів соняшнику з забезпеченістю в 90-100 %.

Оскільки в формулу 3.8 для розрахунку $У_{дв}$ входить показник щодо випаровування або вологозабезпеченості культурних рослин $\left(E/E_o\right)$, нами визначені значення фактичного водоспоживання соняшнику (E) та оптимального водоспоживання (E_o). Існують різні методи розрахунку E і E_o.

Нами для розрахунку E_o використаний біофізичний метод, запропонований А. М. Алпатьевым [14]. Формула має вигляд:

$$E_o = K_б \, \Sigma d \, , \qquad (3.22)$$

де E_o – випаровуваність (мм);

$K_б$ – біологічний коефіцієнт, прийнятий рівним 0,65;

$\sum d$ – сума дефіцитів вологості повітря, виражена в мм.

Розрахунки фактичного водоспоживання соняшнику виконано за рівнянням водного балансу:

$$E = \Sigma r + (W_H - W_K) - f \, , \qquad (3.23)$$

де $\sum r$ - кількість опадів за вегетаційний період (мм);

W_H - W_K – запаси продуктивної вологи на початок і кінець вегетації (мм);

f - поверхневий стік (влітку його значення малі, особливо в посушливій зоні).

Для отримання надійних даних по E/E_o розрахунки виконані для восьми агрометеорологічних станцій. Результати розрахунків представлені в табл.3.3. З неї видно, що показники ресурсів вологи зменшуються в напрямку з півночі на південь. Однак на їх розподіл діють місцеві грунтово-кліматичні умови. Наочно видно, що посушливість клімату зростає з півночі на південь області. А саме, на півночі (ст. Любашівка) значення E/E_o становило 0,55, а на крайньому півдні (ст. Ізмаїл) вологозабезпеченість зменшилася до 0,41. Це свідчить про погіршення гідротермічних умов у південних районах.

В результаті виконаної роботи виявилося можливим дати кількісну оцінку потенційних і дійсно можливих врожаїв соняшнику різного рівня з прив'язкою до 10-ти мезорайонів, виділених на агрокліматичної карті радіаційно-теплових ресурсів [8]. Для цієї мети для кожного мезорайону визначені значення біологічних сум фотосинтетично активної радіації ($\sum Q_{фб}$) і показника вологозабезпеченості у вигляді E/E_o. Дані табл.3.4 є легендою карти. У цій таблиці представлені розрахункові врожаї насіння соняшнику при різних значеннях ККД ФАР (%) і основні агрокліматичні показники.

Так як $У_{пт}$ в значній мірі залежить від $\sum Q_ф$, а значення ФАР збільшуються з півночі на південь, то відповідно і потенційно можливі врожаї соняшнику зростають в цьому напрямку. Наприклад, при η рівному 1 % і 2 % $У_{пт}$ на крайній півночі (мезорайон 1) складає відповідно 45 ц/га і 90 ц/га, а на півдні (мезорайон 10) – 49 ц/га і 99 ц/га.

Таблиця 3.3 – Агрокліматичні показники ресурсів вологи і вологозабезпеченості за період вегетації соняшнику в Одеській області

Станція	Дата посіву	Дата збирання	Σr, мм	Σd, мм	W_n, мм	$W_к$, мм	E, мм	E_o, мм	E/E_o
Любашівка	16.IV	18.VIII	193	712	123	60	256	463	0,55
Затишшя	15.IV	18.VIII	155	723	126	59	219	469	0,46
Сербка	14.IV	17.VIII	177	797	129	85	221	518	0,43
Раздільна	14.IV	19.VIII	185	753	130	86	229	489	0,46
Одеса	14.IV	17.VIII	160	722	131	87	204	470	0,44
Сарата	12.IV	12.VIII	180	725	110	83	207	471	0,44
Болград	13.IV	15.VIII	182	764	112	88	206	496	0,42
Ізмаїл	12.IV	16.VIII	170	719	110	82	198	467	0,41

Таблиця 3.4 – Агрокліматична оцінка агроекологічних категорій врожаїв соняшнику (ц/га) в Одеській області.

Мезо-район	$\Sigma Q_{ф}$, МДж/м^2	$У_{пт}$ при η, %				$E_ф / E_o$	$У_{дм}$ при η, %			
		0,5	1,0	2,0	3,0		0,5	1,0	2,0	3,0
1	<1250	23	45	90	135	0,55	13	25	49	74
2	1264	23	45	90	135	0,54	12	24	48	73
3	1272	23	45	90	135	0,52	12	23	47	70
4	1283	23	45	90	135	0,50	11	22	45	67
5	1294	23	46	93	139	0,48	11	22	44	66
6	1305	23	46	93	139	0,47	11	21	44	65
7	1317	23	46	93	139	0,46	10	21	43	64
8	1329	23	48	96	144	0,45	10	21	43	64
9	1342	24	48	96	144	0,43	10	20	41	62
10	>1365	25	49	99	148	0,41	10	20	40	60

Наочно видно, що потенційний урожай соняшнику зростає повсюдно в три рази зі збільшенням ККД використання ФАР від 1,0 % до 3 % (у 1-му мезорайоні від 45 ц/га до 135 ц/га, а в 10-му мезорайоні – від 49 ц/га до 148 ц/га).

Значення ж дійсно можливого врожаю ($У_{дм}$) соняшника по мірі просування на південь зменшується внаслідок зростання посушливості клімату в цьому напрямку. При ККД використання ФАР рівному 1,0 % і 2,0 % на крайній півночі (мезорайон 1) $У_{дм}$ становлять 25 ц/га і 49 ц/га, а на півдні (мезорайон 10) урожай соняшнику знижується до 20 ц/га і 40 ц/га. Чітко проявляється залежність рівня дійсно можливого врожаю від ККД використання ФАР. При зростанні η від 1 % до 3 % $У_{дм}$ повсюдно збільшується також в три рази (в 1-ом мезорайоні від 25 ц/га до 74 ц/га, а в 10-му мезорайоні – від 20 ц/га до 60 ц/га). Діапазон географічних відмінностей в $У_{пт}$ та $У_{дм}$ при η рівному 2 % і 3% становить 9-13 ц/га і 9-14 ц/га на території Одеської області.

3.3.2 Порівняльна оцінка врожаїв соняшнику за ступенем сприятливості клімату

Проведена порівняльна оцінка отриманих агроекологічних категорій врожаїв соняшнику ($У_{пт}$ і $У_{дм}$) з виробничими врожаями ($У_{в}$), які визначені для ряду адміністративних районів області. Для цієї мети розрахована різниця ($У_{пт}$ - $У_{дм}$), що характеризує недобір врожаю, викликаний тим, що погодні умови не ідеальні, а також коефіцієнт сприятливості клімату ($К_{б}$), який визначено за формулою

$$К_{б} = \frac{У_{дм}}{У_{пт}} \qquad (3.9)$$

Коефіцієнт ефективності використання кліматичних ресурсів ($К_{е}$) в рослинництві показує яку частку становить врожай у виробництві від дійсно-

можливої за біокліматичним потенціалом території. Він розрахований за формулою

$$K_e = \frac{У_в}{У_{дм}} \qquad (3.10)$$

Фактично значення K_e і різниці ($У_{дм}$ – $У_в$) характеризують існуючий рівень культури землеробства в конкретному районі.

Розрахунки вищенаведених показників виконані для всіх мезорайонів при η рівному 1, 2, 3 %. Неповні дані розрахунків представлені в табл. 3.5. Наочно видно, що при вирощуванні соняшнику в посушливих умовах недобір врожаїв ($У_{пт}$ - $У_{дм}$) збільшується з півночі на південь і становить при η рівному 1, 2 % відповідно 20 ц/га і 29 ц/га, 41 і 59 ц/га.

Коефіцієнти ступеня сприятливості клімату ($K_б$) зменшується в тому ж напрямку від 0,5 до 0,4.

Різниця ($У_{дм}$ – $У_в$), що характеризує недобір виробничого врожаю соняшнику в порівнянні з дійсно можливим урожаєм, змінюється по території області за η рівному 1 % і 2 % в межах 3-5 ц/га і 25-27 ц/га.

Коефіцієнт ефективності використання ресурсів клімату в рослинництві (K_e) зменшується в напрямку з півночі на південь Одеської області і при η рівному 1 % і 2 % складає в мезорайонах 1, 2 - 0,8 і 0,5, а в мезорайонах 9, 10 тільки 0,7 і 0,2.

Порівняння розрахункових врожаїв із виробничими ($У_в$) показало, що в даний час при вирощуванні соняшнику в межах Одеської області ККД використання ФАР знаходиться на рівні 0,9 % (мезорайон 1, 2) і 0,7 % (мезорайон 9, 10). Отже, є великий резерв для отримання більш високих врожаїв насіння соняшнику згідно з біокліматичним потенціалом території

Таблиця 3.5 – Оцінка ступеня сприятливості клімату та ефективності його використання для отримання врожаїв соняшнику (ц/га) в Одеській області

Макрорайон	$\bar{У}_П$	($У_{пт}$ – $У_{дм}$) при η, %			($У_{дм}$ – $У_в$) при η, %			$К_е$ при η, %			$К_б$ при η, %
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1-3
1	22	20	41	61	3,0	27	52	0,8	0,5	0,3	0,5
2	21,8	21	42	62	2,2	26,2	51,8	0,9	0,5	0,3	0,5
3	18,4	22	43	65	4,6	28,6	51,6	0,7	0,4	0,3	0,5
4	17,7	23	45	68	4,3	27,3	49,3	0,7	0,4	0,3	0,5
5	17,6	24	49	73	4,4	26,4	48,4	0,7	0,3	0,3	0,4
6	16,7	25	49	74	4,3	27,3	48,3	0,7	0,3	0,2	0,4
7	16,2	25	50	75	4,8	26,8	47,8	0,7	0,3	0,2	0,4
8	15,6	27	53	80	5,4	27,4	47,4	0,7	0,3	0,2	0,4
9	15,6	28	55	82	4,4	25,4	46,4	0,7	0,2	0,2	0,4
10	15,0	29	59	88	5,0	25,0	45,0	0,7	0,2	0,2	0,4

області. Цілком можливо підвищення ККД використання ФАР посівами до 2,0-3,0 % за рахунок: введення посухостійких і більш урожайних сортів та раціонального їх розміщення з урахуванням місцевих особливостей клімату; вдосконалення технології обробітку, а в південних районах – зрошення сільськогосподарських полів.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання курсового проекту отримані наступні результати:

1. За методом гармонійної ваги дана оцінка динаміки врожайності соняшнику, вирощеного в виробничих умовах для двох адміністративних районів Одеської області (Любашівський та Овідіопольський) за період 1980 -2007 рр. Встановлено, що для обох районів характерна слабо виражена позитивна та від'ємна тенденція врожайності в межах 0,5. Проте в окремі роки під впливом агрометеорологічних факторів спостерігалася велика мінливість $У_в$. Діапазон відхилень максимальних і мінімальних врожаїв від ліній трендів склав для Любашівського району в 80-ті, 90-ті і 200-ні роки склав 13 ц/га, 14 ц/га і 9 ц/га. В Овідіопольському районі аналогічні значення в ці роки також були значними і склали 14 ц/га, 8 ц/га і 9 ц/га. Встановлено, що незважаючи на рівень культури землеробства, залежність врожаю соняшнику від агрокліматичних умов зберігається значною у всі роки.

2. Виконана імовірнісна оцінка можливих врожаїв соняшнику відносно середніх багаторічних значень для семи адміністративних районів. Побудовані криві сумарної ймовірності і складена розрахункова таблиця забезпеченості можливих врожаїв соняшнику. Повсюдно ймовірність отримання високих врожаїв 24-26 ц/га мала і не перевищує 10 %, тобто може бути не більше одного разу на 10 років. Ймовірність отримання середніх врожаїв близько 15-17 ц/га можлива п'ять разів у 10 років. Ймовірність отримання низьких врожаїв порядку 13-11 ц/га у всіх районах висока і відповідає 80-90% забезпеченості, тобто отримання таких врожаїв гарантується 8-9 раз в 10 років.

3. Розрахунковим шляхом визначені суми сумарної і фотосинтетично активної радіації за теплий період (ΣQ і $\Sigma Q_Ф$) для ряду адміністративних районів за сумами середніх добових температур повітря вище 10 ºС. Визначено також біологічні суми сумарної радіації і ФАР за період вегетації соняшнику. Виявлена значна мінливість радіаційно-теплових ресурсів на

території Одеської області, яка збільшується в напрямку з півночі на південь. У північній частині ΣQ і $ΣQ_ф$ складають відповідно 3100 мДж/м^2 та 1550 мДж/м^2, а на півдні - 3500 мДж/м^2 і 1750 мДж/м^2. Суми середніх добових температур повітря вище 10 ºС складають на півночі області 2870-2960 ºС, а на півдні збільшуються до 3500-3560 ºС. Виявлена значна мінливість радіаційно-теплових ресурсів на території Одеської області, яка збільшується в напрямку з півночі на південь. Зональна мінливість $ΣQ$, $ΣQ_Ф$ і $ΣT_c$ значна і становить відповідно 400 мДж/м^2, 200 мДж/м^2 і 700 ^{o}С.

4. Кількісно оцінено основні показники ресурсів вологи і вологозабезпеченість соняшнику за період його вегетації в різних районах області ($Σr$, $Σd$, W, $E_ф$, E_o $E_ф/E_o$). Виявлено їх істотна географічна мінливість. При просуванні з півночі на південь Одеської області умови зволоження помітно погіршуються і зростає сухість клімату. Наприклад, сума опадів і запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на весну зменшуються в напрямку з півночі на південь від 193 мм до 170 мм і від 123 мм до 110 мм. Дефіцит вологості повітря і випаровуваність навпаки збільшується з півночі на південь. Як наслідок, фактичне водоспоживання ($E_ф$) та вологозабезпеченість соняшнику ($E_ф/E_o$) зменшуються в цьому напрямку і складають відповідно на півночі 256 мм і 0,55, а на півдні – 198 мм і 0,41.

5. На основі моделювання розраховані потенційні ($У_{пт}$) і дійсно - можливі ($У_{дв}$) врожаї насіння соняшнику і виконана прив'язка отриманих даних до агрокліматичної карти радіаційно-теплових ресурсів на території Одеської області. Значення $У_{пт}$ і $У_{дв}$ визначені при різних величинах ККД використання ФАР посівами (η, %): 0,5 %; 1,0 %; 2,0 %; 3,0 %. Встановлено, що $У_{пт}$ зростає з півночі на південь відповідно із збільшенням сум ФАР у цьому напрямку. В 1,2 мезорайонах його значення складають при η рівному 1,0 % і 2,0 % відповідно 45 ц/га і 90 ц/га, а на півдні в 9-10 мезорайонах – 48 ц/га і 99 ц/га. Дійсно можливий урожай соняшнику ($У_{дв}$) зменшується в напрямку з півночі на південь по мірі збільшення сухості клімату. При η

рівному 1,0 % і 2,0 % в 1 і 2 мезорайонах його значення складають 25 ц/га і 49 ц/га, а в 9-10 мезорайонах - тільки 20 ц/га і 40 ц/га.

6. При зростанні коефіцієнта корисної дії ФАР - η від 1 % до 3 % $У_{пт}$ і $У_{дм}$ повсюдно збільшуються у три рази. Наприклад, при збільшенні η від 1 % до 3 % $У_{дм}$ зростає в 1 мезорайоні від 25 ц/га до 74 ц/га, а в 10 мезорайоні - від 20 ц/га до 60 ц/га Діапазон географічних відмінностей $У_{пт}$ і $У_{дм}$ при ККД рівному 2,0 % і 3,0 % становить 9-14 ц/га.

7. Розраховані коефіцієнти сприятливості клімату ($К_б$) та ефективності його використання ($К_е$) для вирощування соняшнику в Одеській області. Сприятливість клімату знижується в напрямку з півночі на південь області, а $К_б$ становить 0,5 і 0,4. Коефіцієнт використання природних ресурсів зменшується у цьому ж напрямку і при η рівному 1 % і 2 % становить на півночі 0,8 і 0,5, а на півдні – 0,7 і 0,2.

8. Порівняльна оцінка врожаїв різного виду і рівня ($У_{пт}$, $У_{дм}$, $У_в$) показала, що недобір $У_{дм}$ щодо $У_{пт}$ при η дорівнює 1,0 % і 2,0 % становить на території області 20-29 ц/га і 41-59 ц/га. Недобір виробничого врожаю насіння соняшнику ($У_в$) щодо $У_{дм}$ і становить при η рівному 1,0 % і 2,0 % відповідно 3-5 ц/га і 25-27 ц/га. Виявлено, що у виробничих умовах урожай соняшника одержують при ККД використання ФАР у межах 0,8-1,2 % (перша цифра характеризує північні і центральні райони, друга – південні). Отже, залишається великий резерв для одержання високих врожаїв цієї культури за рахунок раціонального розміщення сортів різної скоростиглості з урахуванням мікроклімату в конкретній місцевості при правильному дотриманні технології вирощування в межах Одеської області.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агроклиматический справочник по Одесской области / Л: Гидрометеоиздат, 1958. – 229 с.
2. Агрокліматичний довідник по Одеській області: (1986-2005 рр.) / М-во надзвичайних ситуацій України; Гідрометеорологічний центр Чорного та Азовського морів; за ред. В.М. Ситова, Т.І. Адаменко. – Одеса: Астропрінт, 2011 – 204 с.
3. Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. - Л.: Гидрометеоиздат, 1971.– 363 с.
4. Бабич А.О. Світові, земельні, продовольчі і кормові ресурси. – К.: Аграрна наука, 1996, 570с.
5. Васильев Д.С. Подсолнечник. – М.: Агропромиздат, 1990, 173с.
6. Вериго С.А., Разумова Л.А. Почвенная влага.– Л.: Гидрометеоиздат, 1976.– 328 с.
7. Гулинова Н.В. Методы агроклиматической обработки наблюдений. - Л.: Гидрометеоиздат, 1974. - 141 с.
8. Довідник з агрокліматичних ресурсів України. Агрокліматичні умови росту та розвитку основних сільськогосподарських культур. Серія 2.- Київ:МСП, 1993, Частина 2. - 718 с.
9. Жуков В.А., Полевой А.Н., Витченко А.Н., Даниелов С.А. Математические методы оценки агроклиматических ресурсов.– Л.: Гидрометеоиздат, 1989.– 207 с.
10. Манелля И., Нагнибедова П. и др. Динамика урожайности сельскохозяйственных культур в РСФСР . – М.: Статистика, 1972. – 192с.
11. Мельник Ю.С. Климат и произрастание подсолнечника. – Л.: Гидрометеоиздат, 1972.– 143 с.

12. Миусский П.Е. Оценка агроклиматических условий произрастания подсолнечника в основные периоды вегетации в разных районах Украины // Метеорология, климатология и гидрология. -1969. - вып.5.
13. Кирнасівська Н.В. Землеробство та рослинництво // Конспект лекцій. – Одеса: „Екологія”. – 2008. – 283 с.
14. Мищенко З.А. Агроклиматология. – К.6 КНТ, 2009. – 511 с.
15. Мищенко З.А. Кирнасовская Н.В. Агроклиматические ресурсы Украины и урожай. - Одесса.: Экология, 2011. - 291 с.
16. Мищенко З.А. Методика агроклиматической оценки и среднемасштабного районирования территорий на основе продуктивности сельскохозяйственных культур // Метеорология и гидрология. – 1999. - № 8. -с.87 –98.
17. Мищенко З.А., Кирнасовская Н.В. Региональная агроклиматическая оценка продуктивности подсолнечника на основе моделирования в Украине // Метеорологія, кліматологія и гідрологія. -2002. - вып. 46. - с. 179-190.
18. Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур.- Л.: Гидрометеоиздат, 1988.–318 с.
19. Подсолнечник / Под ред. В.С. Пустовойта / - М.: Колос, 1975.
20. Подсолнечник /З.Б., Борисонник, Ч.Д.Ткалич, А.И. Науменко и др./ Под ред. З.Б. Борисонника. – 2-е издает Киев: Урожай, 1985,159 с.
21. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов.– Л.: Гидрометеоиздат, 1988.–318 с.
22. Природа Одесской области. Ресурсы, их рациональное использование и охрана / Под ред. Г.И. Швебса, Ю.А. Амброз. – Киев-Одесса: Выща школа, 1979. – 144 с.
23. Сивков С.И. Методы расчета характеристик солнечной радиации.– Л.: Гидрометеоиздат, 1968.– 232 с.

24. Смирнова В.А. Опыт изучения связи урожайности подсолнечника с климатическими условиями места возделывания. – Тр НИИАК. - 1958.- Вып.6.
25. Справочник по климату СССР // Температура воздуха и почвы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1967. – Вып. - 10, ч. 2.-607 с.
26. Справочник по климату СССР. Атмосферные осадки. Снежный покров. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969.- Вып. - 10, ч. 4. – 696 с.
27. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов.– Л.: Гидрометеоиздат, 1984.– 264 с.
28. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985.– 247 с.

ДОДАТОК

Додаток А.1

Щорічні дані для розрахунку сумарної імовірності можливих врожаїв соняшнику (ц/га) в різних районах Одеської області.

Рік	Любашівський				Роздільнянський				Ізмаїльський			
	$У_П$	m_i	$У_{П(у)}$	$Р_{Х,\%}$	$У_П$	m_i	$У_{П(у)}$	$Р_{Х,\%}$	$У_П$	m_i	$У_{П(у)}$	$Р_{Х,\%}$
1980	17,0	1	29,6	2,6	12,0	1	26,7	2,6	15,4	1	23,1	2,6
1981	23,0	2	28,0	6,1	12,7	2	20,9	6,1	13,0	2	22,0	6,1
1982	14,3	3	28,0	9,6	18,0	3	20,0	9,6	17,8	3	20,0	9,6
1983	20,0	4	27,0	13,2	18,6	4	19,0	13,2	17,4	4	19,9	13,2
1984	13,6	5	27,0	16,7	14,7	5	18,6	16,7	18,5	5	19,0	16,7
1985	27,0	6	25,0	20,1	13,0	6	18,0	20,1	15,2	6	19,0	20,1
1986	19,5	7	25,0	23,7	16,0	7	16,8	23,7	19,0	7	19,0	23,7
1987	20,0	8	24,0	27,2	16,7	8	16,7	27,2	20,0	8	18,5	27,2
1988	29,6	9	23,0	30,7	26,7	9	16,6	30,7	16,4	9	18,0	30,7
1989	27,0	10	22,0	34,2	20,9	10	16,2	34,2	23,1	10	17,8	34,2
1990	24,0	11	22,0	37,7	19,0	11	16,0	37,7	22,0	11	17,8	37,7
1991	13,7	12	22,0	41,2	15,3	12	16,0	41,2	14,0	12	17,4	41,2
1992	19,6	13	21,4	44,7	15,7	13	15,8	44,7	16,1	13	17,3	44,7
1993	28,0	14	21,0	48,2	20,0	14	15,7	48,2	14,9	14	17,0	48,2
1994	15,0	15	20,0	51,8	12,0	15	15,3	51,8	19,0	15	16,8	51,8
1995	15,0	16	20,0	55,3	11,7	16	14,7	55,3	16,8	16	16,5	55,3
1996	25,0	17	20,0	58,8	8,0	17	14,4	58,8	19,9	17	16,5	55,8
1997	18,0	18	19,6	62,3	14,4	18	14,0	62,3	16,5	18	16,4	62,3
1998	25,0	19	19,5	65,8	12,0	19	13,0	65,8	11,3	19	16,4	65,8
1999	21,0	20	19,0	69,3	12,0	20	12,7	69,3	15,6	20	16,1	69,3
2000	20,0	21	18,6	72,8	14,0	21	12,0	72,8	19,0	21	15,8	72,8
2001	22,0	22	18,0	76,3	8,0	22	12,0	76,3	17,0	22	15,6	76,3
2002	19,0	23	17,0	79,8	16,0	23	12,0	79,8	16,5	23	15,4	79,8
2003	22,0	24	15,0	83,3	10,0	24	12,0	83,3	18,0	24	15,2	83,3
2004	21,4	25	15,0	86,8	15,8	25	11,7	86,8	15,8	25	14,9	86,8
2005	22,0	26	14,3	90,4	16,2	26	10,0	90,4	16,4	26	14,0	90,4
2006	28,0	27	13,7	93,9	16,8	27	8,0	93,9	17,8	27	13,0	93,9
2007	18,6	28	13,6	97,4	16,6	28	8,0	97,4	17,3	28	11,3	97,4