



Tempus

**Л.Ю. Божко**

**ОЦІНКА ВЛИВУ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ЯВИЩ НА  
ПРОДУКТИВНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ  
КУЛЬТУР**

Навчальний посібник

Одеса  
2013

Міністерство освіти і науки України  
Одеський державний екологічний університет

**Л.Ю. Божко**

**ОЦІНКА ВПЛИВУ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ЯВИЩ НА  
ПРОДУКТИВНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ  
КУЛЬТУР**

Затверджено Міністерством освіти і науки України як  
навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів

511390-TEMPUS-1-2010-1-SK-TEMPUS-JPCR

Одеса  
2013

**ББК 40.2**

**Б 70**

**УДК 63 : 551. 5**

Гриф надано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України  
(лист № 1/11 – 18107260 від 21.11.2012.)

Рецензенти:

**Антоненко В.С.**, д.г.н., професор Київського національного університету культури і мистецтв.

**Сніжко С.І.**, д.г.н., професор, завідувач кафедри метеорології та кліматології Київського національного університету імені Тараса Шевченка .

**Божко Л.Ю.** Оцінка впливу екстремальних явищ на продуктивність сільськогосподарських культур. Навчальний посібник – Одеса, 2013.- 238с.

Навчальний посібник «Оцінка впливу екстремальних явищ на продуктивність сільськогосподарських культур» містить характеристику екстремальних атмосферних явищ, їх критерії, синоптичні умови їх виникнення на території України.

Наводяться розрахункові методи кількісної оцінки впливу екстремальних атмосферних явищ на ріст, розвиток і формування продуктивності сільськогосподарських культур.

Видання підготовлено в рамках проекту 511390-TEMPUS-1-2010-1-SK-TEMPUS-JPCR «Система управління для навчальних програм, пов'язаних із вивченням навколишнього середовища» та призначено для студентів і аспірантів навчальних закладів гідрометеорологічного та екологічного напрямків навчання, для науковців та фахівців, які працюють в галузі сільськогосподарської метеорології, екології, сільського господарства.

Проект фінансується за підтримки Європейської Комісії. Зміст даної публікації є предметом відповідальності автора і не відображає точку зору Європейської Комісії.

#### **Bozhko L.**

Б 70 . The valuation of the influence of extreme natural phenomena of the efficiency of a crop. Educative manual:Textbook. – Odessa, 2013 - 241 p

The educative manual «The valuation of the influence of extreme natural phenomena of the efficiency of a crop» comprises the characteristic of an extreme atmospheric phenomena, their criteria, synoptic conditions significant attention is allotted to characteristics. There are calculation methods of the quantitative valuation of the influence of extreme atmospheric phenomena of growth, development and formation the efficiency of a crop in the manual.

The publication is prepared within the framework of 511390-TEMPUS-1-2010-1-SK-TEMPUS-JPCR 'Environmental Governance for Environmental Curricula' EC TEMPUS IV project and is intended for the use of students and post-graduate students of hydrometeorological and environmental directions of studies, researchers and specialists working in the field of Agricultural Meteorology, Environmental Science and Agriculture.

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

© Божко Л.Ю., 2013

© Одеський державний екологічний університет, 2013

**ББК 40.2**

**УДК 63.551.5**

## Передмова

Україна знаходиться під впливом різних циркуляційних процесів, які розвиваються над територією Європи та Середньої Азії. Особливості фізико – географічного положення та атмосферних процесів в Україні зумовлюють велику різноманітність кліматичних умов і досить значну повторюваність несприятливих явищ погоди: зливових дощів, граду, сильного вітру, суховіїв, пилових буревіїв, заморозків, ожеледей, хуртовин та ін. В окремих випадках вони набувають катастрофічного характеру і завдають значних збитків народному господарству.

Сільське господарство України – це «цех» під відкритим небом. Обсяг сільськогосподарського виробництва, якість продукції врожаїв залежить від родючості ґрунтів, кількості сонячного світла, тепла та вологи, а також від рівня культури землеробства та атмосферних явищ. За словами О.І. Восійкова «...метеорологічні умови мають величезне значення для сільського господарства; людині необхідно вивчити клімат, щоб повернути його добрі сторони на свою користь і, по можливості, усунути вплив несприятливих умов ...».

Нестійкість погоди: зміна вологих років засушливими, теплих зим – суворими, заморозки та зниження температур впродовж вегетаційного періоду, періодичні сильні зливи та град завдають значних збитків виробникам сільськогосподарської продукції та спричиняють значну мінливість валових врожаїв сільськогосподарських культур.

За даними наукових досліджень лише третина території України знаходиться в зоні гарантованих врожаїв. На решті території посушливі умови весняно-літнього періоду, несприятливі умови перезимівлі та перезволоження ґрунту, заморозки, сильні зливи та град зменшують врожаї на 30 – 40 %. Значна втрата родючих земель від вітрової та ґрунтової ерозії зменшує площі придатних для сільського господарства земель. Тому фахівцям сільськогосподарського виробництва необхідно вміти ефективно використовувати ресурси клімату і погоди для підвищення продуктивності сільського господарства, вміти оцінювати екстремальні атмосферні явища та вживати відповідних заходів для зменшення дії несприятливих гідрометеорологічних явищ. Для цього необхідно знати фізичні основи явищ і процесів, що відбуваються в приземному шарі атмосфери, та їх вплив на об'єкти і процеси сільськогосподарського виробництва. Для попередження або зменшення втрат в народному господарстві від несприятливих явищ необхідно також знати закономірності розподілу цих явищ по території та їх повторюваність в різні сезони року.

За останні десятиріччя ХХ ст. і на початку ХХІ ст. проблема вивчення стихійних гідрометеорологічних явищ стала більш актуальною у зв'язку зі

значним збільшенням кількості випадків та тривалості цих явищ, що пов'язано зі змінами в кліматичній системі, зумовленими як природними, так і антропогенними факторами. Така ситуація викликає занепокоєння світового співтовариства. Окрім значних матеріальних збитків, вона може призвести до зміни соціально – економічних та екологічних умов життєдіяльності людства. У зв'язку з цим виникає необхідність своєчасних та адекватних рішень виникаючих складних проблем, зумовлених змінами клімату.

Дослідженням впливу несприятливих гідрометеорологічних явищ та їх впливу на продуктивність сільськогосподарських культур почали займатись з давніх часів. Великий вклад в розробку показників стихійних метеорологічних явищ та визначення кількісних їх характеристик внесли дослідники Росії, Російського гідрометеорологічного центру, Російського науково-дослідного інституту сільськогосподарської метеорології, Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту, АН Молдови, ГМЦ Укргідромету. Відомі роботи М.І. Будико, Ю.А. Израеля, К.Т. Логвінова, В.Н. Бабиченко, М.Ю.Кулаковської, І.М. Щербаня, О.М. Раєвського, М.М. Айзенберга, Г.І. Швєбса, І.Є. Бучинського, О.І. Руденка, В.М. Волощука, С.М. Степаненка, А.А. Величка, А.М. Польового, В.П. Дмитренка та ін. На основі досліджень цих авторів і створювався навчальний посібник.

Автор висловлює глибоку подяку завідувачці редакційного відділу Одеського державного екологічного університету Соколенко О.Д. за корегування тексту та практичні поради.

## ВСТУП

*Мета дисципліни* «Оцінка впливу екстремальних атмосферних явищ на продуктивність рослин» – забезпечити фахівців, які закінчують університет, глибокими теоретичними знаннями та привити практичні навички з оцінки впливу несприятливих явищ погоди на продуктивність сільськогосподарських рослин.

Клімат є одним із основних природних факторів, який визначає умови проживання та діяльності людини, напрям, структуру і, певною мірою, рівень її економічної діяльності. Зміни рівня життєдіяльності людства під впливом кліматичних і погодних аномалій на тлі несприятливих екологічних або санітарно – гігієнічних обставин можуть супроводжуватись значними соціально – економічними збитками, якщо їх своєчасно не спрогнозувати і не вжити запобіжних заходів.

В перше десятиріччя нового століття в результаті антропогенних змін клімату кліматичні і погодні аномалії стали більш частими і вони охоплюють одночасно великі регіони та істотно впливають на економіку і рівень життя людей багатьох країн. У відповідності зі статистикою ООН на кінець 90-х років щорічно в результаті різних стихійних явищ на землі гине близько 250 тисяч чоловік, а економічні збитки оцінюються майже у 40 млрд.доларів (40 % спричинені повеннями, 30 % – тропічними циклонами і 15 % - засухами).

З метою проведення науково- технічних та соціально – економічних оцінок змін клімату та пов'язаних з ними проблем Всесвітньою метеорологічною організацією (ВМО) та Програмою ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП) у 1988 році засновано Міжурядову групу експертів зі зміни клімату (ІРСС). Дослідження цієї групи дозволили констатувати, що протягом ХХ ст. глобальна температура повітря біля поверхні Землі зросла на  $0,6 \pm 0,2$  °С. Крім підвищення глобальної приземної температури, відзначаються також інші наслідки глобального потепління. Так, тривалість залягання снігового покриву зменшилась з кінця шестидесятих років минулого століття на 10 %, скоротився на два тижні термін збереження льоду на річках та озерах, зменшились гірські льодовики у неполярних регіонах. Змін зазнали також інші важливі характеристики клімату – кількість атмосферних опадів збільшилась на 0,5 – 1 %, зменшилась частота виникнення екстремально низьких температур та збільшилась частота виникнення екстремально високих температур. Зросла також частота та інтенсивність небезпечних і стихійних гідрометеорологічних явищ [31].

Враховуючи надзвичайну важливість консолідації зусиль міжнародної спільноти у сфері вивчення кліматичних змін, їх прогнозування та

зменшення негативних наслідків, у 1992 році на саміті у Ріо-деЖанейро була підписана Рамкова Конвенція ООН про зміну клімату (РКЗК). У 2005 році був підписаний Кіотський протокол до неї, який визначає механізм досягнення цілей Конвенції. Україна підписала обидва протоколи і ратифікувала їх. Таким чином, Україна взяла на себе певні зобов'язання, у тому числі і щодо здійснення систематичних спостережень та досліджень кліматичної системи [30].

В Україні в різні пори року характерні різні атмосферні явища, в тому числі й екстремальні, пов'язані з розвитком синоптичних процесів. В холодну пору року аномальними атмосферними явищами є різної інтенсивності хуртовини, снігопади, ожеледні утворення, сильні морози, тумани. Влітку відзначаються засухи, суховії, пилові буревії, надзвичайна пожежна небезпека через сильну спеку, інтенсивні дощі, грози, град, шквали, смерчі. Восени та навесні виникають небезпечні для сільськогосподарських рослин заморозки.

Кожне суспільство впродовж свого існування пристосовується до природно – кліматичних умов території, на якій воно проживає. Але виникають надзвичайні ситуації, коли природні явища негативно впливають на діяльність населення і стан людей. Такі природні явища називають *стихійними* або *екстремальними* [20, 31].

Екстремальні явища (ЕЯ) (небезпечні явища, *НЯ*) можна розділити на три види: *стихійні гідрометеорологічні, геліофізичні та геофізичні, явища екстремально високого забруднення природного середовища забруднюючими речовинами.*

*Стихійні гідрометеорологічні* явища (*СГЯ*), або небезпечні гідрометеорологічні явища (*НГЯ*) являють собою атмосферні явища аномального характеру. Ці явища пов'язані з особливостями циркуляційних процесів в атмосфері, на які можуть впливати і орографічні особливості території і вони можуть наносити значний збиток багатьом галузям народного господарства, особливо сільськогосподарському виробництву.

*До стихійних гідрометеорологічних* явищ відносяться такі метеорологічні, агрометеорологічні, гідрологічні і морські гідрометеорологічні явища, які за своєю інтенсивністю, тривалістю, районом поширення можуть завдати значних збитків народному господарству країни, населенню та спричинити стихійні лиха. Ці явища називаються небезпечними природними явищами (*НПЯ*). Відомо більше 20 небезпечних гідрометеорологічних явищ. До них відносяться: весняне водопілля, заморозки, засухи, суховії, екстремально високі температури, пилові буревії, урагани, шквалісті вітри, смерчі, град, тривалі опади, інтенсивні зливові дощі і грози, які спричиняють перезволоження ґрунту на рівнинах та селеві потоки в гірських районах, сильні та тривалі снігопади, снігові лавини, тумани, тривалі відлиги, голо лід, паморозь, безсніжні зими при екстремально низьких температурах і ін.

Гідрометеорологічні явища вважаються *небезпечними*, якщо при їх виникненні необхідно застосовувати спеціальні заходи для помягчення, або запобігання негативному впливу на галузі економіки. Гідрометеорологічні явища і величини, які не досягають критеріїв небезпечних явищ, але ускладнюють діяльність різних галузей економіки та конкретних підприємств, відносяться до *несприятливих умов погоди (НУП)*. В агрометеорології до таких явищ відносяться такі, які не досягають критеріїв *СГЯ*, але негативно впливають на стан сільськогосподарських культур і тварин та ускладнюють діяльність сільськогосподарської галузі або підприємств.

В останні роки з'явилося ще одне поняття – *комплексні несприятливі явища (КНЯ)*. До них відносяться сполучення двох або більше несприятливих явищ.

Виробнича і техногенна сфери економіки країни формується в конкретних природних умовах. Тому одним із важливих аспектів впливу *НГЯ* на різні галузі економіки є вивчення і аналіз *гідрометеорологічної вразливості (ГМВ)* окремих територій та виробничо-господарських об'єктів. Це комплексне поняття (*ГМВ*) включає небезпечні і несприятливі гідрометеорологічні характеристики (інтенсивність, частота появи, територія охоплення), а також економічні показники (погодозалежність галузі, масштаби господарського об'єкту, ступінь його захищеності і рівень нанесених збитків).

Всі небезпечні гідрометеорологічні явища поділяються на групи: метеорологічні, агрометеорологічні, гідрологічні і морські. Основну групу *СНЯ* становлять метеорологічні явища (75 %), близько 15 % - гідрологічні, близько 10 % - агрометеорологічні.

До стихійних *геліофізичних явищ* відносяться різкі погіршення радіаційної обстановки в навколосемному космічному просторі і різкі зміни стану іоносфери.

До *геофізичних явищ* відносяться землетруси, виверження вулканів, сходи снігових лавин і ін.

До *екстремально високого забруднення природного середовища* відносяться такі рівні вмісту забруднюючих речовин, під впливом яких завдається, чи може бути завдаватись збиток народному господарству, здоров'ю населення, рослинному і тваринному світу.

На жаль, науковою спільнотою сьогоденного рівня не розроблені достовірні методи прогнозів екстремальних геофізичних, геліофізичних явищ та причин екстремально високого забруднення природного середовища. Що стосується екстремальних гідрометеорологічних явищ, то гідрометеорологічною службою складаються попередження про небезпечні та стихійні гідрометеорологічні явища на основі детального аналізу діагностичних і прогностичних карт та інформації, яку отримують



від гідрометеорологічних станцій та постів, метеорологічних супутників Землі, експлуатаційних служб та ін. [20, 30, 31].

Особливості фізико-географічного положення України та синоптичних процесів, що розвиваються на її території, створюють умови для частого виникнення стихійних гідрометеорологічних явищ та зумовлюють надзвичайну складність розподілу їх у просторі та часі.

Повсюди стихійні метеорологічні явища спостерігаються майже щорічно в тому чи іншому регіоні світу. В Україні частіше спостерігаються сильні дощі, які випадають в Карпатах, де зумовлюють повені, селлові потоки, лавини, зсуви. Значною є також повторюваність снігопадів, сильних хуртовин, туманів. Велика повторюваність посушливих явищ, особливо в степових районах. Всі явища завдають значного економічного збитку, особливо сільськогосподарському виробництву [20, 44, 45].

До найбільш вразливих галузей економіки відносяться сільське господарство, транспорт, житлово – комунальне господарство.

Екстремальні гідрометеорологічні явища характеризуються дуже значною мінливістю в часі і просторі та відрізняються надзвичайною складністю і строкатістю, що призводить до великих ускладнень їх дослідження та необхідності удосконалення методики їх вивчення та попередження.

В системі УкрГідрометслужби складено типовий перелік *НЯ* для різних галузей економіки, який викладено в нормативному документі «Порядок дії організацій та підприємств при виникненні небезпечних природних явищ».

Відомо, що величина і якість продукції сільськогосподарських культур значно коливаються із року в рік під впливом агрометеорологічних умов, від ступеня їх сприятливості для тих культур, які вирощуються. Небезпечні для сільськогосподарського виробництва явища погоди – поняття біокліматичне, оскільки вони розглядаються за реакцією рослин на погоду і характеризуються агрометеорологічними і біологічними показниками. В агрометеорології до *НЯ* для сільськогосподарського виробництва в теплий період року відносяться: заморозки, засухи, суховії, пилові буревії, сильні зливові дощі, тривалі облогові дощі та град.

# **1 ЯКІСТЬ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА – ПРОБЛЕМА XXI СТОЛІТТЯ**

## **1.1 Екологічні проблеми, спричинені антропогенними змінами клімату**

«Із року в рік засухи, морози, безсніжжя, градобої, тумани, імла та інші атмосферні негаразди гублять наші ниви та наносять значні збитки нашому господарству...» Ці слова були виголошені П.І. Броуновим на Першому метеорологічному з'їзді при Імператорській Академії Наук, в Санкт-Петербурзі 25 січня 1900 р. Донині ці слова залишаються справедливими ще і через те, що зміни клімату, які спостерігаються впродовж 50 ти- 60-ти останніх років, сприяють збільшенню несприятливих гідрометеорологічних явищ.

Територія суші охоплює різноманітні природні (грунтово-кліматичні) зони від холодних – тундри і лісотундри на півночі до засушливих і жарких напівпустель і пустель – на півдні. На величезних територіях, які характеризуються великою різноманітністю кліматичних умов, розвиваються різні сценарії погодних умов, що впливають на господарську діяльність людей. В екстремальних випадках гідрометеорологічні умови можуть бути небезпечними як для господарської діяльності людей, а і для їх життя.

В процесі тривалого історичного розвитку різних форм життя на Землі природно-кліматичні умови поступово змінювались під впливом великої кількості екологічних факторів (атмосферних, водних, ґрунтових, антропогенних, господарських і ін.).

Господарська діяльність людей завжди справляла вплив на навколишнє середовище. На початковій стадії розвитку цивілізації за невеликої чисельності населення і обмеженості технічних засобів ці впливи мали локальний характер. Із зростанням чисельності населення і переходом до великих промислових виробництв почався прогресуючий вплив на природу, включаючи атмосферу, а отже, і на клімат.

П.І. Вернадський першим звернув увагу на збільшення впливу господарської діяльності людей на біосферу, а отже, і на клімат.

На думку ряду спеціалістів [7, 14, 45, 51, 58, 59], найбільш потужний вплив на клімат в індустріальну епоху відбувся в результаті змін газового складу атмосфери, який зумовлює її потепління. В зв'язку з цим для пояснення глобального потепління була прийнята теорія парникового ефекту .

*Парниковий ефект* – це властивість атмосфери пропускати сонячну радіацію, але затримувати випромінювання Землі і тим самим сприяти акумуляції Землею тепла.

Накопичення в атмосфері вуглекислого газу, метану, фторхлорвуглеводів, оксиду азоту, тропосферного озону, інших газів і аерозолів, які пропускають короткохвильові сонячні промені, перешкоджає довгохвильовому випромінюванню, в результаті чого відбувається поступове потепління клімату.

Основним парниковим газом є  $\text{CO}_2$ , динаміка вмісту якого в часі відносно добре вивчена. За період індустриальної епохи відбувалося спочатку повільне, а потім прискорене зростання вмісту вуглекислого газу в атмосфері. З розвитком науково-технічного прогресу в області енергетики можна очікувати зниження викидів  $\text{CO}_2$  в повітряне середовище у зв'язку із заміною спалювання органічного палива, процесами одержання енергії з використанням термоядерних реакцій. Поряд з  $\text{CO}_2$  антропогенного походження залишаються природні джерела надходження в атмосферу вуглекислого газу – вулкани, мінералізація рослинних і тваринних решток тощо [2].

За своїм географічним положенням, структурою народного господарства, станом довкілля Україна є однією з країн, для яких соціально-економічні наслідки зміни клімату можуть бути незворотними.

Тому важливою ланкою проблеми зміни глобального клімату є вирішення агрометеорологічної задачі – оцінки зміни агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур та впливу цих змін на їхню продуктивність. Сільське господарство є найбільш вразливою галуззю економіки України щодо коливань та змін клімату. Враховуючи інерційний характер сільського господарства та залежність його ефективності від погодних умов, уже зараз необхідно прийняття своєчасних та адекватних рішень щодо складних проблем, обумовлених змінами клімату.

В останні 2 – 3 десятиліття відбулися помітні зміни температури повітря. Згідно з даними Міжнародної групи експертів по змінах клімату (МГЕЗК) середньо річна осереднена температура в ХХ столітті зросла на 0,6 °С. Інтенсивність зростання температури збільшилась майже в три рази.

Результати розрахунків за різними кліматичними сценаріями показують, що процес зміни глобального клімату, який намітився, може призвести до підвищення середньої річної температури повітря на 2 – 4 °С у Північній півкулі вже у 2025 – 2030 рр.

В зв'язку з очікуваним підвищенням температури повітря у Північній півкулі продовольча безпека України в значній мірі буде залежати від того, наскільки ефективно адаптується сільське господарство до майбутніх змін клімату. Це передбачає завчасну оцінку впливу очікуваних змін клімату на

агрокліматичні умови вирощування сільськогосподарських культур [2, 14, 44, 45].

Головна задача агроєкології полягає в кількісній оцінці наслідків та можливих негативних тенденцій стосовно впливу зміни клімату на ефективність виробництва сільськогосподарської продукції та її якості в Україні, в оцінці валових зборів та продовольчої безпеки України, науковому обґрунтуванні заходів щодо адаптації сільського господарства до очікуваних змін клімату та врахуванні фактора зміни клімату при розробці державної політики в сфері виробництва продуктів харчування.

Дослідження показали, що у зв'язку із антропогенними змінами клімату повторюваність екстремальних явищ значно збільшилася.

Лише у Європі за останнє десятиріччя від природних катаклізмів загинуло майже 40 тисяч чоловік. За даними ООН стихійні лиха, серед яких головними були пов'язані з погодними умовами, завдають людям збитків щорічно від 5 до 10 млрд. доларів США. Підвищення температури влітку вище норми на 4 – 8 °С спричинило підвищення смертності людей в Європі до 21 тис. чоловік за рік.

Серед екстремальних природних явищ гідрметеорологічні більш небезпечні для людства і його діяльності, ніж геофізичні (табл. 1.1).

Як видно із таблиці 1.1 найнебезпечнішими для людей є посухи, штормові вітри, повені. Слід зазначити, що землетруси спричиняють значні збитки народному господарству, але життю людей вони загрожують менше.

Таблиця 1.1 - Дані ВМО про зареєстровані природні катастрофи в останнє десятиріччя двадцятого століття

Природні явища, континенти	Загальні кількість катастроф	Загальна кількість постраждалих	Загальна кількість загиблих	Загальна сума збитків (млрд.дол.США)
1	2	3	4	5
Азія	2035	1888224	598290	403,5
Америка	1057	78041	47893	212,9
Повені	888	1442521	97747	272,8
Африка	804	13598	38078	2,3
Штормові вітри	748	252401	205635	198,1
Європа	644	34495	23239	19,3
Засухи /голод	223	381602	280007	30,5

Продовження табл.1.1

1	2	3	4	5
Землетруси	221	59249	17023	239,6
Лавини, селі	173	9550	2150	1,7
Океанія	143	18071	3617	11,8
Лісові і степові пожежі	123	3422	626	26,3
Екстремальні температури	112	9124	6065	16,7
Виверження вулканів	54	2157	942	0,8
Інші	25	2718	60	0,3

В Україні фіксується дуже широкий спектр екстремальних явищ, серед яких найчастіше спостерігаються дуже сильні опади (майже 50 %). Сильний вітер, смерчі спостерігаються у 20% випадків. Решта 30 % припадає на заморозки, ожеледо – заморозкові явища, тумани, град, засушливі явища та ін [59, 63].

У зв'язку зі зміною клімату кількість *ЕЯ* збільшується, що призводить до збільшення економічних збитків. Тому вивчення можливих змін клімату і передбачення появи *ЕЯ* є невідкладною задачею наукової спільноти світу.

Для вивчення можливих наслідків змін клімату використовуються різноманітні сценарії. При розробці сценаріїв зміни клімату для території України використовуються розрахунки за такими моделями:

*GISS* – модель Інституту Годдарда з космічних досліджень, чутливість до подвоєння  $CO_2$  – 4,2 °С;

*GFDL* – модель Лабораторії геофізичної гідродинаміки США, чутливість до подвоєння  $CO_2$  – 4,0 °С;

*CCSM* – модель Канадського кліматичного центру, чутливість до подвоєння  $CO_2$  – 3,5 °С;

*UKMO* – модель Метеорологічного бюро Об'єднаного Королівства, чутливість до подвоєння  $CO_2$  – 3,5 °С.

Міжнародною спільнотою, а також науковцями України вживаються заходи щодо вивчення погодо- і кліматоутворюючих процесів, які розвиваються в результаті енерго – та масообміну між атмосферою та океаном у Північній Атлантиці, та відгуки клімату України і частини території Західної Європи на зазначені кліматоутворюючі фактори. Виконується оцінка та прогнозується вплив змін клімату на біокліматичні ресурси і агрокліматичні умови вирощування

сіськогосподарських культур, їх фотосинтетичну продуктивність та формування урожаю.

### Контрольні питання

1. *Поняття про небезпечні природні явища.*
2. *Антропогенні зміни клімату і екстремальні гідрометеорологічні явища.*
3. *Методи вивчення можливих змін клімату.*
4. *Заходи міжнародної спільноти щодо вивчення змін клімату.*
5. *На яких засадах засновуються сценарії вивчення змін клімату?*
6. *Які НЯ вважаються гідрометеорологічними?*
7. *Що називається комплексом несприятливих явищ ?*
8. *Які явища вважаються несприятливими умовами погоди?*
9. *Які види небезпечних явищ ви знаєте?*
10. *Які НЯ для сільського господарства відзначаються в теплий період року?*
11. *Які групи НЯ найбільш небезпечні для економік країн?*

## 2 НЕБЕЗПЕЧНІ МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ЯВИЩА ТА ЇХ ВПЛИВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

### 2.1 Небезпечні метеорологічні явища та їх критерії

Гідрометеорологічні явища (або їх комплекси), які за своїм значенням, інтенсивністю, тривалістю, охоптом території або часу наносять або можуть нанести значний збиток різним галузям економіки називаються небезпечними гідрометеорологічними явищами (НГЯ). Гідрометеорологічне явище вважається небезпечним, якщо при його виникненні необхідно приймати спеціальні заходи для помягчення або попередження негативного впливу на галузі економіки.

**Небезпечні** (стихійні, екстремальні) гідрометеорологічні явища характеризуються значною мінливістю в часі і просторі та відзначаються складністю і строкатістю.

Відомо близько 20 небезпечних гідрометеорологічних явищ : весняне водопілля, заморозки, засухи, суховії, екстремально високі температури, пилові буревії, урагани, шквалисті вітри, смерчі, град, тривалі дощі, інтенсивні зливи, сильні і тривалі снігопади, снігові лавини, тумани, тривалі відлиги, рпморозь, безсніжжя при екстремально низьких температурах.

Кількість негативних впливів, зв'язаних з водою, кліматом і погодою, в останні роки збільшується, тому і збільшуються економічні втрати від НЯ із року в рік. З 1992 по 2001 90 % усіх стихійних лих мали метеорологічне або гідрологічне походження.

Гідрометеорологічні явища і величини, які не досягли критеріїв небезпечних яви, але ускладнюють діяльність різних галузей економіки і окремих підприємств, відносяться до несприятливих умов погоди (НУП).

*Критерії небезпечних гідрометеорологічних явищ* – це кількісні показники гідрометеорологічних величин або їх якісні характеристики, досягнувши яких стихійне гідрометеорологічне явище слід вважати небезпечним. Критерії встановлюються стосовно визначених територій та стосовно до конкретних галузей економіки територіальними та державними управління з гідрометеорології і моніторингу навколишнього середовища.

Небезпечні явища мають такі критерії:

*сильний дощ, дуже сильні опади* – кількість опадів 50 мм і більше впродовж 12 годин і менше, в гірських, селевих і зливонебезпечних районах – 30 мм і більше за 12 годин і менше;

*сильні зливи* – кількість опадів 30 мм і більше за 1 годину і менше;

*тривалий дощ* – кількість опадів 100мм і більше за 1 – 3 доби;

*великий град* – діаметр градин 20 мм і більше;

*вітер, шквали, буревії, смерчі* – максимальна швидкість вітру – 25 м/с і більше;

*сильні пилові (піщані) буревії* – швидкість вітру більше 15 м/с;

*сильні хуртовини* – впродовж дня або ночі швидкість вітру 15 м/с і більше зі снігом;

*сильні снігопади* – видимість 100 м і менше;

*сильна ожеледиця* – діаметр відкладень на проводах стандартного голольодного станка 20 мм і більше;

*сильний мороз* – коли абсолютний мінімум температури повітря в південних областях України знижується до -25 і нижче, на іншій території – до -30 °С і нижче. Особливо небезпечна температура повітря – 35 °С і нижче;

*сильна жара* – коли абсолютний максимум температури повітря в південних і південно – східних областях піднімається до 35 °С і вище, в північних і північно – західних областях України – до 30 °С і вище. Особливо небезпечна температура повітря вище 40 °С;

*надзвичайна пожежонебезпечність* – показник пожежної небезпечності більше 10 000 °С (за формулою В.Г. Несторова);

*суховій* – суховійним вважається день з температурою повітря вище 25 °С, відносною вологістю повітря менше 30 %, вітром більше 5 м/сек;

*засуха* – виникає за тривалої відсутності дощу у сполученні з високою випарованістю. За таких умов відбудується висушування шару ґрунту, де розповсюджується коріння, і порушується нормальне водопостачання рослин;

*заморозки* – зниження температури повітря (або на поверхні ґрунту) до 0 °С і нижче на загальному фоні позитивних температур впродовж вегетаційного періоду.

*Екстремально високе забруднення природного середовища.* При визначенні екстремально високого забруднення природного середовища слід мати на увазі час, що пройшов з моменту його виникнення до виявлення, та місце розповсюдження.

Для *атмосферного повітря* критерієм є вміст однієї чи декількох речовин, що перевищують гранично допустиму концентрацію (ГДК):

- у 20 – 29 разів за умови збереження цього рівня концентрації більше 2 діб;

- у 30 – 49 разів за умови збереження цього рівня концентрації 8 годин і більше;

- у 50 разів незалежно від тривалості.

Для *поверхневих морських вод* критерієм є:

- максимальний разовий вміст одного чи декількох нормованих речовин у концентрації, що перевищує ГДК у сто разів і більше;

- поява запаху води інтенсивнішою більше 4 балів і не властивою воді раніше;



- покриття плівкою більше 1/3 поверхні водного об'єкта при доступній для огляду площі до 6 км<sup>2</sup>;

- зниження вмісту розчиненого кисню до 2 мг/л і менше.

Для *грунтів* критеріями є:

- вміст пестицидів у концентраціях 50 ГДК і більше за санітарно – токсикологічними критеріями чи 10 ГДК за фітотоксичними критеріями;

- вміст забруднювальних речовин техногенного походження в концентраціях 50 ГДК і більше;

- для речовин, на які не встановлені ГДК, для ґрунту береться перевищення 100-кратної величини середнього регіонального фону.

Виникнення екстремально високого рівня забруднення природного середовища, зумовленого аварійними і залповими викидами забруднювальних речовин, відзначається:

- при збільшенні об'єму стічних вод від стаціонарних джерел чи забруднення при збільшенні концентрації забруднювальних речовин у стічних водах у 10 разів і більше;

- при скиданні нафти і інших продуктів з нафтопроводів в об'єму 10 т.

Екстремально високим забрудненням природного середовища вважається факт негативного впливу на рослинний і тваринний світ, що виявляється в масових захворюваннях або загибелі:

- водних організмів і рослин,

- тварин, коли рівень захворювань або смерті перевищує середньостатистичний у 3 рази і більше;

- рослинності.

*Високі рівні води* під час повеней, вітрових нагонів, дощових та талодощових паводків, за яких можливе підтоплення понижених частин населених пунктів, посівів сільськогосподарських культур, автомобільних та залізничних шляхів, пошкодження промислових та транспортних об'єктів.

*Низькі рівні води* – нижче проектних позначок водозабірних споруд, навігаційних рівнів, що спостерігаються десять діб і більше.

*Маловоддя* в період межені з витратами води повторюваністю один раз на десять років, що утримується більше одного місяця.

*Ранні строки осіннього льодоходу*, встановлення льодоставу на суднохідних річках, що повторюється не частіше одного разу на десять років.

*Селі і снігові лавини*, схід яких загрожує народно – господарським об'єктам.

*Вітрове хвилювання* у великих водоймищах, висота хвилі 3 м і вище.

*Обмерзання суден* – швидке і дуже швидке (0,7 см/год і більше).

*Сильне (високе) хвилювання на морях* (висота хвиль для Азовського моря більше 3 м, для Чорного та Середземного морів – більше 6 м).

*Високі або низькі рівні моря* – згінно – нагінні коливання рівнів моря вище або нижче умовних відміток, за яких спостерігаються аварійні ситуації на флоті, затоплення територій портів та інших господарських об'єктів на узбережжі.

*Сильний тягун* у морських портах – створює аварійні ситуації для суден в акваторіях морських портів.

*Інтенсивний дрейф льоду*, поява непрохідного для суден льоду, напори льоду на берег - створює небезпечні умови для мореплавства і виникнення аварійних ситуацій на флоті, пошкодження портового господарства та споруд і об'єктів на узбережжі [20].

*Лісові і степові пожежі* виникають під дією двох факторів: антропогенного (внаслідок виробничої діяльності людей та необережного поводження з вогнем) і природного (внаслідок ударів блискавок, виверження вулканів і т.ін.). Вважається, що в заселених районах до 98 % випадків загорання в степових і лісових аріонах відбувається з вини людей.

## **2.2 Сильні дощі**

*Сильні дощі* найчастіше спостерігаються на холодних синоптичних фронтах, які рухаються із заходу (38 %), також можуть бути пов'язані з південно – західними і стаціонарними циклонами (19 %). Іноді сильні дощі відзначаються при загостренні малорухомих фронтів при переміщенні циклонів з північного заходу. Зливові дощі випадають із купчасто – дощових хмар і спостерігаються, зазвичай, на невеликих площах.

Для росту і розвитку сільськогосподарських культур велике значення має не тільки кількість опадів, які випадають за день, але і розподіл їх по сезонах року, по місяцях по інтенсивності випадіння.

*Інтенсивність опадів* – це кількість опадів, які випадають за одиницю часу, розрахунки виконуються за 1 хвилину.

Сильні дощі мають яскраво виражений річний хід. Найбільша повторюваність їх спостерігається в період з червня по серпень, особливо – в липні (30 %). Найчастіше сильні дощі випадають на території однієї або 2 – 3 областей.

Сильні дощі, до 30 мм і більше, відзначаються на території України і деяких країн Європи щорічно (Німеччина, Польща, Румунія). Дощі до 50мм і більше відзначаються щорічно в Карпатах і АР Крим.

Найбільша кількість опадів в Україні відзначається в АР Крим – 265 мм, Українських Карпатах і Чернівецькій області – 237 мм, у Вінницькій області – 225 мм, Миколаївській – 213 мм, Львівській – 208 мм, Чернігівській – 200 мм областях. К.Т. Логвиновим була

розрахована повторюваність сильного дощу по території України (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Повторюваність (%) дуже сильного дощу (30 мм і більше за 12 год та менше) в окремі місяці (за К.Т. Логвиновим і ін.)

Область	Місяці								
	ІІІ	ІV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Чернігівська			13	21,7	39,1	13,1	13,1		
Сумська			9,1	40,9	31,8	18,2			
Волинська				23,8	47,6	9,6	19,1		
Рівненська				15,4	76,9	7,7			
Житомирська		7,7	7,7	46,1	23,1	15,4			
Київська		3,6	16,4	29,1	30,9	12,7	5,5	1,8	
Львівська		5,6	20,3	11,2	29,2	19,1	11,2	1,1	2,3
Хмельницька		5,9	5,9	25,5	50	-	8,8	-	2,9
Полтавська				35,7	28,6	21,4	14,3		
Харківська		2,7	5,4	32,4	29,8	27,0	2,7		
Тернопільська			9,4	34,0	28,3	15,1	13,3		
Черкаська			20,0	30,0	20,0	20,0	10,0		
Луганська				25,0	41,7	25,0	8,3		
Вінницька			3,6	25,0	21,4	39,3	10,7		
Івано-Франківська	3,6	1,4	17,0	25,5	23,4	10,6	12,1	4,3	2,1
Кіровоградська				29,3	24,4	29,3	17,0		
Дніпропетровська			5,6	33,3	44,4	16,7			
Донецька		2,4	2,4	22,0	34,1	22,0	17,1		
Закарпатська	7,5	5,2	8,9	12,2	17,8	13,6	13,2	10,3	11,3
Чернівецька		3,9	11,6	26,2	25,2	17,5	14,6	-	1,0
Одеська		3,1	3,1	14,1	35,9	21,3	21,9		
Запорізька			4,4	23,8	39,1	15,2	17,4		
Миколаївська			2,8	25,7	42,9	5,7	22,9		
Херсонська		6,7	-	16,7	40,0	13,3	23,3		
АР Крим	8,0	1,4	3,6	14,4	15,9	21,6	13,7	7,9	13,6

Сильні дощі спричиняють великі збитки народному господарству через повені, зсуви, сільові потоки. Крім того, вони сприяють поляганню зернових культур, розвитку ерозійних процесів і т. ін. Такі ж збитки спричиняють і тривалі дощі. Крім того, тривалі дощі сприяють

перезволоженню ґрунту, яке може спричиняти зменшення аерації та виникнення заболочення.

В табл. 2.2 наводиться середня кількість днів із сильними дощами по областях України.

Таблиця 2.2 - Середня кількість днів із сильними дощами (30 мм і більше, 50 мм і більше за 12 годин і менше) по областях України (за І.В. Литвиновим)

Область	Опади 30 мм і більше	Опади 50 мм і більше
1	2	3
Сумська	1,5	0,7
Полтавська	4,1	2,4
Харківська	2,1	1,3
Луганська	1,2	0,8
Кіровоградська	3,2	2,5
Дніпропетровська	2,5	1,6
Донецька	2,8	1,9
Запорізька	2,2	1,3
Одеська	4,1	2,7
Миколаївська	3,6	2,4
Херсонська	1,7	0,6
АР Крим	9,6	6,3
Чернігівська	3,2	2,1
Волинська	1,5	1,0
Рівненська	1,2	0,6
Житомирська	1,8	1,4
Київська	2,7	1,6
Львівська	4,1	2,4
Хмельницька	1,7	1,0
Тернопільська	2,9	2,0
Черкаська	2,4	1,6
Вінницька	3,0	2,0
Івано-Франківська	4,1	1,8
Закарпатська	7,6	3,1
Чернівецька	2,8	1,6

Сильні дощі з кількістю опадів 100 мм і більше спостерігаються щорічно. Найчастіші вони в АР Крим (до 60 %), рідше – в Полтавській, Харківській та Черкаській областях (30 – 50 %) і в Молдові.

Сильні дощі можуть починатись у будь – який час доби, але найчастіше вони починаються в між 16 та 22 годинами. Пояснюється це розвитком потужної конвекції в цей час.

Дослідження повторюваності сильних дощів в УкрНДГМІ дозволило виділити два основних райони із сильними дощами. Перший район – Українські Карпати і гірський Крим. До другого району належить майже вся територія України [59].

### 2.3 Великий град

Сильні дощі часто супроводжуються градом та шквалами. Утворення граду зумовлюється інтенсивними конвективними процесами, які виникають на атмосферних фронтах (основних і другорядних холодних), а також на фронтах оклюзії за типом холодного. Фронти та їх системи пересуваються в улоговинах циклонів. Інколи випадіння граду буває пов'язаним з розвитком потужної конвективної хмарності на малорухомих холодних фронтах. Особливо сильний град відзначається в денні години на фронтах із хвильовими збурженнями. Град з діаметром градин 20 мм і більше може знищити посіви сільськогосподарських культур, пошкодити дахи будинків, побити свійську птицю та дрібну худобу.

Град утворюється внаслідок підняття потужними потоками повітря великих дощових крапель у верхню частину хмари, де вони замерзають і утворюють зародки градин, які швидко збільшуються. Градини зростають до тих пір, доки швидкість їх падіння перевищуватиме швидкість потоку повітря, що підіймається, після чого вони падають [45].

Ступінь збитку від великого граду залежить від розміру градин, їх щільності, інтенсивності випадіння. Град з діаметром градин 20 мм і більше завжди завдає збитку народному господарству [45].

На території України найчастіше випадає дрібний інтенсивний град (40 % випадків). Повторюваність граду діаметром більше 30мм в Україні становить 20 %, в Молдові – 40 % (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 - Повторюваність (%) граду різного діаметра (за В.Н. Бабиченко)

Діаметр градин, мм									
Дрібний	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-100	>100
Україна									
41,5	27,3	12	8,7	2,8	1,3	0,9	0,6	0,6	4,3
Молдова									
13,2	15,7	28,9	24,1	15,7	2,4				

Град дуже часто випадає разом із сильними зливами. Найбільшого збитку він завдає сільськогосподарським рослинам в будь – який період розвитку. Повторюваність великого граду в різних регіонах України становить в середньому до 20 %. Градові явища, пов'язані з грозами, зливами, шквалами, найчастіше відзначаються з кінця квітня до середини вересня. В АР Крим градові явища спостерігаються впродовж усього року.

Сильні зливи і град випадають з потужних купчасто-дощових хмар. Тому вони, зазвичай, охоплюють порівняно невеликі площі. За таких дощів за добу може випасти 80 – 100мм опадів або і річна норма. Тому вони заподіюють значного збитку сільському господарству. Особливо великих збитків завдають сильні зливи разом з градом.

Град випадає смугами шириною 3 – 5 км та довжиною 15 – 20 км. Рідко, але ці параметри можуть значно збільшуватись. Тривалість випадіння граду залежить від потужності купчасто – дощових хмар і градового осередку. Град зриває листя, ламає дрібні гілки і пагони, обдирає кору, руйнує поверхні плодів і ягід, вибиває зерна з колосків, сприяє сильному поляганню зернових культур тощо. Збитки, нанесені градом, залежать від розміру градин, їх маси, форм та щільності, а також від фази розвитку рослин.

Дотепер міру пошкодження градом рослин зіставляють з двома чинниками: кількістю градин з діаметром вище критичного та сумарною кінетичною енергією градин на 1 м<sup>2</sup>.

Град буває супутником сильних злив. Але останні частіше спостерігаються й без граду. Інтенсивні зливи з сильним вітром спричиняють полягання посівів зернових культур на 20 – 30 % посівної площі, інколи – на 80 %. Поляганню посівів сприяють: розрідження ґрунту при сильних зливах, злам соломини через невідповідність між динамічними навантаженнями на нижню частину соломини та її міцністю, тиском дощу, вітру і граду тощо.

Сильні зливи або тривалі облогові дощі спричиняють стікання зерна (вимивання з нього пластичних речовин) та проростання зерна, як у стеблостой, так і у валках.

Щорічно збитки від граду та сильних злив у світі становлять близько 2 млрд. дол. Лєвова частка збитків – це збитки в сільському господарстві. Тому у всьому світі розробляються різні методи боротьби з потужною купчасто-дощовою хмарністю та процесами, що утворюють град.

Основою методів боротьби є запобігання процесу утворення великих градин шляхом засіву градових хмар реагентами утворюючими лід. Ядра градових хмар визначають за допомогою локаторів. Реагенти, утворюючі

лід, надсилають зенітними пушками або протиградовими комплексами типу „Облако-М”, ПТН-М, „Алазань 2М” та ін.

*Пошкодження рослин градом.* Град утворюється в потужних купчасто - дощових хмарах в теплий період року. Розміри втрат від пошкодження градом залежать від форми, розмірів, маси градин та від виду рослин і фази їх розвитку. Наприклад, квітки дерев пошкоджуються навіть великими краплями дощу. Існують межові значення розмірів градин для пошкодження різних органів рослин. Запропоновано пошкодження рослин співставляти з двома параметрами граду: кількістю градин з діаметром вище критичного та сумарною кінетичною енергією всіх часток.

*Критичний розмір* градин встановлено С. Чангномом. Він становить 6,4 мм. Якщо кінетична енергія ( $U$ ) градин перевищує значення  $U = 150$  Дж/м<sup>2</sup>, то гине весь урожай, якщо  $U = 50$  Дж/м<sup>2</sup>, то гине 25 % рослин. Як встановлено, найбільше значення  $U$  за час одного градопаду може сягати  $2 \cdot 10^3$  або  $2 \cdot 10^4$  Дж/м<sup>2</sup> [45, 75].

С. Чангном запропонував ступінь пошкодження рослин градом вважати функцією числа градин, які мають розмір вище критичного.

Швидкість падіння градин, якою визначається кінетична енергія їх, визначається двома складовими – вертикальною, що зумовлюється силами гравітації, та горизонтальною, що обумовлюється швидкістю вітру. Нижче наводяться значення кінетичної енергії ( $U$ ) градин в залежності від їх діаметра ( $d$ ).

$d, \text{мм}$ .....	5	10	20	30	40	50
$U, \text{Дж}$ ....	$3,19 \cdot 10^{-3}$	$5,11 \cdot 10^{-2}$	$8,17 \cdot 10^{-1}$	4,14	13,1	31,9

Значення критичної кінетичної енергії градин для різних органів рослини не визначено. Вважається, що це значення буде близьким до  $U = 3,19 \cdot 10^{-3}$ , що відповідає діаметрові градин близько 5 мм.

Ступінь пошкодження сільськогосподарських рослин градом визначається сумарною енергією градин, видом культури, фазою її розвитку. Для пшениці у фазі стиглості при значеннях енергії за час випадіння граду менше  $10$  Дж/м<sup>2</sup> пошкоджень не спостерігається, при  $U = 50$  Дж/м<sup>2</sup> – пошкодження досягає 25 %, при  $U =$  більше  $450$  Дж/м<sup>2</sup> – гине весь урожай.

## 2.4 Вітер і екстремальні явища, пов’язані з ним

*Вітер* – це рух повітря відносно земної поверхні, який виникає через нерівномірний горизонтальний розподіл атмосферного тиску. Вітер характеризується вектором швидкості, тобто швидкістю в будь-якому напрямку. Для оцінки сили вітру користуються такими критеріями:

*слабкий* – швидкість менше 4 м/с; *помірний* – 5...8 м/с; *середній* – 9...13 м/с; *сильний* – 14 – 20 м/с; *дуже сильний* – 21-25 м/с; *буревій, ураган* – більше 26...30 м/с.

Сильні вітри є проявом різного роду атмосферних вихорів, до яких відносяться циклони, шквали, смерчі. Циклони, при яких швидкість вітру більше 35 м/с в Європі, США називають ураганами, в Японії та Китаї – тайфунами. В гідрометеорології до небезпечного вітру відноситься вітер зі швидкістю більше 15 м/с, до особливо небезпечного – більше 20 м/с (табл. 2.4).

*Вітер* з максимальною швидкістю 25 м/с і більше відноситься до надзвичайних гідрометеорологічних явищ і приносить значні матеріальні збитки народному господарству. Під час сильного вітру відбувається інтенсивне випаровування, яке різко знижує вологість ґрунту і зменшує рівень води в різних водоймищах. Крім того, сильні вітри ускладнюють проведення багатьох видів сільськогосподарських робіт: сімба, внесення добрив, збирання врожаю тощо.

Вітер з максимальною швидкістю 25 м/с і більше, пов'язаний, головним чином, із зимовими синоптичними процесами, виникає за наявності стаціонарного антициклону над центром СНД і малорухомої депресії над Чорним морем, при проходженні улоговин на фоні сильного західного переносу, в глибоких циклонах, які переміщуються з півдня та північного заходу.

Одним із факторів, які впливають на виникнення сильних вітрів в приземному шарі повітря в горах, є формування на навітряній стороні невеликих мезоантициклонів. На їхній периферії вздовж гірських ущелин можуть виникати значні градієнти тиску. Вітер із значними швидкостями пов'язаний, головним чином, із зимовими синоптичними процесами [45, 58].

Небезпечність сильного вітру пов'язана з його руйнівною особливістю. До небезпечного вітру відноситься вітер зі швидкістю більше 15 м/с, а до особливо небезпечного – більше 20 м/с (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Класифікація небезпечності вітру (бали) за величиною максимальної швидкості (м/с)

Ступінь небезпечності сильного вітру, бали 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Максимальна швидкість вітру, м/с	<20	20-26	26-30	30-35	35-42	42-49	49-58	58-70	>70



По території України вітер зі швидкістю 25 м/с і більше відзначається щорічно (із 75 % імовірністю). В Молдові такі випадки значно рідші (всього 7 %). Найчастіше виникає вітер з такою швидкістю в січні – березні. Майже не спостерігається в серпні. Дослідження Укр НДГМІ дозволили виділити два основних райони з однотипним розподілом штормового вітру з врахуванням повторюваності максимальної швидкості:

- до першого району відносяться гірські масиви Карпат і Криму, західні і північно - західні області України та Донецький кряж. Повторюваність вітру зі швидкістю 25 м/с і більше в першому районі становить 50 % (один раз на два роки). Максимальна швидкість іноді досягає 40 м/с.

- до другого району входить значна частина території України – це північні, північно – східні, центральні та південні області України, де повторюваність сильного вітру становить 27 – 40 % (табл. 2.5).

Найменша повторюваність (20 %) стихійного вітру спостерігається в Сумській області та Закарпатській низині [58].

*Шквали* – раптове та різке посилення вітру до 25 м/с і більше, вони є дуже небезпечними і руйнівними і їх відносять до стихійних метеорологічних явищ. Шквали виникають при проходженні холодних фронтів, другорядних фронтів та фронтів оклюзії. Необхідною умовою утворення шквалу є наявність достатньо великої кількості запасів вологи в теплій повітряній масі, її вологонестійкої стратифікації, значних контрастів температури повітря як біля поверхні землі, так і на висотах. Шквали бувають всередині маси і фронтальні. Найбільш небезпечні фронтальні шквали.

Шквалисті підсилення швидкості вітру виникають в теплу пору року, в період розвитку потужної конвекції та наявності великих контрастів температур. Чіткого розподілу повторюваності шквалів не виявлено. Шквали мають яскраво виражений добовий хід з максимумом повторюваності в другій половині доби. Шквали є переважно локальним явищем. Зона шквалу зазвичай займає незначну площу.

Виникнення шквалу – процес складний і дуже мінливий у часі. На території України шквали бувають щорічно, але з різною частотою (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 - Повторюваність (%) вітру швидкістю 25 м/с і більше різної тривалості в Україні

Тривалість вітру, год	0-6	6-12	12-18	18-24	24-48	більше 48
Повторюваність, %	32,8	22,8	19,8	10,4	9,6	4,6

Шквали мають велику руйнівну силу і завдають шкод ісільськогосподарському виробництву, руйнують будівлі, обривають лінії електропередач і т.ін. Шквалова ситуація у більшості випадків (82 %) триває один день.

*Смерчі* утворюються у зв'язку із входженням тропічного повітря в південних циклонах на територію Європи і розповсюдженням холодних повітряних мас Арктичного басейну. В зоні розподілу повітряних мас контрасти температури сягають 10-12 °С. Велика вертикальна нестійкість теплої повітряної маси біля холодного фронту створює умови для утворення динамічної і термодинамічної конвекції. Така синоптична ситуація сприяє розвитку смерчів. Швидкість вітру в смерчі досягає 50 ... 100 м/с.

Із усіх стихійних явищ смерчі вивчені найменше. Смерч, який рухається зі швидкістю 70 – 90 м/с, під час руху всмоктує в себе всі предмети, живі істоти, скручує металеві опори ЛЕП, вивертає дерева з корінням, які зустрічаються на його шляху. Майже завжди смерч супроводжується сильним дощем і градом. Найчастіше смерчі виникають в теплий період року в червні – серпні, на півдні дуже рідко – у вересні та жовтні між 15 та 18 годинами.

Найбільша повторюваність смерчів (1 раз у 5 років) в південних областях – Одеській, Миколаївській, Херсонській, Запорізькій. В Київській, Волинській областях та АР Крим повторюваність смерчів складає один раз за 7 років [20].

## **2.5 Сильні пилові буревії**

*Пилові буревії (бурі)* - це переніс великої кількості завислих у повітрі мілких часток ґрунту помірним або сильним вітром на великі відстані. Пилові буревії вважаються небезпечним природним метеорологічним явищем, яке наносить значний збиток сільськогосподарському виробництву, особливо орним землям, вільним від сільськогосподарських культур і не захищених лісовими смугами.

За даними [48, 58, 59, 74 і ін.] під *пиловим буревієм* розуміють вітер зі швидкістю більше 15 м/с протягом 12 годин і більше.

Виникнення пилових буревіїв зумовлюється тривалим періодом без опадів, сильним вітром, вимушеністю верхнього шару ґрунту, відсутністю рослинного покриву, наявністю великих відкритих просторів. Суттєво впливає і орографія. Пиловим буревіям передують тривала суха погода.

Найчастіше пилові буревії спостерігаються в перехідних штормових зонах з великими баричними і термічними градієнтами, які утворюються при зміщенні потужних антициклонів із північного заходу та з півночі на південний схід і при одночасній активізації циклонічної діяльності над

Чорним морем і Малою Азією. Крім того, пилові буревії спостерігаються при проходженні холодних фронтів із заходу на схід, коли за холодним фронтом відзначаються великі баричні градієнти, шквалисте підсилення вітру.

Пилові буревії погіршують умови господарської діяльності людей. Особливо значних збитків вони завдають сільськогосподарському виробництву через пошкодження сільськогосподарських рослин, знесення з полів родючого шару ґрунту, засипання садів та виноградників.

Пилові буревії у більшості випадків виникають на невеликих площах і тільки в південних і східних областях вони можуть охоплювати значну територію.

Пилові буревії мають чітко виражений добовий хід. Найчастіше вони виникають вранці, досягаючи максимальних розмірів до полудня.

У більшості випадків тривалість пилових буревіїв становить від 30 хвилин до доби і більше. Тривалі пилові буревії виникають переважно взимку та навесні [31].

Дослідження в УкрНДГМІ показали, що за характером розподілу, повторюваності, інтенсивності і території охоплення пиловими буревіями в Україні можна виділити три райони.

До першого району відносяться південні та східні області, де пилові буревії відзначаються один раз на три – п'ять років і поширюються на значні площі.

До другого району відносяться Сумська, Харківська, Полтавська, Черкаська, Вінницька, Київська і Чернігівська області, де пилові буревії виникають один раз у десять років.

До третього району відносяться Волинська, Рівненська та Житомирська області, де буревії бувають дуже рідко. Цілковитим не спостерігається утворення буревіїв в західних областях України, гірській частині АР Крим та в Карпатах.

*Сильні хуртовини.* Взимку за наявності сильного вітру та снігу можуть спостерігатись сильні хуртовини. Вони спостерігаються протягом 12 годин і більше при швидкості вітру більше 15 м/с. Хуртовини створюють великі снігові замети, які перешкоджають нормальній роботі залізничних потягів та автомобілів на дорогах, порушують роботу авіації, зупиняють або ускладнюють роботу на будівельних майданчиках, здувають сніг з полів із зимуючими сільськогосподарськими культурами і т. ін.

Найчастіше сильні хуртовини зумовлені переміщенням циклонів і улоговин з півдня і південного заходу. Інколи вони виникають в момент проходження улоговин і «пірнаючих» циклонів із заходу і північного заходу.

Найбільша повторюваність хуртовин відзначається в гірських районах Карпат і Криму (70 % загальної кількості хуртовин). Трохи менша частина хуртовин припадає на район Донецького кряжа.

До екстремальних явищ відносяться також *сильні снігопади*, коли кількість опадів становить 20 мм і більше за 12 годин і менше. Сильні снігопади охоплюють переважно територію однієї – двох областей (50 %), територію трьох – п'яти областей сильні снігопади охоплюють у 40 % випадків і тільки 2 % випадків, коли сильні снігопади охоплюють територію 10 і більше областей.

Сильні снігопади пов'язані з виходом південних циклонів із Середземного моря, Балканського півострова та проходженням холодного фронту із хвильовими збуреннями. Вони можуть також виникати при переміщенні циклонів із заходу.

Повторюваність сильних снігопадів найбільша у передгірній частині Карпат, в Закарпатті. Трохи менша повторюваність сильних снігопадів на Подільській і Придніпровській височинах, в АР Крим та Одеській області.

*Тумани.* Несприятливі погодні умови складаються і при утворенні *сильних туманів*. Сильні тумани утворюються переважно в холодну пору року, коли після похолодання починається винос тепла з півдня на попередньо охолоджену підстильну поверхню. Тумани за своїм походженням діляться на фронтальні і ті, що утворюються всередині фронтальних мас. Виникнення сильних туманів спричиняє збої в роботі аеропортів, морських та річних портів, залізничного та автомобільного транспорту. При тривалих сильних туманах в теплу пору року швидко поширюються грибкові захворювання сільськогосподарських рослин [31].

*Сильна ожеледь.* Ожеледь вважається сильною, якщо діаметр відкладень становить 20 мм і більше. Відкладення ожеледевих утворень відбувається через адвекцію теплого, вологого повітря, яка зумовлена пересуванням циклонічних утворень із системою фронтів. В Україні утворення ожеледі пов'язане з виходом південних циклонів, пересуванням улоговин із заходу та північного заходу. Розподіл ожеледі залежить від загальної циркуляції та від місцевих умов (орографії та форм рельєфу). Ожеледонебезпечними районами в Україні є гірські райони АР Крим, Донецький кряж, Приазовська, Волинська та Подільська височини і Передкарпаття.

В середньому за рік в тому чи іншому районі спостерігаються 2 – 3 випадки сильної ожеледі.

Важливою характеристикою ожеледі є її тривалість. Ожеледоутворення може тривати від декількох десятків хвилин до декількох діб.

Бувають складні відкладення, які представляють собою послідовне відкладення різних видів обледеніння. Утворення складних відкладень пов'язане зі зміною погодних умов впродовж періоду обледеніння.

Найбільш небезпечні складні відкладення льоду, які формуються внаслідок випадіння ожеледі та зернистої паморозі. Ці відкладення спричиняють великі навантаження на лінії зв'язку та ЛЕП. У зв'язку зі складністю явища виділено приблизно чотири райони щодо ожеледнебезпечності. Перший найбільш ожеледнебезпечний район – це Сумська, Донецька, Луганська, Вінницька, Кіровоградська, Одеська, Миколаївська області, де ожеледні явища спостерігаються один раз у два – три роки.

До другого району відносяться Тернопільська, Полтавська, Харківська, Дніпропетровська, Херсонська області. В цьому районі утворення ожеледі спостерігається один раз у п'ять років.

До третього району відносяться Рівненська, Житомирська, Київська, Черкаська, Івано-Франківська, Запорізька області та АР Крим. В цих областях імовірність ожеледоутворення становить один раз в десять років.

До четвертого району відносяться Волинська, Чернігівська, Львівська та Чернівецька області, де ожеледь утворюється один раз у двадцять років.

*Пожежна небезпека.* До екстремальних явищ відноситься також *надзвичайна пожежна небезпека*- показник пожежної небезпечності більше  $10000^{\circ}$  (за формулою В.Г. Несторова). Під *пожежною небезпечкою* розуміють можливість виникнення або розвитку пожежі.

Пожежна небезпека створюється при антициклональному баричному полі і визначається висотними гребенями та ядрами антициклону азорського походження, який орієнтований на південь, південний захід та схід. За таких синоптичних процесів встановлюється малоохмарна, суха, жарка погода з великою кількістю сонячних днів. Висока температура і відсутність опадів призводять до значного висушування ґрунту, рослинності і утворення пожежної небезпечності. Пожежна небезпечність в Україні створюється в період з травня по жовтень. Найчастіше пожежна небезпека відзначається в серпні (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Повторюваність (%) надзвичайної пожежонебезпечності в окремі місяці

Місяць	05	06	07	08	09	10	11
Повторюваність, %	7,2	19,1	10,4	36,7	18,6	7,8	0,3

Найбільш часто виникають пожежі в лісових районах.

*Горіння лісу* – комплексне, узагальнююче поняття, яке показує як часто в будь-якому районі бувають лісні пожежі і яку площу лісу вони займають. Існує класифікація території щодо пожежної небезпечності лісових ділянок, яка створена на основі узагальненої середньорічної площі однієї лісової пожежі (табл. 2.6).

Із великої кількості метеорологічних факторів, які впливають на розповсюдження пожеж в лісових та степових екосистемах, виділені такі: висока інтенсивність сонячної радіації, низька відносна вологість повітря і підвищені температури.

Таблиця 2.6 – Шкала пожежної небезпечності лісового фонду за інтегральним показником

Клас пожежної небезпечності лісу	Ступень пожежної небезпечності лісу	Інтегральний показник пожежної небезпечності лісу, га
6	Надзвичайна	>90
5	Висока	50...90
4	Вище середньої	20...50
3	Середня	10...20
2	Нижче середньої	2...10
1	Низька	<2

Добре відомо, що рослини з порушеним водним балансом, які мають більш склероморфну структуру, уявляють більшу небезпеку для виникнення і розповсюдження пожеж, що в посушливі роки охоплюють великі простори лісів, степів і саван.

Багато дослідників вважають основною причиною лісових пожеж відносну вологість повітря. При відносній вологості повітря 25 % і менше пожежна небезпека в лісу дуже висока, при 30 % відносної вологості велика небезпека низових пожеж; при 60 % відносної вологості - пожежі в лісі не розповсюджуються.

Основною метеорологічною умовою виникнення пожежної небезпечності в лісах є розвиток процесів атмосферної засухи, як наслідок теплової трансформації повітряних мас в області підвищеного атмосферного тиску.

Особливу небезпеку несуть тривалі засухи в лісових зонах рідколісся Середземномор'я, гірських масивах, в тайзі Східної і Західної півкуль.

В Україні виділено три райони за можливістю виникнення надзвичайної пожежонебезпечності. До першого району відносяться південно-східні області. Імовірність виникнення пожеж один раз на два роки.

До другого району відносяться північно-східні і центральні області України. Імовірність надзвичайних пожеж становить 30 %.

До третього району відносяться західні області. Надзвичайна пожежонебезпечність становить 1 раз у 20 років [20, 31].

Лісові пожежі руйнують екологічний баланс, історично створені екосистеми, включаючи масову загибель тварин. Природне відновлення лісових екосистем відбувається через зміну рослинних співтовариств впродовж декількох десятиліть.

### *Контрольні питання*

- 1. Який показник характеризує сильну ожеледь?*
- 2. Які основні причини виникнення пожежонебезпечності?*
- 3. В яку пору року тумани відзначаються найчастіше? Чому?*
- 4. Яке явище вважається сильною хуртовиною?*
- 5. В яких районах України повторюваність сильних хуртовин і сильних снігопадів найбільша?*
- 6. Причини виникнення пилових буревіїв та райони їх найбільшої повторюваності?*
- 7. Що називається шквалом? Смерчем?*
- 8. В яких районах України найбільша повторюваність сильного вітру, шквалів, смерчів?*
- 9. Причини виникнення сильного граду.*
- 10. Який критичний розмір градин для пошкодження рослин?*

### 3 НЕБЕЗПЕЧНІ ЯВИЩА ТА ЇХ ВПЛИВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

#### 2.1 Засухи і суховії

З усіх несприятливих явищ погоди засухи наносять найбільший збиток сільськогосподарському виробництву. Найчастіше засухи і суховії виникають в умовах посушливого і сухого клімату. В нашій країні засухи і суховії завдають значного збитку сільськогосподарському виробництву тому, що близько 70 % усіх посівних площ зернових культур розташовано в зонах недостатнього і нестійкого зволоження.

Засухи виникають за тривалої відсутності опадів у сполученні з високою випаровуваністю, що призводить до швидкого висушування шару ґрунту, в якому розташовується коріння, і тим самим порушується постачання води рослинам. У результаті різкої невідповідності між потребою рослин у волозі і її недостатньому надходженні з ґрунту знижується їхній урожай. При тривалих і інтенсивних по напруженості засухах рослини повністю гинуть ще до сформування урожаю.

Засухи виникають внаслідок потужних атмосферних процесів, що охоплюють великі території і проявляються з будь-якою інтенсивністю. Ймовірність появи засух пов'язана з континентальністю клімату [7, 18, 48, 49, 61].

Розрізняють три типи посух: *атмосферну, ґрунтову і загальну*.

*Атмосферна засуха* (близько 30 %) утворюється завдяки процесам зональної циркуляції атмосфери. Над південною частиною Північно-Східної Європи розташовується зона високого атмосферного тиску, що зумовлюється відрогами Азорського та Середньоазійського максимумів або декількома малорухливими антициклонами. Такими засухами охоплюється Південь України, Нижнє Поволжя та Казахстан.

Найчастіше (до 70 %) розвиток атмосферних засух відбувається при порушенні зонального переносу, що блокується високими малорухливими антициклонами і гребенями.

Основною ознакою атмосферної засухи вважають стійку, антициклональну погоду з тривалими бездошовими періодами, високою температурою і великою сухістю повітря. Нерідко при цьому спостерігається суховій.

*Ґрунтова засуха* виникає як наслідок тривалої атмосферної засухи, коли при посиленому випаровуванні запаси вологи у ґрунті швидко зменшуються і стають недостатніми для нормального росту і розвитку рослин. Настає невідповідність між потребою рослин у воді і надходженням її з ґрунту. Це сприяє істотному зниженню урожайності



сільськогосподарських культур, які вирощуються у богарних умовах, навіть на полях з високою агротехнікою. Ґрунтова засуха може відмічатися в орному шарі (0–20 см), у шарі зосередження основної маси коріння рослин (0–50 см), у метровому шарі (0–100 см) і т.п.

За початок помірної ґрунтової засухи прийнято вважати запаси продуктивної вологи в ґрунті на рівні 85% оптимального зволоження для відповідної фази розвитку певної польової культури. Сувора засуха відзначається при 65 % цього зволоження, а дуже сувора – при 35 %.

Коли атмосферна і ґрунтова засухи спостерігаються спільно, настає *загальна засуха*, яка часто супроводжується пиловими буревіями. При тривалому періоді загальної засухи у рослин через нестачу вологи порушуються фізіологічні функції і відбувається ушкодження або загибель рослин.

Виникнення засух і суховіїв пов'язане з такими потужними атмосферними процесами, що визначають тривалу антициклональну погоду. При проходженні над територією країни сухе прозоре холодне арктичне повітря прогрівається і ще більше висушується. Випаровування ґрунтової вологи підсилюється, опади не випадають, починається засуха (рис. 3.1).



Рис. 3.1 – Схема утворення засухи (Ф.Ф. Давітая, 1966).

За часом настання розрізняють весняну, літню й осінню засухи.

*Осіння засуха* характеризується невисокою температурою повітря. Вона найбільш небезпечна для посівів озимих культур, які не встигли укоренитися і пройти фазу кущіння, вони нерідко гинуть у зимовий період. В окремі посушливі осені, коли орний шар не має необхідних запасів продуктивної вологи, посів озимих зернових взагалі недоцільний. Прикладом може бути осінь 2011 року, коли впродовж чотирьох місяців не випало і краплини дощу. Запаси вологи в орному шарі ґрунту були відсутні.

За інтенсивністю засухи умовно підрозділяють на *дуже сильні, сильні і середні* [18].

### 3.2 Критерії оцінки засух

Першу спробу надати характеристику ступеня посушливості району зробив В.В. Докучаєв. Він використовував для характеристики посушливості району порівняння опадів з випаровуваністю. Ця ідея набула широкого визнання і надалі розвивалася та поглиблювалася. Для визначення випаровуваності (потенційно можливого випаровування) і випаровування існує багато емпіричних формул. Їхнє застосування дозволило дати характеристики окремих зон щодо сухості і виявити у визначеному наближенні імовірність засух [48].

Г.М. Висоцький у 1905 р. установив відношення між опадами ( $r$ ) і випаровуваністю ( $E$ ) і виділив за величиною цього відношення природні зони: волога лісова область –  $1^{1/3}$ , перехідна лісостепова область – 1; помірно сухий степ –  $2/3$ , південний сухий степ –  $1/3$ .

Аналогічний метод пізніше застосував А. Пенк у 1910 р. Б. Лівінгстон у 1921 р. широко застосовував відношення опадів до випаровування при оцінці сухості клімату в США.

У минулому столітті для характеристики сухості вегетаційного періоду Д.І. Прянишніков застосував гідротермічний коефіцієнт, розрахований як відношення суми опадів до суми температур.

Р.Е. Давид обґрунтував можливість використання дефіциту тиску водяної пари як міру транспірації культурних рослин (1934). Надалі багато дослідників використовували це обґрунтування для оцінки вологозабезпеченості та ступеня посушливості. Формула Давида

$$\frac{E - e}{2} = f, \quad (3.1)$$

де  $f$  – випаровуваність;

$E$  – тиск насичення при даній температурі повітря;

$e$  – парціальний тиск водяної пари.

П.І. Колосков у 1925 р. запропонував використовувати для порівняльної оцінки посушливості відношення річної кількості опадів до суми середніх добових температур вегетаційного періоду, зменшеної в 100 разів.

У 1947 р. П.І. Колосков запропонував уточнений показник зволоженості  $V$ , як відношення кількості опадів  $P$  до різниці тиску насичення  $E$  за даної температури і фактичного тиску водяної пари  $e$

$$V = k \frac{P}{E - e}, \quad (3.2)$$

де  $k$  – коефіцієнт пропорційності.

Г.Т. Селянинов запропонував гідротермічний коефіцієнт (ГТК), який представляє собою відношення суми місячних опадів  $\Sigma P$  до суми температур того ж місяця  $\Sigma T$ , зменшеної в 10 разів

$$ГТК = \frac{\Sigma P}{0,1 \Sigma T}. \quad (3.3)$$

Посушливим вважається період з гідротермічним коефіцієнтом нижче 1,0; сухим – з гідротермічним коефіцієнтом нижче 0,5; ГТК < 0,4 – ознака дуже сильної посухи; ГТК = 0,4 - 0,5 – сильної, ГТК = 0,5 - 0,6 – середньої.

В.П. Дмитренко у 2003 р. запропонував водно-термічний коефіцієнт, який на відмінність від ГТК Селянинова може застосовуватись також за позитивної температури повітря нижче 10 °С і за від'ємних її значень. Цей показник має вигляд

$$ВТК = k_{TR} \frac{\Sigma R}{\Sigma T} = \frac{10 Q(T) \Sigma R}{\varphi(T) \Sigma T}, \quad (3.4)$$

де  $k_{TR}$  – термічна функція швидкості вологообміну між атмосферою і підстильною поверхнею;

$\Sigma R$  – кількість опадів за досліджуваний період, мм

$\Sigma T$  – сума температур за той же період окремо позитивних і від'ємних, °С;

$Q(T)$  – функція швидкості випаровування за заданою температурою  $T$ , за правилом Вант-Гоффа, порівняно з початковою швидкістю за деякої фіксованої температури;

$\varphi(T)$  – температурна функція в'язкості води;

10 – коефіцієнт пропорційності.

Числові значення складових функції швидкості  $Q(T)$  вологообміну між атмосферою і підстильною поверхнею наведені в табл. 3.1 а їхні сумісні значення у табл. 3.2.

Таблиця 3.1 – Значення складових функції швидкості вологообміну між атмосферою і підстильною поверхнею за різної температури (В.П. Дмитренко, 2005).

Функція	Температура, $T$ °C					
	-20	-10	0	10	20	30
$Q(T)$	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0
$10Q(T)$	1,25	2,50	5,0	10,0	20,0	40,0
$\phi(T)$	3,8	2,6	1,8	1,3	1,0	0,8

Таблиця 3.2 – Значення термічної функції швидкості волого обміну між атмосферою і підстильною поверхнею за різної температури (В.П. Дмитренко, 2005).

$T$ °C	Термічна функція $k_{TR}$ за температури $T$ °C									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-20	0,33									
-10	0,94	0,88	0,82	0,76	0,70	0,64	0,58	0,52	0,46	0,40
-0	2,77	2,54	2,31	2,10	1,89	1,71	1,52	1,38	1,25	1,10
0	2,77	3,18	3,59	3,94	4,29	4,74	5,20	5,82	6,45	7,07
10	7,70	8,53	9,42	10,32	11,21	12,49	13,77	15,06	16,36	18,13
20	20,0	22,25	24,51	27,46	29,40	31,16	33,72	37,81	42,01	46,0
30	50,0									

Для загальної оцінки сухості або вологості клімату використовується формула, запропонована В.П. Поповим (1948),

$$P = \frac{\Sigma g}{2,4(t - t')n}, \quad (3.5)$$

де  $P$  – показник сухості клімату;

$\Sigma g$  – річна кількість ефективних опадів;

$t - t'$  – психрометрична різниця;

$n$  – коефіцієнт, який залежить від довжини дня.

А.А. Камінський на основі врахування відносної вологості повітря самого сухого місяця о 13 годині і середньої температури вегетаційного періоду виділив щодо зволоження шість кліматичних областей.

М.М. Івановим для оцінки засухи використовувалось відношення річної кількості опадів до випаровуваності

$$K_i = \sum P / E_o . \quad (3.6)$$

Для обчислення випаровуваності ним була розроблена емпірична формула і

$$E = 0,0018(25 + T)^2(100 - a), \quad (3.7)$$

де  $E$  – випаровуваність за місяць, мм;

$T$  – середня місячна температура повітря, °С;

$a$  – середня відносна вологість повітря за місяць, %.

Як показник атмосферного зволоження  $Md$  Д.І. Шашко (1961) використовує відношення суми опадів  $P$  до суми середніх добових значень дефіциту тиску водяної пари  $E - e$

$$Md = \frac{\sum P}{\sum (E - e)}. \quad (3.8)$$

Д.І Шашко для характеристики міжрічної мінливості показника зволоження склав робочу таблицю, яка характеризує імовірність різних за зволоженням місяців (табл. 3.3).

Для встановлення початку засухи М.В. Бова в 1941 р. запропонував наступну формулу

$$k = \frac{10(H + Q)}{\sum T}, \quad (3.9)$$

де  $k$  – показник засушливості;

$H$  – запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0–100 см навесні;

$Q$  – кількість опадів, що випали з весни і до настання засухи;

$\sum T$  – сума температур від дати переходу через 0 °С.

Показник  $k$  включає три основних фактори, які значною мірою визначають умови росту сільськогосподарських культур. Значення  $k$  зростає при поліпшенні умов зволоження і зменшується з підвищенням температури. Час установлення значення  $k$ , рівного 1,5, береться за початок засухи.

Таблиця 3.3 – Імовірність (%) різних за зволоженням місяців для середніх за місяць коефіцієнтів зволоження,  $Md$

$Md$	$Md$ різної ймовірності					
	сухий	засушливий	напівзасушливий	налівологий	вологий	надмірно вологий
	0,15	0,15-0,25	0,25-0,35	0,35-0,45	0,45-0,60	більше 60
0,05	98	2	0	0	0	0
0,10	80	16	4	0	0	0
0,15	63	22	10	3	2	0
0,20	45	28	13	8	4	2
0,25	34	29	14	10	8	5
0,30	27	24	21	8	10	10
0,40	17	18	19	13	13	20
0,50	13	13	15	15	19	26
0,60	10	9	13	13	18	37
0,70	8	9	9	10	17	47
0,80	7	8	7	8	15	55
1,0	5	6	6	7	10	66

За П.І. Броуновим (1904) сума опадів менше 5 мм за декаду з квітня по грудень є ознакою посушливості.

Для оцінки загальних засух (атмосферних і ґрунтових) Є.С. Уланова у 1973 р. запропонувала використовувати коефіцієнт зволоження

$$K_1 = \frac{W_6 + \sum O_{V-VI}}{0,01 \sum T_{V-VI}}, \quad (3.10)$$

де  $W_6$  – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту під час стійкого переходу середньої добової температури повітря через 5 °С на весні, мм;

$\sum O_{V-VI}$  – сума опадів за травень – червень, мм;

$\sum T_{V-VI}$  – сума середніх добових температур повітря за травень – червень.

Значення коефіцієнтів зволоження відповідають:

$K_1 < 15$  – дуже сильна засуха,

$15 \leq K_1 < 20$  – сильна засуха,

$20 \leq K_1 < 25$  – середня засуха.

Існує чітка залежність між коефіцієнтом  $K_1$  і середньою врожайністю озимої пшениці (рис. 3.2, табл. 3.4).

Таблиця 3.4 - Значення коефіцієнта зволоження ( $K_1$ ) і відповідної врожайності озимої пшениці (Уланова Є.С., 1988)

$K_1$	Інтенсивність засухи	Урожайність, ц/га
$<15$	Дуже сильна	8...10
$15 \leq K_1 < 20$	Сильна	10...15
$20 \leq K_1 < 25$	Середня	15...20

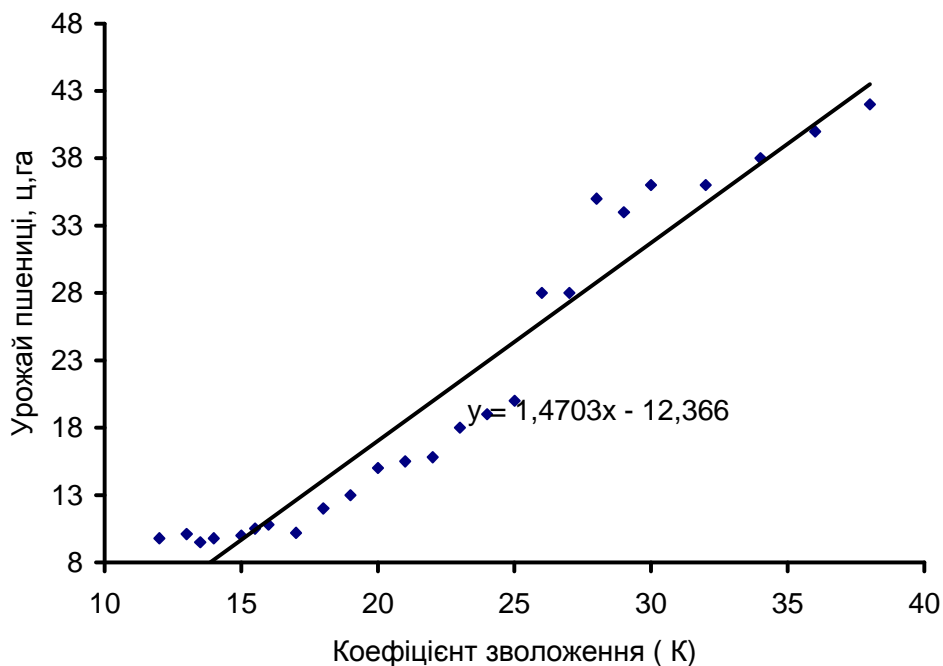


Рис. 3.2 - Залежність середньої обласної урожайності озимої пшениці від коефіцієнта зволоження  $K$  в південно-східних районах України

Багато дослідників за основу оцінки інтенсивності засухи беруть зниження урожайності провідної сільськогосподарської культури в районах, які зазнають дії засухи. Так, за О.В. Процеровим, зниження середнього урожаю до 20 % – *слабка засуха*, від 20 до 50 % – *середня* і більше 50 % – *сильна*.

О.І. Руденко запропонував використовувати такі показники: *дуже сильна засуха* – опади до 18 мм за період сходи – колосіння ярої пшениці і зниження урожаю більше 50 %; *сильна засуха* – опади до 30 – 35 мм за аналогічний період і зниження урожаю на 20–50 %; *середня засуха* – опади більше 35 мм і зниження урожаю до 20 %.

Інтенсивність засух згідно з О.І. Руденком наводиться в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Показники інтенсивності засух (за О.І. Руденком)

Інтенсивність засух	Сума опадів від сходів до колосіння, мм	ГТК	Кількість посушливих декад	% опадів від норми за вегетацію
Дуже сильна	близько 18	0,4	5 і більше	40-50
Сильна	30-35	0,4-0,5	3-4	60-70
Середня	трохи більше за 35	0,5-0,6	2 і менше	біля 80

Ряд дослідників (В.М. Обухов, О.А. Дроздов, А.В. Мещерська) оцінюють атмосферні засухи за сумою опадів у відсотках середньої багаторічної (кліматичної норми). Дуже сильна засуха спостерігається при сумі опадів менше 50 % норми, сильна – при 50–70 %, середня – при 71–80 % норми.

Відомо, що найбільш надійний показник засухи – дані про вологість ґрунту. Зниження весняних запасів продуктивної вологи у метровому шарі до 60 мм є ознакою загрозовано поганих умов забезпеченості вологою рослин протягом літньої вегетації навіть при значних літніх опадах. Весняні запаси продуктивної вологи в степових і лісостепових районах менше 100 мм також у більшості випадків призводять до незадовільної вологозабезпеченості сільськогосподарських культур. Висушування верхніх шарів ґрунту в період вегетації – найважливіший показник при характеристиці засухи.

За даними М.С. Кулика, зниження запасів продуктивної вологи в орному шарі ґрунту до 19 мм варто вважати початком посушливого періоду, а до 9 мм – початком сухого періоду. Декади, протягом яких запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–20 см становлять < 20 мм, відносяться до посушливих, а декади з запасами вологи <10 мм – до сухих. Три сухі декади в період кушіння – молочна стиглість - це ознака засухи, чотири-п'ять декад є ознака сильної засухи. Якщо три сухі декади почалися при запасах продуктивної вологи <60 мм у шарі 0–100 см, то це варто вважати показником сильної засухи, а чотири-п'ять сухих декад – дуже сильної засухи.

Ще один підхід до кількісної оцінки засух запропонований Д.А. Педем, розраховується за формулою

$$S = aT/\bar{b}_T - ar/\bar{b}_r, \quad (3.11)$$



де  $aT$ ,  $ar$  – відхилення від середніх багаторічних значень середньої температури повітря та кількості опадів;

$b_T$ ,  $b_r$ , - стандартні середньоквадратичні відхилення.

За цим показником використовується така класифікація для оцінки засух та умов зволоження: норма – від – 1 до + 1; слабка засуха – від 1 до 2; середня засуха – від 2 до 3; сильна засуха – більше 3; слабке зволоження - від – 1 до – 2; середнє – від -2 до – 3; надмірне зволоження – більше – 3.

### *Контрольні питання*

- 1. Що називається засухою?*
- 2.Схема утворення засух.*
- 3. Класифікація засух.*
- 4. Критерії оцінки засух за метеорологічними величинами.*
- 5. Критерії оцінки засух за запасами продуктивної вологи.*
- 6. В які періоди розвитку рослин засуха найбільш небезпечна?*
- 7. В чому полягає оцінка засух за Є.С. Улановою?*
- 8. Як оцінюються засушливі явища О.І Руденком?*
- 9.В чому полягає оцінка посушливих явищ Д.І. Шашко?*

### **3.3.Агрометеорологічні показники суховіїв.**

*Суховій* – це складне метеорологічне явище, яке характеризується низькою відносною вологістю повітря (< 30 %) вкупі з високою температурою (вище 25 °С) і швидкістю вітру не менш ніж 5 м /сек. Такий збіг факторів зумовлює високу випаровуваність, що веде до порушення водного балансу рослин.

Суховій є результатом розвитку визначених атмосферних процесів. Утворення суховіїв пов'язане з синоптичними процесами великого масштабу, при яких шар повітря з низькою відносною вологістю досягає потужності 2...3 км і більше. Виникнення суховіїв пов'язане з руйнуванням зональної циркуляції атмосфери і обумовлене наявністю теплового високого антициклону над центральними і південно-східними районами Європи при потужній адвекції тепла з півдня або з південного заходу та адвекції холоду у східні райони.

Порушення водного балансу рослин призводить до того, що вони в'януть, жовтіють, а потім починає засихати листя, утворюється щупле зерно, осипаються репродуктивні органи.

Інтенсивність пошкодження рослин залежить від величини розриву між випаровуваністю і водопостачанням рослин. Це свідчить про те, що

показники пошкодження від суховіїв повинні бути комплексними. Складність явища суховіїв привела до створення різними авторами багатьох визначень суховіїв та їх кількісних характеристик: А.А. Камінським, Є.Є. Федоровим, Н.К. Софотеровим, М.С. Куликом, Г.Т. Селяниновим, О.О. Цубербіллер та ін.

А.А. Камінський за суховій приймає такий вітер, при якому відносна вологість ні в один із термінів спостереження не піднімається вище 50 % за відносно високої мінімальної температури повітря.

Є.Є. Федоров за суховійний запропонував вважати день з середньою за добу температурою вище 27,5 °С, при середній відносній вологості менше 60 % незалежно від швидкості вітру, а за середньої температури  $t = 22,5 \dots 27,5$  °С - дні з відносною вологістю 40 % і нижче та сильним вітром.

Н.К. Софотеров за суховійні дні приймає дні з максимальною температурою 30 °С і денним дефіцитом насичення 24 мм.

М.С. Кулик вказував на те, що серед агрономів найпоширенішим критерієм суховіїв є відносна вологість повітря о 13 годині - менше 30 %, температура повітря в той же термін вище 25 °С і швидкість вітру 5 м/с і більше. Таким же критерієм запропонував користуватись і І.Є. Бучинський з деякими модифікаціями.

Г.Т. Селянинов вважав доцільним приймати за суховійний – день з добовою випаровуваністю 8 мм і більше (за добовими даними випарника Вільде). Г.Т. Селянинов підкреслював, що така випаровуваність спостерігається при середній за добу вологості повітря 50 %, при підвищеній швидкості вітру або високій температурі.

*Виходячи із вищевикладеного під суховієм слід розуміти горизонтальний потік повітря з підвищеною температурою та низькою відносною вологістю, який виникає на периферії антициклону, що найчастіше утворюється в трансформованому арктичному повітрі.*

Арктичне повітря, просуваючись на південь, попадає в антициклональну циркуляцію, прогрівається, ще більше висушується і по південній та південно-західній периферії антициклону попадає в степові і лісостепові райони ЄЧ СНД у вигляді суховію. Тому в південних і в південно-східних районах СНД суховії мають східний, південно-східний або південний напрямок.

При суховіях рослини пошкоджуються через порушення в їх організмах водного балансу в сторону перевищення витрат вологи через транспірацію над її приходом через коріння. Найсильніше діють суховії на зернові рослини під час колосування, цвітіння та наливу зерна.

Дослідження О.О. Цубербіллер [68] показали, що причиною пошкодження рослин при суховіях є невідповідність між постачанням води рослинам і випаровуваністю. Ця невідповідність під час суховію

переходить певну межу, яка не постійна і змінюється в залежності від багатьох факторів.

О.О. Цубербіллер за показник пошкодження рослин від суховіїв використовувала «евопорометричний коефіцієнт» Скворцова

$$K_e = \frac{U_\phi}{U_{cm}}, \quad (3.12)$$

де  $U_\phi$  – випарування з природної поверхні поля, мм;

$U_{cm}$  – випарування зі «стандартної» водної поверхні, що розраховується за формулою Мейєра-Тихомирова

$$U_{cm} = 0,012D, \quad (3.13)$$

де  $D$  – дефіцит тиску водяної пари, гПа.

Цей коефіцієнт відображає співвідношення між фактичним (вимірним) випаровуванням з природної поверхні поля і випаровуванням із стандартної водної поверхні.

Сприятливі умови для нормальної життєдіяльності рослин складаються, якщо  $K_e = 0,8 - 1,5$ .

О.О. Цубербіллер встановила агрометеорологічні показники суховіїв, для чого розділила їх за інтенсивністю на *слабкі, середні, сильні і дуже сильні* і розробила оцінку ступеня пошкодження рослин на прикладі зернових культур (табл. 3.6).

Також нею розроблена оцінка умов суховійності стосовно формування зерна різної наповненості (табл. 3.7).

О.О. Цубербіллер вказує, що такі градації суховіїв не будуть пошкоджувати рослини за умов наявності достатніх запасів продуктивної вологи в ґрунті.

Частота виникнення суховіїв, кількість днів з суховіями різної інтенсивності та тривалості змінюються по географічних зонах. Для кожної зони притаманний свій тип кривої річного ходу кількості днів із суховіями.

Частота виникнення суховіїв, кількість днів з суховіями різної інтенсивності та тривалості змінюються по географічних зонах. Для кожної зони притаманний свій тип кривої річного ходу кількості днів із суховіями.

В лісовій зоні максимум кількості днів із суховіями спостерігається в травні, в лісостеповій - один навесні, другий в середині або наприкінці літа. Таке ж явище спостерігається і в степових районах. Для європейської частини СНД була розроблена таблиця імовірності кількості днів із суховіями в залежності від середньої багаторічної кількості днів (табл. 3.8).

Таблиця 3.6 – Агрометеорологічні критерії пошкодження зернових культур суховіями (за О.О. Цубербіллер)

Метеорологічні величини		Типи суховіїв			
		слабкі	середньої інтенсивності	Інтенсивні	дуже інтенсивні
Випаровуваність (мм/д)		3-5	5-6	6-8	>8
Дефіцит насичення повітря в будці о 13 год	<10	15-24	25-29	30-39	>40
Для швидкості вітру 5 м/с	≥10	10-14	≥20	≥25	≥35
Запаси продуктивної вологи (мм) по шарах (см), при яких спостерігається пошкодження	0-20	≤20	≤10	≤10	–
	0-50	≤50	≤30	–	–
	0-100	≤80	≤50	≤30	≤30
Характеристика пошкодження рослин		Легке зниження тургору	Значне зниження тургору, скручування листя, пожовтіння, підсихання. У рослин можливий невеликий захват через 3-5 днів	Сильне в'янення і всихання вегетативної маси, захват зерна через 2-3 дні у загартованих рослин, у незагартованих – через 1-2 дні	Швидке і сильне пошкодження вегетативної маси, захват зерна через 1-2 дні

Таблиця 3.7– Оцінка умов суховійності періоду «третій лист – воскова стиглість» стосовно формування маси 1000 зерен ярої пшениці (за О.О. Цубербіллер)

Зона	Інтенсивність суховіїв, гПа	Число днів з суховіями, за яких формується маса 1000 зерен		
		висока	середня	низька
Лісостеп Західного Сибіру	≥20	< 7	7-34	>34
Степи Західного Сибіру	≥20	<17	7-35	>35
	≥30	<2	2-17	>17
Степи Поволжя	≥20	<4	4-20	>20

В лісовій зоні повторюваність інтенсивних суховії невелика – один раз на 10 – 20 років, тому і пошкодження зерна в цій зоні всього у 10 % років.

В лісостеповій зоні повторюваність суховіїв збільшується. Суховії середньої інтенсивності бувають щорічно, а сильні – від двох до п'яти разів на 20 років і зерно пошкоджується тут 1-2 рази за десять років.

Таблиця 3.8 – Імовірність числа днів із суховіями в окремі роки (%) в залежності від середньої багаторічної кількості днів

Середня кількість днів із суховіями	Імовірність кількості днів із суховіями (%)						
	0	10	30	50	70	90	100
20	10	75	25	5	0	0	0
30	10	90	50	20	5	0	0
40	5	95	70	35	15	0	0
50	0	100	75	45	35	5	0
60	0	100	80	65	45	20	5
70	0	100	95	70	50	25	10
80	0	100	95	75	60	30	15

В степовій зоні повторюваність ще більше зростає, а пошкодження зерна спостерігається 3 - 5 разів за десять років.

С.І. Смирнова виконала порівняння добових змін метеорологічних елементів в суховійні і не суховійні дні (табл. 3.9).

Таблиця 3.9 – Типізація інтенсивності суховіїв за дефіцитом насичення парціального тиску водяної пари (гПа) і швидкості вітру (С.І. Смирнова, 1976)

Метеорологічні елементи	Дні	
	суховійні	не суховійні
Температура повітря, °С	15,4	13,1
Відносна вологість повітря, %	30	35
Швидкість вітру, м/с	3,0	2,5
Ріст нестачі насичення від 7 до 13 г, мб	21,1	12,4

### 3.4 Засушливі умови і урожай

Із усіх несприятливих гідрометеорологічних явищ найбільший збиток сільському господарству наносять інтенсивні тривалі засухи, які охоплюють значні території. За дослідженнями Є.С. Уланової та Г.І. Страшної зменшення урожайності зерна в посушливі роки досягає 40% і більше.

У зернових культур насіння при проростанні часто піддається впливу високих і дуже високих температур. Відомі випадки, коли температура ґрунту при проростанні пшениці досягала 45 °С, а кукурудзи – 55 °С. Паростки дуже чутливі до підвищення температури, тому маса паростків при температурі вище 20 °С і відповідному прискореному розвитку знижується. Це може призвести до зменшення кінцевої урожайності, навіть якщо надалі умови для формування врожаю будуть оптимальними. Маса пагонів і коренів у паростків кукурудзи знижується на 10 %, на кожен градус перевищення температурного порога в 26 °С.

У пшениці кількість листків не залежить від температури, а залежність загальної площі листя однієї рослини від температури в цілому опосередкована через вплив температури на розміри листків і тривалість їхнього життя. Інші параметри, що визначають потенційну кількість зерен, навпаки, сильно залежать від температури і знижуються пропорційно скороченню тривалості періоду до цвітіння. Кількість пагонів і відповідно, колосків на одну рослину, а також кількість колосків у колосі і квіток у колоску мають тенденцію до зниження при підйомі температури вище 15 °С в період до початку цвітіння.

Існує генотипова варіація залежності кількості колосків і квіток від підвищених температур.

Порогові температури ушкодження для генеративних органів набагато нижчі, ніж для інших органів. Так, у кукурудзи зменшення закладки насіння відбувається при температурі вище 38 °С головним чином через зменшення здатності пилка до проростання і росту пилкової трубки, а поява тичинкових ниточок і насінних зачатків менше залежать від високих температур.

Період після цвітіння у зернових культур характеризується більшим впливом високих температур, які спричиняють серйозні порушення фізіологічних процесів і відповідно впливають на формування врожаю і його якість. Розвиток зародка може загальмуватися, якщо температура перевищить порогове значення для даної культури або сорту. Оскільки запліднення у зернових не синхронізовано навіть у межах окремого колоска, важко відокремити вплив високої температури на запліднення і ранній розвиток зародка.

При вивченні впливу помірно високих температур (15–32 °С) на формування врожаю у зернових культур встановлено, що втрати урожаю можуть скласти 10–15 %, наприклад для рису і кукурудзи (рис. 3.2)

Ярі культури (рис, кукурудза) у цілому більш стійкі до жару, чим озимі (пшениця), так втрата маси зернівки при перевищенні температури на 1 °С складає 4 % від максимуму у пшениці, 3% – у кукурудзи і лише 1 % – у рису. Подібне зниження маси зернівки зумовлено різною чутливістю до температури швидкості і тривалості наливу. При цьому тенденція приблизно однакова для всіх культур: у міру підвищення температури збільшення швидкості наливу зернівки не компенсує зниження тривалості наливу. Наприклад, у пшениці тривалість наливу знижується з підвищенням температури приблизно на три доби на кожен градус підвищення температури в діапазоні 16–26 °С. При подальшому підвищенні температури реакція стає асимптотичною, в результаті при підвищенні денної/нічної температури з 21/16 °С до 30/25 °С період наливу зерна скорочується практично в 2 рази.

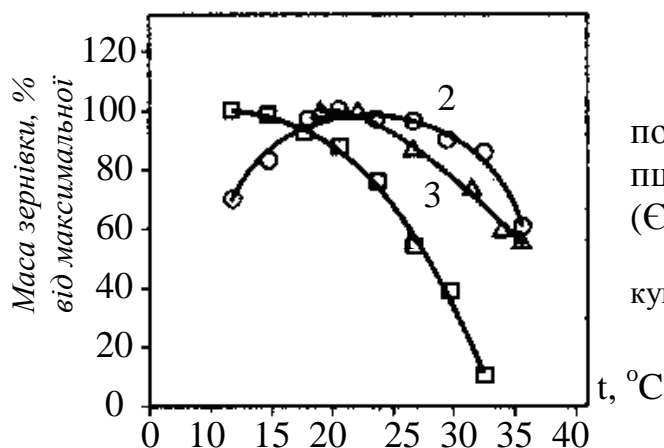


Рис.3.3 Вплив температури повітря на масу однієї зернівки пшениці, рису, кукурудзи (Є.І. Кошкін, 2010).

1 – пшениця; 2 – рис; 3 – кукурудза.

При дії прогресуючої засухи спостерігається певна послідовність порушення основних процесів, які складають енергомасообмін рослин: ріст, фотосинтез, дихання. По стійкості до зневоднювання ці процеси розташовуються в зворотному порядку: дихання, фотосинтез, ріст. Динаміка співвідношення між цими процесами представлена в роботі І.А. Куперман і О.В. Хитрово. Якщо взяти за критерій зміну масообміну, то зміну стану рослин при дії прогресуючої засухи умовно можна розділити на фази: позитивного  $t_1...t_5$ , нульового  $t_5...t_6$  і негативного  $t_6...t_8$  балансу органічної речовини (рис. 3.4).

Перша фаза характеризується відносно сприятливими для протікання різних фізіологічних процесів умовами, але новоутворення уже загальмоване і надземна частина не в змозі освоїти вуглеводи, які утворюються в процесі фотосинтезу, тобто «пропозиція» перевищує «попит» і відбувається

«затоварення» вуглеводами, яке виражається в підвищенні їхньої концентрації. Незважаючи на збільшення напруженості у забезпеченні рослини водою, коренева система знаходиться у відносно більш сприятливих умовах і може використовувати ці вуглеводні «надлишки» на освоєння нових об'ємів ґрунту. Отже, компенсаційні реакції першої фази пов'язані значною мірою на рівні регуляції організму і супроводжуються активним проникненням рослини в більш вологі шари, тобто носять «динамічний» характер.

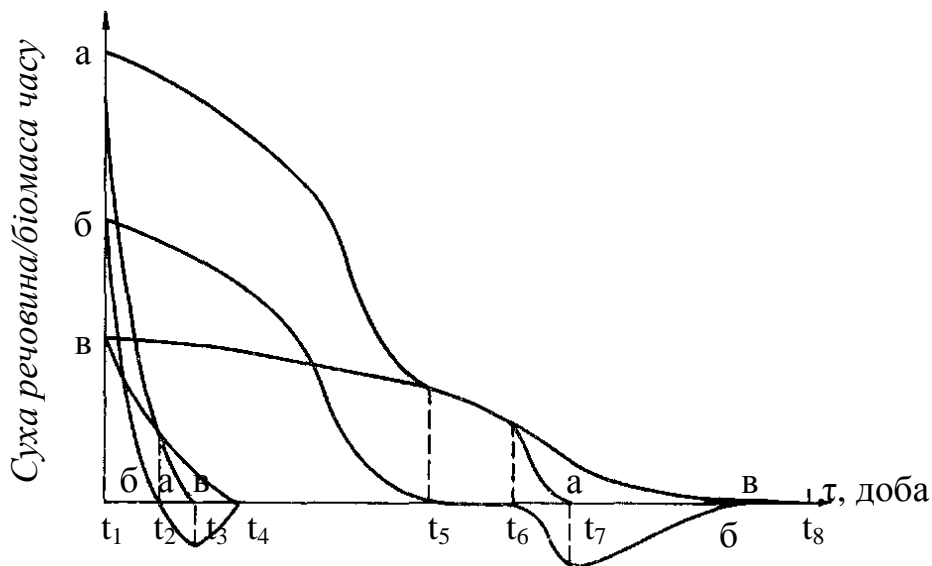


Рис. 3.4 – Зміна відношення між інтенсивністю фотосинтезу, дихання і приросту в період засухи (І.А. Куперман і О.В. Хитрово, 1973).

а – фотосинтез; б – приріст; в – дихання;  $t_1...t_4$  – швидке зневоднювання;  $t_1, ..., t_8$  – прогресуюча посуха;  $t_2, t_5, t_6$  – час настання нульового балансу органічної речовини;  $t_3, ..., t_7$  – час припинення фотосинтезу.

При подальшому посиленні засухи в результаті зниження інтенсивності фотосинтезу і погіршення умов для росту масообмін падає до компенсаційного рівня (друга фаза); при цьому новоутворення можливе тільки за рахунок внутрішніх резервів і лише в дуже обмежених зонах росту. До цього часу може бути витрачена вся доступна волога, внаслідок чого ріст коренів буде припинений. Компенсаційні реакції в такому стані вже менше пов'язані з організмом як цілісною системою і здійснюються за рахунок локального опору окремих органів, тканин і клітин, зв'язок між якими неухильно слабшає, тобто опір стає все більш «статичним».

У третю фазу спостерігається «негативний приріст», тобто енергія, затрачена на існування активної біомаси, уже не покривається за рахунок зовнішнього енергомасообміну. При цьому змінюється співвідношення між активними і пасивними (омертвілими) елементами клітин і тканин на



користь останніх, які служать, з одного боку, донорами речовини й енергії, а з іншого, фізичним захистом активних елементів від руйнівної дії зовнішнього середовища. У подібних умовах різні сорти можуть існувати, очевидно, різний час. Поступово навіть у найбільш стійкої і захищеної частини біомаси починають переважати глибокі незворотні порушення, які призводять до припинення дихання і загибелі рослини.

Міра небезпечності засух та суховіїв залежить в першу чергу від посухостійкості рослин того чи іншого виду і сорту. Серед сільськогосподарських культур найбільше пошкоджуються засухами і суховіями ярі зернові культури, які найбільш активно розвиваються у весняно-літній засухонебезпечний період. Більш сприятливі умови складаються для озимих зернових культур через те, що в них краще розвинене коріння і тому вони краще використовують ґрунтову вологу.

Є.С. Улановою та Г.І. Страшною встановлено, що існує чітка залежність урожайності зернових культур від гідротермічного коефіцієнта за травень – червень для південно-східних областей України (рис. 3.5)

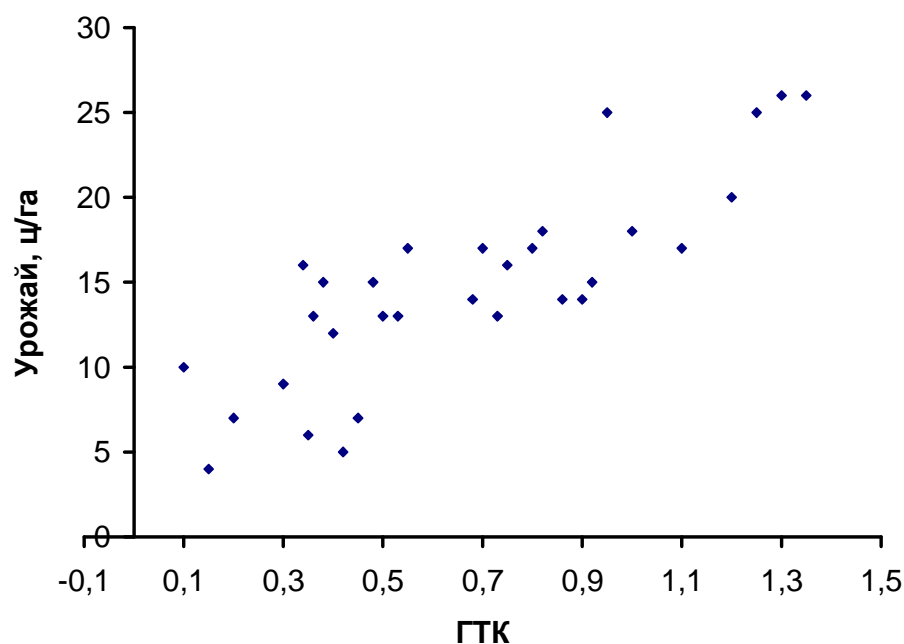


Рис. 3.5 – Залежність урожайності зернових культур від гідротермічного коефіцієнта за травень – червень ддля південно-східних областей України.

При виникненні сильних суховіїв пошкодження рослин можливе за дуже короткий термін (через 12 годин).

За даними Л.Є. Пасечнюк та В.А. Сеннікова засушливі умови несприятливо впливають на формування висоти стеблостою та

продуктивної кущистості зернових культур. Встановлено вплив кількості днів ( $x$ ) із суховіями за період 3-ій лист – цвітіння на висоту рослин ярої пшениці ( $y$ ) в степових районах. Залежність виражається рівнянням

$$\begin{aligned} Y &= 499,9 x + 26.6, \\ S_y &= 13 \text{ см} \end{aligned} \quad (3.14)$$

В лісостепових районах залежність висоти рослин від кількості суховійних днів має меншу тісноту.

Цими авторами також проведено дослідження впливу кількості днів із суховіями на формування репродуктивних органів ярої пшениці. Встановлено, що найбільше зменшення кількості колосків у колосі відбувається при кількості днів із суховіями за період третій лист – цвітіння більше 16 та кількості опадів за цей період не більше 40 мм і запасів вологи в орному шарі ґрунту у фазу виходу у трубку менше 20 мм.

Кількість зерен в колосі в значній мірі визначається умовами навколишнього середовища в період закладки колосу, диференціації колосу та квітки, кількості повністю сформованих та запліднених квіток. Нестача вологи на початку фази виходу у трубку та наступні десять діб проявляється у збільшенні кількості безплідних квіток, а потім колосків.

З настанням фази молочної стиглості закінчується період формування зернівки і починається період наливу зерна, який продовжується до фази воскової стиглості. Несприятливі умови в цей період порушують приріст сухої речовини і зменшують масу 1000 зерен.

Визначають два типи пошкодження від засух і суховіїв: *захват* зерна – пошкодження від надмірної втрати вологи і *занал* зерна – пошкодження від перегріву.

Щупле зерно в засушливі роки відзначається малим вмістом в ньому вологи, який інколи доходить до того, що неможливе вже надходження пластичних речовин в зерно. При сильних суховіях тривалість міжфазного періоду колосіння – воскова стиглість різко скорочується, вологість зерна зменшується до 40 %, а за такої вологості зерна відбувається згортання гідрофільних колоїдів, рослини завчасно засихають і дають щупле зерно. Вплив високих температур на формування врожаю для різних культур різний. На зменшення врожаю за високих температур впливає ціла низка чинників: зменшення кількості органів у відповідну фазу онтогенезу, зменшення кількості пагонів і т.ін. У кукурудзи, рису, озимої пшениці втрати урожаю можуть бути 10 – 15 %, тоді як у ярої пшениці - тільки 4 %.

Втрати урожаю значною мірою залежать від зміни швидкості наливу зерна при підвищених температурах. Зменшення маси зернівки зумовлюється різною залежністю від температури швидкості і тривалості наливу зернівки. По мірі підвищення температури збільшення швидкості наливу зернівки не компенсує зменшення тривалості наливу. Тривалість

наливу зернівки зменшується з підвищенням температури приблизно на 3 доби на кожен градус підвищення температури вище критичної.

Зниження урожайності в умовах сильної жари зумовлюється заторможеною здатністю перетворювати фотоасиміляти на крохмаль. Помірно високі температури впливають на розмір крохмальних гранул А-типу та їх кількість, незначно зменшують вміст сахарози в зернівках усіх зернових культур. Кінцевий результат впливу підвищених температур на урожайність залежить також від того, в який період наливу зернівки вони виникають. Особливо чутливий вплив високих температур на початку розвитку зернівки.

Значною мірою атмосферою засухою пояснюється і явище запалу зерна, яке найчастіше спостерігається на півдні та південному сході країни. Поява жаркого сухого вітру на фоні засухи за декілька годин спричиняє різке погіршення якості зерна. Особливо великі пошкодження і втрати врожаю спостерігаються при виникненні сильних суховіїв на фоні ґрунтової засухи, коли запаси продуктивної вологи у ґрунті менше 30 мм, кількість днів з дефіцитом насичення 25 мм не менше 3. Була розрахована номограма сумарної ймовірності можливої кількості днів із суховіями (рис. 3.6).

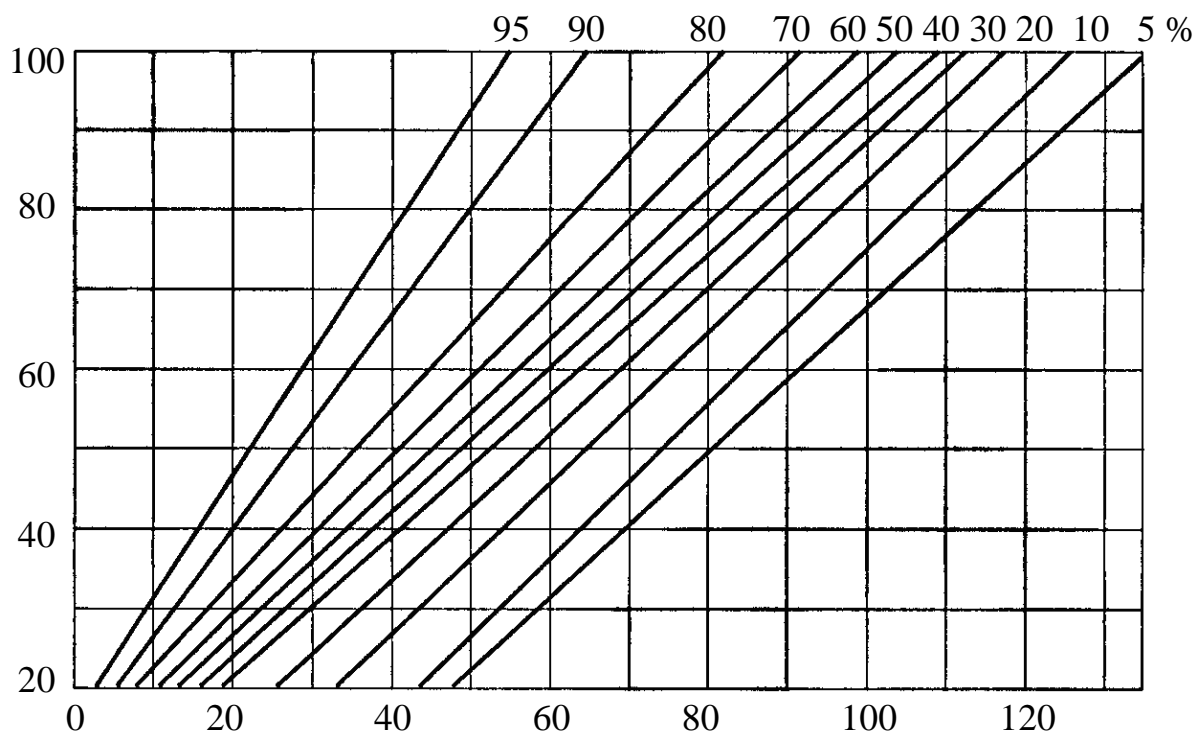


Рис. 3.6 - Номограма сумарної ймовірності можливої кількості днів з суховіями в залежності від середньої багаторічної їх кількості (у) за період квітень-вересень на ЄЧ СНД. (за В.О. Селяниновим і Л.Є. Пасечнюк )

Ярі культури можуть пошкоджуватись засушливими умовами в будь-який період розвитку. Дослідженнями Жукова В.А., Святкіної О.А. встановлено, що дія засухи в різні міжфазні періоди по різному впливає на втрати урожаю. При появі засушливих умов в період від сходів до кущіння втрати урожаю від максимального становлять 30 %, від кущіння до колосіння – 40 %, від колосіння до воскової стиглості – 25 %, від сівби до колосіння – 70 %, від кущіння до воскової стиглості – 60 %.

В роботах А.М. Польового [48, 52] моделюється вплив засушливих умов на формування врожаю. При недостатній забезпеченості вологою відбувається порушення життєдіяльності рослин. Збільшення дефіциту вологи в ґрунті супроводжується безперервним підсиленням дихання, зменшенням фотосинтезу. Відзначається уповільнення росту та зменшення відношення надземної маси рослин до маси коріння.

На разі в народному господарстві розроблено чотири напрями боротьби із засухою: селекційно-генетичний, агротехнічний, меліоративний і географічний [48, 49, 61].

Селекційно-генетичний напрям полягає у створення рослин з цілком визначеними властивостями – стійких до засушливих умов, до полягання, стійких до шкідників та хвороб.

Агротехнічний напрям має на меті проведення польових робіт в оптимальні строки, сівбу на парах і зябу, дотримання сівозмін, внесення добрив, збереження ґрунтової вологи та ін.

Географічний напрям передбачає розміщення сортів культур в різних географічних зонах, що дозволить компенсувати недобір урожаїв в одних районах за рахунок високих врожаїв в інших районах.

Меліоративний напрям передбачає зрошувальні та осушувальні заходи, полезахисні лісонасадження та снігові меліорації взимку.

Перед будь-яким видом сільськогосподарських меліорацій стоїть головна задача – поліпшити водний режим земель і пов'язані з ним харчовий, повітряний та тепловий режими ґрунтів, а також їх кліматичні та гідрологічні умови. Поліпшення водного режиму досягається двома шляхами – поповненням нестачі вологи та усуненням її надлишків.

*Поповнення нестачі вологи досягається:*

1 – підвищенням використання природних водних ресурсів шляхом зменшення коефіцієнтів стоку, затримки стоку, створення та підтримання грудкуватої структури ґрунту;

2 – збільшенням запасів продуктивної вологи шляхом накопичення природних ресурсів вологи (зяблева оранка, обробіток поперець схилів, снігова меліорація й ін.) та шляхом зрошення;

3 – скороченням зайвих витрат води шляхом зменшення випаровування з поверхні ґрунту та зменшення транспірації.

Зрошення – найбільш ефективний засіб боротьби із засухою. Воно застосовується переважно в степовій та частково в лісостеповій зонах України.

У лісостеповій зоні заболочені ґрунти та болота розташовані в основному в *плавнях* рік. Тут також розвиваються осушувальні меліорації. На більшості території лівобережжя лісостепової зони спостерігаються роки з достатнім зволоженням та роки з посушливими умовами, особливо літнього періоду. Тому в окремі роки тут може застосовуватись зрошення. Але основними засобами поповнення вологи у ґрунті є агротехнічні заходи, а також фітомеліорація, лісомеліорація та ін.

В областях північного Степу та деяких областях лісостепу України переважає зрошування невеликих ділянок, для яких використовується вода з ставків, річок та штучних водоймищ.

У степовій зоні – зоні недостатнього зволоження - найбільшого розвитку набули зрошення та обводнення степів. Із сільськогосподарських районів України найбільш посушливий степ між Дніпром та Азовським морем, включно із степовою зоною Криму, де річки влітку пересихають. Тому найбільші площі зрошувальних земель розташовані в областях південного степу.

Загальна площа зрошуваних земель в Україні становить близько 600 тис.га.

Рівнинність території, жаркий клімат з м'якими зимами створюють у степовій зоні України сприятливі умови для вирощування зернових культур. Але у степових районах головною задачею хліборобів є боротьба із засухами та суховіями.

Найбільші масиви зрошуваних земель розташовані в АР Крим, Запорізькій, Херсонській, Миколаївській та Одеській областях. Найбільша зрошувана система на Україні - Кам'яний Под – розташована у Запорізькій області. Крім того, діють також Краснознаменська зрошувально-обводнювальна, Інгулецька, Татарбунарська, Бортничівська зрошувальні системи.

Приклад розрахунку зпосушливості умов наводиться в табл. 3.10.

Для зрошення полів АР Крим використовуються зрошувальні системи - Тайганська, Альминська, Качинська, Салгірська та Північно – Кримський канал.

Основною задачею меліораторів України є забезпечення всіх маловодних районів достатньою кількістю води для отримання високих урожаїв сільськогосподарських культур та водопостачання господарств.

За даними О.М. Костякова в практиці зрошувального землеробства розрізняють такі види зрошувальних меліорацій:

1) регулярно діюче правильне зрошення, при якому вода подається в систему самостійно або з механічною подачею в необхідні

Таблиця 3.10 –Приклад розрахунку ступеню посушливості умов для ярої пшениці. Ст. Одеса, 2011 р.

Величини	Місяці																	
	Березень			Квітень			травень			червень			липень			серпень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Фази розвитку		Сівба		сходи		3-й лист	вихід труб.	у	коло-сіння	мол. стиг-лість	воск. стиг-лість	повна стиг-лість	зби-рання					
Дата настання		21.03		6.04		22.04	6.05		26.05	8.06	20.06	24.06	1.7					
Середня температура повітря, °С	0,7	5,6	7,4	9,5	5,4	11,6	17,8	18,8	21,8	20,4	22,0	23,8	20,0	19,7	20,2	22,8	20,6	
Сума температур за вегетацію (акт.), °С	-	-	74	95	54	116	178	188	240	204	238	20	Сума активних температур за вегетацію = 1651					
Сума ефект. температур, °С			24	45	4	66	128	138	185	154	170	188	15	Сума ефективних температур p = 1111				
Сума опадів, мм	1	4	40	9,1	3	0	0	103	1	0	0	4	15	33		9	0	
Дефіцит насичення, мм	-	-	-	1,9	1,9	4,5	11	9	12	13	14	18	11	8		9	15	

Продовження табл. 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Запаси вологи, мм	в шарі 0-20		35	37	33	29	19	35	14	13	8	6	12			
	0- 100	172	157	164	160	143	120	160	97	42	24	24	22			
Відносна вологість повітря, %	-	-	-	86	70	68	72	64	56	52	68	57	55,4	49	44	
Випарову- вість, мм				12,6	12,6	29,5	45,4	3,8	50	55	59	76	46			
ГТК					0,55	0	0	-	0,004	0	0	0,17		ГТК за вегетаційн ий період ярої пшениці менше 0,55 – середня засуха		
Коефіцієнт Уланової												22		Середня засуха		
Кількість засушливих декад												4		Середня засуха		
Кількість сухих декад												2		Середня засуха		

терміни та в необхідній кількості із річок, водосховищ, ставків. Цей вид зрошення має розповсюдження на найбільших площах (майже 80 %);

2)одноразове зрошення (під час повеней або лиманне). При цьому виді зрошення затримують талу воду за допомогою валків. Тала вода проникає в ґрунт і тим самим створює запас продуктивної вологи, що потім споживаються рослинами;

3)спеціальні види зрошення – поживне та утеплювальне. Питоме зрошення – це полив водами, насиченими поживними речовинами. Утеплювальне зрошення – полив водами, що надходять з теплових електростанцій;

4)обводнення – це заходи щодо підвищенню забезпечення водою господарських та побутових потреб шляхом використання місцевого стоку та підземних вод у маловодних районах.

Подача води на поля при зрошенні може бути різноманітною: *напуском* ( розподіл води по поверхні ґрунту); *всередині ґрунту* (з низу по трубах); *дощуванням* – розбризкування води у вигляді дощу за допомогою дощувальних спеціальних установок; *крапельне* – подача води спеціальними установками безперервними краплями, *субіригація* – підтоплення водою активного шару ґрунту за рахунок близько розташованих ґрунтових вод.

Способи і техніка поливів повинні створювати та підтримувати у ґрунті оптимальний водно-повітряний, харчовий та сольовий режими, забезпечувати високий коефіцієнт використання зрошувальної води [58, 75].

Дія зрошення на розвиток рослин проявляється шляхом поповнення дефіциту необхідної для розвитку рослин вологи та питомих речовин, шляхом впливу на мікроклімат приземного шару повітря, на температуру ґрунту та рослин, на різноманітні процеси в ґрунті.

Поповнення вологи в ґрунті до рівня оптимальної потреби рослин здійснюється на основі застосування оптимальних поливних режимів, що являють собою сукупність та визначений взаємозв'язок термінів та норм зволоження ґрунту.

Зрошення в різних ґрунтово-кліматичних зонах практично зводиться до накопичення вологи у шарі розповсюдження коріння у передпосівний період та в період вегетації сільськогосподарських культур. Тому регулювання водного режиму ґрунтів має періодичний характер. Загальна кількість води, що надходить на поле в передпосівний і вегетаційний періоди називається, зрошувальною нормою.

Числені польові дослідження показали, що завдяки наявності значних запасів продуктивної вологи у ґрунті агрометеорологічні умови зростання рослин на зрошуваних землях набагато сприятливіші, ніж умови росту на незрошуваних полях. Особливо значно це проявляється на полях з глибоким заляганням ґрунтових вод. При глибокому заляганні ґрунтових



вод мікроклімат зрошуваних полів значно м'якший, ніж на незрошуваних. Влітку в жаркі суховійні дні температура поверхні ґрунту на зрошуваних полях на 20 – 25 °С нижче, температура повітря на 6 – 8 °С нижча ніж на незрошуваних полях. Значно менше також значення нестачі насичення повітря вологою.

Для характеристики витрат води на створення одиниці врожаю використовується поняття “*коефіцієнт водоспоживання*” – кількість води, витраченої на виробництво 1 ц/га продукції

Дослідженнями Л.О. Розумової та Н.Б. Мещанинової встановлено, що на незрошуваних або погано зрошуваних полях коефіцієнт споживання води значно вищий, ніж на зрошуваних.

При правильному режимі зрошення, коли врожаї ярої пшениці становлять 30 – 35 ц/га, коефіцієнти споживання води становлять 1200 – 1300. На суходолах при врожаї 3 – 4 ц/га коефіцієнти споживання становлять – 2300 – 3300.

Спостерігається відмінність і у темпах розвитку зрошуваних і незрошуваних культур. Розвиток зрошуваних культур трохи уповільнюється у порівнянні з незрошуваними.

В результаті оптимального забезпечення вологою та пом'якшеного фітоклімату при одних і тих же метеорологічних умовах структура та врожаї зрошуваних культур набагато вищі, ніж незрошуваних. Прибавки від зрошення складають від 20 ц/га і більше.

Крім того, раціонально організоване зрошення в декілька разів підвищує ефективність використання добрив. Наприклад, на темно-каштанових легких суглинках від внесення повного мінерального добрива при зрошенні прибавка врожаю зернових становить біля 16 ц/га, тоді як на не зрошених вона становила 1,6 ц/га.

За даними [55], зрошення суттєво впливає не тільки на водний, повітряний та харчовий режим ґрунту, по мірі підвищення вологості прискорюється колообіг питомих речовин – відбувається більш інтенсивна мобілізація недоступних для рослин сполучень, збільшується їх рухливість та посилюється надходження в рослини. Покращання водного режиму сприяє більш інтенсивному розвитку більшості груп мікроорганізмів.

Зрошення зменшує вміст кисню в ґрунтовому повітрі, особливо у перші дні після поливу. Суттєві зміни вмісту кисню спостерігаються в орному шарі ґрунту. Під впливом зрошення склад ґрунтового повітря змінюється до глибини від 50 см до 1 м. Особливості зрошення залежать від рівня ґрунтових вод.

Слід зазначити, що дотримання рекомендованих норм зрошення має велике значення для економії зрошувальної води: при зменшених дозах значно підвищуються витрати води на випаровування, а при збільшених – спостерігається великі витрати води на фільтрацію за межі шару розповсюдження коріння.

Найбільший економічний ефект при вирощуванні сільськогосподарських культур на зрошуваних землях отримується при оптимальному сполученні раціональних поливних режимів, технології поливів та доз органо-мінеральних речовин [3, 6, 21, 38, 48, 69].

### *Контрольні питання*

1. Що називається суховієм?
2. Причини виникнення суховіїв?
3. Критерії оцінки суховіїв.
4. Вплив суховіїв на стан рослин.
5. Що таке поняття «запал» і «захват» зерна?
6. Які основні напрями боротьби із засушливими умовами?
7. Які меліоративні заходи застосовуються для боротьби із засушливими умовами?
8. Як відрізняються меліоративні заходи в районах з неглибоким і глибоким заляганням ґрунтових вод?

### **3.5 Заморозки**

Під заморозком розуміють зниження мінімальної температури нижче 0 °С на поверхні ґрунту або травостою на фоні позитивних середніх добових температур повітря. При цьому температура у метеорологічній будці може бути і вище, і нижче 0 °С. Різниця між температурою повітря в метеорологічній будці (на висоті 2 м) і над поверхнею ґрунту (на висоті 2 см) на рівному відкритому місці становить в середньому 3 °С. Це дає можливість оцінювати виникнення заморозку та його інтенсивність над поверхнею ґрунту або травостою за даними спостереження в будці [5, 10, 21, 48].

Рослинний покрив згладжує різкі коливання температури поверхні ґрунту.

За процесами виникнення та умовами погоди відрізняють три типи заморозків: *адвективні, радіаційні, адвективно-радіаційні*.

*Адвективні заморозки* виникають внаслідок вторгнення хвилі холоду. Вони зазвичай тривають декілька діб на початку весни та пізньої осені на загальному позитивному фоні температури, повній хмарності і вітрі. При виникненні таких заморозків мінімальна температура повітря опускається до 0 °С, інколи це відбувається також із середньодобовою температурою.

*Радіаційні заморозки* виникають в тихі ясні ночі в результаті добового ходу температури при відносно низьких середньодобових температурах та інтенсивному нічному випромінюванні.

Рівень середньодобових температур, за яких виникають такі заморозки, залежить від кліматичних умов. У приморських районах такі заморозки припиняються за середньодобових температур 5...6 °С. В континентальному кліматі – за рівня середньодобових температур 12...13 °С, у вузьких глибоких долинах континентального клімату – при 14...15 °С.

Внаслідок малої швидкості вітру та слабого вертикального перемішування приземного шару повітря при радіаційних заморозках утворюються великі інверсії температури.

*Адвективно-радіаційні* заморозки утворюються в результаті вторгнення холодного повітря північного походження та подальшого вихолодження за рахунок нічного випромінювання. В цьому випадку процеси адвекції та радіації доповнюють один одного. Нічне зменшення температури при виникненні цього типу заморозку 2...3 °С і найчастіше відзначається тільки в пригрунтових шарах за загальної позитивної температури повітря в метеорологічній будці.

За інтенсивністю заморозки бувають *слабкі*, коли температура діючої поверхні не буває нижче – 2 °С; *середні* – температура опускається до 3...-4 °С і заморозок охоплює нижні шари повітря; *сильні* заморозки – -5 °С і нижче.

Заморозки можуть бути тривалі – більше 12 год, середньої тривалості – 5...12 год і короткочасні – не більше 5 год.

Найбільш небезпечні для рослин радіаційні заморозки через те, що навесні вони закінчуються за середніх добових температур 5...6 °С, а в більш континентальному кліматі – за середньої температури 10...13 °С, коли більшість культур вже досить активно почали розвиватись.

Слід зазначити, що заморозки на поверхні ґрунту навесні закінчуються пізніше, а восени настають раніше, ніж у повітрі.

Дати закінчення заморозків навесні і настання восени щороку дуже мінливі. Період між останнім заморозком навесні і першим восени називається *беззаморозковим періодом* [5, 10].

Вперше були побудовані карти середніх дат закінчення весняних і початку осінніх заморозків і тривалості беззаморозкового періоду І.А. Гольцберг для усієї території колишнього СРСР (рис. 3.6).

На інтенсивність та строки припинення заморозків впливає багато факторів: рельєф місцевості, стан ґрунту, рослинність, віддаленість від водоймищ і т. ін.

Горбиста місцевість зумовлює стік і надходження холодного повітря у більш низькі місця рельєфу. Тому біля підніжжя горбів і схилів повітря значно холодніше. Особливо холодно у замкнутих улоговинах. Різниця між температурою повітря біля поверхні ґрунту і на висоті 2 м іноді сягає 10 °С. Тривалість беззаморозкового періоду в увігнутих формах рельєфу значно зменшується, а інтенсивність заморозків збільшується. Теж саме

спостерігається на лісових галявинах. Навпаки, на верхів'ях горбів та верхніх частинах схилів заморозки, в порівнянні з відкритим рівним місцем, слабкі й тривалість беззаморозкового періоду збільшується.

Небезпечність заморозків більша для рослин на східних та південно-східних схилах, оскільки рослини після сходу Сонця попадають під дію прямого сонячного проміння. Вода в клітинах тоне, виходить у міжклітинники та швидко випаровується, пошкоджені клітини не встигають відновити дефіцит вологи й засихають.

Механізм пошкодження заморозками полягає в тому, що заморозки порушують життєві функції рослин і обмежують розповсюдження видів в залежності від своєї інтенсивності, тривалості і періодичності виникнення. Міра пошкодження рослин заморозками залежить від віку рослин та їх загартування.

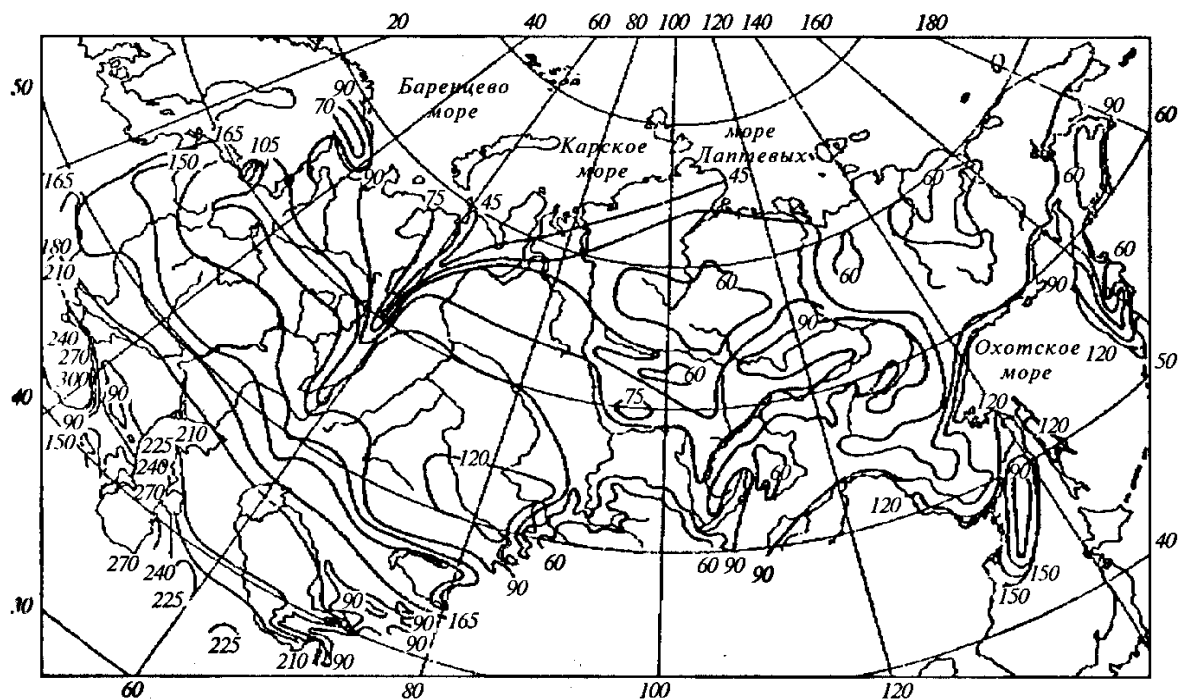


Рис. 3.6 – Середньобагаторічна тривалість беззаморозкового періоду у повітрі на відкритому місці

Під час дії заморозку протоплазма рослин спочатку відповідає на це різким підвищенням метаболізму. Якщо зменшення температури відбувається різко, вона швидко проходить критичну точку і функції рослин пошкоджуються так швидко, що протоплазма зразу відмирає. При поступовому зниженні температури пошкодження рослин відбуваються поступово – окремі життєві функції виводяться із рівноваги та пригнічуються до тих пір, поки клітина не відіме [48, 49].

Під впливом заморозку рух протоплазми уповільнюється, потім зменшується фотосинтез і дихання. Екстремальні температури повністю припиняють газообмін.

Під час дії заморозку багаті водою незагартовані протопласти легко замерзають, при цьому всередині клітини утворюються льодяні кристали і клітина гине. Дуже часто лід утворюється не у клітинах, а у міжклітинниках і клітинних стінках. Викристалізований лід діє як сухе повітря. В результаті від протопластів віднімається вода, вони сильно ущільнюються і концентрація розчину в них підвищується. Переміщення води і замерзання продовжуються до тих пір, поки в протоплазмі не встановиться рівновага оснних сил між льодом та водою. Через це морозостійкість клітини більш висока, якщо вода тісно зв'язана зі структурами протоплазми.

На більшій частині території в межах помірної зони існують два чітко обмежені періоди із заморозками – весняний і осінній. Деяка небезпека заморозків для сільськогосподарських культур виникає відразу після початку вегетації і зростає в міру зростання рослин. Осінні заморозки настають до закінчення вегетаційного періоду. Вони становлять меншу загрозу для сільського господарства, тому що до тієї пори врожай найчастіше вже зібрано. Чим далі на північ, тим більше скорочується тривалість періоду між останнім весняним і першим осіннім заморозком. В північних областях беззаморозковий період майже відсутній і заморозки спостерігаються навіть протягом літа. На півдні тривалість беззаморозкового періоду збільшується: навесні заморозки закінчуються раніше, а восени настають пізніше.

Пошкодження рослин заморозком спостерігається не відразу після зниження температури до 0 °С, а лише при досягненні певних негативних значень. Для кожної культури і кожної фази розвитку існує своя межа негативної температури, за якої спостерігається пошкодження або загибель рослин. Таку температуру називають *критичною*.

В.Н. Степанов [10, 23, 54] класифікував головні польові культури по стійкості їх до заморозків і виділив 5 груп (табл. 3.11). З табл. 3.11 видно, що найбільш стійкі до заморозків рослини на початку розвитку, а найменш стійкі – в період формування генеративних органів. В період цвітіння більшість зернових польових культур гине при температурі -2...-3 °С.

Заморозки інтенсивністю від 0 до -2 °С в період цвітіння плодових культур призводять до загибелі всього врожаю (табл. 3.12).

Дослідження О.І. Коровіна показали, що заморозки на початку вегетації справляють велику післядію на ріст, розвиток і врожай рослин.

Після інтенсивного заморозку ростові процеси уповільнюються і запізнюється настання наступних фаз розвитку рослин.

Заморозок на початку вегетації спричиняє збільшення тривалості вегетаційного періоду, а наприкінці вегетації – скорочує його.

Таблиця 3.11 – Класифікація основних сільськогосподарських культур щодо стійкості їх до заморозків в різні періоди онтогенезу (за В.Н.Степановим)

Культура	Температура початку пошкодження, часткової загибелі рослин, 0 °С			Температура загибелі більшості рослин, 0 °С		
	сходи	цвітіння	дозрівання	сходи	цвітіння	дозрівання
<b>Найбільш стійкі</b>						
Яр. Пшениця	-9,-10	-1,-2	-2,-4	-10,-12	-2	-4
Овес	-8,-9	-1,-2	-2,-4	-9,-11	-2	-4
Ячмінь	-7,-8	-1,-2	-2,-4	-8,-11	-2	-4
Горох	-7,-8	-3	-3,-4	-8,-11	-3,-4	-4
Чечевиця	7,-8	-2,-3	-2,-4	-8,-11	-3	-4
<b>Стійкі</b>						
Нут	-6,-7	-2,-3	-2,-3	-8	-3	-3,-4
Люпин вузьколистий	-5,-6	-2,-3	-3	-6,-7	-3,-4	-3,-4
Боби	-5,-6	-3	-2,-3	-6	-3	-3,-4
Соняшник	-5,-6	-3	-2,-3	-7,-8	-3	-3
Льон, коноплі	-5,-7	-1,-2	-2,-4	-7	-2	-4
Буряки цукрові і кормові	-6,-7	-2,-3	-	-8	-3	-
<b>Середньостійкі</b>						
Соя	-3,-4	-2	-2,-3	-4	-2	-3
Люпин жовтий	-4,-5	-2,-3	-	-6	-3	-
Капуста	-5,-7	-2,-3	-6,-9	-	-	-
<b>Малостійкі</b>						
Кукурудза, просо, сорго, суданська трава, картопля	-2, -3	-1, -2	-2, -3	-3	-2	-3
	-2	-2	-1, -2	-2, -3	-2,-3	-3
<b>Нестійкі</b>						
Гречка	-1, -2	-1	-1,5, -2	-2	-1	-2
Квасоля	-1, -1,5	-0,5	-2	-1, -1,5	-1	-2
Рицина	-1, -2	-1	-2, -3	-1,-2	-1, -2	-3
Баштанні	-1	-0,5, - 1	-0,5, - 1	-1	-1	-1
Рис	-0,5, -1	-0,5, - 1	-	-1	-0,5	-
Овочеві	-0, - 1	-0, - 1	-0, - 1	-2	-	-
Бавовна	-0,5	-0,5	-1	-1	-1	-1, -2

Таблиця 3.12 – Критичні температури пошкодження різних частин рослин деяких плодючих культур (за Н.І. Синициною)

Культура	Частина рослини, що пошкоджується заморозками	Критична температура
Лимон	Дерево повністю	-9,-10
	Крона	-7,-8
	Листя	-6
Апельсин	Дерево повністю	-10,-11
	Крона	-8,-9
	Листя	-7
Мандарин	Дерево повністю	-12
	Крона	-10
	Листя	-8
Виноград	Закриті бруньки	-1
	Квіти	0
Яблуня, груша, вишня, слива	Розпукнуті бруньки	-4
	Квіти	-2
	Плодова зав'язь	-1
Черешня	Бруньки і квіти	-2
	Плодова зав'язь	-1
Абрикос, Персик	Закриті бруньки	-2
	Квіти	-3
	Плодова зав'язь	-1
Малина, Полуниця	Квіти і зав'язь	-2

Дія заморозків на врожай визначається великою кількістю факторів. Перш за все, загроза заморозку для сільськогосподарських культур залежить від тривалості його та інтенсивності, від передуючих йому і наступних агрометеорологічних умов, від біологічних особливостей рослин, їх стану, фази розвитку, засобів агротехніки та ін.

Більш сильні пізні весняні заморозки навіть за умови не перевищення критичної температури спричиняють уповільнення розвитку рослин, а це зменшує врожай на 10 – 15 %.

У плодівих та ягідних культур різні частини однієї і тієї ж рослини мають різний ступінь заморозкості. В період цвітіння і утворення зав'язі заморозки від 0 до – 2 °С можуть загубити весь урожай [22].

Тобто, небезпечними для даної культури заморозками будуть ті, що настають після деякого періоду з температурою вище рівня вегетації даної рослини і тривають не менше періоду від сівби до сходів (табл. 3.13).

Таблиця 3.13– Вплив заморозків в різні періоди органогенезу на тривалість вегетаційного періоду і врожай ярої пшениці

Варіант досліджу	Тривалість вегет. періоду	Висота рослин, см	Число зерен у колоску, Шт.	Абсолютна маса зерна, г	Урожай, ц/га		
					загальний	зерна	соломи
Без заморозка	75	70	30	25	30,9	8,6	22,3
Заморозок - 6° С у фазі 3-їй лист	83	75	20	19	27,4	4,4	23,0
-7 °С у фазу куцїння	76	75	25	18	30,7	6,7	24,0
-6 °С С у фазу молочн. стиглості	75	70	25	19	21,5	4,5	17,0
- 9 °С у фазу восков. стиглості	70	70	30	21	25,3	7,7	17,6

Вважаючи, що тривалість періоду від сівби до сходів не менше 5 днів для пшениці та вівса і не менше 10 днів для соняшнику, кукурудзи, сорго і баштанних, поява заморозків через 5 днів після настання середньої добової температури 5 °С для вівса та пшениці і після 10 днів для соняшнику та інших, 12 °С – для кукурудзи і 15 °С для овочевих і баштанних – об'єктивно небезпечна. При цьому, оскільки овес і пшениця легко переносять зниження температури до -5 °С, соняшник – до -3 °С, а овочеві, кукурудза і баштанні зовсім не переносять негативних температур, то ознакою небезпечності заморозків, окрім часу настання, буде також і вищевказана абсолютна величина їх.



Дослідження О.І. Коровіна і інших авторів показали, що температурні умови перед заморозком певною мірою впливають на стійкість рослин до нього. Низькі середні добові температури перед заморозком сприяють підвищенню стійкості рослин до заморозку і послабляють шкідливу його дію [23].

Несприятливі зовнішні впливи знижують озерненість колосся пшениці за рахунок зміни кількості і якості тих елементів колоса, які у цей час знаходяться в процесі диференціювання.

Уповільнення ростових процесів позначається на нагромадженні сухої речовини, в результаті чого суха маса рослин після заморозку виявляється заниженою. За даними А.К. Вінтер, відставання в рості і розвитку рослин кукурудзи, які попали під дію заморозку інтенсивністю  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , спостерігалось аж до збирання урожаю. Приріст вегетативної маси у рослин, які підпали під заморозок, відбувався повільніше, ніж у контрольних. Заморозок затримує розвиток рослин. Поява султана у рослин, які ушкоджувались заморозком, затримувалася на 7 – 8 діб. Заморозок знижує озерненість початків дослідних рослин на 30 % у порівнянні з контрольними. Подібне явище відзначається як «феномен стерильності» – череззерниці в результаті дії заморозків на генеративні органи.

Середньодобові температури, які передують заморозку, впливають на заморозкостійкість рослин. Низькі попередні середньодобові температури трохи послабляють шкідливу дію заморозку. Дані дослідів А.І. Коровіна показують, що низькі позитивні температури ґрунту підвищують стійкість рослин до заморозків. С.Р. Поповим була проведена серія дослідів щодо виявлення впливу низьких позитивних нічних температур повітря перед заморозком. Виявилось, що як у теплолюбних (кукурудза), так і в холодостійких (пшениця, боби) культур низькі нічні температури порядку  $2...3\text{ }^{\circ}\text{C}$  на протязі 3 – 4 діб перед заморозком підвищують заморозкостійкість рослин. Такий вплив у холодостійких культур, наприклад, у кормових бобів, цілком нейтралізує негативний вплив заморозку на кінцевий урожай.

У ході дослідів А.І. Коровіна було встановлено, що слабкі і сильні заморозки по-різному впливають на мінеральне живлення. На початку вегетації заморозки  $-1...-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  для теплолюбних культур і  $-3...-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  для холодостійких не мають істотного впливу на мінеральне живлення. Більш того, такі заморозки можуть навіть трохи стимулювати поглинання окремих елементів у період заморозку. Більш сильні заморозки ( $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  для теплолюбних культур і  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  для холодостійких) спричиняють уже помітні відхилення, які виявляються в зміні швидкості надходження елементів живлення. Відхилення в мінеральному живленні фіксуються в перші 5–6 днів, вони тим більше, чим сильніше заморозок. На 10–12-й день післядія заморозку загасає.

Вплив заморозку на поглинання фосфору починається вже в момент самого заморозку. Як правило, при зниженні температури, особливо після переходу її через 0 °С, поглинання фосфору корінням збільшується, і це зростання йде з поглибленням заморозку (рис. 3.7).

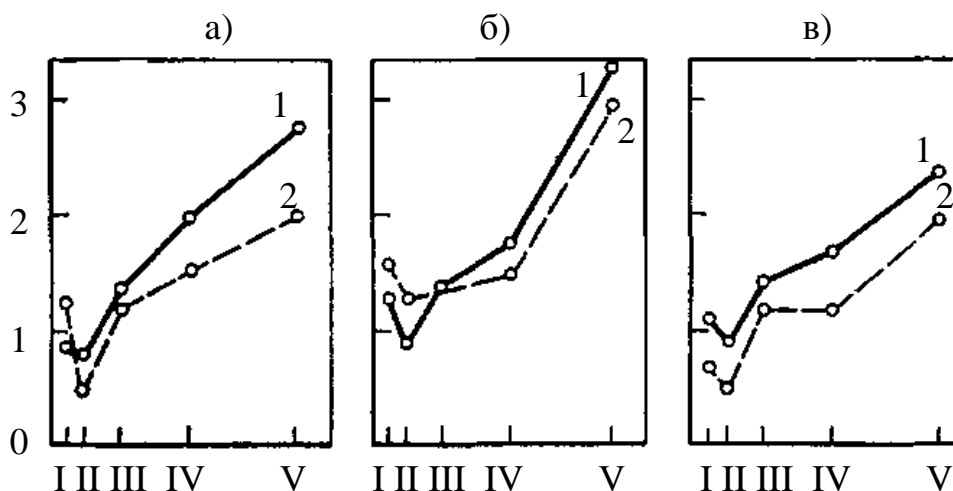


Рис. 3.7 – Дія та післядія заморозку на поглинання фосфору рослинами в мг на 100 мг абсолютно сухої маси коренів (А. І. Коровін, 1972): а – кукурудза, заморозок  $-4,3^{\circ}\text{C}$ ; б – пшениця, заморозок  $-5,6^{\circ}\text{C}$ ; в – пшениця, заморозок  $-7,2^{\circ}\text{C}$ ; 1 – контроль; 2 – дослід: I – при максимальній силі заморозку; II – через 6 год. після заморозку; III-V – відповідно через одну, три та шість діб після заморозку.

Надалі інтенсивність надходження фосфору знижується. Надходження фосфору залежить від інтенсивності заморозку: при сильному заморозку зниження починається в середині заморозку, при менш сильному – після нього, іноді через кілька діб. При заморозках  $-4,3^{\circ}\text{C}$  для кукурудзи і  $-7,2^{\circ}\text{C}$  для пшениці у більшості рослин ушкоджувалися два нижні листки. При заморозку  $-5,6^{\circ}\text{C}$  у пшениці цілком ушкоджувався лише перший нижній листок, верхні ж листки зовні не змінювались.

Поглинання азоту, так само як і інших елементів живлення, коренями рослин у момент заморозку значною мірою визначається температурою в зоні коренів: якщо вона не нижче  $7...8^{\circ}\text{C}$ , то заморозок навіть трохи стимулює надходження азоту, якщо нижче, то пригнічує. Пригніченість метаболізму елементів мінерального живлення в рослинах після заморозку відповідає зниженню інтенсивності дихання, фотосинтезу. У цілому під впливом заморозку протягом 10 – 12 днів пригнічується

загальний тонус синтетичних процесів, що в підсумку призводить до подовження вегетаційного періоду і зниженню кінцевої продуктивності рослин.

Втрати, яких завдають сільському господарству пізні весняні заморозки, бувають дуже великими. Тому агрометеорологічна інформація про заморозки має велике практичне значення. Вона широко використовується при вирішенні низки задач сільськогосподарського виробництва. Така інформація необхідна для оцінки заморозконебезпечності території при розміщенні теплолюбних культур, при визначенні найсприятливіших термінів сівби і збирання сільськогосподарських культур, а також при виборі засобів захисту від заморозків.

Оптимальні терміни сівби теплолюбних культур забезпечують появу дружних сходів, добрий розвиток посівів у подальші періоди. Своєчасність сівби значною мірою визначається температурними умовами верхніх шарів ґрунту, часом настання й інтенсивністю весняних заморозків.

Визначення найбільш сприятливих термінів сівби теплолюбних культур по температурних умовах обов'язково повинні корегуватися даними про ймовірність настання та інтенсивність заморозків на дату появи сходів.

В зв'язку з тим, що різні види рослин мають неоднакову стійкість до заморозків, визначають терміни та ймовірність припинення заморозків не тільки при 0 °С, але й іншої інтенсивності: -2; -3; -4°С. Т.О. Голубова встановила, що ймовірність виникнення заморозків тісно пов'язана з середньою за декаду температурою повітря (табл. 3.14). Ця залежність дозволяє визначити ймовірність пошкодження заморозками різних сільськогосподарських культур якщо відома їх критична температура.

І.А.Гольцберг [16] також розробила показники ймовірності виникнення заморозків. Розрахунки І.А. Гольцберг показали, що навесні в західних районах і на узбережжі морів заморозки закінчуються до переходу середньої добової температури повітря через 5 °С. Тому ймовірність пошкодження заморозками сходів тут незначна. В континентальних районах заморозки ніколи не закінчуються раніше переходу температури повітря через 5 °С і можуть довго тривати після стійкого переходу температури повітря через 10 °С (табл. 3.14).

В цих районах ймовірність пошкодження заморозками зростає. Метод І.А.Гольцберг дозволяє визначити ймовірність припинення заморозків різної інтенсивності на будь-яку дату і на основі одержаних результатів визначити ймовірність пошкодження заморозками сходів будь-якої культури у будь-якому районі. Для таких розрахунків необхідно знати середню багаторічну дату припинення заморозків в даному районі і вигляд кривої ймовірності, який визначається значеннями середньо-квадратичного відхилення строків припинення заморозків ( $\sigma$ ).

І.А.Гольцберг розраховані значення  $\sigma$  для усіх районів СНД і побудовані відповідні карти.

Таблиця 3.14 – Ймовірність настання заморозків в залежності від середньої за декаду мінімальної температури повітря в помірній зоні, % (за І.А. Гольцберг)

Сезон	Весна	Осінь	Весна	Осінь	Весна	Осінь
середня за декаду мінімальна температура повітря, °С	сильні заморозки (зниження температури повітря до -3, -5 °С)		слабкі заморозки (зниження температури повітря до 0, -2 °С)		заморозки на поверхні ґрунту і травостою	
-5	96					
-4	90	100				
-3	84	96				
-2	77	87	100			
-1	68	78	98			
0	56	68	92	100	100	
1	45	57	85	93	98	100
2	37	47	78	83	95	95
3	29	34	71	73	90	88
4	21	22	62	58	84	80
5	14	12	53	44	76	70
6	7	5	44	30	67	57
7	2	0	34	18	56	44
8	0		24	11	45	27
9			14	7	30	17
10			5	3	17	8
11			0	0	2	1
12					0	0

Розрахунки ймовірності припинення заморозків заданої інтенсивності на визначену фазу і ймовірність пошкодження культури весняними заморозками ведуться у такій послідовності:

– по співвідношенню термінів припинення приморозків при 0°С і іншої інтенсивності (табл. 3.15) визначається середня дата припинення заморозків у даному районі;

– розраховується відхилення визначеної дати від середньої багаторічної ( $\Delta$ );

– визначається статистичний коефіцієнт шляхом поділу розрахованого відхилення  $\Delta$  на  $\sigma$  ( $k = \Delta / \sigma$ ), а шляхом інтерполяції – відповідний йому відсоток ймовірності (табл. 3.16);

– на підставі одержаних результатів визначається можливість припинення заморозків на завдану дату і ймовірність пошкодження рослин.

Таблиця 3.15 – Співвідношення в датах припинення заморозків при 0 °С і заморозків різної інтенсивності

Середня дата припинення заморозків при 0 °С		Середня дата припинення заморозків нижче вказаної інтенсивності			
в повітрі	на поверхні ґрунту	-1.0 °С	-2.0 °С	-3.0 °С	-4.0 °С
1	2	3	4	5	6
1.VI	18.IV	28.V	24.V	20.V	15.V
21.V	7.IV	17.V	13.V	9.V	4.V
11.V	25.V	5.V	30.IV	24.IV	18.IV
1.V	15.V	25.IV	20.IV	14.IV	8.IV
21.IV	5.V	15.IV	10.IV	4.IV	29.III
11.IV	21.IV	6.IV	1.IV	27.III	22.III

*Примітка:* за даними цієї таблиці можна побудувати графік для більш зручного використання.

Для ефективної боротьби з заморозками необхідно завчасно знати час їх настання та інтенсивність.

Таблиця 3.16 – Співвідношення ймовірності (%), коефіцієнтів ( $k$ ) і значень  $\sigma$

Ймовірність, %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Коефіцієнт	-2,25	-1,28	-0,84	-0,52	-0,25	0	0,25	0,52	0,84	1,28	2,25
Відхилення від середньої дати, дні	$\Delta = k \cdot \sigma$										

Розроблені теоретичні методи прогнозу заморозків з врахуванням теплового балансу на межі земля – повітря та зміни коефіцієнта обміну з

висотою. Але ці методи досить складні. В практиці використовуються інші: метод П.І Броунова, метод Михалевського та метод Р.М. Меджитова.

**Метод П.І. Броунова.** Охолодження повітря і ґрунту починається невдовзі після полудня через зменшення радіаційного балансу і нестійкий вертикальний розподіл температури. Воно продовжується і після заходу сонця. Чим більше падає температура у другій половині дня, тим більше інтенсивність нічного вихолодження.

Цю закономірність використав П.І. Броунов і запропонував для визначення можливості настання заморозку використовувати різницю температур о 13 та о 21 годині на висоті 2 м та запропонував розрахунковий графік (рис. 3.8).

**Метод Михалевського.** Для розрахунків виникнення заморозків використовуються вимірювання по психрометру на висоті 2м близько 13 години. Очікувану мінімальну температуру повітря розраховують за формулою

$$M_n = t' - (t - t')c, \quad (3.14)$$

а ґрунту – за формулою

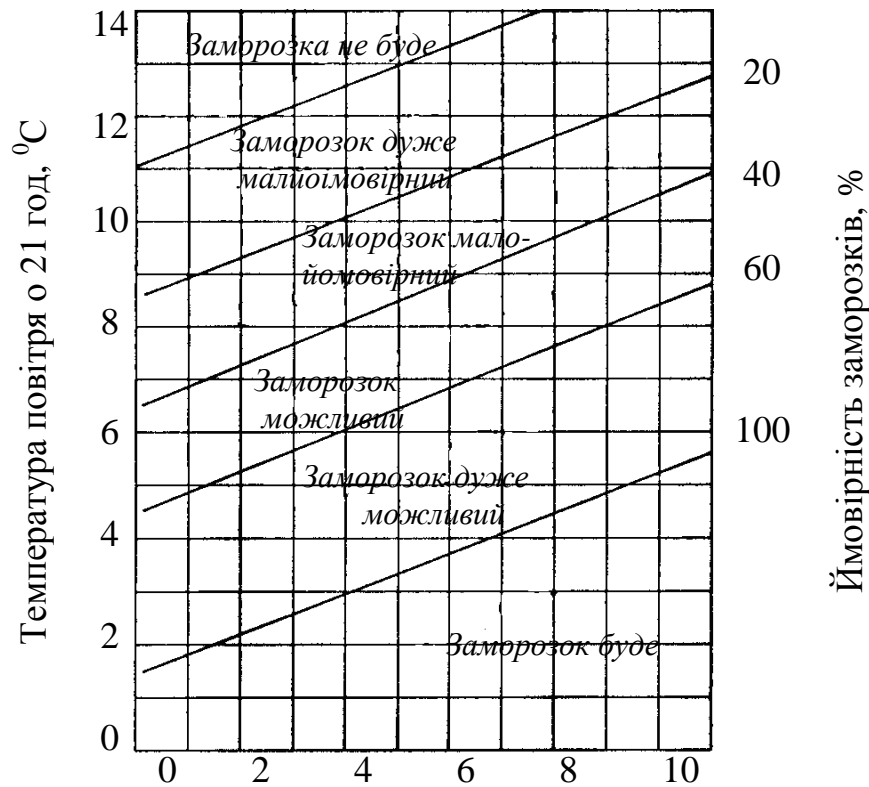
$$M_z = t' - (t - t') / 2c, \quad (3.15)$$

де  $t$  та  $t'$  – температура відповідно по сухому та змоченому термометрах;

$c$  – коефіцієнт, який залежить від відносної вологості повітря, його значення наводяться у табл. 3.17.

Таблиця 3.17– Коефіцієнт  $c$  в залежності від вологості повітря

Відносна Вологість,%	100	95	90	85	80	75	70	65	60
Коефіцієнт $c$	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5
Відносна Вологість,%	55	50	45	40	35	30	25	20	15
Коефіцієнт $c$	1,3	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3



Різниця температур повітря, які вимірювались о 13 год та о 21 год °C

Рис. 3.8 – Графік визначення ймовірності заморозків за методом П.І. Броунова

Якщо розраховані значення мінімальної температури повітря і ґрунту більше 2<sup>0</sup>C, то заморозок мало ймовірний; якщо нижче 2 °C, але вище -2 °C – заморозок ймовірний; і якщо мінімальна температура повітря нижче - 2 °C, то вночі заморозок буде.

Після 19 год за середнім сонячним часом прогноз заморозків уточнюється за даними хмарності. Якщо хмарність менше 4 балів, то нічний мінімум температури зменшують на 2 °C; якщо хмарність від 4 до 7 балів – поправок не вводять; якщо більше 7 балів – очікуваний мінімум збільшують на 2<sup>0</sup>C.

**Приклад.** Температура повітря о 13 год по сухому термометру (t)=5,4 °C; по змоченому – (t')=3 °C; відносна вологість повітря – 63 %; хмарність о 19 год. – менше 4 балів.

З табл 3.17 визначається коефіцієнт c = 1,7. Очікуваний мінімум температури повітря розраховується за формулою (3.14)

$$M_n = 3,0 - (5,4 - 3,0) \cdot 1,7 = -1,1^0C;$$

ґрунту – за формулою (3.15)

$$M_2 = 3,0 - (5,4 - 3,0)/2 \cdot 1,7 = -5,2^{\circ}\text{C}.$$

Оскільки хмарність менше 4 балів, то визначені значення  $M_n$  і  $M_2$  зменшуються на  $2^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n = -3,1^{\circ}\text{C}$ ;  $M_2 = -7,2^{\circ}\text{C}$ . Таким чином, в наступну ніч заморозки будуть і в повітрі, і на ґрунті. Цей метод добре справджується у південних районах.

**Метод Р.М. Меджитова.** Метод розроблено для осушених торф'яно-болотних земель. Для визначення очікуваної мінімальної температури повітря і ґрунту ( $M_n$ ,  $M_2$ ) на осушених торф'яно-болотних ґрунтах використовуються формули:

$$\text{для повітря} \quad M_n = 0,80t + 0,09f - 14,1 \quad (3.16)$$

$$\text{для ґрунту} \quad M_2 = 0,78t + 0,11f - 18,3, \quad (3.17)$$

де  $t$  і  $f$  – температура повітря і відносна вологість о 13 год або в будь-який інший строк між полуднем і заходом Сонця.

**Приклад.** Температура повітря о 13 год  $= 8,1^{\circ}$ ; відносна вологість – 71 %.

$$M_n = 0,80 \cdot 8,1 + 0,09 \cdot 71 - 14,1 = -1,2^{\circ}\text{C}$$

$$M_2 = 0,78 \cdot 8,1 + 0,11 \cdot 71 - 18,3 = -0,9^{\circ}\text{C}$$

Заморозок очікується і в повітрі, і на поверхні ґрунту.

**Методи захисту сільськогосподарських культур від заморозків.** Для захисту сільськогосподарських культур від дії заморозків застосовуються різні методи. Це комплекс локальних, агротехнічних, технологічних, технічних заходів, які проводяться серед сільськогосподарських культур з метою зменшення втрат тепла рослинами за рахунок власного випромінювання та штучного підвищення температури нижнього шару приземного повітря. До найбільш поширених методів відноситься метод створення димових завіс та відкритий обігрів за допомогою горілок або спеціальних технічних установок. Димові завіси утворюються за допомогою димоутворювальних речовин. Утворення димових завіс – це агротехнічний засіб боротьби із заморозками.

Для захисту рослин від заморозків широко застосовуються також методи поливів та дощування посівів. Підвищення температури досягається за рахунок теплоти води та виділення теплоти конденсації водяної пари в результаті підвищення вологості повітря над зрошуваним полем.



До агротехнічних заходів боротьби із заморозками відноситься також зміна термінів сівби на більш пізні строки, укриття рослин різними матеріалами, розташування посівів на найменш морозобійних площах. Для підвищення температури приземного шару повітря можуть також застосовуватись польоти гвинтокрилів на малих висотах. Але цей засіб досить небезпечний і надто коштовний.

### *Контрольні питання*

1. *Що називається заморозком?*
2. *Класифікація заморозків за причинами виникнення.*
3. *Класифікація рослин по відношенню до заморозків.*
4. *Як оцінюються заморозки І.А. Гольцберг?*
5. *Як визначається імовірність настання заморозків?*
6. *Як розраховується імовірність припинення заморозків на будь-яку дату?*
7. *Заходи боротьби із заморозками.*
8. *Як впливає хмарність на виникнення заморозків?*
9. *Як впливають заморозки на мінеральне живлення рослин?*
10. *Які спостереження використовуються для розрахунку імовірності заморозку методом Михалевського?*
11. *В чому полягає розрахунок імовірності заморозку за П.І. Броуновим?*

### **3. 6 Знижені температури повітря**

Рослини реагують не тільки на заморозки, а і на *зниження температур до значень, наближених до біологічного мінімуму*. Знижені температури сприяють пошкодженню рослин, яке визначається рівнем температури, холодовою експозицією, видом рослин і попередніми умовами розвитку. До пошкодження рослин зниженими температурами відносяться:

- в'янення листя і пагонів, зміна кольору листя і плодів;
- прискорене старіння і розриви охолоджених тканин;
- уповільнене, неповне або нерівномірне дозрівання плодів, що супроводжується погіршенням структури та смакових якостей, збільшенням загнивання;
- підсихання країв та кінчиків листових платівок, опадання листя, некроз листя та відмирання рослин.

Знижені температури зменшують інтенсивність фотосинтезу, яке пов'язується зі зменшенням активності і пригніченням синтезу ключових ферментів. Розміри пошкоджень зниженими температурами залежать від холодостійкості рослин.

*Холодостійкість рослин.* Різні рослини неоднакові щодо стійкості до знижених температур. Зниження температури повітря до біологічного мінімуму або до 0 °С (без утворення льоду) сприяє затримці росту, зменшенню продуктивності, пошкодженню та загибелі рослин. Деякі рослини пошкоджуються вже при 10 °С (це теплолюбні культури: рис, бавовна, овочеві на початку розвитку), деякі при температурах від 0 до 7 °С. У інших рослин пошкодження не спостерігаються і продуктивність не зменшується. Це – холодостійкі рослини. *Холодостійкість* рослин – це здатність рослин, які знаходяться у стані вегетації, витримувати охолодження до температури близько 0 °С [38, 46].

При негативному впливі знижених температур на рослини пошкодження проявляється на більш старому нижньому листі та на більш старих листових платівках і вже потім розповсюджується на всю рослину. Форми прояву пошкоджень у різних рослин залежать від видових особливостей та стану рослин. В табл. 3.18 наводяться відомості про пошкодження рослин за даними П.А. Генкеля та С.В. Кушніренка[12].

Таблиця 3.18 – Залежність холодостійкості однолітніх культурних рослин від їх походження

Культура	Характер пошкодження і температура	Походження рослин
1	2	3
Теплолюбні		
Огірки	Сходи, квіти, пагони гинуть при температурі 1 -2°С. За температури 7°С впродовж 7 днів рослини гинуть повністю	Вологі тропіки Східної Індії
Баклажани	При температурі 3-7°С через декілька днів рослини повністю гинуть	Тропіки Східної Індії
Перець (солодкий і гіркий)	Те ж	Іспанія
Томат	При температурі 1°С пошкоджуються квіти.	Тропіки Америки
Рис	У фазу кушіння похолодання нижче 15 °С спричиняє припинення розвитку, при 0 °С – рис повністю гине.	Тропіки Південно-Східної Азії
Бавовна	При 0,5 °С пошкоджуються квіти, при 3- 10 °С - повністю гине.	Перу, Південна Америка

Продовження табл. 3.18

1	2	3
Гречка	При температурі 4 °С впродовж 18 діб рослини повністю гинуть	Високогірний Памір
Квасоля	При температурі 3-4 °С через декілька днів затримується ріст, а потім рослини повністю гинуть	Високогірний Памір
Холодостійкі		
Картопля	При температурі 7 °С із вічок материнської бульби замість пагонів утворюються маленькі бульби	Південна Америка
Пшениця	При температурі 5 °С колосіння не відбувається, при 8 - 10°С припиняється цвітіння.	Закавказзя
Ячмінь	При температурі 5 °С і нижче виходу у трубку не відбувається	Високогір'я
Тютюн	При температурі 0, 5 °С пошкоджуються квітки	-

За даними С.М. Іванова ярі культури по відношенню до знижених температур поділяються на дві групи: холодостійкі і нестійкі. До холодостійких відносяться: ярі зернові культури, горох, нут, гірчиця, соняшник, буряки, капуста і ін. Ці рослини мають здатність витримувати тривалу дію позитивних низьких температур. До групи нестійких рослин (теплолюбних) відносяться: всі овочеві, окрім капусти, квасоля, кукурудза, сорго, просо, гречка, бавовна й ін. Серед цих культур також можна виділити менш стійкі до охолодження (огірки, бавовна, рис, томати, солодкий перець, баклажани) і більш стійкі (сорго, просо, кунжут, гречка).

### 3.6.1 Вплив знижених температур на водний режим та мінеральне живлення рослин

Дослідженнями встановлено, що у теплолюбних рослин при знижених температурах уповільнюється або припиняється надходження води в клітини. На зменшення швидкості надходження води впливають *фізичні і фізіологічні фактори*. До *фізичних* факторів відносяться:

1) зменшення швидкості руху води із ґрунту до коріння через зменшення сил, які віддають воду, 2) збільшення в'язкості води, що уповільнює пересування води із ґрунту до коріння.

До *фізіологічних* факторів відносяться:

1) збільшення в'язкості протоплазми при знижених температурах, що спричиняє уповільнення руху води через масу клітин; 2) зменшення проникливості протоплазми клітин, підвищення опору рухові води через коріння; 3) уповільнення росту коріння в довжину.

Охолодження теплолюбних рослин до 10 °С значно зменшує швидкість поглинання води. Були визначені температурні коефіцієнти ( $K_m$ ) швидкості поглинання води різними рослинами (табл. 3.19).

Встановлено, що збільшення тривалості дії низьких температур ще більше зменшує швидкість поглинання води [12, 23].

При підвищенні температури в середовищі перебування рослин швидкість поглинання не збільшується через пошкодження рослин патогенними мікроорганізмами.

Таблиця 3.19 – Температурні коефіцієнти ( $K_m$ ) поглинання води рослинами

Культура	$K_m$	Культура	$K_m$
Бавовна	10,2	Томат	3,3
Кавун	3,8	Баклажани	2,3
Огірки	3,7	Кабачки	2,0
Дині	3,7	Кукурудза	1,3

Знижені температури (2...5 °С) сприяють не тільки швидкому обезводжуванню рослин, а і пошкодженню коріння.

Пошкодження рослин від дії знижених температур буде зменшуватись якщо рослини завчасно загартувати. Загартування проводиться шляхом витримки проростків при температурі 10 °С.

Знижені температури несприятливо впливають на водний режим більшості теплолюбних рослин. Цей вплив проявляється в уповільненні поглинання води корінням і порушенні водного дефіциту в надземних органах. У холодостійких рослин ці явища проявляються менш помітно і носять тимчасовий характер. Після підвищення температури у холодостійких рослин процеси поглинання води і водний баланс відновлюються.

Дія знижених температур неоднакова на коріння і надземну частину рослин. Коріння більш чутливе до зниження температур у шарі його розповсюдження. В холодному ґрунті (8 – 10 °С) і нижче ріст рослин уповільнюється, затримується засвоєння азоту і фосфору та утруднюється їх пересування із коріння в надземні органи, через це зменшується продуктивність рослин.

Під дією знижених температур утруднюється поглинання питомих речовин та їх засвоєння. В залежності від рівня температури змінюється

послідовність елементів мінерального живлення за ступенем їх поглинання. При зниженні температури до 6 °С і нижче послідовність поглинання стає такою – N(NO<sub>3</sub>) > P > K > Ca > S. Поглинання корінням поживних речовин та пересування їх в надземні органи рослин залежать від температури коріння. Знижені температури сприяють різкому порушенню розподілу поживних речовин між органами рослини – відносно збільшення питомих речовин у корінні і зменшення їх в надземних органах.

### 3.6.2 Вплив знижених температур на фотосинтез та дихання рослин

*Фотосинтез.* Температурний оптимум фотосинтезу рослин теплого клімату знаходиться в межах 15 – 30 °С, для рослин помірних широт - в межах 15 – 20 °С, в холодних широтах деякі рослини синтезують при мінімальній температурі близькій до 0 °С. В табл. 3.20 вказана залежність поглинання CO<sub>2</sub> від температури повітря.

Хід кривої фотосинтезу у різних груп рослин за однакових температур і однакової напруги світла може бути різним.

Таблиця 3.20 – Інтенсивність поглинання CO<sub>2</sub> листям (мг/г на 150 см<sup>2</sup>) за різних значень температури (за Лундегардом)

Рослини	Температура, °С		
	0	10	20
Картопля	0,9	4,2	9,5
Томат	3,3	6,0	8,4
Цукрові буряки	3,0	6,0	8,5

За тривалого витримування рослин в умовах певної і цілком визначеної температури (зниженої або підвищеної) може відбутись стійкий фотосинтез по відношенню до тієї ж зони температурної шкали і зміщення температурного оптимуму фотосинтезу. Але не завжди переміщення рослини в ті чи інші умови сприяє перебудові фотосинтезу. Все залежить від початкового стану навколишнього середовища. Рівень температур, за якого відбувається припинення фотосинтезу, у різних культур різний.

Залежність ступеня пригнічення фотосинтезу від холодостійкості була встановлена при порівнянні реакції рослин на однакове охолодження. За даними В.Н. Жолкевича, причина порушення фотосинтетичного

процесу пов'язана з патологічною зміною хлоропластів під впливом охолодження.

Зворотність пригнічення фотосинтезу під впливом знижених температур проявляється в тому, що зниження інтенсивності фотосинтезу поступово зменшується і інтенсивність фотосинтезу є такою ж, як до початку зниження температур. Зворотність фотосинтезу залежить не тільки від холодостійкості рослин, але і від віку листя, їх фізіологічного стану, загартування до холоду. Яскраве світло посилює пригнічення фотосинтезу, який відбувається при знижених температурах.

*Дихання.* Знижені температури спричиняють різке зменшення інтенсивності дихання. У холодостійких рослин реакція зміни інтенсивності дихання за зниження температури неоднакова. У теплолюбних рослин середня інтенсивність дихання при 4 °С у два – два з половиною рази нижча, ніж у холодостійких рослин. При температурі повітря 20 °С інтенсивність дихання однакова у холодостійких та теплолюбних культур.

О. І. Коровіним встановлено, що за знижених температур в зоні коріння зниження інтенсивності дихання у теплолюбних культур виражається більше ніж у холодостійких [24].

В.Н. Жолкевич порівнював фізіологічні особливості теплолюбних культур з фізіологічними особливостями холодостійких і встановив, що при охолодженні теплолюбних культур пригнічується ріст листя та міжвузля, що сприяє зменшенню накопичення сухої речовини. Пригнічення росту і біосинтезу, порушення структури протоплазми у теплолюбних рослин сприяє розриву між диханням і зв'язаними з ним процесами. Таким чином, загибель рослин під дією знижених температур відбувається через невідповідність отриманої енергії в процесі дихання та її ефективним споживанням.

У холодостійких рослин після закінчення дії знижених температур дихання було нормальне.

### **3.6.3 Вплив знижених температур на розвиток і продуктивність рослин**

Як вказувалось вище, знижені температури негативно впливають на ріст, розвиток і формування продуктивності сільськогосподарських культур. За визначенням О.І. Коровіна зниженими температурами є температури у вегетаційний період на 3 – 4 °С вищі від біологічного мінімуму. Для зернових культур це будуть температури, не нижчі за 5 – 7 °С.

Різні рослини у різні відрізки вегетаційного періоду під час початку дії знижених температур будуть знаходитись у різному стані розвитку.

Вплив знижених температур ґрунту 6 – 7 °С в окремі періоди онтогенезу по-різному впливає як на тривалість фаз розвитку, так і на продуктивність (табл. 3.21).

Таблиця 3.21 - Вплив температури ґрунту на тривалість міжфазних періодів і всього вегетаційного періоду пшениці (за О.І. Коровіним, 1984)

Температура ґрунту, °С	Тривалість між фазних періодів, дні								
	сівба – сходи	сходи – 3-й лист	3-й лист – вихід у трубку	вихід у трубку – коло сіння	коло сіння – молочна – воско	молочна – воско – ва стиглість	сівба – коло сіння	коло сіння – дозрівання	сівба – дозрівання
6...7	11	23	14	20	32	24	68	55	124
8...10	9	20	14	20	22	21	63	43	106
12...14	6	15	10	19	17	14	50	31	81
15...20	5	13	10	20	17	13	48	30	78

О.І. Коровін досліджував вплив температури ґрунту впродовж всього вегетаційного періоду на його тривалість та тривалість міжфазних періодів у зернових культур. Як видно із табл. 3.21 тривалість періодів сівба – ходи, сходи – третій листок та колосіння – молочна стиглість і молочна – воско стиглість при температурах 6 – 10 °С збільшується вдвічі. Тривалість інших міжфазних періодів збільшується незначно. Порівняння приростів при знижених температурах із приростами в нормальних умовах показали, що в період від виходу у трубку до колосіння прирости при знижених температурах перевищували прирости при підвищених температурах.

Встановлено, що вплив знижених температур на процеси розвитку пшениці спостерігаються тільки в період яровизації та світлової стадії.

Під дією знижених температур впродовж вегетаційного періоду величина врожаю іноді буває вищою, ніж в загальних умовах, але частка зерна в загальній масі буде меншою, а маса коріння – більшою. Також зменшується інтенсивність процесів росту та змінюється співвідношення між зерном, соломомою і корінням в сторону зменшення врожаю зерна.

## Контрольні питання

1. Як формується холодостійкість рослин?
2. Як впливають знижені температури на фотосинтез та дихання рослин?
3. В які періоди розвитку рослин вони найбільш вразливі до зниження температур?
4. Як впливають знижені температури на розвиток і продуктивність рослин?
5. Як впливають знижені температури на поглинання води рослинами?
6. Як впливають знижені температури на живлення рослин?
7. Як впливають знижені температури на продуктивність рослин?
8. В які періоди знижені температури впливають на процеси розвитку пшениці?

### 3.7 Вимерзання рослин.

Озимі культури (пшениця, жито, ячмінь) – однолітні рослини, зростання яких відбувається впродовж двох циклів, розмежованих між собою досить тривалим відрізком часу (від 3 до 7 місяців) примусового спокою, який зумовлюється несприятливими умовами зимівлі. Перший цикл зростання озимих культур починається восени і продовжується до припинення вегетації. Другий цикл зростання починається навесні з відновлення вегетації рослин і закінчується збиранням урожаю.

Здатність озимих культур зберігатись у вегетативному стані восени і не розвивати вегетативних органів є адаптивною ознакою, яка сприяє їх перезимівлі [28, 39, 48, 49, 54]. Зменшення інтенсивності зростання наприкінці вегетації призводить до зміни напрямку та інтенсивності процесу обміну речовин, а також накопиченню інгібіторів зростання, що сприяють переходу рослин в стан зимового покою.

З усіх озимих зернових культур найбільш стійким до несприятливих умов зимівлі є жито. Це пояснюється менш вимогливим ставленням цієї культури до зовнішніх умов вирощування, більшою інтенсивністю куцистості та ін. Критична температура вимерзання різних сортів озимого жита в залежності від умов осінньої вегетації коливається у межах від –18 до – 24° С. Тому воно має більш широке розповсюдження у районах з суворю зимою.

Головна та дуже цінна культура – озима пшениця. Вона більш вимоглива до умов вирощування, критична температура вимерзання у неї нижча, ніж у озимого жита і коливається від – 17° до – 22° С. Посіви озимої пшениці займають перше місце за площами серед зернових культур.



Озимий ячмінь – найбільш скоростигла та вимоглива до тепла та вологи культура. Але зимостійкість його значно нижча, ніж у жита та озимої пшениці. Критична температура вимерзання більшості сортів ячменю становить  $-13... -16^{\circ}\text{C}$ . Вирощується озимий ячмінь в районах, де умови зимівлі значно м'якші. Площі посівів озимого ячменю набагато менші ніж озимої пшениці та жита [48].

Восени озимі культури формують коріння, пагони та листя. Головними факторами агрометеорологічних умов розвитку озимих культур восени є температура повітря та вологість ґрунту [35].

Восени у підземній частині стебла формується вузол кущіння – найважливіший та єдиний орган, здатний регенерувати нові органи рослини. В ньому накопичуються поживні речовини, головним чином вуглеводи, які визначають стійкість рослин до несприятливих умов зими. Вузол кущіння розташовується біля поверхні ґрунту (на глибині 3 – 5 см). Загибель вузла кущіння означає загибель всієї рослини. Тому взимку при визначенні стану озимих культур перш за все визначається стан вузла кущіння.

Глибина залягання вузла кущіння залежить від заглиблення насіння, щільності верхнього шару ґрунту, розміру посівного насіння та агрометеорологічних умов осіннього періоду.

В осінній період у озимих культур відбуваються складні фізіологічні процеси, які забезпечують підготовку рослин до зимівлі. Стан озимих посівів після припинення вегетації восени має дуже велике значення для перезимівлі. Найменш зимостійкими бувають озимі культури у фазі другого та третього листка. Перерослі рослини восени мають висоту близько 25 см та більше шести бокових пагонів. Зимостійкість таких рослин різко зменшується в порівнянні з рослинами, які мають 3 – 6 пагонів. За даними багатьох дослідників найбільша зимостійкість буває, коли у рослин до припинення вегетації утворюється від 3 до 6 пагонів.

Зимостійкість рослин залежить від строків сівби, зволоження ґрунту, біологічних особливостей сортів озимих культур та агрометеорологічних умов впродовж осіннього періоду вегетації, наприкінці якого проходить процес загартування рослин. За даними І.І. Туманова, процес загартування проходить впродовж двох фаз. Перша фаза протікає в умовах доброго освітлення та при поступовому зменшенні температури повітря до  $0... -6^{\circ}\text{C}$ . Тривалість першої фази становить 12 – 14 днів. При добрих умовах проходження першої фази загартування озимі витримують зниження температури ґрунту на глибині вузла кущіння до  $-12^{\circ}\text{C}$ .

Друга фаза загартування відбувається наприкінці осені – початку зими при середній за добу температурі повітря  $-2... -5^{\circ}\text{C}$ . Вона може відбуватись уже під снігом. Тривалість другої фази становить 3 – 5 днів, інколи – 8 – 12. Після проходження другої фази загартування рослини

накопичують найбільшу кількість цукру та здатні витримувати температури до  $-18... -22$  °С.

В залежності від морозостійкості висіяних сортів, агрометеорологічних умов осені, рельєфу полів зрідженість посівів взимку носить досить різноманітний характер. Вона може бути невеликою та рівномірно розповсюджуватись по полю. Це буде дифузійна зрідженість. Найчастіше вона спричиняється короткочасними сильними морозами при відсутності снігу або незначній його висоті у першу половину зими.

За більш суворих умов зимівлі (тривалих сильних морозів, тривалого залягання товстого шару снігу, наявності льодяної кірки, застою талих вод та ін.) зрідженість посівів носить плямистий характер. Загальна площа пошкоджень у таких випадках залежить від інтенсивності та тривалості несприятливих умов. Такий вид зрідженості посівів озимих культур зустрічається найчастіше.

Третій тип зрідженості посівів спостерігається в роки з поганими умовами для перезимівлі рослин, коли майже всі рослини на полі гинуть. За великої зрідженості озимих проводиться підсів або повний пересів озимих культур ярими.

Основними причинами пошкодження рослин взимку є: вимерзання, випрівання, вимокання, випирання та видування рослин. Крім того, наявність притертої льодяної кірки поглиблює дію всіх вищеназваних факторів. Загибель рослин взимку найчастіше відбувається під дією не одного, а декількох факторів. Так, в посушливих умовах поганий стан озимини навесні пояснюється не тільки умовами перезимівлі, а і великою зрідженістю посівів внаслідок слабого розвитку восени через нестачу вологи в ґрунті. В таких випадках дія зимових умов сприяє ще більшій зрідженості посівів.

Перезимівля озимих зернових культур визначається біологічними особливостями озимого жита, озимої пшениці та озимого ячменю – їх зимостійкістю і морозостійкістю, а також агрометеорологічними умовами осіннього, зимового та весняного періодів, станом озимих перед припиненням вегетації, який відображає рівень агротехніки (строки сівби, якість обробки ґрунту, вплив попередників та ін.).

*Зимостійкість* рослин – це загальна стійкість їх до несприятливих умов зими. Вона визначається біологічними особливостями рослин, станом посівів перед припиненням вегетації, мірою загартування рослин та умовами перезимівлі. Зимостійкість рослин поступово зростає від осені до середини зими, в другій половині зими вона починає зменшуватись. Особливо різко вона зменшується взимку при наявності великої кількості відлиг.

*Морозостійкість* рослин – це стійкість рослин до морозів. Вона характеризується критичною температурою вимерзання рослин.

*Критична* температура вимерзання рослин – це температура, за якої загибель від вимерзання становить більше 50 % рослин. За даними В.М. Лічикакі [28], значення критичної температури вимерзання тісно пов'язано із середньою за пройдений період зимівлі мінімальною температурою ґрунту на глибині залягання вузла кущіння.

Стан озимих посівів восени після припинення вегетації дуже впливає на перезимівлю озимих культур. Мало розвинені рослини так, як і перерослі, значно більше пошкоджуються при несприятливих умовах зимівлі. Критична температура їх вимерзання майже завжди на 1 – 3° С вище ніж у добре розвинених рослин. Погано розвинені рослини з кущистістю 1 – 2 пагони мають мало поживних речовин і тому скоріше пошкоджуються внаслідок вимокання та випрівання, а також від льодяної кірки. У перерослих рослин (з кущистістю більше 6 пагонів у пшениці та 4 пагонів у жита) зимостійкість зменшується внаслідок значного росту та переходу рослин до третього етапу органогенезу, а також у зв'язку з інтенсивним збільшенням конусу наростання в осінній період, що спричиняє затримку проходження першої стадії загартування рослин. Встановлено [28, 39, 56], що найбільшу зимостійкість мають рослини, які сформували на припинення вегетації до трьох, шести пагонів (у деяких сортів озимої пшениці до 2 – 3 пагонів).

Головними агрометеорологічними факторами, які визначають перезимівлю озимих культур, є: висота снігу, мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння в різні періоди зими, сума від'ємних температур повітря, глибина промерзання ґрунту, тривалість періоду з висотою снігу більше 30 см, сума опадів за осінній та зимовий періоди та ін. Дослідженнями впливу цих факторів на перезимівлю озимини займалися Ф.М. Куперман [27], В.М. Лічикакі [38], В.О. Мойсейчик [46], І.М. Петунін [54], О.М. Шульгін [78], О.О. Окушко [56] й інші.

Агрометеорологічні умови як холодного, так і теплого періодів року значно впливають на стан озимих культур. Ці умови значно змінюються як у часі, так і у просторі. В залежності від характеру процесів формування одні й ті ж метеорологічні величини можуть бути небезпечними і, навпаки, сприятливими для рослин, що зимують.

Вивчення закономірностей просторової та часової мінливості основних агрометеорологічних елементів, що зумовлюють перезимівлю озимих культур, та інерційності реакції рослин на їх дію дозволили встановити прогностичні залежності та розробити методи довгострокових прогнозів перезимівлі озимих культур.

*Агрометеорологічними умовами перезимівлі* озимих культур називається комплекс метеорологічних елементів, які безпосередньо або побічно впливають на рослини взимку і визначають їх зимостійкість та стан на початок весняної вегетації.

*Температура повітря.* Температура повітря визначає не тільки умови, але і тривалість періоду зимівлі рослин, який починається з дати стійкого переходу температури повітря через 0 °С восени та закінчується переходом її через це ж значення навесні. Температура повітря взимку особливо негативно впливає на перезимівлю озимих культур за відсутності снігу. Особливо несприятливі для озимих культур різкі коливання мінімальної температури повітря в районах з великим промерзанням ґрунту та малою висотою снігового покриву.

*Сніговий покрив.* Велике значення для зимівлі рослин мають строки встановлення та сходу снігу, просторова та часова мінливість його висоти та щільності. Пізні встановлення снігу на полях в районах з стійкою зимою та сильними морозами збільшує ймовірність вимерзання рослин. Висота снігу на полях поступово збільшується впродовж зими. Найбільша вона буває у північних хліборобських районах наприкінці березня, на півдні – у лютому. При рівномірному заляганні сніг добре захищає рослини від сильних морозів. Після встановлення на полях снігу температура ґрунту на глибині вузла кущіння значно підвищується. Але дуже глибокий сніг та тривале його залягання на полях з озимими також несприятливо впливає на рослини.

Сніг на полях залягає дуже нерівномірно. Під впливом вітру на відкритих полях відбувається значне перенесення снігу з одних ділянок поля на інші. Дослідженнями просторової мінливості снігу на полях займалися І.М. Петунін, О.О. Окушко, О.М. Шульгін, В.О. Мойсейчик та ін. Ними встановлено, що нерівномірність розповсюдження снігу тим більша, чим менша середня його висота. Встановлено, що висота снігу 10 см достатня для збереження озимих при сильних морозах і вона буває на всьому полі за середньої висоти снігу 30 см. В.О. Мойсейчик розрахувала ймовірність розподілу снігу на полях з озимими культурами за різної середньої товщини його (табл. 3.22).

Тривалість періоду зі снігом також має велику мінливість по території. Тривале залягання товстого шару снігу на полях спричиняє пошкодження рослин внаслідок випрівання. За значної товщини снігу та тривалого його перебування на полях стан озимини залежить від швидкості танення снігу.

*Глибина промерзання ґрунту.* Строки встановлення снігу на полях та його товщина значно впливають на глибину промерзання ґрунту, яка також має значну просторову та часову мінливість, але все ж таки меншу, ніж товщина снігу. На глибину промерзання ґрунту впливають механічний склад ґрунту, його вологість, рельєф, агротехніка, рослинний покрив тощо.

Дослідження Л.О. Разумової показали, що головними факторами, які зумовлюють глибину промерзання ґрунту, є вологість ґрунту, температура повітря, товщина снігу та рівень ґрунтових вод.

Таблиця 3.22 – Розподіл снігу на полях з озимими культурами при різній висоті його за снігозйомкою (% загальної площі поля)

Середня висота снігу за снігозйомкою, см	Висота снігу, см									
	0	1-3	4-6	7-10	11-15	16-20	21-30	31-50	51-80	80-100
1	70	24	5	1	0	–	–	–	–	–
2	46	33	17	4	0	–	–	–	–	–
3	27	38	25	9	1	0	–	–	–	–
4	18	30	36	13	3	0	–	–	–	–
5	10	25	39	21	5	0	–	–	–	–
6	7	19	34	29	10	1	0	–	–	–
7	5	16	30	35	12	2	0	–	–	–
8	2	11	25	41	15	6	0	–	–	–
9	2	7	18	42	23	7	1	0	–	–
10	1	7	14	38	28	9	3	0	–	–
11	1	4	12	37	37	13	4	0	–	–
12	1	3	9	29	38	16	4	0	0	–
13	0	3	7	24	37	19	9	1	0	–
14	0	2	6	21	35	23	11	2	0	–
15	0	2	5	17	33	27	14	2	0	–
16	0	2	4	14	29	29	19	3	0	–
17	0	1	4	13	25	30	23	4	0	–
18	0	0	4	10	23	31	26	6	0	–
19	0	0	2	9	21	30	32	6	0	–
20	0	0	2	8	19	28	33	10	0	–
21–30	0	0	1	3	9	21	44	21	1	0
31–50	0	0	0	0	1	5	25	63	6	0

*Температура ґрунту на глибині залягання вузла кушіння.* Температура ґрунту на глибині вузла кушіння є комплексним показником агрометеорологічних умов перезимівлі озимих культур. На її значення впливають тепломісткість і теплопровідність ґрунту, температура повітря, товщина снігу, вологість ґрунту, глибина промерзання ґрунту.

Вплив температури повітря при відсутності снігу на температуру ґрунту на глибині вузла кушіння носить лінійний характер.

Вплив товщини снігу на температуру ґрунту носить нелінійний характер. Значення кожного сантиметра снігу для температури ґрунту змінюється із збільшенням його товщини [59].

Просторова мінливість мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння визначається, головним чином, розподілом снігу на полях.

Велика просторова та часова мінливість мінімальної температури ґрунту не дозволяє обмежуватись лише фактичними спостереженнями через малу кількість повторностей. Тому для використання цієї величини в прогнозах та оцінках було розроблено декілька методів розрахунку температури ґрунту на глибині 3 см. О.О Шиголевим встановлена залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння від мінімальної температури повітря ( $T$ ) при різній висоті снігу та різної глибини промерзання ґрунту ( $H$ ) (рис. 3.9).

В. О. Мойсейчик розробила статистичні залежності мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см від температури повітря, глибини промерзання та різної висоти снігу. Рівняння зв'язку – у табл. 3.23.

За значеннями коефіцієнтів кореляції та кореляційних відношень встановлено, що зв'язок температури ґрунту на глибині вузла кущіння з температурою повітря та глибиною промерзання ґрунту прямолінійний, а з товщиною снігу нелінійний і має вигляд параболи другого порядку. Аналітично ці залежності описуються багатофакторними рівняннями:

для зони з чорноземними ґрунтами:

$$t = 0,618T - 0,082H + 0,658h^2 - 0,008h + 0,0007P - 0,366; \quad (3.18)$$

для зони нечорноземних земель з добре зволженим суглинковим ґрунтом:

$$t = 0,274T - 0,052H + 0,444h^2 - 0,009h + 0,004P - 5,960; \quad (3.19)$$

для нечорноземної зони з добре зволженим супіщаним ґрунтом:

$$t = 0,372T - 0,057H + 0,425h^2 - 0,003h + 0,005P - 2,328; \quad (3.20)$$

для західних районів нечорноземної зони з суглинковим добре зволженим ґрунтом:

$$t = 0,205T - 0,074H + 0,171h^2 - 0,003h + 0,0004P - 0,965. \quad (3.21)$$

За цими рівняннями розраховується мінімальна температура ґрунту на глибині 3 см, якщо:  $T = -10 \text{ -- } -40^\circ \text{C}$ ,  $H = 20 \text{ -- } 150 \text{ см}$ ,  $h = 0 \text{ -- } 40 \text{ см}$ ,  $P = 100 \text{ -- } 2000$  пагонів на один метр.

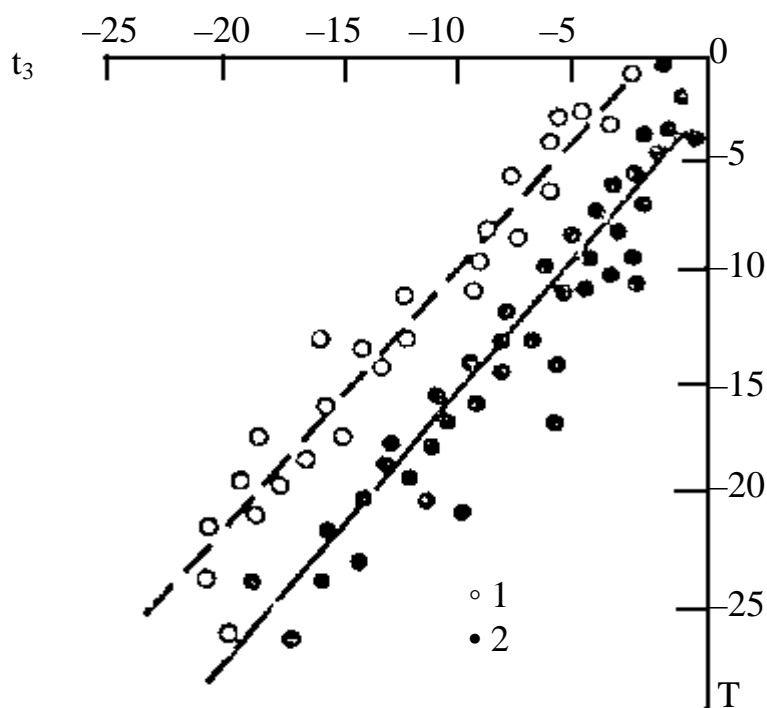


Рис. 3.9 – Значення мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см в залежності від мінімальної температури повітря при відсутності снігу, 1 – при підвищенні температури повітря, 2 – при зниженні (за О.О. Шиголевим).

Таблиця 3.23 – Рівняння зв'язку мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см з мінімальною температурою повітря та глибиною промерзання ґрунту

Висота снігу, см	Рівняння
5	$t_3 = 0,64T - 0,07H + 5,2$
10	$t_3 = 0,25T - 0,06H + 3,1$
15	$t_3 = 0,17T - 0,06H + 1,9$
20	$t_3 = 0,12T - 0,05H + 1,56$

За рівняннями (3.18 – 3.21)) визначається також товщина снігу, за якої мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кушіння буде близькою до критичної температури вимерзання рослин. Ці рівняння широко використовуються у практиці оперативного обслуговування сільського

господарства як для оцінки умов перезимівлі, так і для складання прогнозів площ із загиблими посівами.

Перезимівля озимої пшениці в значній мірі залежить від попередників [63, 64]. Дослідження І.В. Свісюка щодо виявлення закономірностей зрідженості посівів озимої пшениці, посіяної по парових та непарових попередниках, показали, що є тісний зв'язок між зрідженістю посівів та мінімальною температурою ґрунту на глибині 3 см при сівбі по парових та непарових попередниках. При сівбі по різних попередниках морозостійкість озимини змінюється. При цьому також враховується міра кущистості посівів (табл. 3.24).

Стійкість озимих культур в значній мірі залежить від критичної температури вимерзання сортів.

*Критична температура* вимерзання – це така температура, при якій загибель рослин становить 50 % і більше. Найчастіше значення критичної температури вимерзання визначають за допомогою проморожування зразків у холодильних камерах. Але існує ціла низка методів розрахунку критичної температури [15, 22] вимерзання озимих культур.

Дослідження І.В. Свісюка показали, що найбільше впливає на загартування рослин восени температура повітря та ґрунту. В листопаді та на початку грудня, у період першої фази загартування, особливо велике значення мають перепади між денною та нічною температурами та мінімальна температура повітря в нічну пору. Наприкінці листопада та в грудні, у період другої фази загартування, важливого значення набуває хід зниження негативної середньої за добу температури. Були встановлені статистичні залежності між переліченими факторами та критичною температурою вимерзання:

Були встановлені статистичні залежності між переліченими факторами та критичною температурою вимерзання:

$$U = 0,125t - 0,00099\Sigma T - 15,5 \quad , \quad (3.22)$$

де  $U$  – критична температура вимерзання озимих більш морозостійких сортів, які мають з осені кущистість 2 – 3 пагони, °С;

$t$  – середня з мінімальних температур повітря за листопад, °С;

$\Sigma T$  – сума температур повітря нижче 0° С за листопад – грудень, °С.

За цим рівнянням розрахована табл. 3.24.

Для сортів з меншою морозостійкістю (Безоста 1, Аврора, Кавказ та ін.) при розрахунках по таблиці вводиться поправка. Вона в середньому становить 2° С. Така ж поправка вводиться для усіх сортів, якщо вони закінчили вегетацію у стані сходи – третій лист.



Таблиця. 3.25 – Відсоток загибелі розкущеної озимої пшениці в залежності від мінімальної температури на глибині залягання вузла кущіння, попередника і морозостійкості сорту

Сорт	Попередник	Мінімальна температура на глибині залягання вузла кущіння, °С											
		-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21
Найбільш морозостійкі сорти													
Миронівська 808, Північно донецька	Чорний пар	2	3	4	5	7	9	13	19	28	37	55	80
	Непарові	3	4	5	7	10	14	21	30	47	60	98	100
Менш морозостійкі сорти													
Безоста 1	Чорний пар	2	3	4	6	8	12	20	30	45	68	100	–
	Непарові	3	4	6	10	14	21	31	50	76	100	–	–

Таблиця 3.24 – Критична температура вимерзання розкущеної озимої пшениці морозостійких сортів в залежності від мінімальної температури повітря за листопад та суми температур за листопад – грудень (за І.В. Свісюком)

Середня мінімальна температура за листопад	ΣТ нижче 0° С за листопад – грудень								
	-30	-60	-90	-120	-150	-180	-210	-240	-270
8	-14,8	-15,1	-15,4	-15,7	-16,0	-16,3	-16,6	-16,9	-17,2
6	-15,0	-15,3	-15,6	-15,9	-16,1	-16,5	-16,7	-17,1	-17,4
4	-15,3	-15,6	-15,9	-16,1	-16,4	-16,7	-17,1	-17,4	-17,7
2	-15,6	-15,9	-16,1	-16,4	-16,7	-17,1	-17,4	-17,6	-17,9
0	-15,8	-16,1	-16,4	-16,7	-17,0	-17,3	-17,6	-17,9	-18,2
-2	-16,1	-16,4	-16,7	-16,9	-17,2	-17,5	-17,8	-18,1	-18,4
-4	-16,3	-16,6	-16,9	-17,1	-17,4	-17,8	-18,1	-18,4	-18,7
-6	-16,5	-16,8	-17,1	-17,4	-17,7	-18,0	-18,3	-18,6	-18,9
-8	-16,8	-17,1	-17,4	-17,8	-18,0	-18,3	-18,6	-18,8	-19,2

*Визначення критичної температури за методом В.М. Лічикакі.* В.М. Лічикакі встановив залежність критичної температури вимерзання озимих культур від сум середніх за добу температур повітря та сум мінімальних температур ґрунту на глибині залягання вузла кушіння. Для використання цієї залежності в оперативній роботі була розрахована табл. 3.26

За табл. 3.26 розраховується критична температура вимерзання в першу половину зими, тобто після дати стійкого переходу температури повітря через -10 °С. Закінчення періоду проходження другої фази загартування рослин приблизно співпадає з цією датою.

Результати перевірки цієї методики на великому матеріалі спостережень показали, що визначена критична температура вимерзання забезпечується точністю  $\pm 1^\circ \text{C}$ .

Для того, щоб була можливість розраховувати значення критичної температури не тільки для першої половини зими, а і для всієї зими, В.М. Лічикакі встановив статистичні залежності критичної температури вимерзання ( $T_{кр}$ ) від середньої із мінімальних температур ґрунту ( $t_3$ ) на глибині вузла кушіння за період від переходу її через 0° С восени до дати визначення критичної температури вимерзання (рис. 3.11, а, б).

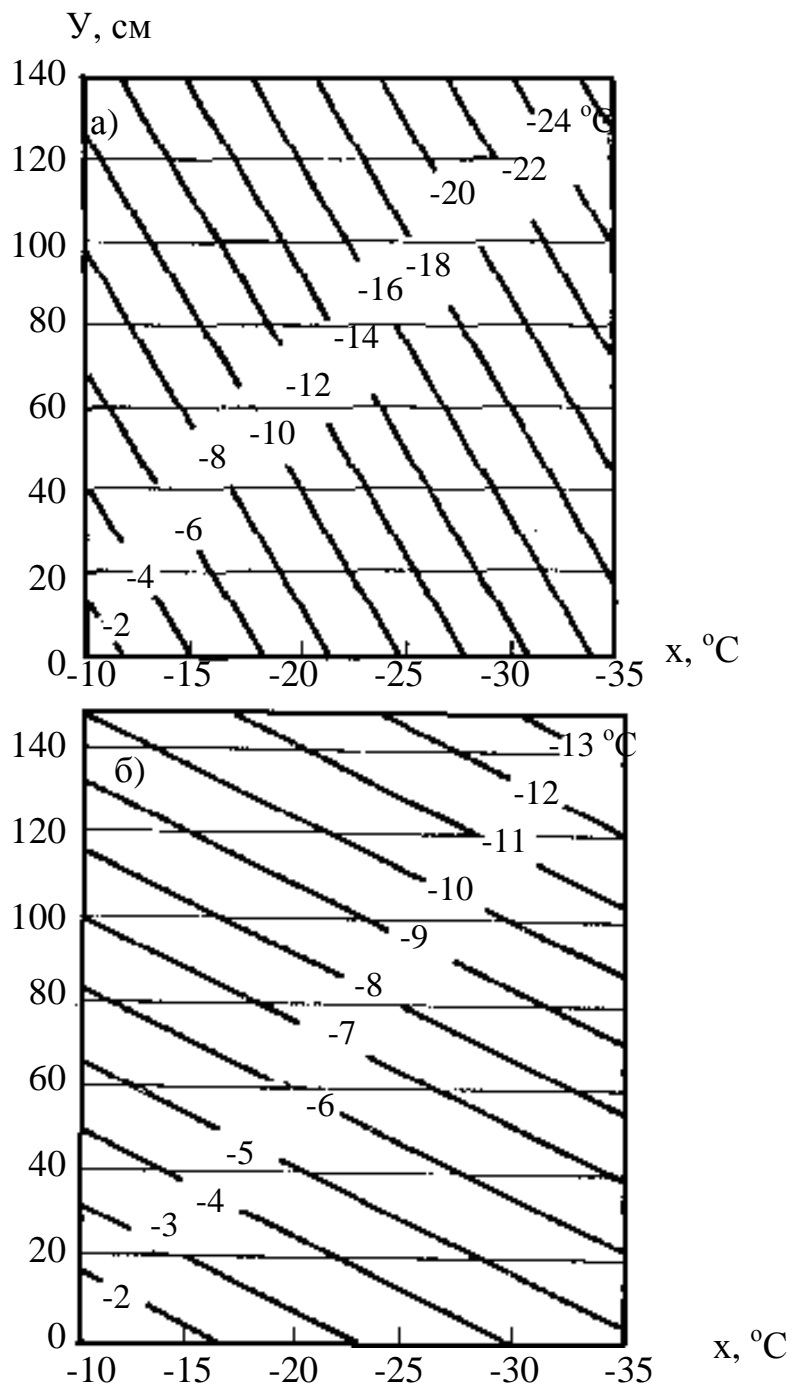


Рис. 3.10 – Залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кушіння озимих культур від мінімальної температури повітря (x) та глибини промерзання ґрунту (y).

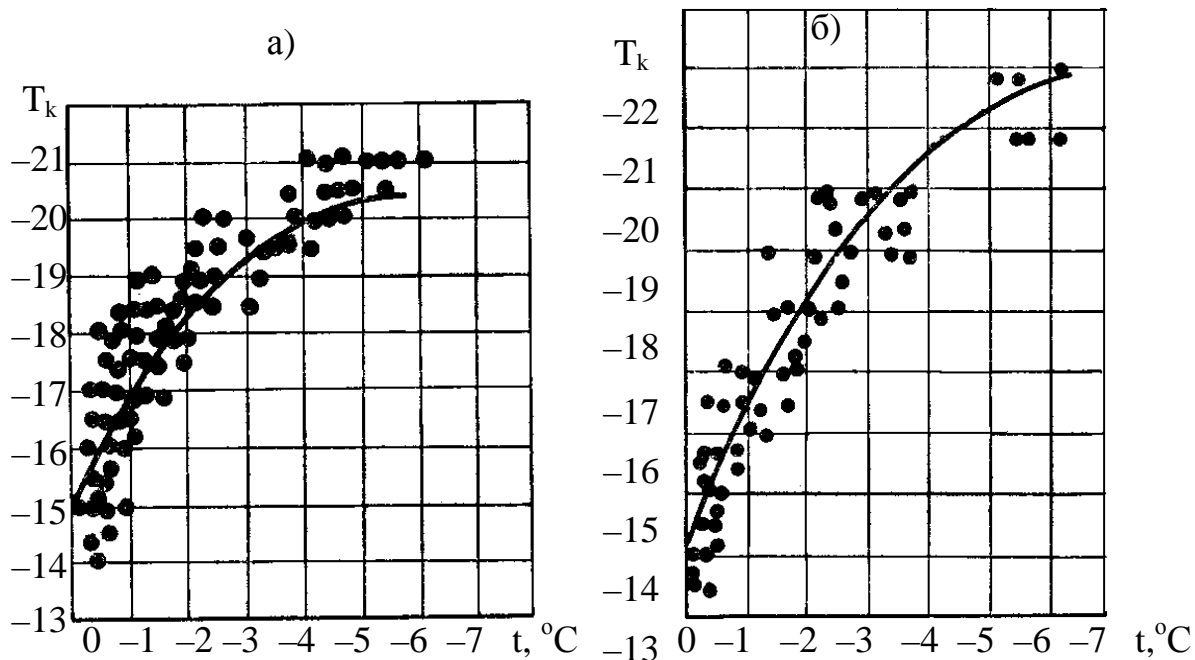


Рис. 3.11 – Залежність критичної температури вимерзання озимої пшениці сортів середньої (а) та високої (б) морозостійкості від середньої з мінімальних температур ґрунту на глибині вузла кушіння.  
а – сорти Білоцерківська 198, Миронівська 808; б – сорти Одеська 3, Одеська 16.

Залежності описані рівняннями

для сортів середньої морозостійкості

$$T_{кр} = -14,056 + 1,916t_3^2 + 0,172t_3, \quad (3.23)$$

для сортів високої морозостійкості

$$T_{кр} = -13,929 + 2,454t_3^2 + 0,191t_3 \quad ; \quad (3.24)$$

для сортів слабкої морозостійкості

$$T_{кр} = -13,8 + 0,164t_3^2 - 1,00t_3 - 0,344t_3^2 - 0,0289t. \quad (3.25)$$

Озиме жито

$$T_{кр} = -0,14t_3^2 + 2,65t_3 - 14 . \quad (2.26)$$

Озимий ячмінь

$$T_{кр} = -0,488t_3^2 + 3,263t_3 - 9,25 . \quad (3.28)$$

Таблиця 3.26 – Залежність критичної температури вимерзання від сум середньої за добу температури повітря та суми мінімальної температури на глибині вузла кущіння для сортів озимої пшениці середньої морозостійкості (за В.М. Лічикакі)

Сума середніх температур повітря або ґрунту на глибині вузла кущіння від дати переходу температури повітря через 0° С до зниження її до -10° С	Розрахована критична температура вимерзання, °С	
	за сумами температур повітря	за сумами температур ґрунту на глибині вузла кущіння
0	-11,0	-13,5
-5	-12,5	-14,5
-10	-13,5	-15,0
-15	-14,5	-16,0
-20	-15,0	-16,5
-25	-15,5	-17,0
-30	-16,0	-17,0
-35	-16,5	-17,5
-40	-17,0	-17,5
-45	-17,5	-18,0
-50	-18,0	-18,0
-55	-18,0	-18,0
-60	-18,5	-18,5
-65	-18,5	-18,5
-70 и нижче	-19,0	-19,0

В.І. Свісюком встановлено, що для південних районів України та Північного Кавказу краще використовувати рівняння 3.24 для визначення критичної температури. Для територій більш північних районів, де середня з мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см буває нижче -4 °С, критичну температуру зручніше розраховувати за рівнянням (3.25), але при цьому треба додати до розрахованого значення критичної температури 2 °С.

Аналіз матеріалів багаторічних спостережень показав, що за відлиг тривалістю більше 5 днів з позитивними середніми за добу температурами, при відсутності снігу, для відновлення вегетації озимих необхідна сума температур близько 20 °С. Сума позитивних температур в 5 °С незалежно від наявності снігу зменшує морозостійкість озимої пшениці у першій половині зими на 1 – 1,5 °С, у другій половині зими на 2 – 3 °С. Якщо температура повітря після відлиги поступово знижується, то рослини відновлюють морозостійкість. Якщо зниження температури відбувається дуже швидко, то може спостерігатись пошкодження рослин навіть при більш високій температурі, чим до відлиги.

В.М. Лічкакі встановив, що зменшення критичної температури вимерзання залежить від тривалості та величини максимальної температури при відлигах, а також розраховував величини відхилення фактичної критичної температури вимерзання від розрахованої в залежності від середньої із максимальних температур повітря за декаду (табл. 3.27).

Таблиця 3.27 – Поправка на розраховану критичну температуру при відлигах у другій половині зими

Місяць	Декада	Середня максимальна температура повітря за декаду ( в °С )						
		0	1	2	3	4	5	6
Лютий	Друга	0,5	1,3	1,8	2,3	2,5	2,7	3,0
	Третя	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Березень	Перша	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
	Друга	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
	Третя	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5

Із табл. 3.27 видно, що за однієї і тієї ж середньої максимальної температури за декаду на кожен новий чинник впливають відлиги попереднього періоду.

Розрахунок критичної температури вимерзання слід починати з декади переходу середньої за добу температури повітря через 0 °С.

**Приклад.** Необхідно розрахувати критичну температуру вимерзання озимої пшениці сорту Миронівська 808 у районі ст. Луганськ. Для розрахунків використовуються дані спостережень. Перехід середньої мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння через 0 °С відбувся у третій декаді листопада. Для визначення критичної температури за цю декаду необхідно суму середніх за декаду температур ґрунту на глибині вузла кущіння, яка становить на цю дату –0,8 °С, поділити на кількість декад плюс одиниця, тобто на 2, вона становитиме –0,2 °С.

Методом інтерполяції з табл.3.28 знаходиться відповідна критична температура вимерзання на третю декаду листопада. Вона становить у прикладі  $-14,3$  °С. Для визначення критичної температури вимерзання у інших декадах розрахунки виконуються аналогічно.

У зерновому господарстві України озимі зернові культури займають близько 30 % всієї посівної площі. Провідна роль серед озимих культур належить озимій пшениці. В.М. Лічикакі за характером перезимівлі озимих культур в Україні виділив три головних райони:

– західний (Волинська, Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська, Рівненська, Тернопільська та Чернівецька області) – середня багаторічна загибель озимої пшениці на цій території не перевищує 10 %;

– центральний (Вінницька, Київська, Кіровоградська, Одеська, Сумська, Хмельницька, Черкаська, Чернігівська, Херсонська та західна частина Полтавської області) – середня загибель озимої пшениці не перевищує 20 %;

– східний (Луганська, Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Харківська, Миколаївська та більша частина Полтавської області) – середня загибель озимої пшениці перевищує 20 %.

Вимерзання озимих культур в Україні та стан їх на момент відновлення вегетації за даними В.М. Лічикакі залежить від мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння, висоти снігу та середньої температури повітря за добу. Ним знайдена залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння від середньої температури повітря за добу та висоти снігу (рис. 3.12).

Для прискорення розрахунків температури ґрунту на глибині вузла кущіння зняті з графіка (рис.3.12) її значення представлені у табл. 3.30

Якщо відома середня за добу (декаду) температура повітря і висота снігу, то з табл. 3.30 легко визначається мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння.

На території України вирощуються здебільшого сорти, які за доброго стану восени та доброго загартування мають критичну температуру вимерзання:  $-22$  –  $-24$  °С – жито;  $-20$  –  $-22$  °С – озима пшениця високої морозостійкості;  $-19$  –  $-20$  °С пшениця середньої морозостійкості та  $-15$  –  $-18$  °С – сорти низької морозостійкості;  $-12$  –  $-15$  °С – ячмінь.

У другу половину зими морозостійкість озимих культур зменшується завдяки цілій низці факторів, серед яких провідне місце займають відлиги та втрата цукру клітинами вузла кущіння. Слід зазначити, що несприятливі умови восени призводять до того, що озимі перед припиненням вегетації мають задовільний і незадовільний стан. В таких випадках значення критичної температури значно вище ( $-11$ ...  $-14$ ° С).

За значеннями критичної температури сорти озимої пшениці, що вирощуються на Україні, поділяються на три групи:

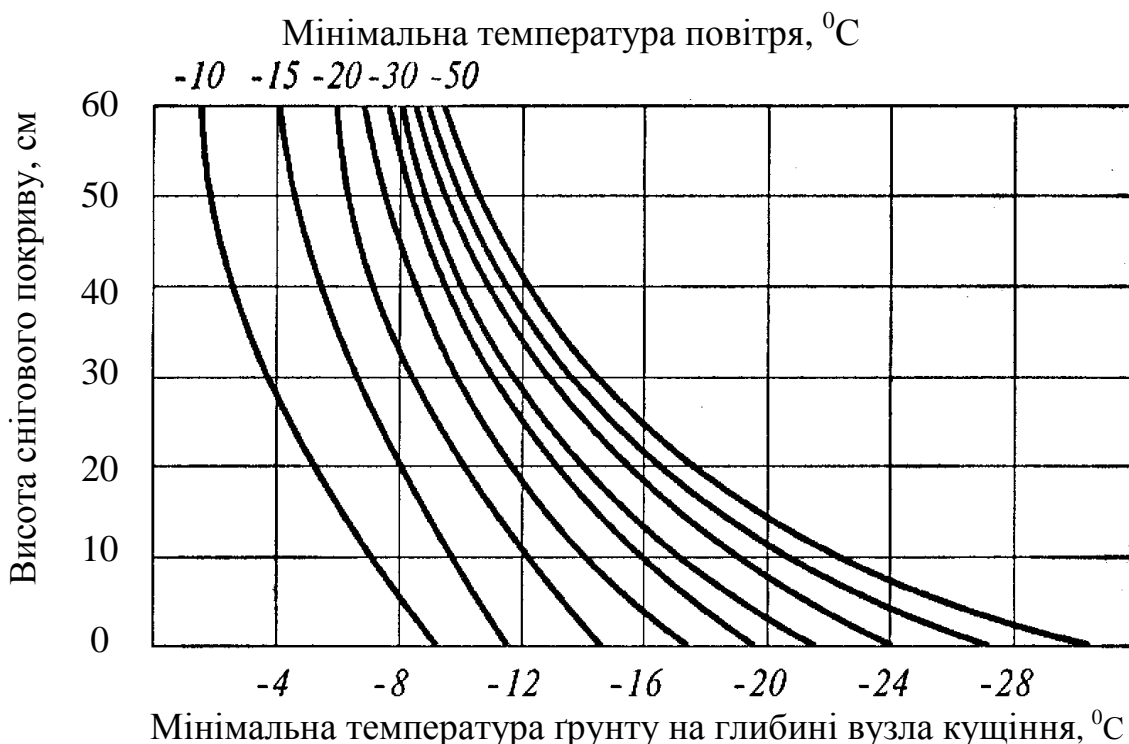


Рис. 3.12 – Залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння (3 см) від середньої добової температури повітря і висоти снігу.

1 – зимостійкість вище середньої (Одеська 16, Одеська 3, Краснодарська 39 та ін.).

2 – середня зимостійкість (Одеська 51, Одеська 21, Миронівська 808, Миронівська Ювілейна, Іллічівка, Білоцерківська 198, Орбіта, Прибой та ін.).

3 – зимостійкість нижче середньої (Безоста 1, Аврора, Кавказ, Дніпровська 521, Поліська 70, Мічуринка, Новомічуринка, Одеська Ювілейна, Рубіж та ін.).

За показник зрідженості озимих посівів навесні від вимерзання В.М. Лічикакі запропонував використовувати коефіцієнт морозонебезпечності  $K$ . Він розраховується як відношення мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння ( $T_{\min}$ ) до критичної температури вимерзання рослин ( $T_{кр}$ ), тобто:

$$K = \frac{T_{\min}}{T_{кр}} \quad (3.29)$$



Таблиця 3.28 – Залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла куціння від середньої за добу температури повітря і висоти снігу

Середньо добова температура повітря, °С	Висота снігового покриву, см														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
-1	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0	0	0	0
-2	-1,3	-1,3	-1,2	-1,1	-1,1	-1,0	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	0	0	0	0	0
-3	-2,1	-2,1	-2,0	-1,9	-1,8	-1,6	-1,4	-1,0	-0,7	-0,5	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3
-4	-3,0	-2,8	-2,7	-2,5	-2,4	-2,2	-2,0	-1,6	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,8	-0,8	-0,7
-5	-3,9	-3,7	-3,5	-3,3	-3,1	-2,8	-2,6	-2,3	-1,9	-1,7	-1,5	-1,4	-1,3	-1,3	-1,2
-6	-4,8	-4,6	-4,3	-4,0	-3,8	-3,5	-3,3	-3,0	-2,6	-2,3	-2,0	-1,9	-1,8	-1,8	-1,7
-7	-5,6	-5,2	-5,1	-4,8	-4,5	-4,2	-3,9	-3,5	-3,2	-2,8	-2,5	-2,4	-2,3	-2,3	-2,2
-8	-6,5	-6,2	-5,9	-5,5	-5,2	-4,8	-4,5	-4,2	-3,8	-3,4	-3,0	-2,9	-2,8	-2,8	-2,7
-9	-7,3	-7,0	-6,7	-6,3	-5,9	-5,5	-5,1	-4,6	-4,1	-3,8	-3,6	-3,5	-3,4	-3,4	-3,3
-10	-8,2	-7,8	-7,4	-7,0	-6,6	-6,2	-5,8	-5,2	-4,5	-4,8	-4,1	-4,0	-3,9	-3,9	-3,8
-11	-9,1	-8,7	-8,2	-7,8	-7,3	-6,9	-6,4	-5,8	-5,3	-4,9	-4,6	-4,5	-4,4	-4,4	-4,3
-12	-10,0	-9,5	-9,0	-8,5	-8,0	-7,5	-7,0	-6,6	-6,1	-5,6	-5,1	-5,0	-4,9	-4,9	-4,8
-13	-10,8	-10,3	-9,8	-9,3	-8,7	-8,1	-7,6	-7,1	-6,7	-6,2	-5,7	-5,6	-5,5	-5,4	-5,3
-14	-11,7	-11,1	-10,5	-10,0	-9,4	-8,8	-8,3	-7,7	-7,2	-6,7	-6,2	-6,1	-6,0	-6,0	-5,9
-15	-12,5	-11,9	-11,2	-10,6	-10,0	-9,5	-8,9	-8,4	-7,8	-7,2	-6,7	-6,6	-6,5	-6,5	-6,4
-16	-13,4	-12,7	-12,0	-11,3	-10,7	-10,0	-9,4	-8,8	-8,3	-7,8	-7,2	-7,1	-7,0	-7,0	-6,9
-17	-14,3	-13,6	-12,8	-12,1	-11,4	-10,8	-10,1	-9,5	-9,0	-8,4	-7,8	-7,7	-7,5	-7,5	-7,5
-18	-15,2	-14,5	-13,7	-13,0	-12,2	-11,5	-10,9	-10,3	-9,6	-9,0	-8,3	-8,2	-8,1	-8,1	-8,0
-19	-16,0	-15,3	-14,5	-13,7	-12,9	-12,3	-11,8	-11,0	-10,2	-9,5	-8,8	-8,7	-8,6	-8,6	-9,0

Продовження табл. 3.28

-20	-16,9	-16,0	-15,2	-14,4	-13,5	-13,1	-12,7	-11,7	-10,7	-10,0	-9,3	-9,2	-9,1	-9,1	-9,5
-21	-17,7	-16,9	-16,0	-15,1	-14,2	-13,6	-13,0	-12,2	-11,3	-10,6	-9,9	-9,8	-9,7	-9,6	-10,1
-22	-18,5	-17,6	-16,7	-15,9	-15,0	-14,2	-13,4	-12,7	-11,9	-11,2	-10,4	-10,3	-10,2	-10,2	-10,6
-23	-19,4	-18,4	-17,5	-16,6	-15,7	-14,8	-14,0	-13,2	-12,5	-11,7	-10,9	-10,8	-10,7	-10,7	-11,1
-24	-20,3	-19,3	-18,3	-17,3	-16,4	-15,5	-14,6	-13,8	-13,0	-12,2	-11,4	-11,3	-11,2	-11,2	-11,7
-25	-21,1	-20,1	-19,1	-18,1	-17,1	-16,2	-15,2	-14,4	-13,6	-12,8	11,9	-11,9	-11,8	-11,8	-12,2
-26	-22,0	-21,0	-19,9	-18,9	-17,8	-16,9	-15,9	-15,1	-14,2	-13,3	-12,4	-12,4	-12,3	-12,3	-12,7
-27	-22,9	-21,8	-20,7	-19,6	-18,5	-17,5	-16,5	-15,7	-14,8	-13,8	-12,9	-12,8	-12,7	-12,8	-13,2
-28	-23,8	-22,6	-21,5	-20,3	-19,2	-18,1	-17,1	-16,2	-15,3	-14,4	-13,5	-13,4	-13,3	-13,3	-13,6
-29	-24,4	-23,3	-22,3	-21,1	-19,9	-18,8	-17,7	-16,8	-15,9	-15,0	-14,0	-13,8	-13,7	-13,7	-14,0
-30	-25,8	-24,0	-23,1	-21,8	-20,6	-19,5	-18,4	-17,4	-16,5	-15,5	-14,5	-14,3	-14,1	-14,1	

Були встановлені кількісні зв'язки між коефіцієнтом морозонебезпечності та зрідженістю озимих посівів від вимерзання (табл. 3.29).

Таблиця 3.29– Коефіцієнт морозонебезпечності  $K$  і відповідна йому зрідженість  $U$  озимих культур від вимерзання

Коефіцієнт морозонебезпечності $K$			Зрідженість $U$ % на $1\text{м}^2$
озиме жито	озима пшениця	озимий ячмінь	
0,55 – 0,79	0,55 – 0,75	0,45 – 0,68	1 – 20
0,80 – 0,95	0,76 – 0,87	0,69 – 0,79	21 – 40
0,96 – 1,06	0,88 – 0,96	0,80 – 0,88	41 – 60
$\geq 1,07$	$\geq 0,97$	$\geq 0,89$	$>60$

За рівняннями (табл. 3.30) розрахована (табл. 3.31) для визначення площі загибелі озимих культур (%) від вимерзання, а також площа можливого пересіву озимої пшениці..

Таблиця 3.30 – Залежність зрідженості  $U$  (%) озимих культур до весни від коефіцієнта морозостійкості  $K$ .

Озима культура	Рівняння зв'язку	Помилка рівняння $E_u$ , %	Кореляційне відношення $\eta$
Пшениця	$U = 77,94K^{4,79}$	$\pm 17$	$0,929 \pm 0,018$
Жито	$U = 47,90K^{3,69}$	$\pm 14$	$0,920 \pm 0,014$
Ячмінь	$U = 90,26K^{3,0}$	$\pm 14$	$0,954 \pm 0,034$

В.А. Шавкуновою окремо розроблена таблиця для визначення зрідженості жита певних сортів від мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кушіння та міри розвитку озимого жита восени (табл. 3.32).

Загальна залежність зрідженості посівів на весну від мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см та коефіцієнта кушіння ( $k$ ) має нелінійний характер і для різних сортів виражається рівняннями:

озима пшениця:

$$\text{Миронівська 808} - \lg U = 2,66 \lg t_3 - 0,129 \lg k - 1,733 ; \quad (3.30)$$

$$\text{Безоста 1} - U = 2,51^{0,269(t_3-5)} ; \quad (3.31)$$

Таблиця 3.31 – Зрідженість (%) посівів озимої пшениці в залежності від мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см і фази розвитку рослин

Сорт	Фаза розвитку	Пороги мінімальної температури ґрунту, °С									
		-5	-10	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21	-22
Безоста 1	сходи –										
	3-й лист	0	12	30	40	50	100	100	100	100	100
	кущіння	0	4	12	18	25	50	100	100	100	100
	сходи –	0	8	25	30	35	50	70	100	100	100
Миронівська 808	3-й лист	0	4	8	10	15	30	50	75	95	100
	кущіння										

Таблиця 3.32. – Зрідженість (%) посівів озимого жита сортів Саратовське-1, Саратовське-4, Саратовське крупнозерне від мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння та розвитку рослин восени

Коефіцієнт кущіння ( <i>k</i> )	Мінімальна температура ґрунту на глибині 3 см, °С							
	-10	-15	-20	-21	-22	-23	-24	-25
1	8	9	28	34	40	46	56	65
2	4	5	24	30	37	44	52	62
3	2	3	22	30	35	42	50	59
4	2	2	21	27	34	41	50	58
5	2	2	22	28	35	42	50	59

жито:

Харківське 55,56, Вятка –

$$U = 9,484t_3 + 0,374t_3^2 + 70,181 ; \quad (3.32)$$

Саратовські сорти:

$$U = 9,003t_3 + 0,365t_3^2 - 5,536k + 0,693k^2 + 66,411 \quad (3.33)$$

Приклад визначення критичної температури вимерзання за В.М. Лічкакі та коефіцієнта морозонебезпечності наводиться в табл. 3.33

Таблиця 3.33 - Приклад визначення коефіцієнта морозонебезпечності можливої загибелі озимої пшениці вище середньої морозостійкості за даними гідрометеорологічної станції Луганськ

Місяць	Декада	Температура повітря (в °С)			Середня висота сніжного покриву на озимих посівах (в см)	Товщина притертої льодової кірки (в см)	Мінімальна температура ґрунту на глибині 3 см (в °С)				Критична температура (в °С)			Коефіцієнт морозонебезпечності	Загибель рослин (в %)	
		середня	Мінімальна	середня з максимальних			середня за декаду	сума середніх мінімальних температур наростаючим підсумком	середня за попередній зимовий період	абсолютний мінімум за декаду	розрахункова	поправка на критичну температуру при відлизі	з помилкою		розрахункова	за даними відрошування
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
XI	1	-2,2	-10,8	-0,9	0	0	-1,3	-1,3	-0,6	-1,6	-15,2	0	-15,2	0,10	0	-
	2	+1,2	-2,8	+2,5	0	0	0	-1,3	-0,4	-0,6	-14,8	0	-14,8	0,04	0	-
	3	-6,7	-21,4	-3,0	6	0	-3,9	-5,2	-1,3	-8,0	-16,8	0	-16,8	0,48	0	-
XII	1	-5,2	-21,9	-2,7	1	2,2	-3,7	-8,9	-1,8	-10,8	-17,7	0	-17,7	0,61	1-20	-
	2	-12,8	-24,8	-9,6	3	3,1	-9,2	-18,1	-3,0	-15,5	-19,6	0	-19,6	0,79	21-40	-
	3	-13,8	-24,6	-9,6	8	2,3	-7,2	-25,3	-3,6	-13,4	-20,3	0	-20,3	0,66	1-20	14
I	1	-23,2	-33,1	-17,8	11	2,2	-10,7	-36,0	-4,5	-15,9	-21,0	0	-21,0	0,76	21-40	-
	2	-17,9	-34,4	-14,5	17	2,2	-7,3	-43,3	-4,8	-18,8	-21,2	0	-21,2	0,89	41-60	28
	3	-9,3	-18,8	-4,7	21	2,2	-2,5	-45,8	-4,6	-6,6	-21,1	0	-21,1	0,31	0	25
II	1	-12,8	-29,5	-7,9	21	2,2	-4,3	-50,1	-4,6	-12,2	-21,1	0	-21,1	0,58	0	43

В.О.Шавкуною також розроблена оцінка умов перезимівлі озимого жита з врахуванням різних показників (табл. 3.34).

Таблиця 3.34 – Оцінка умов перезимівлі озимого жита Саратовських сортів за головними агрометеорологічними показниками

Агрометеорологічний чинник	Міра розвитку рослин ( $k$ )					
	погано розвинуені ( $k < 2$ ) підсів пересів		добре розвинуені ( $k = 3$ ) підсів пересів		перерослі ( $k = 4-5$ ) підсів пересів	
<u>глибина промерзання ґрунту 60 см</u>						
Мінімальна температура повітря без снігу, °С	-26	-29	-26	-30	-26	-30
Мінімальна температура повітря, при висоті снігу 1–5 см, °С	-34	-35	-37	-38	-34	-39
<u>глибина промерзання ґрунту 100 см</u>						
Мінімальна температура повітря, при висоті снігу 1–5 см, °С	-30	-33	-30	-35	-30	-35

Приклад розрахунку зрідженості посівів за методом В.О. Мойсейчик наводиться у табл. 3.35.

*Льодяня кірка* на полях з озимими культурами утворюється в періоди випадання рідких переохолоджених опадів та під час зимових відлиг, які потім змінюються похолоданням. Пізньої осені та ранньої весни льодова кірка також утворюється внаслідок застою води після танення снігу та подальшого її замерзання.

Таблиця 3.35 - Приклад розрахунку зрідженості посівів пшениці сорту Миронівська 808 на ст. Суми

Вихідна та очікувана інформація	Грудень			Січень			Лютий	
	1	2	3	1	2	3	1	2
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Середня кущистість посівів	3 пагони							
Число стебел на 1м <sup>2</sup>	1000							
Мінімальна температура повітря, °С	-20	-16	-30	-25	-18	-30	-25	-20
Мінімальна температура ґрунту на глибині 3см, t <sub>3</sub> °С	-10	-8	-18	-10	-8	-10	-7	-7
Висота снігового покриву за рейкою, h см	0	1	8	10	10	15	20	20
Середня висота снігу за снігозйомкою, h см	0	2	10	11	12	15	20	25
Кількість промірів з висотою h:								
0 см	100	46	1	1	1	0	0	0
1-3	0	33	7	4	3	2	0	0
4-6	0	17	15	12	9	5	2	1
7-10	0	4	38	37	29	17	9	3
Глибина промерзання ґрунту, см	20	30	50	70	85	100	110	120
Очікувана зрідженість посівів за рівнянням (табл. 4.13)	4	2	30	4	2	4	1	1
Температура ґрунту (°С) і висота снігу (см), при яких пшениця зріджується на 30%	-18	8см						
50%	-19	5						
>50%	нижче	4						
	-19							
Площа (% поля) з зрідженістю посівів на весні								
≤30%		42						
31-50%		29						
>50%		13						

Льодяна кірка буває висяча та притерта. Висяча кірка утворюється на поверхні снігу під час відлиг. Вона практично не викликає загибелі озимих культур, а може тільки посилити негативну дію потужного (більше 30 см) снігового покриву.

Притерта льодяна кірка утворюється безпосередньо на поверхні ґрунту, часто спостерігаються випадки змерзання ґрунту з кіркою. Така кірка спричиняє значне пошкодження посівів озимих культур [35, 46].

Міра пошкодження озимих посівів льодяною кіркою залежить від її товщини, щільності та тривалості залягання на полях, а також від розповсюдження (в цілому по полю чи тільки місцями).

За головний показник шкідливості льодяної кірки приймається її товщина. В.М. Лічикакі на основі обробки багаторічних спостережень побудовано графік залежності загибелі озимих культур від товщини льодяної кірки при тривалості її залягання більше чотирьох декад (рис. 3.13), а також розраховані відповідні рівняння (табл. 3.35)

Таблиця 3.35 – Залежності зрідженості посівів від середньої товщини льодяної кірки

Озима культура	Рівняння зв'язку	Помилка рівняння, $E_u$	Кореляційне відношення, $\eta$
Пшениця	$U = 1,8m^2 + 2,8m + 5,4$	$\pm 10$	$0,831 \pm 0,043$
Жито	$U = 2,03m^2 + 0,81m + 7,9$	$\pm 10$	$0,810 \pm 0,030$

Якщо тривалість залягання льодяної кірки менше чотирьох декад, то пошкодження посівів буває незначним, або зовсім відсутнє.

В.М. Лічикакі для зручності користування також розрахована таблиця зрідженості посівів озимих навесні від льодяної кірки різної товщини (табл. 3.36).

Таблиця. 3.36 – Залежність зрідженості озимих посівів (U) від середньої товщини притертої льодової кірки (m) (за В.М. Лічикакі)

M, см	Зрідженість, %	
	пшениці	жита
1	2	3
1,1 – 1,5	11 – 12	11 – 14
1,6 – 2,0	13 – 18	14 – 18



Продовження табл. 3.36

1	2	3
2,1 – 2,5	19 – 24	20 – 23
2,6 – 3,0	25 – 30	24 – 29
3,1 – 3,5	31 – 37	30 – 36
3,6 – 4,0	38 – 43	37 – 44
4,1 – 4,5	46 – 54	45 – 54
4,6 – 5,0	55 – 64	55 – 63
5,1 – 5,5	65 – 75	64 – 74
5,6 – 6,0	76 – 81	75 – 86
>6,0	>81	>86

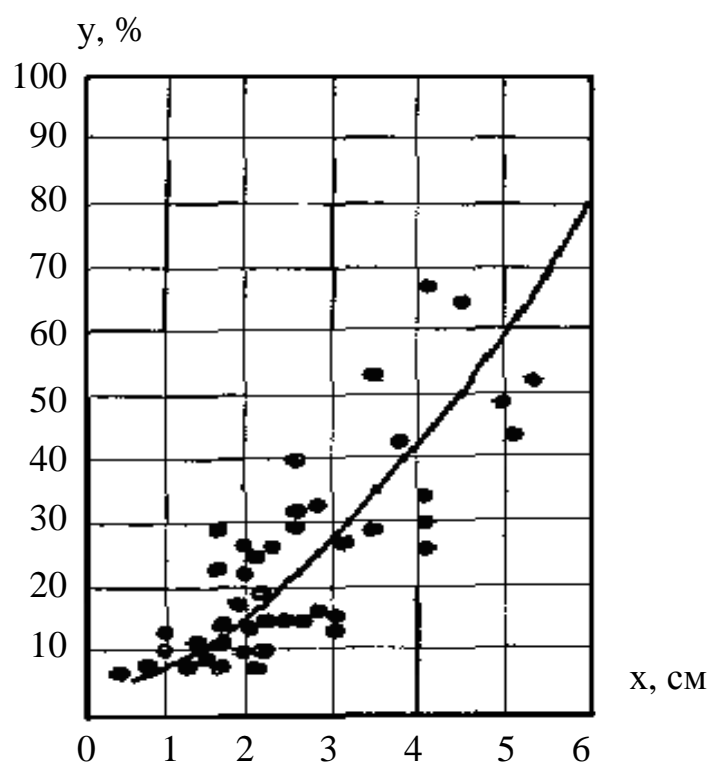


Рис. 3.13 – Залежність загибелі озимої пшениці (Y) від середньої товщини льодяної кірки (X) за час її залягання впродовж 4-х і більше декад.

**Приклад.** Дати оцінку зрідженості посівів озимої пшениці від льодяної кірки по ст. Суми Сумської області.

У прикладі розрахунку головною причиною загибелі рослин була притерта льодяна кірка. Вона утворилась у третій декаді січня. З цієї декади і починається розрахунок її середньої товщини. Для визначення середньої товщини льодяної кірки за кожну декаду підсумовуються

межові значення товщини і потім розділяється отримана сума на 2. Послідовно підсумовуються щодакданні значення товщини кірки з третьої декади грудня до третьої декади січня. До неї додається товщина кірки за першу декаду лютого ( $16,5 + 4,8 = 21,3$ ). Середнє значення за чотири декади отримується шляхом поділу отриманої суми на кількість декад. Таким же чином розраховується товщина кірки у подальшому. Якщо кірка утворилась у першій та третій декаді грудня, то вона не враховується. По величині середньої товщини льодяної кірки визначається зрідженість посівів озимих культур.

При виконанні розрахунків загибелі озимих культур від льодяної кірки слід враховувати її розповсюдження по полю. Якщо поле вкрите на 80 – 100 %, то виконані розрахунки будуть мало відрізнятися від фактичної величини. Якщо льодяна кірка розповсюджена на 50 % поля, а зрідженість становитиме 35 %, то слід відзначати, що загибель рослин 30 % спостерігатиметься на 50 % поля. У таких випадках озимі, які восени були погано розвинені, пересівають, а добре розвинені – підсівають.

### *Контрольні питання*

- 1. Дайте визначення морозостійкості і зимостійкості рослин.*
- 2. Як формуються морозостійкість і зимостійкість?*
- 3. Від яких причин залежить пошкодження озимих культур взимку?*
- 4. Які чинники впливають на температуру ґрунту на глибині 3 см?*
- 5. Що називається критичною температурою вимерзання?*
- 6. Які ви знаєте методи визначення мінімальної температури на глибині 3 см?*
- 7. Які ви знаєте методи розрахунку критичної температури вимерзання?*
- 8. Що таке « коефіцієнт морозобезпечності »?*
- 9. Як впливає льодова кірка на стан озимих посівів?*
- 10. Як розраховується пошкодження льодовою кіркою озимих посівів?*
- 11. Як впливають відлиги на значення критичної температури вимерзання?*

## **3.8 Випрівання рослин**

### **3.8.1 Випрівання озимих культур та багаторічних трав**

*Випрівання озимих культур.* Випрівання є другою головною причиною пошкодження озимих культур восени. Воно відбувається в результаті тривалого перебування рослин під товстим шаром снігу при

температурі, близькій до 0 °С, без світла і при неглибокому промерзанні ґрунту [46, 60].

І.І. Туманов у процесі випрівання рослин розділяє три фази, які якісно відрізняються одна від одної.

В *першій фазі випрівання* відбувається вуглецеве виснаження озимих рослин. При температурі під снігом близькій до 0 °С озимі зберігають енергію дихання та слабе зростання. При цьому відбувається витрата цукру на дихання. Поповнення цукру неможливе через відсутність фотосинтезу під снігом.

*Друга фаза випрівання* настає, коли цукру залишається не більше 2 – 4 % і рослини починають витрачати білки. Цей процес відбувається наприкінці зими, на початку танення снігу. При витрачанні білків утворюється тепло, яке сприяє розвитку різних мікроорганізмів. Утворення мікроорганізмів значно посилює витрати білків і все разом спричиняє спочатку пошкодження а потім і загибель рослин.

В *третьо фазу випрівання* відбувається швидкий розвиток сніжної плісняви, яка повністю призводить до загибелі рослин. Міцелій грибоків добре розвивається при температурі близькій до 0 °С і вологості більше 90 %.

Дослідження В.О. Мойсейчик показали, що випрівання озимих культур спостерігаються за високого снігового покриву, малої глибини промерзання ґрунту, тривалого залягання снігового покриву на полях та мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кушіння у межах від – 5° С до + 5° С [35].

За основні показники при оцінці умов випрівання прийнята висота снігу більше 30 см та глибина промерзання менше 50 см.

Температура ґрунту на глибині вузла кушіння за товщини снігу більше 30 см та глибини промерзання ґрунту менше 50 см має дуже малу добову амплітуду та зовсім мало змінюється з часом. Тому період з снігом більше 30 см при глибині промерзання ґрунту менше 50 см розглядається як період проходження першої та другої фаз випрівання рослин. Третя фаза у польових умовах протікає в період танення снігу. Вона відбувається тільки за умови наявності перших двох фаз [35, 48].

Тривалість періоду проходження перших двох фаз випрівання ( $n$ ) знаходиться у прямій залежності від терміну встановлення снігу висотою 30 см і більше ( $h$ ):

$$n = 17,54 - 1,128h \quad (3.34)$$

Встановлено, що пошкодження рослин спостерігається при тривалості періоду з висотою снігу 30 см і вище більше 8 декад, а дуже погані умови перезимівлі спостерігаються при тривалості періоду проходження перших двох фаз випрівання більше 12 декад. Кількість стебел після перезимівлі у

рослин озимої пшениці та озимого жита ( $P$ ) має тісний зв'язок з тривалістю залягання снігу більше 30 см ( $n$ ):

$$P = 123n - 5,4 \quad (3.35)$$

Як встановлено дослідженнями В.О. Мойсейчик мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кушіння має одне з вирішальних значень для випрівання озимини. За більш високої температури більш інтенсивно витрачаються питомі речовини на дихання рослин (особливо цукру). Таким чином, чим вища мінімальна температура на глибині вузла під потужним снігом, тим більша буває зрідженість озимих культур. Міра зрідженості залежить від розвитку озимих восени перед припиненням вегетації та виду самих культур. Озиме жито має більшу стійкість до випрівання, ніж озима пшениця.

В.О. Мойсейчик отримані статистичні залежності зрідженості озимої пшениці ( $U$ ) від мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см ( $t_3$ ) та кущистості посівів восени ( $K$ ):

$$U = 59,07 + 6,82t_3 + 0,22t_3^2 - 5,14K + 0,40K^2 \quad (3.36)$$

Такі ж рівняння отримані В.В. Шавкуною для озимого жита для більшості вирощуваних сортів:

$$U = 7,039t_3 + 0,093t_3^2 - 27,514K + 4,796K^2 + 93,106 \quad (3.37)$$

При розрахунках випрівання необхідно знати не тільки зрідженість посівів, але і кількість стебел, які збереглися, тому що найчастіше врожайність культур зменшується внаслідок загибелі осінніх більш продуктивних стебел. Розрахунок кількості стебел, що збереглися, виконується за рівнянням (3.38) і починається в наступну декаду після встановлення на полі снігу висотою 30 см і більше.

Площа поля, на якій буде спостерігатись пошкодження або загибелі рослин та стебел внаслідок випрівання, розраховується аналогічно площі вимерзання або по залежності площі ( $y$  % загальної площі) з снігом більше 30 см від середньої висоти снігу за снігозйомкою рис. 3.14.).

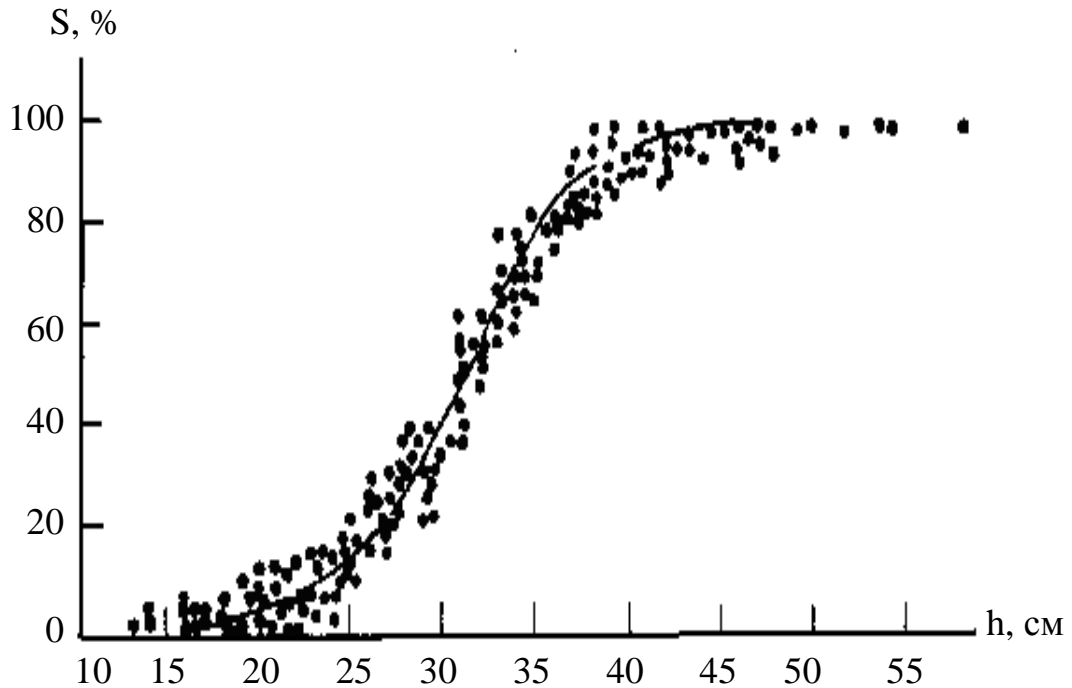


Рис. 3.14 –Зміна площі (%) з товщиною снігу більше 30 см при різній його середній товщині за снігозйомкою.

Таблиця 3.37– Залежність зрідженості (%) озимого жита при випріванні від мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см та кущистості посівів восени (К)

К	Мінімальна температура ґрунту на глибині 3 см							
	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8
1	63	57	50	44	38	27	26	13
2	50	47	42	31	25	19	14	0
3	47	40	40	27	21	15	10	0
4	53	46	40	39	27	21	16	2
5	68	62	55	49	43	37	31	18

Загальна тривалість періоду із снігом більше 30 см розраховується за рівнянням (3.35), або за рис.3.15.

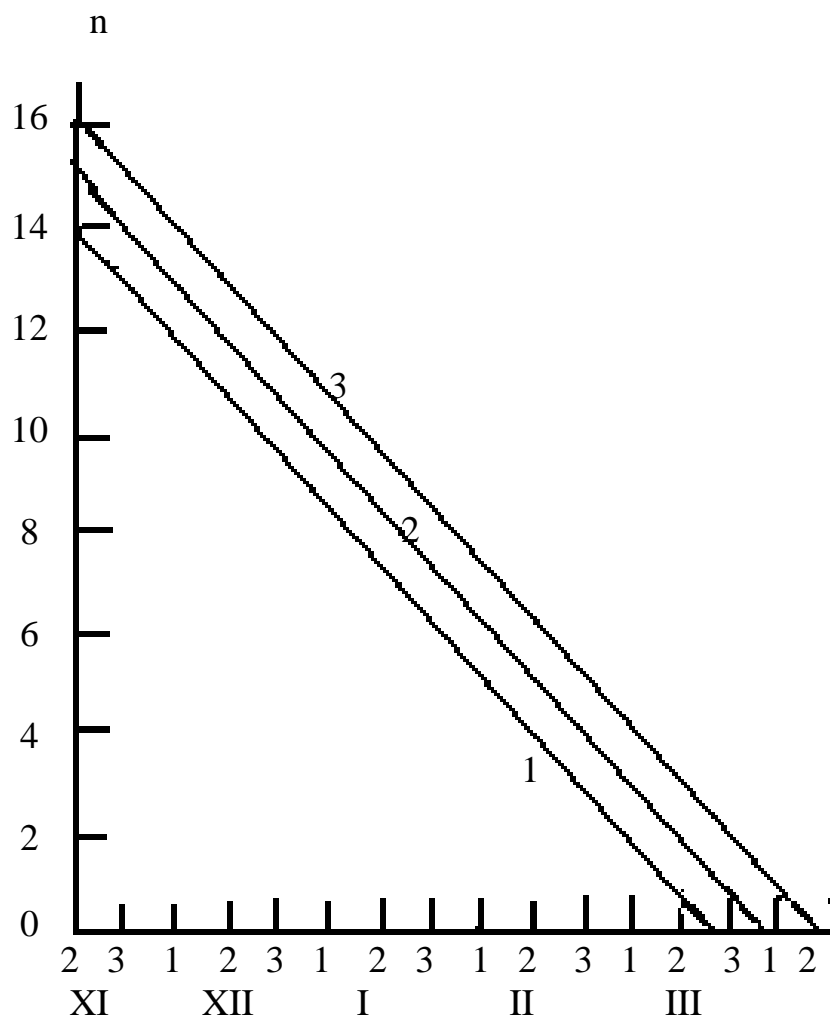


Рис. 4 – Залежність між тривалістю періоду з снігом більше 30 см та терміном його встановлення на полях:

- 1 – кількість декад з висотою снігу 1 – 10 см;
- 2 – кількість декад з висотою снігу 3 – 4 см;
- 3 – кількість декад з висотою снігу 5 – 6 см.

З отриманих рівнянь та залежностей становиться зрозумілим, що і вимерзання і випрівання не спостерігаються за температури ґрунту на глибині вузла кущіння у межах  $-7,0 - -8,0$  °С. При підвищенні температури буде спостерігатись випрівання рослин, при зниженні температури буде спостерігатись вимерзання рослин.

### 3.8.1 Випрівання багаторічних сіяних трав

*Багаторічні сіяні трави* внаслідок тривалого перебування під товстим шаром снігу теж випривають. Найчастіше це спостерігається у північних та північно-східних областях нечорноземної зони Росії. Інколи – у північних та північно-західних районах України (дуже рідко). Досить рідко

Таблиця 3.38 - Приклад оцінки стану озимої пшениці Миронівська 808 навесні. Куцистість восени  $K = 3$ , кількість стебел на один кв. метр 1000 штук.

Фактичні та очікувані значення елементів	Жовтень		Листопад			Грудень			Січень		
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Мінімальна температура повітря, °С	-6,2	-5,7	-5,8	-15,6	-16,2	-10,8	-21,0	-14,0	-28,0	-37,0	-35,0
Мінімальна температура ґрунту на глибині 3 см	0,1	1,0	0,0	-2,0	-2,0	0,0	-1,0	0,0	-1,0	-1,0	-1,0
Середня висота снігу за снігозйомку				8	15	13	35	42	48	50	60
Кількість промірів більше 30 см	0	0	0	0	0	0	80	98	100	100	100
Глибина промерзання ґрунту	0	0	4	14	20	19	17	15	14	15	17
Кількість декад з снігом вище 30 см	За рис. 3.11 = 14 декад										
	0	0	0	0	0	0	14	13	12	11	10
Зрідженість посівів навесні	(за рівнянням 3.36)										
	0	0	0	0	0	0	47	53	47	47	47
Середня по полю зрідженість, %							38	52	52	52	52
Кількість збережених стебел (%)	100	100	100	100	100	100	58	64	69	74	80

явище випрівання сіяних трав спостерігається у центральних чорноземних областях.

Дослідженнями Г.І. Страшної встановлено, що площа пошкодження та загибелі багаторічних сіяних трав внаслідок випрівання в значній мірі залежить від середньої по області суми мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см до 20 лютого, середньої по області мінімальної температури ґрунту за зиму, середньої глибини промерзання ґрунту та кількості декад з товщиною снігу 20 см і більше (рис. 3.16).

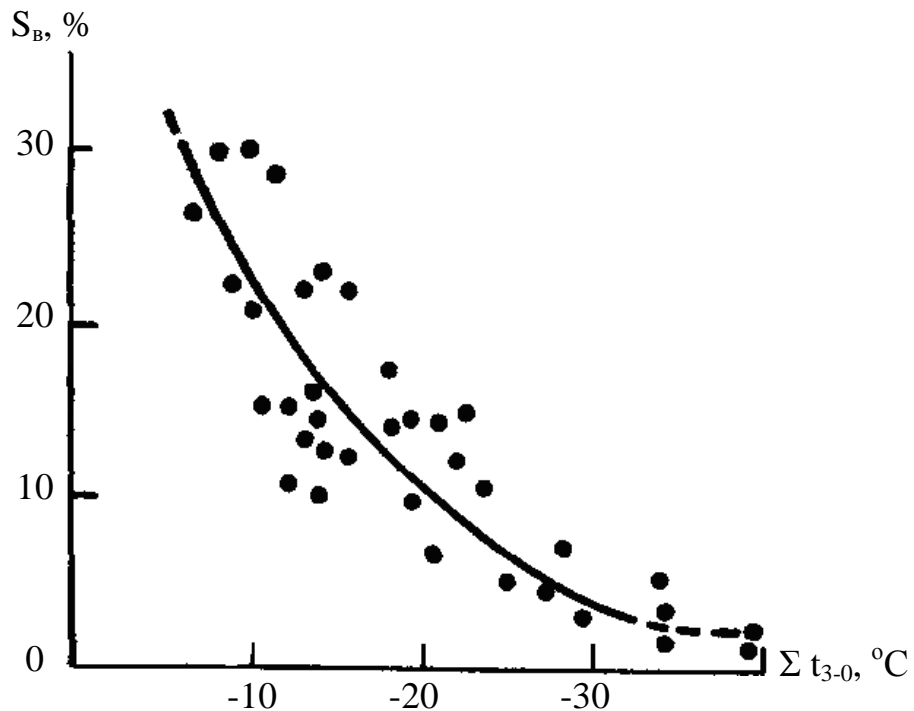


Рис. 3.16 – Залежність площі з загиблими травами ( $S_{в}$ ) від середньої по області суми мінімальних за зимові декади температур ґрунту ( $\Sigma t_3$ ) на глибині 3 см на полях з озимими культурами до 20 лютого при випріванні посівів.

В цілому очікувані по області площі з поганим станом трав ( $S_{в}$ ) навесні внаслідок випрівання розраховуються також за рівнянням:

$$S_{в} = 0,024\Sigma t_3 + 1,781\Sigma t_3^2 + 38,62 = 0,79; \quad (3.38)$$

$$P_{S_{в}} = 7\%; \quad n = 34$$

де  $t_3$  – середня по області сума мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см за зимові декади до 20 лютого, °C;



Межі застосування рівняння: за сумою температур від  $-5$  до  $-35$  °С, за абсолютного мінімуму температури ґрунту до 20 лютого вище  $-7$  °С та товщини снігу 20 см і більше і тривалості його залягання більше 5 декад.

Відомо, що при несприятливих умовах найбільше пошкоджується конюшина. Г.І. Страшною [65] розроблена шкала оцінок умов перезимівлі конюшини в теплі багатосніжні зими (табл. 3.39).

І.І. Яшкіна [54] пропонує очікувану зрідженість конюшини першого року життя ( $Y$ ) розраховувати за рівнянням:

$$Y = 9,47t + 5,22K + 84,9 \quad (3.39)$$

де  $t_3$  – середня мінімальна температура ґрунту на глибині залягання

$K$  – коефіцієнт куцтості рослин після припинення вегетації.

Таблиця 3.39 – Оцінка умов перезимівлі конюшини при випріванні в центральних областях ЄЧ СНД

Сума мінімальних за зимові декади температур ґрунту на глибині 3 см, °С	Тривалість залягання снігового покриву висотою $\geq 20$ см, декади	Зрідженість посівів, %	Умови
-40 і нижче	<5	5 – 10	Добрі
-30...-10	6 – 11	11 – 39	Задовільні
Вище -10	12 – 15	40 – 60	Погані

### 3.8.3 Вимокання рослин

Значні пошкодження озимих культур спостерігаються за тривалого затоплення рослин талими водами. Дослідженнями Ф.Ш. Гутмана встановлено, що вимокання рослин відбувається під дією цілого комплексу несприятливих факторів і залежить від тривалості та глибини затоплення рослин, вологості та глибини промерзання ґрунту, температури талої води [56].

Встановлено, що затоплення рослин водою восени та взимку менш небезпечне, ніж навесні, коли рослини ослаблені вийшли з зимового покою. При затопленні рослин на неповну їх висоту (верхня частина знаходиться над водою) зрідженість посівів буде менше, та вона значно зростає при повному затопленні рослин, а також із збільшенням

тривалості періоду застою води та підвищенням її температури. Стійкість озимих до вимокання представлені в табл. 3.40.

Зрідженість озимих ( $U$ ) внаслідок вимокання у низьких місцях рельєфу (%) визначається за тривалістю періоду повного затоплення ( $n$ ) рослин та середньою за цей період температурою води ( $t_b$ ):

$$U = 3,50n + 5,20t_b - 22,62 \quad (3.40)$$

Рівняння дійсне при  $n$  = від 5 до 35 днів,  $t_b$  – від 0 до 5° С.

Таблиця 3.40 – Стійкість озимих культур до затоплення в осінньо – зимовий та весняний періоди (за Є.Д. Остаплюком)

Період проведення дослідів	Тривалість затоплення, дні	Кількість живих рослин, %		
		пшениці	жита	ячменю
Фаза двох листків	6	89,3	67,2	54,6
Закінчення осінньої вегетації	8	93,4	73,6	69,4
Після другої фази загартування	8	100	100	84,7
Відновлення вегетації	4	78,6	42,4	36,6
Початок виходу у трубку	3	82,7	39,4	30,6

За рівнянням (3.40) розраховується зрідженість посівів з першого дня затоплення. Якщо фактичні спостереження за затопленням відсутні, то початок періоду затоплення ( $y$ ) розраховується за датою стійкого переходу температури повітря через 0 °С навесні ( $x$ ) за рівнянням:

$$U = 0,97x + 5,5 \quad (3.41)$$

Закінчення періоду затоплення талими водами ( $y$ ) за відсутності прямих спостережень розраховується за датою повного відтанення ґрунту ( $x$ ):

$$U = 0,88x + 10,4 \quad (3.42)$$

Рівняння використовується, якщо глибина промерзання ґрунту становить не менше 30 см і не більше 80 см. При підрахунках в рівняння (3.41 та 3.42) підставляється кількість днів від першого січня.

Слід зазначити, що спостереження за температурою талої води у місцях затоплення не проводяться. Тому температуру талої води розраховують за рівнянням

$$T_g = 0,80T - 0,24 \quad (3.43)$$

де  $T_g$  – середня температура повітря за період затоплення рослин, °С.

Крім зазначених вище факторів, на кількість загиблених від вимокання рослин також впливають міра зволоження ґрунту восени перед початком зими та кількість опадів за зиму. За поганого зволоження ґрунту восени та малої кількості опадів взимку талі води швидко проникають в нижні шари ґрунту і застою води не спостерігається. Встановлено, що вимокання посівів практично не спостерігається, якщо за зиму випало менше 230 мм опадів. Тому кількісна оцінка агрометеорологічних умов, що спричиняють пошкодження від вимокання, виконується лише у тому випадку, коли з 1 вересня до переходу температури повітря через 0 °С навесні випало більше 230 мм опадів.

Площа з загибленими від вимокання рослинами ( $S_g$ ) розраховується за даними зрідженості посівів ( $u$ ) від вимокання за рівнянням:

$$S_g = 0,37u + 0,04 \quad (3.44)$$

Таким чином, за даними метеорологічних елементів визначається не тільки зрідженість посівів, а і площа із цією зрідженістю. Повна загибель від вимокання явище досить рідкісне і найчастіше зустрічається в понижених місцях рельєфу. Але врожайність посівів, пошкоджених від вимокання, значно менше врожайності здорових рослин. Приклад розрахунку загибелі озимих від вимокання наводиться в **табл. 3.41**.

*Зимове нагрівання та висушування.* В деяких районах взимку та навесні озимі культури можуть потерпати від нестачі вологи, особливо при відсутності снігу. За дослідженнями В.О. Мойсейчик взимку при замерзлом ґрунті, температурі повітря біля 0 °С та безхмарному небі в різних частинах рослин створюються значні градієнти температури. Це призводить до посилення випаровування води листям та їх висиханню. Таке явище називається *зимовою засухою*. За дослідженнями І.І. Туманова вміст води в рослинах зменшується з 88 % до 26 % впродовж 15 днів. Особливо страждають від цього слабкі, погано розвинені посіви озимої пшениці. Зимовою засухою часто спричиняє випирання та видування рослин.

Страждають від зимової засухи не тільки озимі зернові культури, а і плодові. В ясні, теплі дні підсилена транспірація та витрата великої

Таблиця 3.41 - Приклад розрахунку загибелі озимих культур від вимокання. Ст. Могильов. 2011 рік.  
Глибина промерзання ґрунту 70 см. Фаза розвитку озимої пшениці – відновлення вегетації. Кущистість восени 6 пагонів.

Показники	Березень			Квітень			Травень
	1	2	3	1	2	3	1
Середня за декаду температура повітря, °С	-3,6	-1,2	3,8	4,6	5,3	6,1	7,8
Дата переходу темп. повітря через 0°С			5 березня				
Дата повного відтанення ґрунту				15 квітня			
Початок періоду голодування рівняння (3.41)			1 березня				
Кінець періоду голодування (3.42)					12 квітня		
Температура талої води, °С (3.43)			2,8	3,44	4,0		
Середня температура талої води за період затоплення, °С					3,4		
Тривалість періоду голодування				43 доби			
Зрідженість посівів від вимокання ( За рівнянням 3.40)				145.5			
Площа із загиблими від вимокання рослинами (%) (за рівнянням 3.44).				54 %			

вількості води спричиняє пошкодження і загибель плодових культур та ягідників.

Дослідження Г.Г. Белобородової [2] показали, що при виникненні зимової засухи, найбільше страждають гіляки та стовбур південної частини дерева. Л.К. Константинов вказував, що кора дерева на південній стороні отримує сонячної радіації в два – три рази більше, ніж на північній стороні.

Максимальне нагрівання дерев в зимово-весняний період спостерігається в ясні дні, повній відсутності вітру і високої відбивальної здібності снігу. Нагрів дерев залежить від товщини стовбуру (табл. 3.42).

Таблиця 3.42 – Залежність температури кори (°С) від товщини стовбура яблуні (за Л.К. Константиновим)

Сторона	Діаметр стовбура, см						
	0,5	1,1	2,7	10,2	16,8	22,0	27,0
Сонячна	-0,5	6,2	13,5	23,3	27,7	29,8	31,2
Тіньова	-1,3	-0,8	-0,5	1,1	-1,5	-2,0	2,0

Найбільш сильно нагріваються стовбури дерев діаметром 35 – 50 мм. Більш товсті стовбури прогріваються менше. Найчастіше пошкодження плодових дерев виникає при товщині стовбурів 35 – 50 мм, що відповідає 4 – 5 літньому віку дерев. Відлиги взимку сприяють зимовому висушуванню.

Кількісна залежність між погодними умовами взимку і станом рослин виражається рівняннями:

для слабо стійких до висушування сортів яблуні

$$Y = 0,244 - 0,045x - 0,002x^2, \quad (3.45)$$

для смородини

$$Y = 56,22 - 0,24x - 0,01x^2, \quad (3.46)$$

де  $y$  – обводненність однілітніх гілок смородини (%) і міра пошкодження (бали) яблуні на кінець лютого;

$x$  – середня випаровуваність, мм за січень – лютий.

### *Контрольні питання*

1. Які причини сприяють випріванню озимих культур?
2. За яких умов спостерігається вимокання озимих культур?
3. Від чого залежить тривалість залягання снігу висотою 30 см і більше?
4. Як розраховується період голодування рослин?

5. Які фази випрівання ви знаєте?
6. За якої тривалості залягання снігу більше 30 см. складаються несприятливі умови для перезимівлі озимих культур?
7. Як визначається температура талої води?
8. Як розраховується зрідженість посівів від вимокання?
9. Як розраховується зрідженість озимих від випрівання?
10. Що сприяє зимовому нагріванні та висушуванню рослин?

### 3.9 Ерозія ґрунтів

До несприятливих явищ природи відноситься також ерозія ґрунтів, утворенню якій сприяють сильні вітри, сильні та тривалі дощі і господарська діяльність людей.

**Ерозією** називається руйнування ґрунту і підґрунтя під впливом природних та антропогенних чинників. Це руйнування може спричинятися талими і дощовими водами, що стікають в нерівних місцях рельєфу. Сильні вітри також здатні руйнувати ґрунт.

В залежності від причини виникнення ерозія ґрунтів буває *водною*, *вітровою*, або *дефляцією*, *іригаційною*, *пасовищною*, *агротехнічною* [13, 15, 71, 74].

У зв'язку з інтенсивним розвитком зрошення на схилових землях розвивається ерозія, що носить назву *іригаційної*. Надмірне випасання природних кормових угідь обумовлює розвиток *пасовищної ерозії*. При цьому розбивається дернина, ґрунт переміщується по схилу під копитами тварин, а це призводить до підсилення як водної, так і вітрової ерозії.

**Агротехнічна ерозія** — зміщення ґрунту вниз по схилу при оранці. На схилах крутістю понад 4° під час роботи лемехів плуга в бік вододілу відбувається неповне відкидання скиби, а при роботі лемехів плуга в бік підніжжя схилу – зміщення скиби донизу, яке є адекватним змиву ґрунту об'ємом 12 м<sup>3</sup>/га. Внаслідок цього на коротких стрімких схилах у привододільних їх частинах з'являється еродований ґрунт, а біля підніжжя, навпаки, – "намитий", тобто наораний, ґрунт. Принцип цього явища застосовується і при влаштуванні "наорних" терас, що знижує змив ґрунту і забезпечує екологічну стійкість агроландшафтів. Такі тераси широко використовуються в Карпатах та інших гірських районах.

#### 3.9.1 Водна ерозія

Процес руйнування ґрунтів та ґрунтових порід під впливом тимчасових водних потоків, що супроводжується порушенням ґрунту, переносом та відкладанням дрібнозему, являє собою сутність *водної ерозії*.

За генезисом тимчасових водних потоків, що спричинюють змив та розмив ґрунту, виділяють такі *типи ерозії*: *ерозія від дощових та зливових опадів, ерозія від стоку талих вод, змішана ерозія, тобто обумовлена як опадами, так і сніготаненням*. У поліській зоні переважає ерозія від стоку талих вод, у степовій – від стоку зливових вод, а в лісостеповій – проявляються обидва ці типи.

За визначенням М.М. Заславського залежно від характеру дії на ґрунт стічної води виділяють два підтипи водної ерозії: **площинний змив** ґрунту та **лінійний розмив** (яружна ерозія) (рис 3. 17).

Площинна ерозія проявляється у поступовому, віддалеку непомітному, більш-менш рівномірному видаленню з поверхні схилу дрібноземного ґрунту під дією потоків води. Яскраво вираженою формою прояву поверхневої ерозії є мілкі струмочкові розмиви і стрічкові змиви, що призводять до утворення слабо-, середню- та сильнозмитих ґрунтів.

При лінійній ерозії відбуваються концентрування стоку і розмив ґрунту у вертикальному напрямку. Внаслідок розмиву поверхні виникає промивина, яка при подальшому надходженні води з водозбірної площі перетворюється на яр. Межа переходу площинної ерозії в лінійну досить умовна: вважається, що якщо сліди ерозії на полі вдається зарівняти обробитком ґрунту, то це — площинна ерозія, а якщо не вдається – то лінійна.

*Кількісну оцінку* процесів ерозії здійснюють за інтенсивністю втрат ґрунту з одиниці площі за одиницю часу, тобто в т/га за рік або мм/рік. В таких же одиницях вимірюється і швидкість процесів ґрунтоутворення. Порівнюючи між собою інтенсивність втрат ґрунту зі швидкістю ґрунтоутворення, можна судити про міру небезпеки водної ерозії. Цілком зрозуміло, що якщо інтенсивність ерозійних процесів нижча, ніж швидкість ґрунтоутворення, то ерозія для даного ґрунту не є небезпечною [71].

Для потреб практики рекомендується користуватися шкалою інтенсивності ерозії ґрунтів запропоновану Д.М. Шиколою (табл. 3.43).

Таблиця 3.43– Шкала оцінки інтенсивності ерозії (за Д.М. Шиколою)

Інтенсивність втрат ґрунту, т/га за рік	Оцінка ерозії
Менша за швидкість ґрунтоутворення, то становить 2—3 т/га за рік	Ерозії немає
Більша за швидкість ґрунтоутворення, але менша за:	
3 - 6	Слабка ерозія
6 - 12	Середня ерозія
12 - 24	Сильна ерозія
24 - 60	Дуже сильна ерозія
Понад 60	Катастрофічна ерозія

Порівнюючи масштаби сучасних ерозійних процесів з даною шкалою, можна дійти висновку, що на більшій частині території України втрати ресурсів родючості головним чином спричинює ерозія: інтенсивність змиву в багатьох регіонах досягає 30 - 40 т/га за рік, а в багатоводні роки на посівах просапних культур, посіяних вздовж схилу, може становити 150 - 300 т/га і більше.

Оскільки ерозія у зазначених масштабах є результат господарської діяльності людини, то саме людина і повинна потурбуватися про екологічну рівновагу в землеробстві. Слід мати на увазі, що попередити ерозію легше та дешевше, ніж боротися з її наслідками.

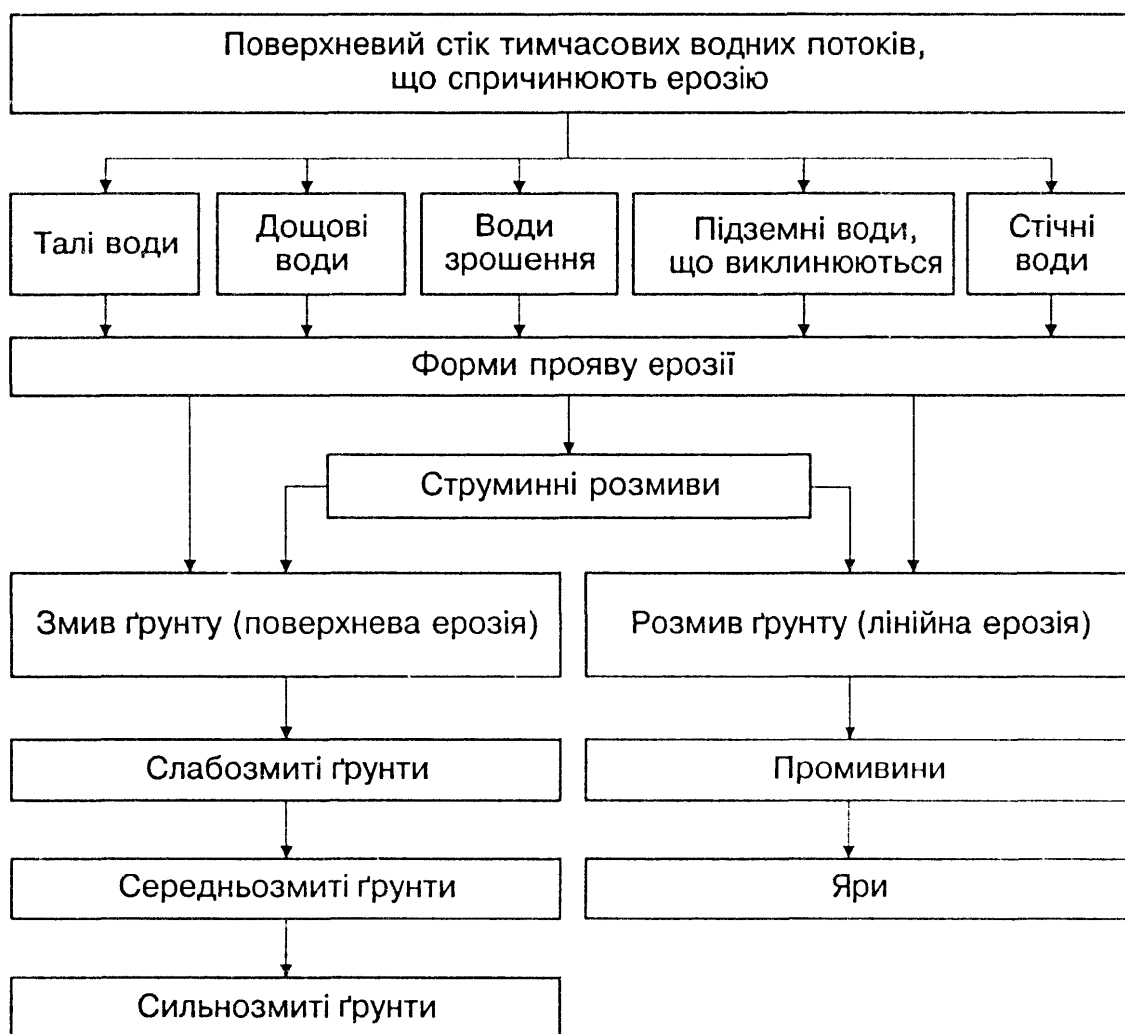


Рис. 3. 17 - Класифікація ерозії ґрунтів (за М. М. Заславським)

*Причини виникнення і розвитку осередків ерозії.* Кожен осередок ерозії має безпосередні причини свого виникнення і розвитку. Розробка



протиерозійних заходів не може бути ефективною без встановлення конкретних причин ерозії. Усунення цих причин веде до затухання осередків ерозії. Причини виникнення осередків ерозії можуть бути *природними і антропогенними*. Однак природні причини розвитку ерозії, як правило, не призводять до утворення осередків ерозії та еродованих ґрунтів. Останні формуються лише при накладанні на природні антропогенних чинників ерозії.

До **природних чинників** утворення осередків ерозії належать такі:

- *рельєф місцевості*. Цей чинник впливає на розподіл опадів. Чим крупніші форми рельєфу, тим більша небезпека прояву ерозії. Ерозійна енергія рельєфу залежить від глибини місцевого базису ерозії;

- *форма поверхні схилів* визначається двома основними профілями схилів: поздовжнім і поперечним. Є такі форми поздовжніх та поперечних профілів: а) опуклий; б) увігнутий; в) прямий;

- *експозиція схилів* впливає на інтенсивність ерозії через перерозподіл тепла та опадів, які, в свою чергу, впливають на ґрунтозахисну ефективність рослинності. Схили південних експозицій прогріваються сильніше. На них швидко протікає весняне сніготанення, що підсилює ерозію. Підвищена температура влітку погіршує умови росту і розвитку рослин, що також збільшує інтенсивність ерозії.

Щорічно повторюване підсилення (на південних) і гальмування (на північних експозиціях схилів) ерозії призводить до утворення відповідного поздовжнього профілю схилів. Південні схили, звичайно, більш стрімкі і мають поздовжньо-пряму або поздовжньо-увігнуту форму;

- *крутість схилів* впливає на інтенсивність ерозії через підвищення швидкості стікання води. Залежність між крутістю схилів та інтенсивністю ерозії носить експоненційний характер, до того ж показник стікання, як правило, перевищує одиницю. Рослинних решток, які захищають структуру ґрунту від руйнівних ударів дощових крапель. Мульча із рослинних решток перешкоджає утворенню ґрунтової кірки, зменшує швидкість стікання талих і дощових вод, що ослаблює ерозію. Перехід до обробітку ґрунту без обертання скиби у 2 – 4 рази зменшує змив ґрунту;

- *перевантаження просапними культурами ділянок, що розташовані на крутосхилах*. Часті розпушування ґрунту в міжряддях просапних культур та слабка захисна дія рослин спричиняють інтенсивний прояв ерозійних процесів;

- *формування мікрозападин на поверхні схилів*. У природних біогеоценозах таких процесів не існує. Вони пов'язані з господарською діяльністю людини. Формування западин на поверхні схилу обумовлює концентрування стоку та прояв ерозійних процесів, характерних для поперечно-увігнутих схилів. Особливо значної інтенсивності ерозія досягає при наявності западин на поздовжньо-опуклих схилах. По берегах западин формуються середньо- та сильноеродовані ґрунти через

підсилення змиву зсувом ґрунту в бік западин під час його обробітку. По дну западин нерідко утворюються великі донні розмиви; - велике скупчення снігу поблизу природних і штучних перешкод і в зниженнях. Полезахисні лісосмуги, огорожі, щити, підвітряні схили збирають біля себе великі кучугури снігу. Запізніле танення цього снігу, а також надходження талих вод на відталі схили є важливою причиною виникнення осередків інтенсивної ерозії [4, 81].

Вищезгадані чинники виникнення і розвитку осередків ерозії можуть охоплювати дане поле, а також поширюватись на сусідні поля, що впливає на розвиток ерозії на цих полях.

Таке ж становище може скластися і відносно окремих господарств. Нерідко чинники виникнення ерозійних процесів трапляються на території сусіднього господарства, що розташоване вище по схилу. Осередки ерозії можуть бути обумовлені відразу кількома причинами. Наприклад, істотна протяжність поля вздовж схилу при значній стрімкості цього схилу може призвести до сильного руйнування ґрунту під час весняного сніготанення або випадання злив.

Виникнення і розвиток ерозійних процесів обумовлюються як природними умовами, так і господарською діяльністю людини. До *природних чинників*, які визначають інтенсивність прояву водної ерозії, належать: клімат, рельєф, властивості ґрунтів материнських і підстильних порід, а також характер рослинного покриву.

Потенційна небезпека прояву ерозійних процесів визначається за емпіричним рівнянням

$$ПНЕ = f(K \cdot P \cdot Г \cdot Гр \cdot Рс \cdot Гв), \quad (3.47)$$

де *ПНЕ* — потенційна небезпека ерозії;

*K* — кліматичні умови;

*P* — умови рельєфу;

*Г* — геологічні умови;

*Гр* — ґрунтові умови;

*Рс* — ґрунтозахисна роль рослинності;

*Гв* — господарське використання земель.

Кліматичний чинник ерозії характеризується варіабельністю своїх складових частин. На розвиток ерозійних процесів безпосередній вплив мають: сумарна (річна) кількість опадів, їх вид, тривалість, інтенсивність і час випадання. Температура і вологість повітря мають непрямий вплив на ці процеси.

Від температурного режиму залежать замерзання та відтавання ґрунту, витрати вологи на випаровування, запаси води в ґрунті, що створює різні умови для формування поверхневого стоку і розвитку ерозії.

Від сили вітру залежать перерозподіл снігу та напрямок руху зливових хмар. На інтенсивність ерозії у весняний період істотно впливає висота снігового покриву та швидкість танення снігу.

На території України запаси снігової води зменшуються у напрямку з північного заходу на південний схід. Висота снігового покриву в поліській зоні може становити 60-70 см і більше, в степовій – лише 5-10 см. Однак ерозійна сила снігової води визначається не лише її запасами, а насамперед інтенсивністю сніготанення, яка залежить від температури повітря і наростає з північного заходу на південний схід. На схилах південних експозицій сніг тоне швидше, а на північних – повільніше.

Ерозія, яка виникає внаслідок стоку талих вод, охоплює одночасно великі площі, що спричиняє зниження водопроникності ґрунту. Ґрунт запливає, і формується поверхневий стік, у складі якого розрізняють рідкий і твердий стоки.

Зливам властиві періодичність випадання і пульсаційний характер інтенсивності. Злизова ерозія одночасно проявляється на дуже обмеженій території і далеко не кожен рік на одній і тій же площі. Проте сильна злива, що випадає раз у 3-5 років, здатна за кілька хвилин призвести до такого руйнування ґрунту, якого можна чекати від стоку талих вод за 10 – 15 років.

Навіть невеликий об'єм стоку, зумовленого зливою, має виключно високу мутність.

Оцінку ерозійної роботи дощів проводять за шаром опадів, що випали протягом певного часу, і за показником сили дощу, який розраховують за формулою

$$\Delta = i\sqrt{t}, \quad (3.48)$$

де  $\Delta$  - сила дощу;  $i$  - його інтенсивність, мм/хв;

$t$  - тривалість дощу, хв.

Відповідно до класифікації В.В. Сластіхіна, невеликий змив ґрунту спостерігається вже при силі дощу 1 - 1,3, а якщо вона зростає до 5 - 7, то відбуваються сильний змив і розмив ґрунту (табл. 3.44).

При випаданні злив поверхневий стік води по схилу має три стадії. У перші хвилини після початку дощу відбуваються вбирання води ґрунтом і руйнування ґрунтових агрегатів внаслідок ударів дощових крапель. Пилюваті частинки потрапляють в пори аерації і закупурюють їх. Це спричинює різке зниження водопроникності ґрунту, на поверхні якого утворюється тонка плівка води, яка збільшує фактичну масу дощових крапель та їх ударну силу.

Таблиця 3.44 - Класифікація дощів (за В.В. Сластіхіним)

Тип	Сила	Післядія
Дрібний	До 1	Стоку немає, можлива невелика точкова ерозія ґрунту
Звичайний	1-3	Слабкий стік, невеликий змив ґрунту
Помірнозливовий	3-5	Стік на схилах, помірний змив ґрунту
Середньозливовий	5-7	На схилах водні потоки, сильні змиви та розмиви ґрунту
Сильнозливовий	7-9	Затоплення заплавлених земель, дуже сильні змиви та розмиви ґрунту
Дуже сильна злива	9-12	Повені на малих річках, надзвичайно сильні змиви та розмиви ґрунту, активізація зсувів

Маса часток ґрунту, які піднімаються в повітря від ударів крапель, під час сильної зливи досягає 140-200 т/га, висота відбивання крапель – 0.25-0.5 м, дальність розбризкування – 1-1.5 м.

Якщо на шляху водного потоку трапляються перепади по висоті, то інтенсивність розмиву ґрунту збільшується.

Вже при висоті 5 см швидкість вільно падаючої води досягає 1 м/с, чого цілком досить для руйнування суглинків і щільних глин, при висоті перепаду 10 см ця швидкість зростає до 1.5 м/с, при цьому вже можуть розмиватися дуже щільні ґрунтоутворювальні породи. Таким чином виникає розмив ґрунту – початкова стадія лінійної ерозії.

Найбільш ерозійно небезпечними є дощі шаром понад 60 мм, що тривають від 2 до 5 год. Їх максимальна інтенсивність перевищує 1.2 – 2 мм/хв, а ерозійний індекс коливається від 10.7 до 35,5 (табл. 3.49). Чим вища енергія зливових добових опадів 10%-ї забезпеченості та їх сумарна кінетична енергія, тим більша ерозійна небезпека опадів [15, 71, 74]

Енергія зливових добових опадів змінюється від 1.1 до 1.3 кДж/м<sup>2</sup>, сумарна кінетична енергія зливових опадів за теплий період становить менше ніж за 1.5 кДж/м<sup>2</sup> у зоні Сухого Степу і понад 4.0 кДж/м<sup>2</sup> у Карпатській гірській місцевості.

Середньорічний поверхневий стік також залежить від умов ґрунтово-кліматичної зони. В лісостеповій зоні він становить 50-70 мм і більше, в північному і центральному районах степової зони – 30-50, в південному – 10-30 мм. У географічному плані інтенсивність зливної ерозії зменшується у напрямку з півдня на північ із заходу на схід.

**Рельєфний чинник.** Рельєф – це сукупність горизонтальних та вертикальних форм земної поверхні, різних за розмірами, походженням, віком та історією розвитку. Складають рельєф позитивні і негативні його

форми, представлені підвищеннями та западинами. Рельєф місцевості є носієм ерозійної енергії території. Він може істотною мірою визначати кількість та інтенсивність атмосферних опадів, об'єм і швидкість стоку, вологість і водопроникність ґрунтів, тепловий баланс поверхні.

Найважливішими морфологічними характеристиками рельєфу, які впливають на інтенсивність ерозійних процесів, є глибина місцевих базисів ерозії, розчленованість території яружно-балковою мережею, величина балкових водозборів, довжина, крутизна, експозиція та форма схилів.

Підвищення і гірські схили еродовані сильніше, ніж рівнинні території. Особливо помітно ерозійні процеси відбуваються на Донецькому кряжі, Приазовській та Придніпровській височинах, Подільському плато, в передгірських та гірських районах Карпат і Криму. Значно слабше проявляються ерозійні процеси на рівнинах Полісся, Придніпровській та Приазовській низовинах. В табл. 3.45 та на рис. 3.17 наводяться найбільш ерозійні явища дощів.

Однією з передумов інтенсивного змиву та розмиву є об'єм стоку, який залежить від величини водозбору, під яким розуміють територію, обмежену лінією вододілу. Площа водозбору може коливатися від кількох сотень квадратних метрів до кількох тисяч квадратних кілометрів. Площа водозбору невеликого яру може становити лише 1.25 га, а балки – від 50 до 2500 га. Великі балкові системи складаються з декількох елементарних водозборів. Водозбірна площа ріки складається з кількох десятків, сотень або тисяч водозбірних площ окремих ярів, балок, долин, які, зливаючись одна з одною, утворюють велетенський водозбірний басейн ріки.

Форма водозбору також впливає на інтенсивність розвитку водної ерозії. Виділяють три форми водозборів: пряму, розсіювальну і акумулювальну.

При *прямій формі водозбору* стік переважно розосереджено стікає вниз по схилу. Концентрування його може відбуватися, але незначне.

*Розсіювальна* форма водозборів більш безпечна. Маса стоку розсіюється по схилу і концентрування його майже не відбувається.

*Акумулювальна форма* водозбору сприяє концентруванню маси стоку у вузькому руслі і утворенню промивин та ярів.

Елементами водозбору є вододіли, схили та гідрографічна мережа. Лінія, що з'єднує найвищі точки і відокремлює водозбірну площу однієї ділянки гідрографічної мережі від іншої, називається *лінією вододілу*.

Процесам ерозії найбільшою мірою сприяють поперечно-увігнуті та поздовжньо-опуклі схили (табл. 3.46).

Поперечно- і поздовжньо-опуклі (розсіювальні) схили не сприяють розвиткові інтенсивних ерозійних процесів. Акумулятивна (поперечно-увігнута) форма схилів, навпаки, є однією з причин змиву й розмиву ґрунтів.

Таблиця 3.45 - Характеристика найбільш ерозійно небезпечних дощів у лісостеповій зоні України

Метеостанція	Дата	Тривалість		Кількість опадів, мм	Інтенсивність, мм/хв		Тривалість максимальної інтенсивності, хв	Ерозійний індекс
		год	хв		середня	максимальна		
Київ (ГАО НАН України)	02.08.74	1	45	41,5	0,40	1,62	10	11,8
Яготин	22.07.80	3	05	39,2	0,21	1,83	10	13,0
Фастів	29.07.73	1	03	47,0	0,75	2,00	3	13,9
Жашків	28.06.78	8	00	55,7	0,12	1,32	10	13,2
	26.05.79	3	47	69,3	0,31	1,48	10	12,6
ім. Т.Г. Шевченка	09.07.72	1	29	54,9	0,62	2,12	20	23,0
"Вінниця"	18.07.72	2	00	95,5	0,80	2,70	10	33,2
	07.07.75	5	40	60,9	0,18	1,00	10	15,1
Могилів- Подільський	11.06.73	1	58	46,6	0,39	1,09	8	10,9
	27.05.75	9	50	115,9	0,20	1,10	10	35,5
	02.09.76	5	40	60,9	0,18	1,00	10	10,7
Світловодськ	21.07.71	10	05	62,9	0,10	1,23	10	15,6
	18.07.72	4	32	62,8	0,23	1,03	10	13,2
Гадяч	24.05.71	2	28	66,8	0,45	0,92	10	11,1
	21.05.72	2	45	62,4	0,38	3,00	10	29,7
	03.07.73	5	40	71,0	0,21	1,40	10	17,1
Полтава	23.07.71	10	40	79,0	0,12	0,78	10	11,1

*Примітка.* Місячні і річні ерозійні індекси дощових опадів визначають додаванням індексів кожного конкретного дощу шаром 10 мм і більше. ГАО — Головна астрономічна обсерваторія.

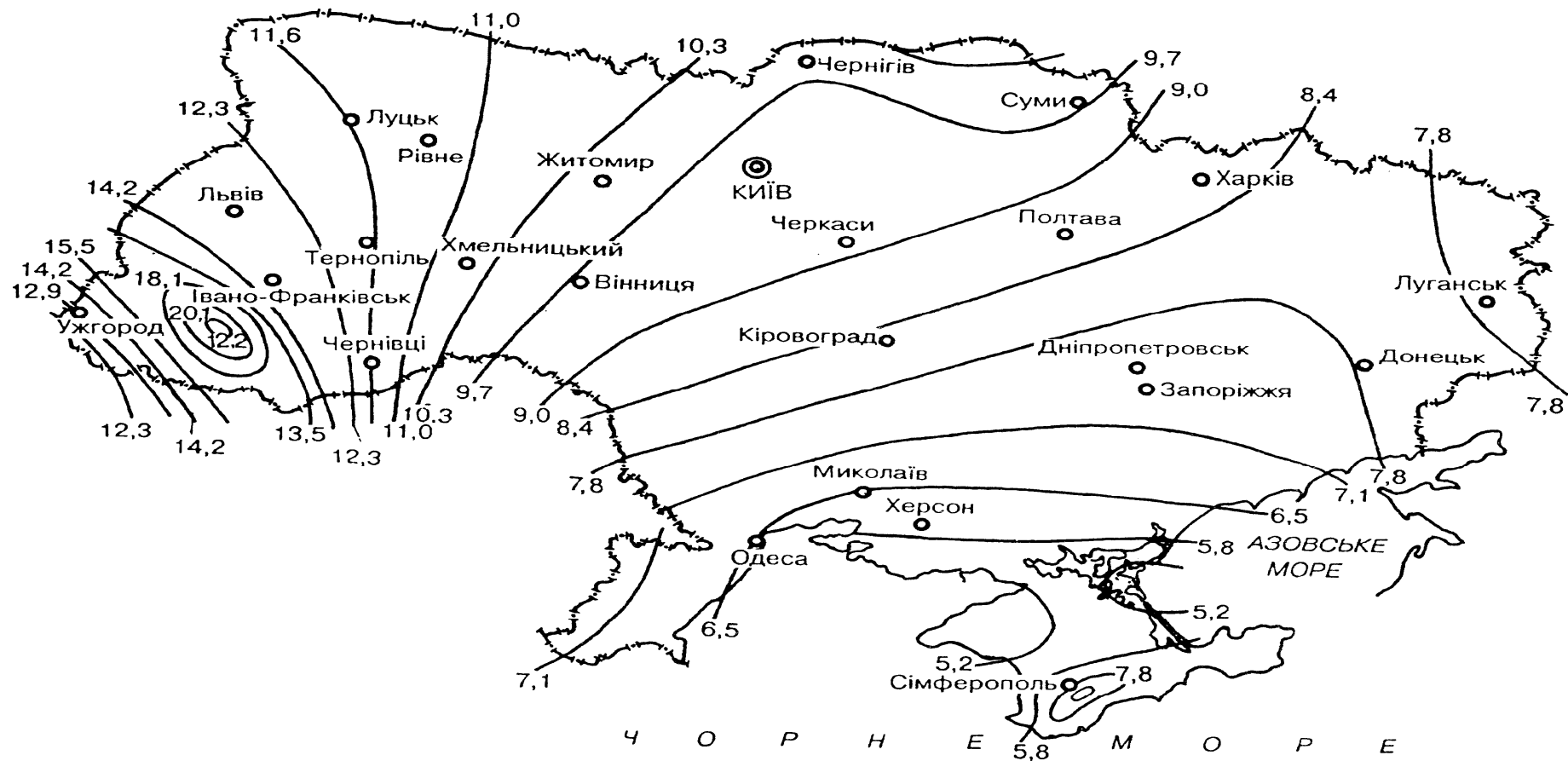


Рисунок 3.18 – Карта ерозійних індексів дощів території України (Інститут охорони ґрунтів)

Схили з прямим поздовжнім профілем займають проміжне місце і називаються *нейтральними*.

Найбільш вираженою опуклістю профілю відзначаються схили південної та південно-західної експозицій, а також схили, що прилягають до крутих берегів річкових долин.

Таблиця 3.46 - Вплив довжини схилу на змив ґрунту

Довжина схилу опуклого профілю, м	Крутість, град.	Змив ґрунту, м <sup>3</sup> /га
0-250	0-1,5	0-6,4
251-275	2,5	7,4
276-300	3,5	13,5
301-325	5,0	26,8
326-350	7,0	36,2
351-375	11,0	50,8

*Форма схилу* залежить від властивостей ґрунту, ґрунтоутворювальної та підстильної породи. На породах, що легко розмиваються, найчастіше формуються схили прямої та опуклої форм, а на породах, що важко розмиваються, — увігнутої.

*Довжина схилу* — це відстань між вододілом і брівкою постійного чи тимчасового водотоку. Збільшення довжини схилу з опуклим профілем сприяє накопиченню великої маси води (під час сніготанення чи зливи) та концентруванню її в нижній частині схилу, у зв'язку з чим підсилюється руйнівна енергія потоку. В той же час у разі увігнутого профілю змив по довжині схилу нерідко не лише не зростає, а й послаблюється, тому що продукти ерозії в нижній частині схилу починають випадати із водного потоку, що зносить їх, відкладаючись на поверхні схилу [13, 15, 71].

Необхідною умовою для формування стоку є нахил поверхні. Крутість схилів – одна з основних умов розвитку ерозійних процесів.

Крутість схилів визначається відношенням різниці висот двох точок схилу до горизонтальної проекції даної частини схилу:

$$I = \frac{\Delta h}{b}, \text{ або } I = \operatorname{tg} \alpha, \quad (3.49)$$

де  $I$  - крутість схилу;

$\Delta h$  - різниця висот двох точок схилу;

$b$  - проекція довжини схилу на горизонтальну поверхню;

$\alpha$  - кут між лінією, що проходить через дві точки схилу, і горизонтальною площиною.



Ерозійні процеси починають розвиватись при крутості схилу  $0.5 - 2^\circ$ . Збільшення цієї величини підвищує швидкість стікання поверхневих вод і збільшує змив ґрунту.

Однак прямої залежності між інтенсивністю ерозії та крутістю схилів не спостерігається, тому що на даний процес істотно впливають інші чинники.

Небезпека прояву водної ерозії визначається і експозицією схилу, особливо під час танення снігу. Інтенсивність ерозійних процесів залежить від довжини, ширини, площі, експозиції та профілю схилу (рис. 3.19).

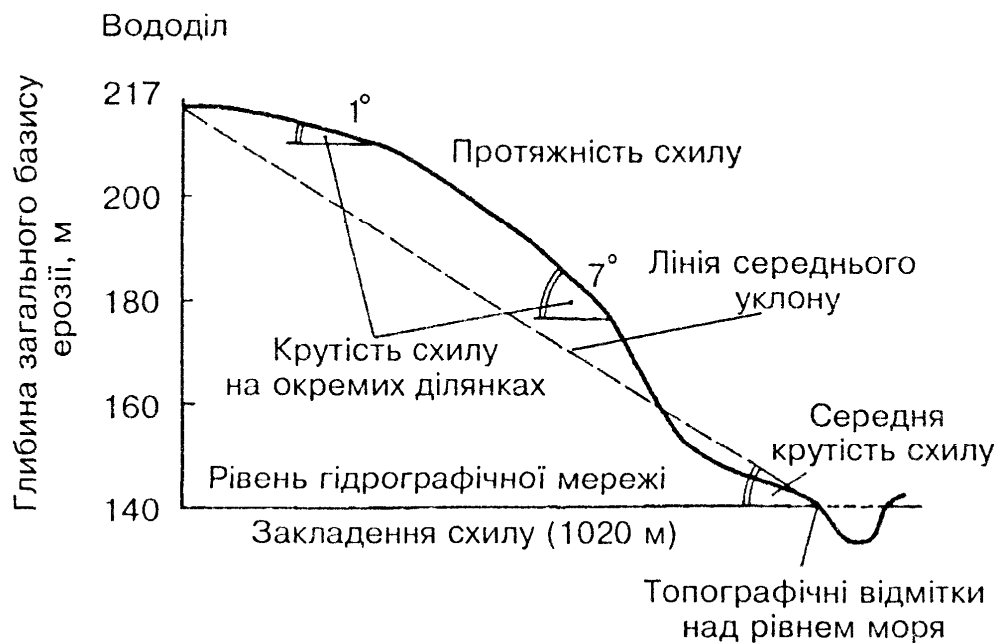


Рис. 3.19 - Схематичний розріз схилу і його морфометричні показники (за М. К. Шиколою)

Для оцінки небезпеки розвитку лінійної ерозії велике значення мають глибина місцевих базисів ерозії та розчленованість території яружно-балковою і гідрографічною мережею.

Глибина місцевих базисів ерозії визначає енергетичну силу води на схилах. Чим більша ця глибина, тим більша енергетична сила опадів і тим більшого руйнування зазнає ґрунт.

*Ґрунтові та геологічні умови виникнення ерозії.* Протиерозійна стійкість ґрунтів визначається їх гранулометричним і хімічним складом, фізико-хімічними властивостями та фізичним станом.

Гранулометричний склад ґрунтів і порід дуже впливає на можливість агрегування ґрунту і на водопроникність. Чим важчий ґрунт за гранулометричним складом, тим нижча водопроникність, а це зумовлює накопичення на схилах маси стоку та збільшення його руйнівної та трансформувальної сили. Здатність ґрунтів до агрегування має зворотну

закономірність. Чим важчий ґрунт, тим більше в ньому мінеральних колоїдів і тим вища при наявності органічних колоїдів здатність ґрунту до агрегування, що і підвищує водопроникність та послаблює ерозію. Проте добру фільтраційну здатність мають лише ті ґрунти, що містять багато водотривких агрегатів, які не розпадаються під час дощу.

Водопроникність певних типів ґрунтів значною мірою залежить від характеру їх використання.

Найвищих значень вона досягає на цілині, під лісом; значно нижчих – на ріллі, найнижчих – на пасовищах. Водопроникність окремих типів і підтипів у межах одного угіддя прямо пропорційна вмісту гумусу в ґрунті, тому що це сприяє утворенню водотривкості структури (табл. 3.47).

Таблиця 3.47 - Водопроникність різних типів ґрунтів, мм/хв

Ґрунти	Угіддя		
	Рілля	Пасовище	Ліс
Дерново - підзолисті	0,62	0,62	1,80
Світло-сірі лісові	0,17	-	0,48
Сірі лісові	0,84	0,75	3,52
Темно-сірі лісові	1,59	-	4,74
Чорноземи вилужені	1,73	0,55	4,04
Чорноземи типові	2,11	0,70	2,80
Чорноземи звичайні	1,98	0,80	2,80
Чорноземи південні	1,36	0,92	-
Темно-каштанові	1,17	0,84	-
Каштанові	0,84	-	-

Найбільш стійкими до змиву є чорноземи звичайні та типові на важкосуглинкових та глинистих лесових суглинках. Найстійкішими до змиву є ґрунти на грубопилуватих лесах, елювії – делювії щільних порід. Підсилення опідзоленості та зростання ступеня еродованості знижує протиерозійну стійкість ґрунтів.

Зниження протиерозійної стійкості ґрунтів на південь і на північ від лісостепової зони обумовлено зменшенням вмісту гумусу, появою одновалентних катіонів у складі ґрунтового вбирного комплексу (ГВК).

Одновалентні катіони ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ) спричинюють диспергацію колоїдів ґрунту, що призводить до руйнування структурних агрегатів та зниження водопроникності. При насиченні кальцієм опір ґрунту до розмивання водою істотно зростає, тому що гумати кальцію сприяють утворенню водотривких агрегатів.

Істотно впливають на протиерозійну стійкість ґрунту його щільність і вологість під час випадання опадів.

При збільшенні щільності поверхневого шару ґрунту водопроникність зменшується, відповідно зростають стік і змив ґрунту.

Ґрунти, що мають пори, насичені вологою, не можуть швидко поглинати опади. Тому зливи, що випадають на ґрунти, насичені вологою, звичайно мають вищий коефіцієнт стоку, ніж зливи, що випадають на слабозволожені ґрунти. Це явище характерне і для весняного сніготанення.

Таким чином, поєднання фізичних, фізико-хімічних та агрофізичних властивостей ґрунтів зумовлює певну їх протиерозійну стійкість, яка являє собою здатність протидіяти розмивальній дії води. В табл. 3.47 наведено дані про протиерозійну стійкість ґрунту, визначену за допомогою штучного дощування. Ці дані свідчать про те, що, чим вищий рівень потенційної родючості ґрунту, тим вищою є його протиерозійна стійкість.

Численними дослідженнями встановлено, що найбільшу протиерозійну стійкість мають чорноземні ґрунти, значно меншу – сірі лісові, а найменшу – дерново-підзолисті ґрунти.

Вразливість до ерозії сірих лісових ґрунтів істотно залежить від їх підтипів та різновидностей. За еродованістю світло-сірі лісові ґрунти близькі до дерново-підзолистих, темно-сірі – до чорноземів. Проміжне місце займають сірі лісові ґрунти (еродованість 1.8 – 2.9 т/га). Найстійкішими до змиву є глинисті важко суглинкові різновидності сірих лісових ґрунтів, а найменш стійкими – легкосуглинкові, супіщані та піщані.

Чорноземи являють собою найбільш стійкі до ерозії ґрунти, їх еродованість коливається від 1.2 до 2.3 т/га. Мінімальна еродованість властива чорноземам звичайним та вилугуваним важко суглинкового та глинистого гранулометричного складу. Проміжне положення займають чорноземи опідзолені, типові та південні (1.2 – 1.4 т/га). Більш висока еродованість характерна для чорноземів легкосуглинкового (особливо грубопилуватого) гранулометричного складу (1.6 – 2.3 т/га).

Каштанові групи вразливіші до ерозії, ніж чорноземи. Залежно від вмісту в них гумусу та гранулометричного складу їх еродованість змінюється від 2.1 до 3.5 т/га.

На розвиток яружної ерозії значний вплив має і характер підстильних порід. Дуже нестійкими до розмиву є грубопилуваті леси. Райони з крупнопилуватими лесами розчленовані густою та глибокою мережею ярів. Стійкішими до розмиву є важко суглинкові та глинисті за складом лесовані суглинки, слабо стійкими – щільні карбонатні та безкарбонатні відклади. Проте яри тут неглибокі. Щільна порода, що виходить на поверхню, нерідко служить місцевим базисом ерозії.

Характер *рослинного покриву* істотно впливає на процеси ерозії. До біологічних чинників ерозії відносять здатність рослин та їх відмерлих решток протидіяти руйнівній дії води на ґрунт. Чим густіші посіви і більша

біомаса врожаю, тим вища ґрунтозахисна ефективність сільськогосподарських культур.

Руйнування земель на схилах зрошувальними водами при застосуванні дощування, а також при зрошенні по борознах та чеках називається *іригаційною ерозією*. При дощуванні переважно має місце площинна ерозія, а при поливанні по борознах чи напуском по смугах — і лінійна, і площинна ерозія.

Під впливом іригаційного змиву в профілі зрошуваних ґрунтів зменшується глибина гумусового горизонту, втрачаються елементи живлення рослин, різко знижуються запаси продуктивної вологи та поживних речовин, погіршуються водно-фізичні, агрохімічні та біологічні властивості ґрунту.

Найважливішими показниками попередження іригаційного змиву є поздовжній нахил та довжина поливних борозен. С. Ісаков на темно-каштанових ґрунтах Киргизії при нахилі борозен 0.06 і струмені швидкістю 0.23 л/с у створах борозен завдовжки 30 і 60 м встановив об'єм винесення маси ґрунту за сезон відповідно 92.3 та 46.9 т/га, при уклоні 0.03 за інших однакових умов — відповідно 39.1 та 11.7 т/га [13, 45, 47, 81].

Таким чином, на величину іригаційної ерозії впливають довжина борозен, поздовжній їх нахил, витрати води, швидкість потоків, протиерозійна стійкість і вологість ґрунту.

Під час дощування прояв іригаційної ерозії має свої закономірності, що нагадують ті, які характерні для ерозії від злив, з тією лише різницею, що людина здатна регламентувати як інтенсивність, так і тривалість штучного дощу, не допускаючи виникнення іригаційної ерозії.

М.С. Кузнецов зазначає, що під час дощування ерозія виникає внаслідок подачі води з інтенсивністю, яка перевищує вбирну здатність ґрунту.

Інтенсивність дощу, яка дорівнює інтенсивності інфільтрації води в ґрунті, називають *припустимою*.

Інтенсивність інфільтрації води в ґрунті залежить від його агрофізичних властивостей і стану поверхні, а також від енергетичних параметрів дощу.

Культурний стан поверхні ґрунту — це стеблостій рослин, покрив у вигляді мульчі з відмерлих решток, які амортизують енергетичну силу дощу, а також створюють шорсткість поверхні ґрунту, що зменшує швидкість стікання води.

Під час поливу дощуванням є можливість регламентувати величину крапель та інтенсивність дощу. Чим більші краплі, тим вище швидкість їх падіння і кінетична енергія (рис. 3.20).

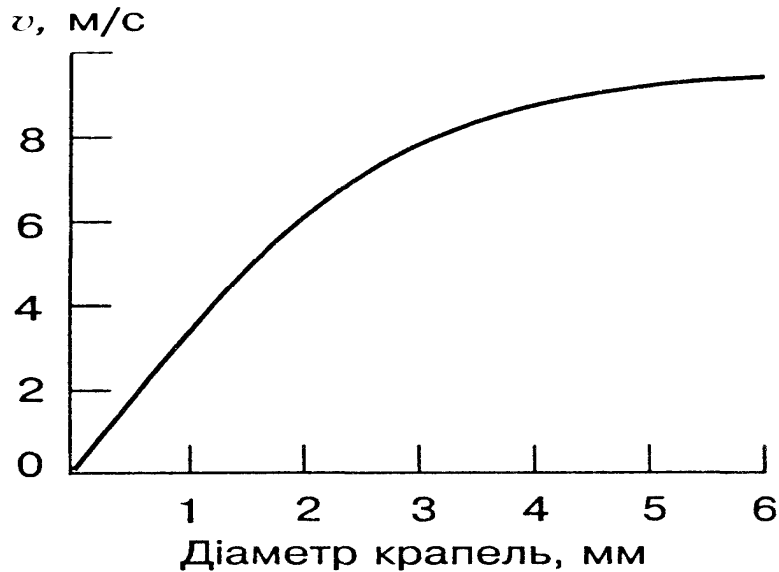


Рис. 3.20 - Залежність урівноваженої швидкості падіння крапель дощу від їх розміру (за Г.І. Швобсом).

Краплі діаметром 5 мм мають швидкість падіння 9 м/с, діаметром 1 мм — 4 м/с. Дощ шаром 50 мм за 2 год піднімає у повітря бризками близько 200 т/га ґрунту.

В степових ґрунтах на глибині 70-120 см утворився горизонт з високим вмістом водорозчинних солей. Через великі норми зрошення цей горизонт промочується, солі розчиняються, по капілярах підтягуються до поверхні ґрунту, де волога випаровується, і покривають ґрунти білим вицвітом. Це явище називають *вторинним засоленням*, а ґрунти з високим вмістом солей в орному шарі - *засоленими ґрунтами*. Вони мають низький рівень потенційної та ефективної родючості, потребують *хімічної і гідротехнічної меліорації*.

Надмірні норми зрошення зумовлюють підняття підґрунтових вод, підтоплення та вторинне засолення. У разі підтоплення будують дренажну систему, найчастіше вертикальний дренаж, що дає можливість значно знизити рівень підґрунтових вод. Однак виникає інша проблема, що порушує екологічну рівновагу: куди скидати дренажні води, які насичені розчинними солями.

У практиці дренажні води скидають у водні джерела зрошення, а солі потрапляють у ґрунт зі зрошувальною водою. У верхів'ях р. Амудар'я (Середня Азія), наприклад, мінералізація води становить 0.3 – 0.5 г/л, в нижній течії внаслідок скидання в ріку мінералізованих дренажних вод вона досягає 5 – 6 г/л. Вода стає непридатною для зрошення.

Отже, іригація супроводжується такими негативними явищами як іригаційна ерозія, підтоплення, засолення, осолонцювання, агрофізична деградація ґрунтів. Крім того, вона потребує значних капіталовкладень.

Тому там, де є можливість, слід шукати альтернативу зрошенню. Такою альтернативою в степовій зоні можуть бути заходи "сухого" землеробства.

Розбивання дернини і руйнування ґрунту худобою одні вчені (в зоні інтенсивного прояву водної ерозії) відносять до водної ерозії, інші (в зоні значної вітрової ерозії) — до дефляції. Але вибивання дернини можна віднести і до окремого (самостійного) чинника деградації ґрунтів — *пасовищної ерозії*. Цей різновид ерозії має свої закономірності розвитку. Разом з тим він здатний дуже підсилюватися водною чи вітровою ерозією.

Під час випасання худоби на схилових землях тварини ногами розбивають дернину і зміщують частину ґрунту вниз по схилу. Внаслідок цього на схилах утворюються худобопрогінні стежки, мікротераси, позбавлені рослинності. Дернина трав має високу ґрунтозахисну ефективність, тому її знищення різко зменшує протиерозійну захищеність схилів. На них швидко розвиваються водорієни та яри. Пасовища різко знижують свою продуктивність, забезпечуючи лише 2 – 5 ц/га сіна низької якості.

Пасовищна ерозія, підсилена водною та вітровою ерозією, здатна перетворити природні кормові угіддя на схилах у пасовищний збій, вигони з надзвичайно низькою продуктивністю. Поверхня схилів стає зруйнованою водоріями та ярами. Такі угіддя потребують докорінної меліорації, ремонту земель.

На гірських схилах внаслідок пасовищної ерозії землі цілком втрачають дрібнозем, перетворюючись на кам'янисті пустелі. У байрачних лісах пасовищна ерозія призводить до вибивання дернини, підсилення водної ерозії, утворення водорієн та ярів [81].

Важливу ґрунтозахисну роль відіграє коріння рослин. Подібно арматурі корені переплітають ґрунт і підвищують його опір до змиву та розмиву. Проникаючи в глибокі горизонти, залишаючись в них після відмирання, корені рослин збільшують пористість, структурність та водопроникність ґрунту, що підвищує його родючість та протиерозійну стійкість.

О. П. Вервейко розрахував коефіцієнти ерозійної небезпеки культур у порівнянні з чорним паром. Багато хто з ерозіоністів не погодився з такою постановкою питання. Будь-яка рослинність захищає ґрунт від ерозії: культури густого посіву — більшою, просапні — меншою мірою. Найефективніше захищають ґрунт багаторічні трави. У зв'язку з цим М.М. Заславський коефіцієнти ерозійної небезпеки О.П. Вервейко перетворив на коефіцієнти протиерозійної ефективності (табл. 3.48).

Таблиця 3.48 - Показники ерозійної небезпеки та протиерозійної ефективності сільськогосподарських культур та агрофонів

Культура, агрофон	Коефіцієнт ерозійної небезпеки, за О.П. Верейком	Коефіцієнт протиерозійної ефективності, за М.М. Заславським
Чорний пар	1	0
Зайнятий пар (вико — овес)	0,50	0,50
Кукурудза:		
на зелений корм	0,75	0,25
з соєю або горохом	0,50	0,50
на силос	0,60	0,40
на зерно	0,85	0,15
Цукрові буряки	0,85	0,15
Картопля	0,75	0,25
Соняшник	0,75	0,25
Ярі зернові	0,50	0,50
Горох	0,35	0,65
Озимі зернові	0,30	0,70
Багаторічні трави:		
першого року	0,08	0,92
другого року	0,03	0,97
третього року	0,01	0,99

О.Г. Тараріко, зіставивши проєктивне покриття основних сільськогосподарських культур з розподілом сумарних ерозійних індексів дощів по фізико-географічних провінціях лісостепової зони України, встановив, що досить добре протиерозійне покриття ґрунту створюють зернові культури – озима пшениця, ячмінь. Найбільш ерозійно небезпечними культурами є просапні – картопля, кукурудза та зерно.

Цукрові буряки з квітня по червень мають низький коефіцієнт протиерозійної ефективності, а в наступні місяці завдяки наростанню листової поверхні він істотно зростає на досить тривалий період (до жовтня). Горох, маючи високі значення проєктивного покриття до липня, вже починаючи з цього ж місяця, залишає поверхню поля відкритою. А саме цей період є найбільш ерозійно небезпечним.

Ґрунтозахисна ефективність сільськогосподарських культур та агрофонів залежить від крутості схилів: зі збільшенням крутості вона зменшується.

Не лише живі, а й мертві рослини захищають ґрунт від ерозії. На цьому ґрунтується спосіб захисту ґрунтів від ерозії мульчуванням соломою та іншими пожнивними рештками. Мульча гасить енергетичну силу дощових крапель, зменшує стік, попереджує інтенсивні втрати вологи через випаровування.

Солом'яна січка дозою 2 т/га на схилі крутістю 2° знижувала стік у 19 разів, а змив ґрунту — у 80 разів. На схилі 5° стік було зменшено в 6 разів, а змив ґрунту — майже у 118 разів. На схилі в 7° стік було зменшено в 4.8 раза, а змив ґрунту — в 200 разів. Застосування більш високих доз мульчі майже повністю гасить стік опадів та змив ґрунту на всіх досліджуваних схилах.

Протиерозійна роль рослин широко використовується в ґрунтозахисному землеробстві — ґрунтозахисні сівозміни, смугове розміщення культур, застосування на ерозійно небезпечних ділянках культур суцільного посіву, застосування буферних смуг на парових полях і в садах, засівання багаторічними травами змитих і розмитих ділянок.

Докорінне та поверхнєве поліпшення пасовищ теж використовується для боротьби з водною ерозією на схилах. Тій же меті служать полезахисні та водорегулювальні лісосмуги, насадження на ярах, пісках, землях, непридатних для сільськогосподарського використання.

*Господарська діяльність людини* дуже впливає на природні чинники ерозії, істотно змінює їх. Еродовані ґрунти і є продукт нераціонального землеробства, перевантаження пасовищ і т. п. Розоравши цілинні степи, знищивши лісову рослинність на великих площах, людина оголила поверхню ґрунту, позбавила її захисного рослинного покриву, зменшивши таким чином стійкість ґрунту до змиву та розмиву.

Впровадження протиерозійних заходів послабило дію ерозійних процесів, однак не зупинило їх. На сьогодні ми маємо розорані крутосхили, вибиті, порізані водоруїнами та ярами пасовища, заплави розорані до самісіньких берегів рік, зникли через замулення малі річки. Україна має найвищу в Європі розораність території (57.5 %) та відсоток сільськогосподарських угідь (72.3 %). Це і призвело до того, що 30.7 % всіх земель нашої країни різною мірою зруйновано ерозією. Відсоток сільськогосподарських угідь знизився за останні 8—10 років приблизно на 10 %, але все ж залишається занадто високим. Зменшення площі цих угідь скоріше пов'язане з поглибленням економічної кризи та падінням сільськогосподарського виробництва, ніж з впровадженням ґрунтоохоронних заходів, таких, як заліснення, засівання тощо.

Дія антропогенних чинників ерозії проявляється через природні чинники, що, як правило, стимулюють і підсилюють їх. Було б, однак,



невірно думати, що господарська діяльність людини може лише спричинювати розвиток ерозійних процесів. Спрямованою агротехнікою, регулюванням рослинного покриву, протиерозійною організацією території людина здатна зупинити ерозію, значно підвищити родючість еродованих земель. На це може і повинна бути спрямована діяльність людини як основний на чинник припинення дії ерозійних процесів.

### *Контрольні питання*

1. *Що називається ерозією ґрунтів?*
2. *Які ви знаєте типи ерозії?*
3. *Причини виникнення водної ерозії ґрунтів.*
4. *Що таке вітрова ерозія?*
5. *За яких умов розвивається іригаційна ерозія?*
6. *Що таке осередки ерозії?*
7. *Як впливає розмір крапель дощу на розвиток ерозії?*
8. *Як впливають на розвиток ерозії антропогенні чинники?*
9. *Як впливає рослинність на розвиток ерозії ґрунту?*
10. *Як впливає рельєф на розвиток ерозійних процесів?*
10. *Які ви знаєте протиерозійні заходи?*

### **3.9.2 Вітрова ерозія**

Руйнування ґрунту під дією вітру носить назву *вітрової ерозії - дефляції* – пилових або чорних бур. Саме розмаїття назв свідчить про грізність стихійних сил природи.

Пилова буря взимку та навесні 1969 р. охопила степову та лісостепову зони України, увесь Північний Кавказ, Центрально-Чорноземний район Росії. Сотні мільйонів тонн чорноземного ґрунту було піднято в повітря, перенесено на великі відстані. Чорноземний пил випав грязьовими дощами в Скандинавії, Західній Європі, Великій Британії. Сила вітру досягала 43 – 50 м/с. Вітер виривав з корінням дерева, перевертав і котив по полю машини, автобуси. Хмари пилу закрили небо, і було темно. В зоні інтенсивної дії чорної бурі ґрунт було видуто на 5 – 15 см. Посіви озимих на мільйонах гектарів загинули від видування, були занесені дрібноземом. Лісосмуги, вкрившись пилом, перетворились на земляні вали висотою 3 – 3.5 м. У населених пунктах наноси досягли дахів будинків. Пил пробивався всередину будівель, квартир, шугав у повітрі, покриваючи все на своєму шляху; робив неможливими навіть хірургічні операції [13, 15, 71, 74].

Подібні грізні бурі — явище не часте, спостерігати їх можна один раз у 10 – 20 років і пов'язані вони з періодами найвищої активності

випромінювання Сонця. Менш сильні пилові бурі спостерігаються в степовій зоні один раз на 3 – 4 роки.

Поряд з інтенсивною вітровою ерозією проявляється і нормальна, або місцева, вітрова ерозія. Місцева вітрова ерозія діє повільно; вона не призводить до значних руйнувань, а втрати від неї компенсуються процесом ґрунтоутворення.

Інтенсивної вітрової ерозії насамперед зазнають рівнинні території, не захищені полезахисними лісосмугами, ґрунтозахисною агротехнікою, а також вітроударні схили. Найбільше ґрунту видувається на полях, не захищених рослинністю та її відмерлими рештками, а також зайнятих зябом чи погано розкущеними озимими. Влітку вітрова ерозія може проявлятися на парових полях.

Небезпека від вітрової ерозії буває не лише для ґрунту, а й для посівів. Особливо часто пошкоджуються вразливі весняні сходи буряків, соняшнику, кукурудзи. Вдаряючись з великою силою об поверхню рослин, піщинки пошкоджують їх. Під час пилових бур відносна вологість повітря падає до 10 – 20 %. Рослини висихають, втрачають тургор, в'януть і повністю гинуть. З цієї причини в окремі роки цукрові буряки пересівають на сотнях тисяч гектарів.

Посіви пошкоджуються і гинуть також внаслідок здування ґрунту та оголення вузлів кушення та кореневих систем. Нерідко рослина, що погано вкорінилась, видувається разом з ґрунтом. Найнезахищенішими від видування та пошкоджень є посіви на наовітряних вітроударних схилах і вузьких вододілах.

Там, де сила вітру послаблюється, відбувається відкладання видутого ґрунту. Такими місцями можуть бути окремі ділянки полів з добре розвинутим шатром озимих культур, багаторічних трав; завітрянні схили, береги улоговин, балок, ярів та рік. Засипання посівів призводить до зниження врожаю та його загибелі. Бувають випадки, особливо в південних степах, коли видутий дрібнозем відкладається у вигляді шлейфів на дорогах і галявинах лісових насаджень. Найчастіше інтенсивна вітрова ерозія спостерігається у квітні – на початку травня. Але в окремі роки вона буває і взимку, якщо мають місце сильні вітри та накопичились недостатні запаси вологи в ґрунті. Наприклад, у 1960, 1969, та у 2012 сильні пилові бурі були в січні-лютому. Разом зі снігом з незахищеного зябу здувалась значна кількість ґрунту.

Багаторазові прояви вітрової ерозії знижують родючість ґрунтів, а при їх легкому гранулометричному складі призводять до повного знесення родючого шару та утворення малопродуктивних сильно еродованих земель.

Руйнування ґрунту вітром являє собою фізичний процес, що відбувається при взаємодії повітряною потоку з поверхнею ґрунту.

Інтенсивність цього процесу залежить від швидкості вітру та стану поверхні ґрунту.

На висоті 0.2 – 0.4 м від поверхні ґрунту (штилевий шар) швидкість потоку повітря практично дорівнює нулю. Зі збільшенням висоти вона стрімко зростає.

Швидкість вітру, при якій починається рух ерозійне небезпечних фракцій ґрунту, називається *критичною* або *пороговою*. Для ґрунтів важкого гранулометричного складу характерні більш високі порогові швидкості вітру (табл. 3.49).

Таблиця 3.49 – Критична швидкість вітру для ґрунтів лісостепової і степової зон України

Ґрунт	Критична швидкість вітру, м/с	
	в аеродинамічній трубі, $M \pm m$	на висоті 10 м у вільній атмосфері
Чорнозем типовий середньо суглинковий	7.9±0.15	14.9
Чорнозем звичайний карбонатний легкоглинистий	5.1±0.57	9.6
Чорнозем звичайний важко суглинковий	5.7±0.15	10.8
Дерново-карбонатний середньо суглинковий	4.3±0.9	8.1
Чорнозем солонцюватий супіщаний	4.7±0.12	8.9
Чорнозем південний піщано-середньо-суглинковий	3.8±0.10	7.2
Чорнозем південний важко суглинковий	5.5±0.90	10.4
Чорнозем південний середньо глинистий	5.5±0.84	10.4
Темно-каштановий солонцюватий легкоглинистий	7.3±0.18	13.8
Темно-каштановий солонцюватий піщано-легкосуглинковий	6.9±0.51	13.0
Темно-каштановий супіщаний	4.8	9.1
Солонець середньо стовпчастий важкоглинистий	5.0	9.4
Солонець кірковий важко глинистий	4.6	8.7
Боловий дрібний пісок	3.5	6.6

Ступінь дії повітряного потоку на частки ґрунту визначається їх розміром та масою. Мікроагрегати та елементарні ґрунтові частинки

розміром 0.1 – 0.5 мм виділяються із штилевого шару та пересуваються стрибками, обертаючись з частотою 200 – 1000 об/с. Агрегати більшого розміру (0.5 – 1 мм) перекочуються або ковзають по поверхні ґрунту. Під час руху вони вдаряються один з одним, розбиваються, збільшуючи кількість частинок, найбільш агресивних в ерозійному відношенні (розмір від 0.1 до 0.5 мм).

Оскільки повітря біля поверхні частки обертається разом з нею, вище частки виникає парціальний вакуум, а під ним повітря стискується. Обидві ці зміни тиску намагаються підняти частку, що підстрибує у повітря майже вертикально, але інерція горизонтального руху примушує її підніматися під кутом 75 – 90°. Частки піднімаються на висоту 15 – 30 см, а інколи на 60 і навіть 90 см. З підняттям у повітря обертання навколо осі сповільнюється, і частка надходить у шари зі значно більшою швидкістю вітру. Втративши таким чином вертикальний імпульс, частка переноситься у потоці повітря, поступово повертаючись на поверхню ґрунту по довгій похилій траєкторії і вдаряючись об ґрунт з великою силою.

Найбільш ерозійно небезпечними є фракції розміром від 0.1 до 0.5 мм, тому що їм властивий стрибкоподібний рух у повітряному потоці. Це найактивніша частина механічних часток й агрегатів, яка обумовлює руйнування ґрунту, засікання, видування, засиплення та загибель рослин, а також загибель комах, птахів і дрібних диких тварин.

О. І. Бараєв, Є. Ф. Госсен [54] вважають вітрову ерозію лавиноподібним активним процесом, що має велику руйнівну силу. Якщо пилоповітряний потік з поля, яке зазнає ерозії, перекидається на сусідні поля, вони теж починають еродувати під дією часток ґрунту, що містяться в повітряному потоці. Лише пізнавши сутність походження, механізм дії і принципи, що породжують вітрову ерозію, можна успішно вести боротьбу з нею.

М. К. Шикун встановив, що порогова швидкість вітру, при якій починається пилова буря, залежить від виду ґрунту, його структурності, гумусованості, гранулометричного складу, а також від пори року. Для конкретного ґрунту порогова швидкість вітру залежить від дефіциту насичення повітря. Для Донбасу вона виражається рівнянням регресії

$$V_{кр} = 21,2 - 0,45 D, \quad (3.50)$$

де  $V_{кр}$  – критична швидкість вітру, м/с;

$D$  – дефіцит насичення вологою повітря, гПа ( $16 \sim 10^5$  Па);

0,45 – коефіцієнт регресії;

21,2 – безрозмірна величина, яку одержано при розрахунках.

Між порогом швидкості вітру та дефіцитом насичення повітря існує зворотний зв'язок з коефіцієнтом кореляції  $r$ , який дорівнює -0,95.

Можна визначити, за якої швидкості вітру починається пилова буря, через дефіцит насичення, що важливо для прогнозування пилових бур

$$D = \frac{21,2 - V_{кр}}{0,45}, \quad (3.51)$$

Як видно, при дефіциті насичення вологою повітря  $D = 0$  критична швидкість вітру дорівнює 21,2 м/с. При  $D = 5$  гПа  $V_{кр} = 18,9$  м/с; при  $D = 15$  гПа  $V_{кр} = 14,3$  м/с; при  $D = 25$  гПа  $V_{кр} = 9,7$  м/с; при  $D = 35$  гПа  $V_{кр} = 5,1$  м/с.

До чинників, що визначають розвиток дефляції ґрунтів, відносять: погоду і клімат, рельєф місцевості, властивості ґрунтів, характер рослинного покриву та господарську діяльність людини. Потенційну небезпеку прояву дефляції ґрунтів визначають за рівнянням

$$\text{ПНД} = f(K \cdot \Gamma \cdot P \cdot \Gamma_p \cdot D), \quad (3.52)$$

де  $K$  – кліматичні умови;  $\Gamma$  – вплив протидефляційних властивостей ґрунтів;

$P$  – вплив елементів рельєфу;

$\Gamma_p$  – ґрунтозахисна роль рослинності;

$D$  – вплив господарської діяльності людини.

Між цими чинниками існує тісний зв'язок. Але щоб відповідними заходами подолати чи зменшити несприятливий вплив тих природних чинників, що створюють найбільшу небезпеку виникнення та розвитку дефляції, слід добре розуміти роль кожного з них.

К. С. Кальянов поділяє чинники дефляції на дві групи: фізико-географічні та соціально-економічні. Обидві ці групи слід урахувати при розробці системи протидефляційних заходів та сільськогосподарському освоєнні нових територій (рис. 3.21)

Найважливішим чинником дефляції ґрунтів є вітровий режим, який характеризується швидкістю, напрямком та повторюваністю вітрів. Вітер являє собою переміщення повітряних мас у горизонтальному напрямку, що обумовлено нерівномірним розподілом атмосферного тиску над поверхнею землі. Потоки повітря рухаються із областей відносно високого тиску до областей відносно низького тиску. Швидкість повітряного потоку прямо пропорційна різниці цих тисків.

Швидкість вітру вимірюють у метрах за секунду, кілометрах за секунду або у балах за шкалою Бофорта (табл. 3.50).

Вітри з сильними коливаннями швидкості (20 м/с і більше) називають *поривистими*, або *шквальними*. Вітер вважається *помірним*, якщо його

швидкість становить 5—8 м/с, *сильним* — понад 14, *штормовим* — понад 20-25, *буревійним* — понад 30 м/с.

Особливо велику роль у розвитку процесів дефляції відіграє швидкість вітру біля поверхні землі. Саме вона зумовлює руйнування, переміщення і підняття в повітря часток ґрунту. Мінімальна (критична) швидкість вітру на висоті 10 – 15 см, яка необхідна для відриву і переміщення частинок ґрунту, залежить від багатьох чинників і коливається від 3 до 9 м/с, залежно від типу ґрунту, вологості, стану поверхні поля [13, 71].



Рис. 3.21 - Основні чинники розвитку дефляції ґрунтів (за С.К. Кальяновим)

Інтенсивність процесів дефляції істотно залежить і від добової динаміки вітру, його тривалості та поривчастості. Швидкість вітру закономірно змінюється протягом доби: вдень вона зростає досягаючи максимуму опівдні, а надвечір знижується. Швидкість вітру зазнає і сезонних змін. На більшій частині території нашої країни максимальна швидкість вітру характерна для пізньої зими - ранньої весни, тобто період дефляційно небезпечних вітрів збігається з часом, коли поверхня ґрунту на

значних площах розпушена, а рослинний покрив на сільськогосподарських угіддях розвинутий недостатньо.

Процеси дефляції на території України охоплюють усі ґрунтово-кліматичні зони, але найчастіше проявляються в степовій зоні. Максимум пилових бур характерний для цієї зони навесні, що обумовлено раннім сніготаненням, інтенсивним підвищенням температури, відсутністю суцільного трав'яного покриву.

Таблиця 3.50 – Шкала Бофорда

Швидкість вітру		Тип вітру	Дія вітру
м/с	Бали		
0	0	Штиль	Дим піднімається вертикально. Полум'я сірника не відхиляється.
1	1	Тихий	Дим трохи відхиляється в бік. На деревах шелестить листя, полум'я сірника помітно відхиляється
2-3	2	Легкий	Коливаються тонкі гілки дерев, запалений сірник швидко гасне
4-5	3	Слабкий	Поверхня водойм вкривається хвильками
6-8	4	Помірний	Колихається сухе гілля дерев
9-10	5	Свіжий	Колихаються стовбури невеликих дерев. Свистить у вухах
11-13	6	Сильний	Вітер колихає дерева. Гудуть телефонні дроти. На гребнях хвиль з'являються баранці
14-17	7	Різкий	Колихаються стовбури великих дерев. На воді з'являються пінисті хвилі
18-20	8	Дуже різкий	Гнуться і ламаються великі дерева
21-26	9	Шторм	Вітер зриває черепицю з дахів, ламає великі дерева
27-31	10	Сильний шторм	Вітер зриває дахи, вириває з корінням дерева
32-36	11	Великий шторм	Вітер звалює телеграфні стовпи, спричинює великі руйнування
Понад 36	12	Буревій	Вітер спричинює катастрофічні руйнування, руйнує будинки, перекидає кам'яні стіни

Влітку сильні шквалисті вітри тривалістю від 2 до 10 - 12 год і більше на півдні та південному сході степової зони виникають під час проходження грозових фронтів. Видування ґрунту взимку відбувається в роки з низькою температурою та недостатнім зволоженням ґрунту з осені, а також при відсутності снігового покриву. У степовій зоні України найбільш дефляційно небезпечні вітри дмуть в східному та південно-східному напрямках.

На прояв дефляції ґрунтів істотно впливає режим випадання опадів. Звичайно, опади знижують дефляцію. Зволоження ґрунту підсилює зчеплення між собою його частинок і розвиток рослин, які своїми кореневими системами скріплюють ґрунт, захищаючи його від видування. Але зливові опади на сухий ґрунт, не вкритий рослинністю, а також поперемінне зволоження та висушування створюють умови для розвитку дефляції.

У відповідності із зволоженням території змінюється інтенсивність процесів дефляції. За даними М.І. Долгілевича, в природних зонах України кількість днів з пиловими бурями закономірно зростає з півночі на південь (рис. 3.22), а кількість атмосферних опадів в цьому ж напрямку зменшується від 700 – 750 мм на півночі до 300 – 350 мм на півдні.

Температура та вологість повітря посередньо впливають на дефляцію. Висока температура та низька вологість повітря у весняно-літній період зумовлюють інтенсивне випаровування вологи із поверхні ґрунту, що підсилює процеси дефляції. У періоди ранньої весни та пізньої осені чергування плюсових та мінусових температур протягом доби супроводжується почерговим промерзанням і відтаненням ґрунту, що призводить до зниження його протидефляційної стійкості.

Крупні геоморфологічні структури (широкі депресії чи їх поєднання з невеликими орографічними перешкодами на шляху вітру), в яких при певному напрямку вітру постійно спостерігається зростання його швидкості, що супроводжується руйнуванням ґрунту, були названі Є.І. Рябовим *вітровими коридорами*.

На території України найбільші вітрові коридори розташовані в районах Донецького кряжу та Причорноморської низовини. У вітрових коридорах швидкість вітру зростає в 1,5 – 2,5 раза у порівнянні з оточуючими їх рівнинними територіями, а при пилових бурях досягає 40 – 60 м/с.

Вплив *мезорельєфу* на процеси дефляції залежить від розмірів та форми його елементів. Насамперед дефляції зазнають вітроударні опуклі схили, на яких підсилюється вплив повітряного потоку на поверхню ґрунту, на завітряних увігнутих схилах та в зниженнях швидкість вітру зменшується і відбувається акумуляція дрібнозему, видутого з підвищених елементів рельєфу.



Саме це і є причина того, що порядок розподілу дефляційних ґрунтів на схилі принципово відрізняється від розміщення на схилі ґрунтів різного ступеня змиття: збільшення ступеня змиття ґрунту відмічається вниз по схилу, а ступеня дефляції — при русі вгору вздовж навітряного схилу.

*Ґрунтові умови.* Райони з вітровою ерозією мають поширення на різних типах ґрунтів. Виникнення та розвиток дефляції істотно залежить від фізичних властивостей ґрунтів, насамперед їх гранулометричного складу та структури. В природному стані найбільше зазнають дефляції ґрунти легкого гранулометричного складу, які містять багато частинок розміром 0.1—0.5 мм і мало дрібнозему, здатного зв'язувати частки в мікроагрегати і макроагрегати.

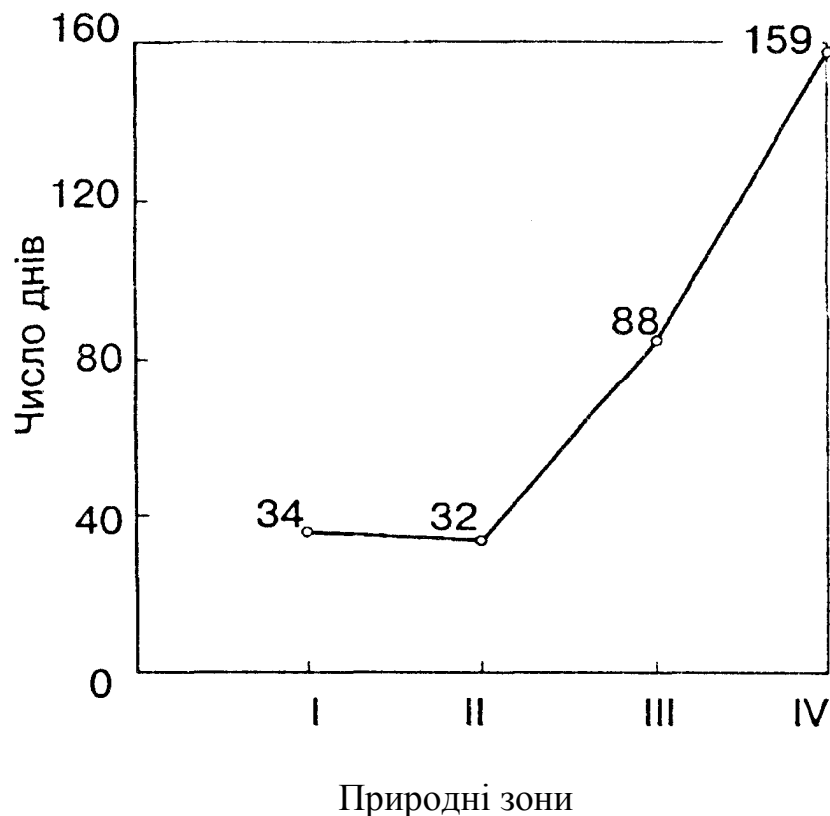


Рис. 3.22 — Кількість днів з пиловими бурями в природних зонах України (за М. І. Долгілевичем): I — Полісся; II — Лісостеп; III — Степ; IV — Сухий Степ

Важкі ґрунти теж легко дефлюють. Вони містять багато глинистих частинок, здатних утворювати агрегати з високою механічною стійкістю. Однак внаслідок свого генезису важкі ґрунти характеризуються дрібногрудочкуватозернистою структурою, яка хоча і є агрономічне цінною, проте має низьку протидефляційну стійкість.

Для оцінки здатності агрегатів ґрунтів зв'язуватися за їх гранулометричним складом Є.І. Шиятий та О.Б. Лавровський [13, 15] розробили емпіричну залежність:

$$S_t = 34,7 + 0,9x_1 + 0,3x_2 + -0,4x_3, \quad (3.53)$$

де  $S_t$  — показник здатності ґрунту до зв'язування, %;

$x_1$  — вміст мулу, %;

$x_2$  — вміст дрібнозернистого піску (0,05—0,25 мм), %;

$x_3$  — вміст грубозернистого піску (сума механічних елементів розміром від 0,25 до 3 мм), %.

У відповідності з цією залежністю всі ґрунти за їх вразливістю до вітрової ерозії поділені на шість груп (табл. 3.51).

За спостереженнями О.Є. Дяченка, А.Г. Гаель, Л.Ф. Смирнової, П.С. Захарова та інших дослідників, дефляція на різних за гранулометричним складом ґрунтах починається при такій швидкості вітру, м/с: піщаний — менше 3; супіщаний — 3-4; легкосуглинковий — 4-5; важкосуглинковий — 5-7; глинистий — 7-9 [71].

Таблиця 3.51 - Потенціал небезпеки дефляції (за Є.І.Шиятим)

Група	Показник зв'язності грудочок ґрунту, %	Різновидності гранулометричного складу, що входять до групи
I	Понад 65	Глини важкі, середні та частина легких
II	55-65	Глини легкі, суглинки важкі та середні
III	45-55	Суглинки важкі, середні і частина легких
IV	30-45	глин
V	15-30	Суглинки важкі, середні та легкі
VI	Менше 15	Суглинки середні, легкі та супіски Супіски, піски

Стійкість ґрунтів до вітрової ерозії значною мірою залежить від їх структурного складу. Дуже піддаються дефляції розпорошені та безструктурні ґрунти, Ступінь вразливості поверхні ґрунту до вітрової ерозії визначається співвідношенням великих та дрібних структурних окремоностей. Дослідження Е. Ф. Госсена показали, що стійкість до вітрової ерозії різко зростає у ґрунтових агрегатів розміром понад 1 мм .

Тому агрегати, дрібніші за 1 мм, було названо *дефляційно небезпечними*, а розміром понад 1 мм — *ерозійно стійкими*. Добра оструктуреність ґрунту є непоганим захистом від видування дефляційно небезпечних часток та агрегатів.

Якщо в шарі ґрунту 0—5 см міститься більше 60 % агрегатів розміром понад 1 мм, то поверхня цього ґрунту є дефляційно стійкою. При вмісті таких агрегатів 50 % поверхня ґрунту вважається помірно стійкою до дефляції, оскільки при сильних вітрах (понад 17—20 м/с) з неї відчужується до 4—6 т/га ґрунту.

О. Б. Лавровський розробив методику визначення вразливості ґрунтів до дефляції. В її основу покладено показник схильності до руйнування вітростійких агрегатів, який інтегрує найважливіші властивості ґрунту — гранулометричний склад, вміст гумусу та карбонатів кальцію (табл. 3.52).

Основними критеріями протидефляційної стійкості органогенних ґрунтів є ступінь розкладу торфу, глибина шару, його ботанічний склад.

Таблиця 3.52 – Порогова швидкість вітру для агрегатів різного розміру чорнозему південного карбонатного легкосуглинкового

Розмір агрегатів, мм	Швидкість потоку повітря, м/с	Вологість агрегатів, %
Менше 0.25	3.8	6.1
0.25-0.5	5.3	7.4
0.5-1	6.6	7.6
1-2	11.2	6.5
2-3	12.1	7.0
3-5	17.6	6.8

До *слабодефляційно небезпечних* належать торф'яно-болотні ґрунти на середньоглибоких (1 - 2 м) та глибоких (понад 2 м) слабозкладених (до 30 %) дерев'янистих, очеретяно-дерев'янистих та осоково-дерев'янистих торфах.

До *середньодефляційно небезпечних* належать торф'яно-болотні ґрунти на середньоглибоких та глибоких середньо розкладених (30 – 50 %) дерев'янисто-очеретяних, осоково-очеретяних, осоково-мохових та мохових торфах; торф'яно-болотні ґрунти на неглибоких (0,5 – 1 м) слабо- та середньо розкладених дерев'янистих, очеретяно-дерев'янистих та осоково-дерев'янистих торфах.

*Сильнодефляційно небезпечними* є торф'яно-болотні ґрунти на неглибоких сильно розкладених мохових та осокових торфах; торф'яно-глейові ґрунти (глибина торфу 30 – 50 см); торф'яно-глейові ґрунти (глибина торфу менше 30 см).

Якщо поверхня ґрунту оголена і пересохла, то ґрунтові частинки і агрегати, менші від 1 мм, можуть легко пересуватися під впливом потоків вітру. Такі умови створюються при знищенні рослинності, а також

внаслідок неправильної агротехніки на орних землях та нерегульованого випасання худоби на пасовищах.

Добре розвинений покрив природної чи культурної рослинності зменшує швидкість вітру в приземному шарі, а також втрачає вологу через випаровування, захищає ґрунт від турбулентного тертя потоків повітря. Навіть піщані ґрунти, вкриті густою трав'янистою, а тим більше чагарниковою рослинністю, не зазнають дефляції.

Найкраще захищають ґрунт від дефляції багаторічні трави, озимі та зимуючі культури у фазі куціння; значно слабше протистоять вітровій ерозії ранні ярі, а зовсім слабо — пізні ярі культури. При вирощуванні сільськогосподарських культур поверхня ґрунту періодично залишається оголеною і легко піддається дефляції.

За даними О.Б. Лавровського, при існуючих сівознах і технологіях вирощування культур проективне покриття ґрунту в небезпечні періоди (для дефляції) становить всього 20-35 % і лише в липні-серпні воно досягає задовільного рівня (70-80 %).

Збирання врожаю і обробіток ґрунту знищують рослинний покрив, і поверхня залишається відкритою для руйнівної дії вітру. Найбеззахиснішими стають ті поля, на яких обробіток ґрунту здійснюється плугами з полицями. Внаслідок такого обробітку рослинні рештки повністю загортаються в ґрунт а його поверхня на тривалий час залишається оголеною. При вирощуванні ярих культур цей період триває 150-180 діб, а на парових полях - 280-320 і більше діб. Отже, на сільськогосподарських угіддях головне завдання щодо ослаблення процесів дефляції полягає у створенні грудкуватої поверхні ґрунту та збереженні на ній якомога більшої кількості рослинних решток, котрі, як і живі рослини, оберігають ґрунт від видування.

О.Г. Барасєв, О.М. Каштанов, М.М. Заславський, Є.І. Шиятий та інші дослідники вважають, що лише при наявності стерні на поверхні ґрунту можна створити надійну перепону вітрові. Чим більше поукісних та пожнивних решток на поверхні поля, тим вища вітростійкість ґрунту.

Густа трав'яниста рослинність оберігає ґрунт від дефляції, але найбільш надійно його захищають дерева чи чагарники. Дерев'яниста рослинність вносить істотні зміни в загальну природну ситуацію степових агроландшафтів і справляє на неї меліоративний вплив. Система лісосмуг, створена в Кам'яному Степу (Російська Федерація), послаблює швидкість вітру на міжсмугових полях на 35-40 %, а вітрозахисний вплив лісосмуги поширюється на відстань, що дорівнює 30-кратній висоті смуги з завітряного боку та 5-кратній — з навітряного.

Застосування агролісомеліорації — це надійний засіб охорони ґрунтів від дефляції в посушливих районах країни. Агротехнічні заходи забезпечують найбільшу ґрунтозахисну та агрономічну ефективність лише в системі полезахисних лісосмуг, коли здійснюється комплекс

взаємопов'язаних заходів. Отже, захист ґрунтів від дефляції повинен спиратися на комплексне використання протягом року чинника рослинності: насадження системи полезахисних лісосмуг, створення штучних лісових масивів, дерев'янисто-чагарникових та трав'янисто-кулісних насаджень, буферних смуг, протиерозійну організацію території, введення ґрунтозахисних сівозмін, що дозволяють залишати на поверхні ґрунту стерню та мульчувати її рослинними рештками.

Господарська діяльність людини щодо дефляції може проявитися у двох напрямках. Людина, зберігаючи трав'янисту, чагарникову, дерев'янисту рослинність, а також вирощуючи сільськогосподарські культури і використовуючи ґрунтозахисні технології, може повністю зупинити або довести до мінімально допустимого рівня процесу дефляції ґрунтів, і навпаки, знищуючи рослинність, нераціонально вирощуючи сільськогосподарські культури, спричинити підсилення дефляції.

Знищення рослинності і нераціональне вирощування сільськогосподарських культур призвело до того, що дефляція охопила територію освоєних цілинних земель у Північному Казахстані та в Російській Федерації (в регіоні Західного Сибіру — на площі 45 млн. га). За даними Ф.Т. Моргуна, невідповідність системи землеробства ґрунтово-кліматичним умовам Північного Казахстану призвела до руйнування природної структури ґрунту, її розпорошення та катастрофічної дефляції. У 1962 р. в цьому регіоні зазнали дефляції площі понад 1.5 млн. га, а в 1965 р. — 5 млн. га.

Високий рівень культури землеробства, раціональне ґрунтозахисне землекористування дозволяють забезпечити ефективний захист ґрунтів від дефляції. Розробка акад. О.І. Бараєвим ґрунтозахисної системи землеробства та впровадження її в степових районах Північного Казахстану та Західного Сибіру (Російська Федерація) зупинили процеси дефляції на площі 26.7 млн. га. В наш час розроблено і вдосконалюються зональні ґрунтозахисні, енерго- та ресурсозберігаючі системи землеробства для різних зон і підзон України. В кожному землеробському регіоні повинна функціонувати своя ґрунтозахисна система землеробства, пристосована до місцевих умов.

*Збитки від водної та вітрової ерозії.* За історичний період на земній кулі внаслідок процесів деградації ґрунтів безповоротно втрачено близько 2 млрд га продуктивних сільськогосподарських земель, що в 1.3 рази перевищує сучасну площу орних земель. Останнім часом щороку втрачається від 5 до 21 млн га ріллі, що в 2.5 рази перевищує середньорічні втрати за останні 300 років. Розораність сільськогосподарських угідь, наприклад, у Франції становить 48, у США — 25 %. Гостро стоїть проблема водної ерозії та дефляції ґрунтів в Україні. Надмірна розораність земель — одна з головних причин розвитку процесів ерозії ґрунтів.

В Україні з площі 42 млн га сільськогосподарських угідь зазнає дії водної ерозії 10.6 млн га, на 15 млн га поширена дефляція. Територія близько 1.6 млн га охоплена одночасною дією як водної, так і вітрової ерозії. Незважаючи на економічну кризу і падіння сільськогосподарського виробництва, ерозія прогресує зі швидкістю 100—120 тис га за рік. Це пов'язано також із зменшенням у 90-х роках обсягів впровадження протиерозійних заходів, виходом з ладу раніше створених гідротехнічних споруд і лісонасаджень. Територіальне розширення змитих ґрунтів за 1961—1995 рр. становило 2.4 млн га, у тому числі за 1991—1995 рр. — 0.4 млн га. Зросла еродованість ґрунтів: слабо еродованих — з 19.3 % у 1961 р. до 24.7 % у 1990 і 25.6 % у 1995 р.; середньо і сильнозмитих — відповідно з 6.3 до 8.1—8.8 %. У Кіровоградській, Луганській, Миколаївській, Хмельницькій і Харківській областях площа еродованих земель зросла з 1961 по 1995 р. на 12—18 %, у Львівській, Запорізькій, Донецькій, Херсонській і Чернівецькій областях — на 21—27 %.

Водна ерозія проявляється у всіх зонах країни на схилах крутістю понад 0.5°. У середньому з 1 га схилових земель змивається до 15 т родючого шару ґрунту, у Вінницькій, Закарпатській, Івано-Франківській, Львівській, Тернопільській та Харківській областях — 23–27 т. На посівах просапних культур, розміщених на схилах понад 3°, змив ґрунту зростає до 30–50 т/га. У Богуславському р-ні Київської обл. у 1988 р. був випадок, коли змив ґрунту перевищив 1600 т/га.

Вчені нараховують всього понад 30 статей збитків від ерозії (рис. 3.23, 3.24), які можуть проявитися різною мірою залежно від ґрунтово-кліматичної зони та інтенсивності сільськогосподарського виробництва. За даними М.І. Долгілевіча, у степовій зоні України в середньому за рік видувається 21.5 млн т дрібнозему, з яким виноситься 39.5 тис. т фосфору, а в екстремальному 1969 р. було винесено 356 млн т дрібнозему, 667 тис. т азоту і 392 тис. т фосфору, що відповідає 1/2 внесених у ґрунт азотних та 1/3 — фосфорних добрив.

За останні десятиріччя дефляція ґрунтів охопила і територію Полісся, спричинюючи руйнування осушених торфовищ і мінеральних переосушених земель, а також переміщення пісків на грядових формах рельєфу, навіть вкритих лісовою рослинністю. Втрати дрібнозему на Поліссі становлять 2—5 т/га за рік. Вони відбуваються тривалий час у разі невисокої швидкості вітру.

На осушених торфовищах внаслідок систематичної полицевої оранки та низького рівня підґрунтових вод дефляція та мінералізація зменшують глибину шару торфу в середньому на 4.5 см за рік, в окремі роки — на 7.5 см. Під час пилових бур оголюються висіяне насіння та корені рослин, що призводить до різкого зниження врожаю. Осушувальні системи засипаються продуктами дефляції, виходять з ладу.

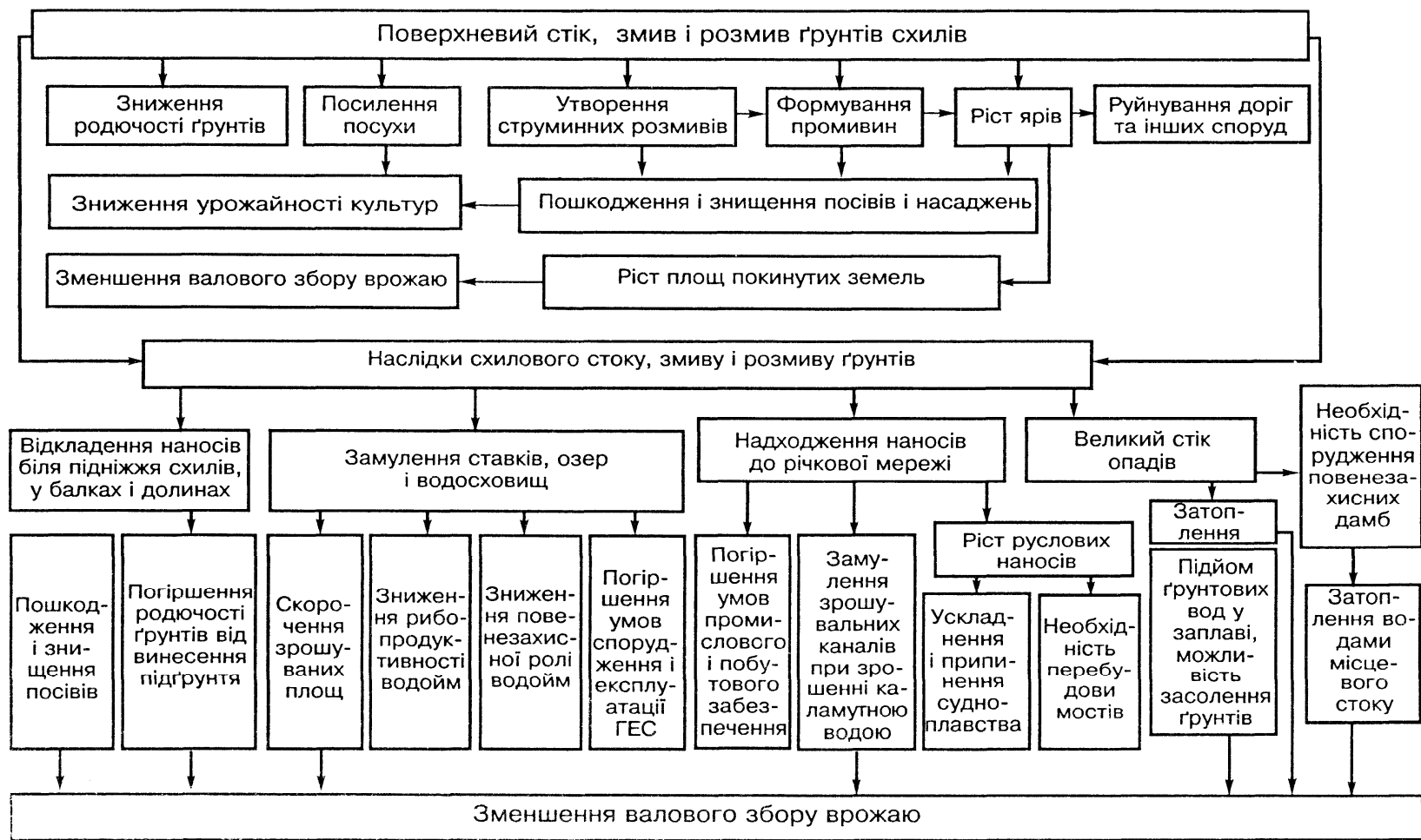


Рис. 3.23 – Різномічні наслідки водної ерозії (за М.М. Заславським, 1983)

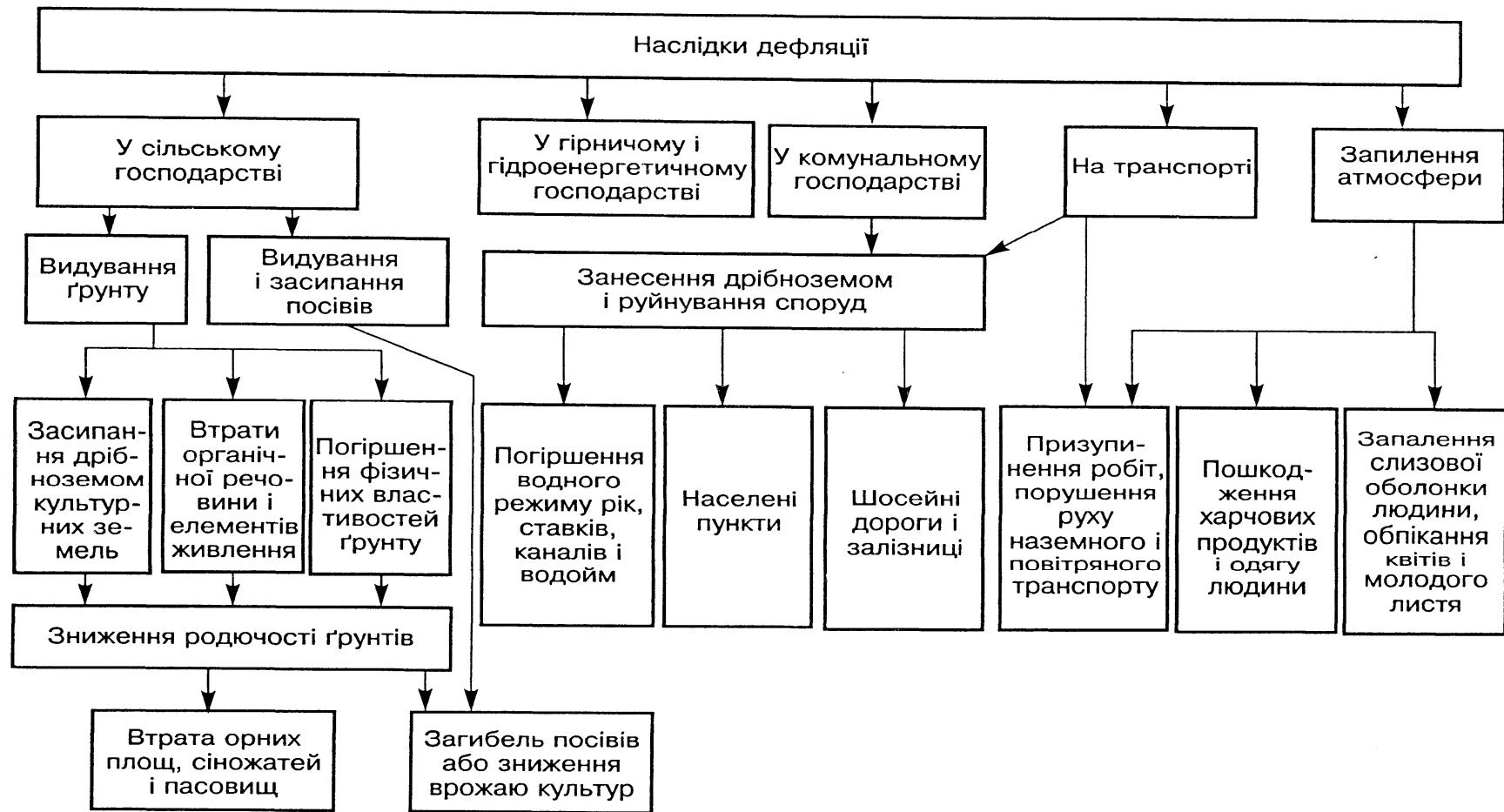


Рис. 3.24 – Наслідки дефляції ґрунтів (Капінос і Панасенко, 1989)



Процеси водної та вітрової ерозії — головний канал втрати родючості, справжнє екологічне і соціальне лихо, тому в господарській діяльності слід керуватися такими принципами:

- водну ерозію та дефляцію легше попередити, ніж боротися з їх наслідками;

- в природі немає ґрунтів, абсолютно стійких до водної ерозії та дефляції;

- водна ерозія та дефляція, як складні природні процеси, потребують комплексних заходів щодо їх усунення;

- ґрунтозахисні комплекси повинні бути регіональними та екологічно обґрунтованими.

### *Контрольні питання*

- 1. Що називається вітровою ерозією?*
- 2. Що називається критичною і пороговою швидкістю вітру?*
- 3. Які основні чинники дефляції ґрунтів?*
- 4. Для чого застосовується шкала Бофорта?*
- 5. Як впливає рельєф на розвиток вітрової ерозії?*
- 6. Як впливає наявність рослин на розвиток вітрової ерозії?*
- 7. Що таке пиловий буревій?*
- 8. Причини виникнення пилових буревіїв.*
- 9. Які заходи боротьби з водною та вітровою ерозією ви знаєте?*
- 10. Від чого залежить стійкість ґрунтів до ерозії?*

### **3.10 Полягання посівів**

Сильні зливи, тривалий інтенсивний дощ, град, вітер спричиняють полягання посівів. Під *поляганням стеблостою* розуміють такий його стан, коли під впливом несприятливих явищ погоди (дощ, вітер, мокрий сніг і т.ін.), що механічно впливають на рослини, стеблостій в тій чи іншій мірі нахиляється до землі і не повертається у вертикальне положення відразу ж після припинення дії цих явищ. На гідрометеорологічних станціях відмічається площа з полеглими посівами у відсотках від загальної площі поля. Крім цього, також визначається інтенсивність полягання.

Відрізняють два типи полягання: *кореневе і стеблове* [47, 48]. При кореневому поляганні рослини полягають внаслідок слабкого зчеплення коріння рослин з ґрунтом. Таке спостерігається при розріджуванні верхнього шару ґрунту через надмірний полив, тривалі дощі тощо. При *стебловому* поляганні відбувається згинання стебла соломини, іноді

зламування, від невідповідності динамічних навантажень на нижню частину стебла і його міцності.

Механічна міцність стебел і коріння визначається біологічними особливостями сорту і формується в залежності від умов існування, ступеню розвитку рослин та інших причин.

Інтенсивність полягання оцінюється у балах за шкалою:

- 5 балів – полягання відсутнє;
- 4 бали – слабе полягання, місцями (не більше 30 % площі поля);
- 3 бали – середнє полягання, не заважає машинному збиранню хлібів (31–60 %);
- 2 бали – сильне полягання, яке ускладнює збирання хлібів (більше 61 % площі поля);
- 1 бал – дуже сильне полягання, посіви не придатні до збирання.

Можливість полягання хлібів у великій мірі залежить від агрометеорологічних умов попереднього періоду розвитку рослин.

Стійкість рослин до полягання знаходиться у прямій залежності від середньої температури повітря, амплітуди температури повітря, нестачі насичення повітря вологою та у зворотній залежності – від кількості опадів, кількості днів з опадами, гідротермічного коефіцієнта Г.Т. Селянинова. Найменшу стійкість стеблостою до полягання мають зернові культури в роки з підвищеною вологозабезпеченістю та зниженим температурним режимом.

Інтенсивність полягання посівів залежить від декількох факторів: фази розвитку рослин, густоти посівів, висоти рослин, сортових відмінностей, агрометеорологічних умов та агротехнічних заходів. Серед зернових культур особливо часто спостерігається полягання ячменю та озимого жита. Зазнають полягання також деякі сорти озимої пшениці. Незважаючи на те, що на цей час виведено багато сортів, стійких до полягання, на великих площах продовжують вирощувати слабок та середньостійкі до полягання сорти. Особливо багато посівів полягає у дощові роки. Полягання ускладнює збирання хлібів, значно підвищує витрати та збільшує тривалість періоду збирання хлібів. Для вирішення цієї проблеми необхідно давати кваліфіковану оцінку агрометеорологічних умов, які призводять до полягання, та своєчасно інформувати про це сільськогосподарські організації.

Методи оцінки агрометеорологічних умов полягання зернових розроблені О.Д. Пасечнюком для міжфазних періодів: вихід у трубку-цвітіння, цвітіння-воскова стиглість для озимих культур, а також кушіння-колосіння та колосіння-воскова стиглість для ярих. Ці міжфазні періоди вибрані тому, що полягання зернових найчастіше спостерігається якраз у ці періоди, оскільки в цей час рослини мають найбільшу масу і навантаження на нижню частину стебла наближається до критичного значення. До виходу в трубку озимих і ярих, а також після настання

воскової стиглості зерна, вплив агрометеорологічних умов на стійкість культур до полягання проявляється дуже слабо.

Озима пшениця. Як методичну основу для оцінки агрометеорологічних умов взято дискримінантний аналіз. Міра полягання посівів визначається через відношення (у відсотках) площі полеглих посівів до всієї площі поля. Посіви вважаються полеглими, якщо вони полягли на 100% всієї площі поля.

Стійкість озимої пшениці до полягання тісно пов'язана з температурою повітря і кількістю опадів, особливо зливових. Тому для оцінки агрометеорологічних умов формування стійкості до полягання озимої пшениці використовувались тільки ці показники.

Було отримано дискримінантне рівняння для розрахунку площі полягання виду:

$$L = 1,281 - 0,127t + 0,005\sum P, \quad (3.54)$$

де  $t$  – середня за добу температура повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\sum P$  – сума опадів за добу, мм.

Якщо функція  $L$  буде з від'ємним знаком, то полягання не буде; якщо з позитивним – полягання відбудеться.

О.Д. Пасечнюком встановлено: якщо за період від виходу в трубку до цвітіння ГТК (розрахований за методом Г.Т. Селянинова) менше 1,0, то посіви або зовсім не полягають, або полягають на незначних площах (< 10 %).

Озиме жито. Так, як і для озимої пшениці, для озимого жита оцінка умов виконується за значеннями температури повітря і суми опадів за рівнянням

$$L = 0,724 - 0,07t + 0,003\sum P \quad . \quad (3.55)$$

Якщо  $L > 0$ , то складаються несприятливі умови для формування стійкого до полягання стеблестою озимого жита, якщо ж  $L < 0$  – навпаки.

Для полегшення розрахунків оцінки умов формування стійкості до полягання посівів озимого жита використовується табл. 3.55.

Яра пшениця. Оцінка агрометеорологічних умов формування стійкості до полягання слабостійких сортів ярої пшениці у період кушіння-колосіння виконується за допомогою рівняння

$$L = 0,69 - 0,64t + 0,16\sum P, \quad (3.56)$$

де  $t$  – середньодобова температура повітря за вказаний міжфазний період,  $^{\circ}\text{C}$ ;

Таблиця 3.55 – Оцінка впливу метеорологічних умов на полягання посівів ячменю у періоди кушіння-колосіння та колосіння-воскова стиглість

Амплі-туда температури повітря, °С	Ймовірність полягання, %				
	дуже сильного (1-1,9бали)	сильного (2-2,9бали)	середнього (3-3,9бали)	слабкого (4-4,9бали)	відсутнє полягання, %
	а) кушіння-колосіння				
8,5-11,5	5	23	23	21	28
11,6-12,0	3	7	13	27	50
12,1-13,0	-	5	3	16	76
>13,0	-	-	-	9	91
Кількість опадів, мм	Б) колосіння-воскова стиглість				
>60	6	21	29	27	17
41-60	-	16	19	34	31
20-40	-	-	-	33	67
<20	-	-	-	-	100

$\Sigma P$  – сума опадів за той же період, мм.

Якщо значення  $L > 0$ , то полягання буде, якщо  $L < 0$  – то ні.

У тому випадку, коли строки сівби у господарствах дуже розтягнуті, то на полях стійкість рослин до полягання формується за різних умов і їх потрібно враховувати через площі посіву у різні строки.

*Ярий ячмінь.* Метод оцінки агрометеорологічних умов формування стійкості до полягання заснований на використанні ймовірних залежностей оцінки стійкості до полягання від метеорологічних факторів у період від кушіння до колосіння.

У період колосіння-воскова стиглість оцінка агрометеорологічних умов проводиться тільки у тих випадках, коли найбільша висота стеблостою перевищує 70см.

Якщо висота стеблостою 70 см і більше, то ймовірність полягання залежить від інтенсивності опадів та їх кількості за один дощ. Існує шкала полягання зернових: *a* – полягання відсутнє; *b* – слабе полягання (не більше 30 %); *v* – середнє полягання (31 – 60 %); *z* – сильне полягання (> 60 %).

Дотепер ще немає статистичних залежностей, які дозволяють розраховувати полягання ячменю до виходу рослин у трубку. Для цього

використовують залежність міри полягання посівів від густоти стеблостою.

Інтенсивність полягання по густоті стеблостою прогнозується тільки у двох випадках:

- якщо на дату фази виходу в трубку стеблостій ячменю зріджений (менше 700 стебел на м<sup>2</sup>), то ймовірна або відсутність полягання, або незначне полягання;
- якщо до фази виходу в трубку спостерігалась густота посівів більше 1300 стебел на м<sup>2</sup>, то ймовірність полягання посівів буде  $\geq 80\%$ .

Інтенсивність полягання ячменю на полях з густотою стеблостою від 700 до 1300 стеб/м<sup>2</sup> на суглинках прогнозується по запасах продуктивної вологи у шарі 0-50 см, визначених через 1 декаду після виходу у трубку (рис. 3.24).

Якщо запаси вологи становлять 60 мм, то полягання або не буде, або дуже незначне. При запасах вологи 100-110 мм існує небезпека полягання посівів на великих площах.

При визначенні площі полягання слід звернути увагу на температуру повітря. Якщо значення її коливаються у межах 12-16 °С, то ймовірність полягання збільшується, якщо ж  $t \geq 18$  °С – то значно зменшується ймовірність сильного полягання.

Значний вплив на полягання посівів має кількість та інтенсивність опадів. Найбільше полягання ячменю спостерігається при опадах більше 30 мм за будь-якої інтенсивності (рис. 3.25).

О.Д. Пасечнюк запропонував схему для розрахунку імовірності полягання посівів ярого ячменю при різних значеннях запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 50 см через декаду після настання фази виходу у трубку (рис. 3.26). Якщо запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 50 см менше 60 мм, імовірність полягання посівів дуже мала. При запасах продуктивної вологи 100 – 110 мм виникає загроза полягання посівів на великих площах. Якщо при визначенні ймовірності полягання посівів ячменю важко віддати перевагу якій-небудь одній градації, то об'єднуються дві суміжні.

Оцінка полягання розроблена для слабостійких сортів ячменю. В роки з сильним поляганням слабостійких сортів середньостійкі полягають на 18-20 % менше, а стійкі – на 50 %.

Дослідження агрометеорологічних умов формування стійкості озимої пшениці до полягання показали, що на неї впливають умови осінньої вегетації і перезимівлі. Якщо під час перезимівлі зрідженість посівів буде  $\geq 26\%$ , то полягання розраховується за густотою посівів на дату виходу у трубку. Якщо густота становила  $\leq 600$  стебел/м<sup>2</sup>, то посіви не полягають (табл. 3.56).

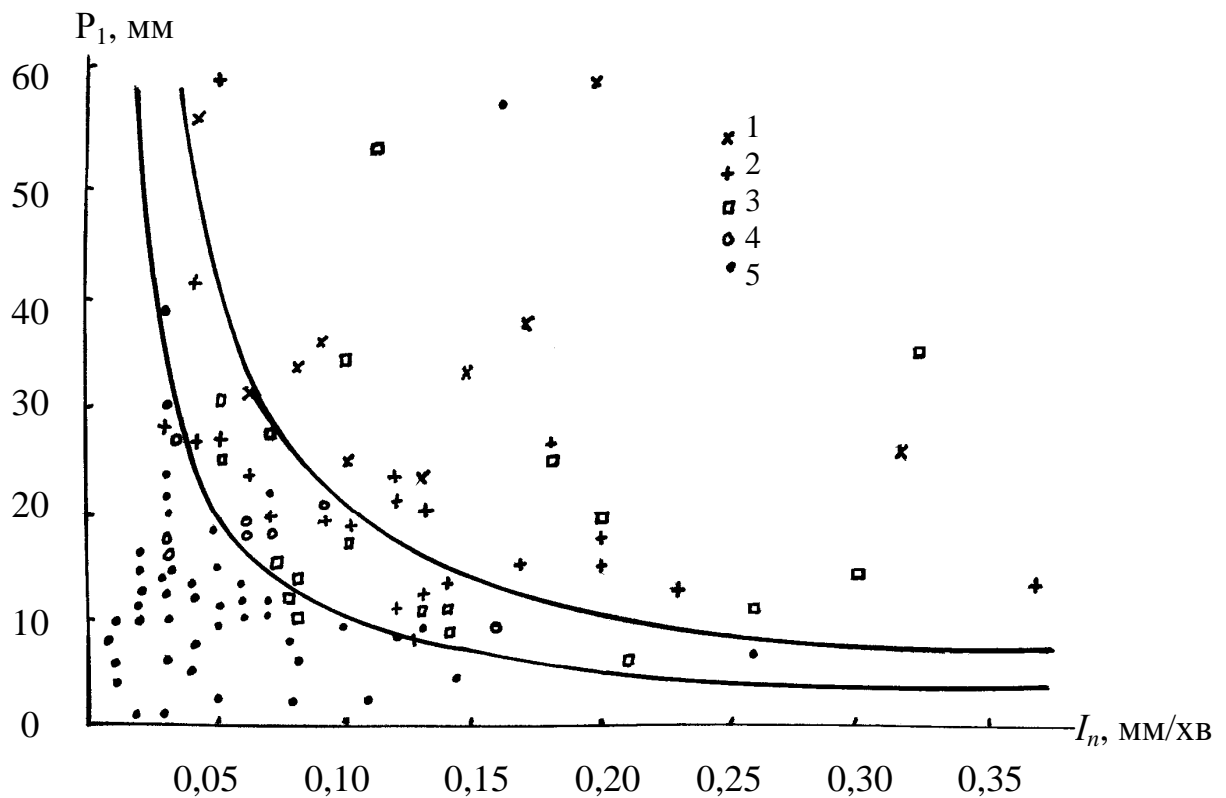


Рис. 3.25 – Залежність інтенсивності полягання ячменю від кількості опадів за один дощ і середньої інтенсивності їх випадання: 1, 2, 3, 4, 5 – інтенсивність у балах

Таблиця 3.56 – Імовірність полягання посівів за різної густоти стеблостою у фазу виходу у трубку, %

Кількість стебел на 1м <sup>2</sup>	Відсутність полягання	Міра полягання		
		Слабка	середня	Сильна
Озима пшениця				
< 500	82	18	0	0
500 – 700	60	34	5	1
701 – 1000	50	22	14	14
1001 – 1300	45	24	14	17
> 1300	10	11	34	45
Ячмінь				
< 700	57	43	0	0
700 – 900	29	40	19	12
901 – 1100	12	16	23	49
1101 – 1300	14	14	14	58
>1300	14	0	0	86

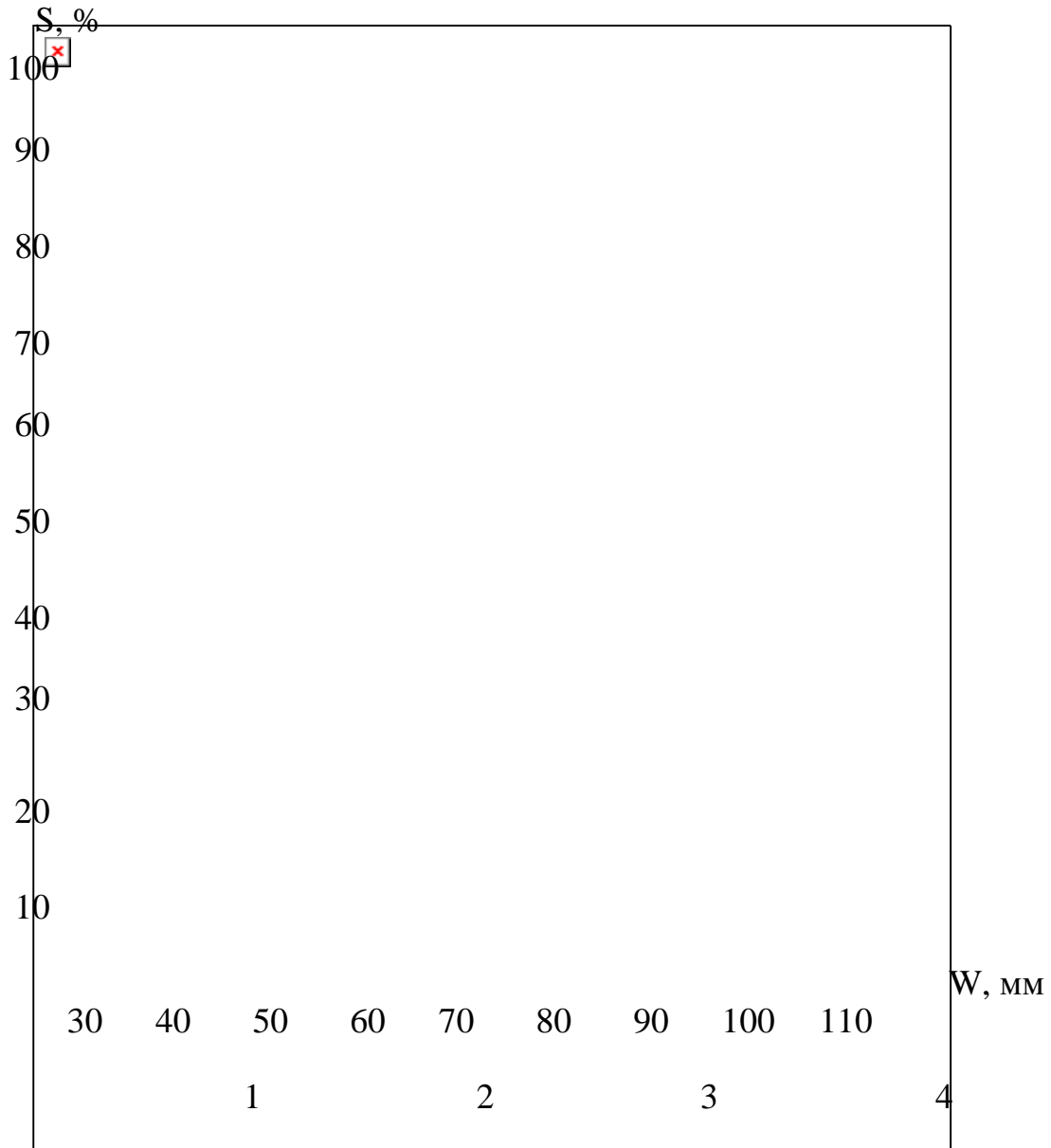


Рис. 3.26 – Імовірність полягання ярого ячменю в залежності від запасів продуктивної вологи ( $W$ ) у шарі ґрунту 0 – 50 см через декаду після настання фази виходу у трубку

При густоті 1300 стебел/м<sup>2</sup> посіви майже завжди полягають під час дощів. При густоті посівів від 600 до 1300 стебел/м<sup>2</sup> оцінка полягання виконується за значеннями середньої температури повітря за період від виходу у трубку до цвітіння. Для визначення середньої температури за період від виходу у трубку до цвітіння необхідно визначити дати колосіння і цвітіння. Вони визначаються за значеннями сум ефективних температур вище 5 °С. Цім суми для усіх сортів озимої пшениці, окрім сорту

Миронівська 808, становлять до колосіння – 330 °С, для Миронівської 808 – 312 °С. Для визначення дати цвітіння до дати колосіння додається 8 днів для усіх сортів, та 5 днів для Миронівської 808.

Після розрахунків дати цвітіння розраховується середня температура за період як середнє арифметичне.

Ймовірність полягання озимої пшениці визначається за допомогою табл. 3.57.

У центральних районах нечорноземної зони ЄЧ СНД міжфазний період від виходу у трубку до цвітіння має тривалість приблизно місяць (третьа декада травня та дві декади червня). Тому за критичний період приймається період від 21 травня по 20 червня і полягання прогнозується по середній температурі повітря за цей період без розрахунку дати цвітіння.

Таблиця 3.57 – Ймовірність (%) полягання озимої пшениці при різних значеннях температури повітря

Температура повітря, °С	Міра полягання посівів, %			
	полягання відсутнє	слабке	середнє	Сильнее
За період вихід у трубку-цвітіння				
<12,5	0	0	50	50
12,6-13,4	42	21	13	24
13,5-14,4	50	25	20	5
14,5	77	17	3	3
За період від 21 травня до 20 червня				
11,5-13,0	12	24	29	35
13,1-14,5	50	16	18	16
14,6-15,5	60	28	12	0
>15,5	83	17	0	0

Послідовність розрахунків полягання на рис. 3.27. Розрахунок полягання проводиться наприкінці травня – початку червня, після отримання прогнозу погоди на червень. За сезонним прогнозом погоди складати прогноз полягання не рекомендується так як це зменшує його надійність. Приклад розрахунку полягання посівів наводиться в табл. 3.58.



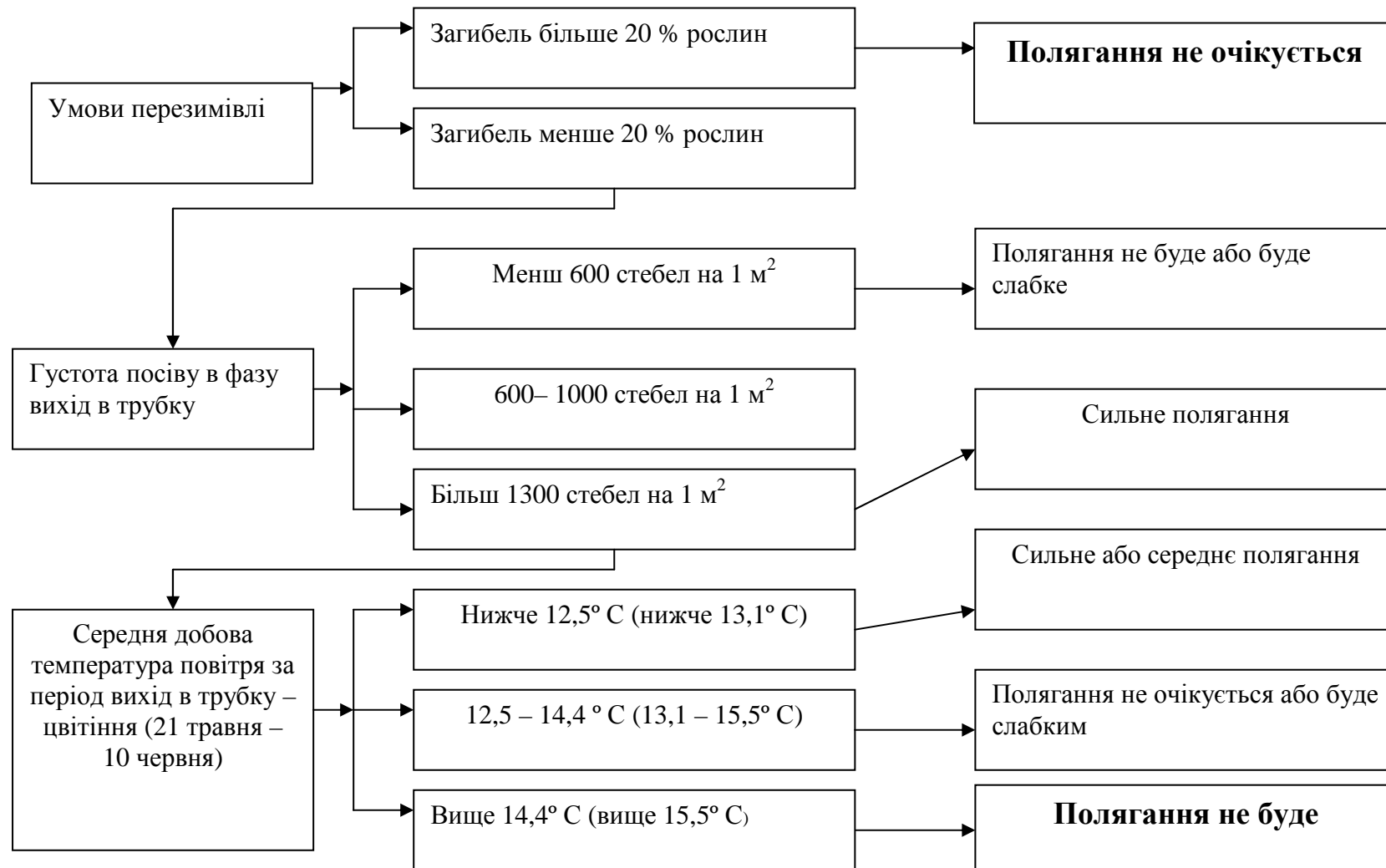


Рис. 3.27 – Схема розрахунку полягання озимої пшениці

Таблиця 3.58 - Приклад розрахунку полягання посівів

Показники	кві- тень	травень			червень			ли- пень
		3	1	2	3	1	2	
Дати наступу фаз: вихід у трубку ярого ячменю озимої пшениці	10.5 4.05							
Густота посівів: ярого ячменю озимої пшениці	520 820							
Висота: ярого ячменю озимої пшениці	72см 82см							
Зрідженність пшениці взимку	15%							
Дата колосіння ярого ячменю озимої пшениці			13.06 3.06					
Дата цвітіння ярого ячменю озимої пшениці			21.06 8.06					
Середня за декаду температура повітря, °С	3.8	7.6	11.2	13.4	15.6	18.2	18.8	19.4
Середня максимальна температура повітря, °С	7.0	11.0	14.0	16.0	18.0	20.0	21.0	22.0
Середня мінімальна температура повітря, °С	1.0	3.0	5.0	6.0	7.0	8.0	8.0	9.0
Середня температура за період вихід у трубку – цвітіння			11,9					
Амплітуда коливань температури повітря		8	9	10	11			
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту0- 50см,мм	90	88	82	92	96	90	92	
Сума опадів, мм	18	16	14	32	41	28	32	62
Оцінка полягання, %	Полягання відсутнє – 77 %, слабе полягання – 17 %, середнє полягання – 3%, сильне полягання – 3%							

### *Контрольні питання*

- 1..Що розуміють під поляганням зернових культур?*
- 2. Як оцінюється ступень полягання зернових культур?*
- 3. Які агрометеорологічні умови спричиняють полягання?*
- 4. За якими чинниками розраховується ступінь полягання?*
- 5.Як полягання впливає на роботу сільськогосподарських машин?*
- 6. Як полягання впливає на формування кількості та якості урожаю?*
- 7. В який період розвитку зернових полягання найбільш небезпечне?*

## 4. ВПЛИВ ФАКТОРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА РОЗВИТОК ТА РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ШКІДНИКІВ І ХВОРОБ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН

### 4.1 Шкідники

У процесі сільськогосподарського виробництва руйнуються історичні відносини в біоценозах та зв'язки рослинних і тваринних організмів. При цьому створюються умови для масового розповсюдження та розселення шкідників і хвороб, а також бур'янів.

Розповсюдження шкідників сільськогосподарських культур знаходиться у прямій залежності від умов навколишнього середовища і екологічного пристосування видів.

За даними Продовольчої і сільськогосподарської організації (ФАО) ООН від сільськогосподарських шкідників і хвороб щорічно губиться 25 ...40 % потенційного світового урожаю продовольчих культур.

Усі сільськогосподарські рослини пошкоджуються багатьма видами комах, гризунів, молюсків та ін. Найбільшої шкоди завдають комахи, які складають основну масу шкідників, відзначаються значною плодючістю, пересуванням на значні відстані та заселенням великих площ. Численні експерименти [32 - 34] показали, що основні чинники зовнішнього середовища, які визначають стан і розмноження шкідників, а також ефективність боротьби з ними – це агрометеорологічні умови (температура і вологість повітря та ґрунту, інтенсивність і спектральний склад світла, тривалість світлового дня у різні періоди розвитку шкідників).

Агрометеорологічна оцінка умов розвитку шкідників сільськогосподарських культур. Кількість комах визначається метеорологічними умовами у такі основні періоди їхнього життя:

- 1) розмноження;
- 2) годівля, тобто період накопичення резервних речовин;
- 3) зимування, коли може спостерігатися погіршення їх стану та загибель;
- 4) відновний період.

Для визначення впливу окремих факторів середовища на комах розрізняють різні пороги, які обумовлюють існування того чи іншого виду:

- мінімум – значення чинника, нижче якого дана фаза розвитку особини існувати не може;
- пезиум – значення чинника, за якого комаха знаходиться у стані пригнічення;
- оптимум – значення чинника, що забезпечує найбільш сприятливі умови життя;

- максимум – значення чинника, вище якого комаха гине.

Критичні значення мінімуму та максимуму, які спричиняють загибель особини, називаються фатальними [37 - 39].

Відношення комах до тепла в основному характеризується двома показниками: порогом розвитку  $V$  та сумою ефективних температур ( $\Sigma t_{ef}$ ).

*Порогом розвитку* називаються температурні межі, нижче та вище яких розвиток шкідника припиняється. У різних комах поріг розвитку та сума ефективних температур специфічні й неоднакові для різних фаз розвитку різних поколінь. Дружелюбовою Т.С і Макаровою Л.О. встановлені термічні показники розвитку деяких шкідливих комах (табл. 4.1).

Розвиток комах при змінній температурі добового і сезонного ритмів прискорює темпи їх зростання та розвитку. Швидкість розвитку окремих особин визначається за формулою

$$V = 1/n \cdot 100, \quad (4.1)$$

де –  $V$  - швидкість розвитку за добу, виражена у % від загальної тривалості періоду розвитку;

$n$  – тривалість періоду розвитку (кількість діб).

Для оцінки впливу умов зволоження на розвиток комах використовують такі показники як опади, вологість повітря та ґрунту.

Інтегральним показником впливу температури та опадів може бути гідротермічний коефіцієнт (ГТК), що розраховується за методами Г.Т.Селянинова, І.А.Рубцова. Значення ГТК Селянинова від 1,0 до 1,5 характеризує оптимальне зволоження; понад 1,6 – надмірне; менше 1,0 – недостатнє та менше 0,5 – слабке.

Найбільш поширеними шкідниками є луговий метелик, колорадський жук, озима совка, шкідлива черепашка та ін.

*Озима совка* – масовий шкідник усіх овочевих та пропашних культур. В роки інтенсивного розвитку вона активно розселюється на посіви озимих культур і зріджує їх на 30 - 50 %.

Озима совка досить теплолюбний і вологолюбний шкідник. Вона відзначається високим біотичним потенціалом і за короткий час може швидко розповсюдитись на великій території, утворюючи осередки із середньою густиною до 20 ...40 гусені на 1 м<sup>2</sup>. Тепла, помірно волога погода з температурою повітря вище 15 °С та ГТК = 0,9...1,9 сприяє швидкому накопиченню сум ефективних температур близько 200 ... 210 °С, що достатньо для вильоту перезимуваних метеликів. Доросла гусінь витримує температуру до – 11 °С. За вегетаційний період та в залежності від умов розвитку озима совка може мати від одного до трьох поколінь.

Таблиця 4.1 – Термічні показники розвитку деяких шкідливих комах  
(Дружелюбова Т.С., Макарова Л.О.)

Вид комахи шкідника	Фаза розвитку	Температура, °С			
		мінімум	оптимум	$\Sigma$ температур, °С	Т°С переохолодження
Капустяна білянка	Яйце	9,0	-	98	-
	Гусінь	7,0	-	389	-
	Лялечка	8,0	-	189	-
	Імаго	16,0	-	24	-7,3
	Генерація	9,0	23	700	-
Совка-гамма	Яйце	6,0	25-28	56	-
	Гусінь	8,0	22-30	290	До – 12
	Лялечка	10,0	25	127	-4...-18
	Генерація	10,0	-	470	Лялечка – 8
Капустяна совка	Яйце	10,0	16-25	60	-
	Гусінь	9,0	16-30	400	-
	Лялечка	10,0	19-21	240	-
Луговий метелик	Яйце	11,2	20	30-60	-
	Гусінь	9,6	32,7	200	-23
	Лялечка	12-13	28	-	-
	Генерація	-	-	460	-
Шкідлива черепашка	Личинки	-	25-28	До	-
	Імаго	10,0	22-24	окрилення 300-350	-
Кукурудзяний метелик	Яйце	9,5	22-30	70	-
	Гусінь	9,2	28-30	435	-25
	Лялечка	10,0	20-28	142	-6,2
	Імаго	7,0	-	64	-
Яблунева плоджорка	Яйце	9,4	25-28	95	-
	Гусінь	8,3	-	430	-23
	Лялечка	9,6	15-30	150	-
	Генерація	9,0	-	675	-

Оптимальною температурою для розвитку гусені і накопичення жирових запасів є середньодобова температура близько 19 ...25 °С. За такої температури потенційна плодючість метеликів сягає до 1,0...1,5 тис.

яєць на одну особину. Прохолодна погода з температурою повітря нижче 16 °С та значними опадами і жарка погода з температурою вище 25 °С зменшує плодючість самок до 100...150 яєць. Температура повітря вище 30 °С прискорює загибель гусені від вірусної інфекції. Негативно діє і надмірна вологість. При ГТК більше 2,5 збільшується смертність лялечок від грибкової інфекції. Низька вологозабезпеченість посівів і висока температура сприяють висиханню вже відкладених яєць. Встановлена залежність швидкості розвитку трьох географічних популяцій гусені озимої совки від температури (рис. 4.1).

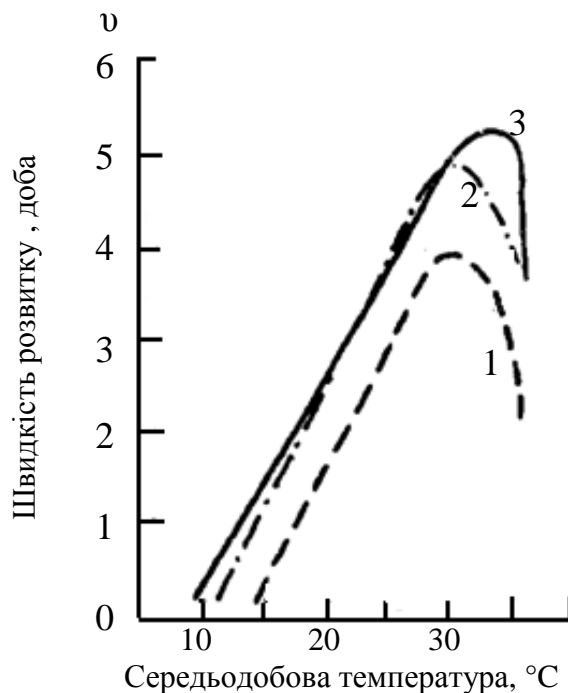


Рис. 4.1 – Залежність швидкості розвитку гусені озимої совки від температури. Популяції: 1- північна, 2 – українська, 3 – середньоазійська.

Розвиток озимої совки закінчується при накопиченні сум температур вище 10 °С = 1000 °С.

*Сарана.* Фахівці налічують біля 10 тис. видів саранових, які розселені на п'яти материках. Добре вивчені добові міграції саранових, які пов'язані з динамікою температури навколишнього середовища. За даними Т.С. Дружелюбової і Л.О. Макарової в нічні години при температурі 10...15 °С личинки сарани сидять на поверхні ґрунту або рослин, після сходу Сонця і підвищення температури повітря до 15...20 °С личинки активізуються і пересуваються в бік більш теплого місця. При

температурі 25...30 °С вони знову завимрають, але продовжують живлення. При температурі повітря вище 45 °С личинки впадають в тимчасове теплове оціпеніння. Для більшості районів сприятливими для розвитку сарани є роки із сумами температур вище 10 °С 2500...3000 °С, з річною кількістю опадів 150...200 мм та ГТК 0,3...0,5.

Найбільшої шкоди сільському господарству завдають стадні форми – перелітної азійської сарани та італійський прус.

Температура і інтенсивність сонячної радіації відіграють основну роль в житті саранових, тоді як волога повітря і ґрунту для цих комах мають значно менше значення. Помірна чисельність і рівень шкоди від сарани відзначається за річної суми опадів 200...250 мм та суми температур 2250...2500 °С.

Для прогнозу початку відродження сарани (вихід личинок) Г.М. Винокуровим запропонована формула

$$N = A / (T - T_1) \cdot b, \quad (4.2)$$

де  $N$ - кількість днів, за які пройде відродження личинок саранових;

$A$  – сума температур, необхідна для розвитку ембріона в перезимуваних яйцях (градусогодини);

$T$  – температура ґрунту, °С;

$T_1$  – нижня межа розвитку, °С;

$b$  – кількість годин з температурою вище нижньої межі розвитку.

*Шкідлива черепашка.* Цей шкідник висмоктує клітинний сок із молодих пагонів зернових культур, що спричиняє їх вянення та уповільнення росту, внаслідок чого значно зменшується урожай і якість зерна. Розповсюджена шкідлива черепашка в степових районах Європи та Азії.

Одним із головних факторів, який обумовлює особливості поведінки і розповсюдження комах, є температура навколишнього середовища. За даними Л.О. Макарової та Г.М. Дороніної температурні межі життя шкідливої черепашки знаходяться в інтервалі від – 10 до 47 °С, рухлива активність - від 6...8 до 40 °С. Встановлені суми ефективних температур для різних фаз розвитку клопа. На рис. 3.29 приведено графік температурних умов популяцій шкідливої черепашки



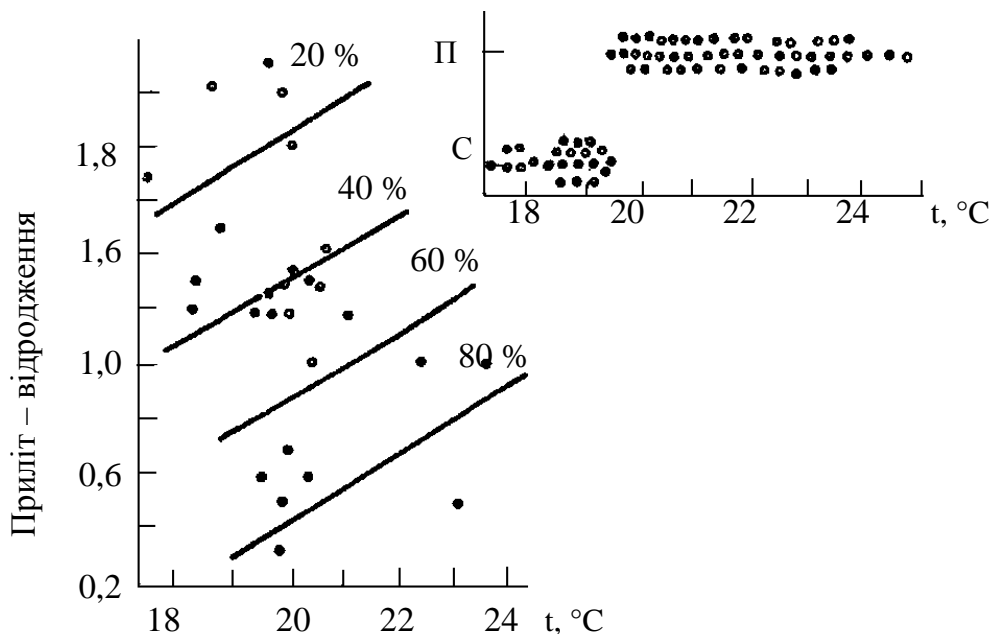


Рис. 4.2 – Залежність стану популяцій шкідливої черепашки від температурних умов періоду «відродження – окрилення». *A* – рівень чисельності; *B* – кількість особин (%), окрилених до початку масового збирання зернових культур; *П* – підйом чисельності; *С* – спад.

Життєвий цикл шкідливої черепашки поділяється на два етапи: 1 – активний, який включає періоди прильоту перезимуваних клопів, відкладення яєць, розвиток личинок, живлення клопів нового покоління; 2 – пасивний, який включає періоди – відльоту, зимівлі і відновлювання. Період відльоту починається із масового відльоту черепашки на місця зимівлі а закінчується під час стійкого переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  в бік зниження температури. Зимівля – це холодне оцепеніння клопів протікає при від'ємних температурах і закінчується прогріванням лісової підстилки до  $6...7^{\circ}\text{C}$ . В третій період у перезимуваних жуків починаються відновлюватись обмінні процеси. Він продовжується до переходу температури повітря через  $12...15^{\circ}\text{C}$  у бік підвищення..

Терміни прильоту клопів на посіви зернових культур залежать від кількості «критичних» декад за зиму, висоти снігу в лютому – березні і ГТК місяця перед вильотом. Критичними вважаються декади з середньою температурою повітря нижче  $-7^{\circ}\text{C}$  і висотою снігу не вище значень рівня декадної температури. Такі умови сприяють вимерзанню шкідника.

Після теплої, малосніжної зими (менше 3 критичних декад) і вологої весни з ГТК = 1,1 – 2,0 масовий виліт черепашки відбувається за стійкого переходу середньодобової температури повітря через 12...13 °С. За несприятливих умов перезимівлі і сухої або надмірно вологої весни (ГТК становить 0,7...1,0 або більше 2) масовий виліт черепашки відбувається при 13 ...14 °С.

Вплив температури повітря зберігається і в період розмноження. За середньодобової температури близько 15 °С самка відкладає у 2...2,5 рази менше яєць, ніж за температури 23...25 °С. За теплої і сухої погоди (ГТК менше 0,7) створюються сприятливі умови для потенційної плодючості і збереження яєць. В теплу, суху весну тривалість яйцекладки становить 20...25 днів, а кількість відкладених яєць становить не менше 65 – 70 % від загальної кількості. Це забезпечує високий коефіцієнт розпліднення шкідника та нарощування його чисельності.

Холодна, дощова погода під час льоту і розпліднення шкідника (ГТК більше 1,0) сприяє значному зменшенню плодючості. Тривалість яйцекладки збільшується до 40...50 днів, а загальна кількість яєць не перевищує 20% від можливої кількості. В таких умовах спостерігається масова загибель перших кладок, а нове покоління формується здебільшого за рахунок яєць, відкладених у більш пізні терміни.

Сприятливі умови для розвитку личинок спостерігаються при температурі повітря за період відторгнення до окрилення вище 19,5 °С. Оптимальні умови складаються за температури повітря 20,5 °С. В таких умовах личинки розвиваються впродовж 35...40 днів і більша кількість особин встигає окрилитись до початку масового збирання хлібів. Несприятливі умов для шкідливої черепашки складаються за середньої температури періоду відторгнення – окрилення нижче 18,5 °С. В таких умовах до моменту збирання хлібів розвиток завершує не більше 30 – 40 % популяції, а серед зимуючих клопів переважають особини з поганим фізіологічним станом, що спричиняє велику загибель їх в перші місяці пасивного періоду життя [34].

Вимерзання зимуючих клопів у ґрунті на глибині 2...3 см відбувається за середньої температури нижче -7 °С і невеликому снігові.

Л.О.Макаровою та Г.М. Дороніною встановлене критичне співвідношення між середніми значеннями температури повітря і висотою снігу для шкідливої черепашки (рис. 4.3).

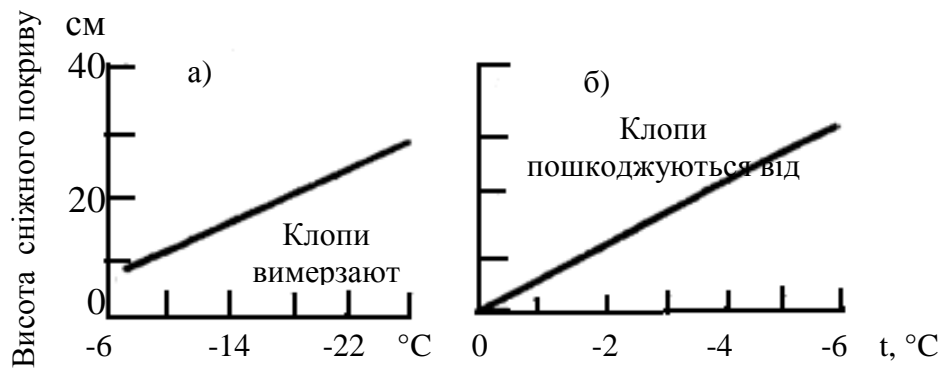


Рис. 4.3 – Критичне співвідношення між середніми декадними значеннями температури повітря і висотою снігу для шкідливої черепашки: *A* – вимерзання клопів; *B* – загибель клопів від хвороб.

Крім того, Л.О.Макаровою та Г.М. Дороніною виділені зони динаміки чисельності шкідливої черепашки (рис. 4.4).

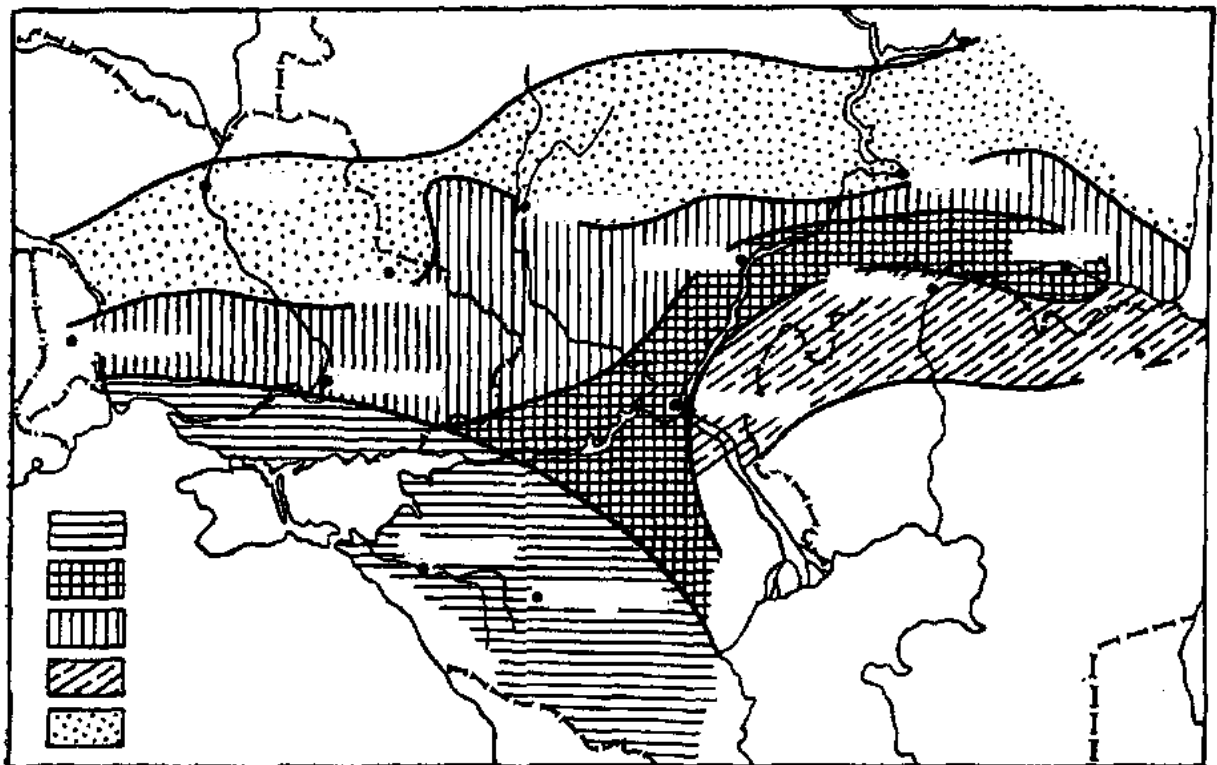


Рис.4. 4 – Зони динаміки чисельності шкідливої черепашки:

*1*- постійно висока чисельність; *2* – періодичне масове розповсюдження; *3* – часті зростання чисельності; *4* – періодичні зростання чисельності; *5* – нестійка чисельність.

#### 4.1.1 Лучний метелик

*Лучний метелик* - багатоїдний шкідник овочевих, пропашних культур, багаторічних трав і пасовищної рослинності. Його чисельність різко змінюється як в окремі роки, так і за окремими генераціями. В залежності від клімату місцевості та погодних умов поточного року лучний метелик має від 1 до 4 поколінь і відрізняється неоднаковими темпами розвитку на різних полях].

Основний ареал його розповсюдження – степові та лісостепові райони. Він теплолюбний, гігрофільний і морозостійкий. Динаміка чисельності визначається плодючістю шкідника та погодними умовами періоду масового льоту метеликів.

І.Я. Поляковим, Г.М. Дороніною та Л.О. Макаровою [33, 34] в результаті багаторічних досліджень в різних регіонах встановлено, що характер його поведінки та розповсюдження залежить головним чином від стану кліматичних факторів. Вирішальне значення при цьому мають ті фактори середовища, які визначають рівень плодючості шкідника – умови тепло- і вологозабезпеченості. Поканики тепло- та вологозабезпеченості місцевості визначають характер розповсюдження метелика, швидкість його розвитку, інтенсивність вильоту метеликів, виживання потомства та ін. Вивчення впливу тепло – та вологозабезпеченості на розвиток лучного метелика дозволило отримати кількісні зв'язки стану популяцій метелика з показниками цих величин. Ці зв'язки дозволяють завчасно передбачати тенденцію зміни популяцій лучного метелика у наступному році або сезоні.

Кількісні зв'язки стану популяцій шкідника з метеорологічними факторами дозволили І.Я. Полякову і його співавторам розробити логічну модель розвитку, розповсюдження і чисельності лугового метелика.

**Критерії розрахунку фази динаміки популяцій.** У динаміці популяцій лучного метелика виділяється 8 фаз: депресія, вихід із депресії, початок зростання чисельності, зростання чисельності, масове розмноження, пік чисельності, початок спаду і спад чисельності. Фази шкідника розрізняються за відсотком заселення, густоти гусені (середньої та максимальної), масою тіла лялечок, відсотку лялечок з масою тіла менше 30 мг, кількістю паразитованої і хворої гусені. Середня кількість цих покаників на різних фазах динаміки популяцій лучного метелика у табл. 4.2. Фазовий стан популяцій лучного метелика формується переважно під впливом погодних умов в чотири основні критичні періоди його життєвого циклу: 1 – період живлення гусені, 2 – лялькування, 3 – виліт метеликів та відкладення яєць, 4 – підготовка популяції до зимівлі.

*Перший період – період живлення гусені.* Основним фактором в цей період є температура повітря, яка визначає швидкість розвитку,

активність живлення та ін. Найсприятливіші умови складаються при температурі повітря 19° С. За меншої температури зменшується інтенсивність

накопичення жирових відкладень, збільшується відсоток хворої гусені і частина популяції впадає в діапаузу. Температура повітря 16° С є екстремальною, при такій температурі розвиток жирової тканини не відбувається і гусінь гине. Високі температури повітря (вище 25° С) зменшують активність живлення шкідника, що призводить до зменшення його чисельності.

*Другий період – лялькування.* Інтенсивність проходження процесів обміну на цій стадії залежить від температури і вологості повітря. Тому за показник умов розвитку на цій стадії прийнято гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянинова (ГТК). Неприятливі умови для лялькування складаються при ГТК менше 0,9, екстремальні значення ГТК менше 0,5, оптимальні – у межах 1 – 2.

*Третій період – період вильоту метеликів та відкладення яєць.* Поодиначий виліт починається при переході температури повітря через 15° С, масовий – при 17 – 18° С. Інтенсивність льоту покоління, яке перезимувало, залежить від ГТК за період лялькування та рівня температури в період масового льоту метеликів. Оптимальні умови у третій період складаються при ГТК = 0,9 і температурі повітря 19° С. Нестійка погода з поверненням холодів затримує виліт метеликів на 1,5 місяця.

Для метеликів літнього покоління, крім вказаних факторів, важливе значення має температура живлення гусені. Якщо температура повітря знижена, то частина шкідника впадає у діапаузу і популяція зменшується. Оптимальні умови для живлення гусені складаються при температурі повітря 20 – 25° С та наявності крапельно-рідкої вологи, яка полегшує добування нектару.

*Четвертий період – підготовка популяції до зимівлі.* Для цього періоду важлива кількість тепла, яке накопичується за період від масового льоту метеликів останньої генерації до припинення живлення гусені, яке спостерігається при стійкому переході температури повітря через 12° С в бік її зниження. За суми температур 240 – 380° С шкідник закінчує розвиток в стадії гусені 5-го віку, яка утворила кокон і сприятливо перезимує. При сумі температур 190 – 220° С гусінь не встигає утворити кокон, що підвищує ймовірність її загибелі.

При сумі температур менше 190° С чисельність шкідника різко зменшується. Таке ж відбувається і при сумі температур вище 420° С, коли прискорюється виліт метеликів наступного покоління, яке не встигає завершити цикл у поточному році.

Таблиця 4.2 – Кількісна характеристика стану популяцій лугового метелика на різних фазах їх динаміки

Фаза динаміки	Площа розповсюдження (% від обстеженої)			Щільність гусені, шт./м <sup>2</sup>		Маса тіла лялечок,г		Загибель від хвороб і паразитів,%
	середня по регіону	багаторічні трави	пропашні і овочеві	середня	максимальна	середня	% з масою менше 30 мг	
Депресія	менше 10	5 – 15	менше 5	менше 0,5	10 – 20	25 – 30	більше 50	40 – 50
Вихід із депресії	10 – 20	20 – 25	5 – 10	0,5 – 1,0	20 – 50 до 100	–	–	–
Початок зростання чисельності	20 – 40	30 – 40	20 – 30	1 – 10	200 – 400	30 – 35	30 – 40	30 – 40
Зростання чисельності	40 – 60	40 – 50	30 - 40	5 – 10 – 20	300 – 500	35 – 40	20 – 30	20 – 30
Масове розпліднення	більше 60	більше 50	більше 40	10 – 30	500 – 700 і більше	35 – 40	менше 20	менше 20
Пік чисельності	40 – 60	40 – 50	40 - 50	15 – 25	200 – 400	25 – 30	40 – 50	30 – 40
Початок спаду чисельності	20 – 40	30 – 40	20 – 30	1 – 5	100 – 200	30 – 35	30 – 40	30 – 40
Спад чисельності	10 – 20	10 – 20	10 – 20	0,1 – 1,0	20 – 50	25 – 30	40 – 50	30 – 40

Міра впливу погодних умов на формування фаз динаміки лучного метелика залежить від його початкового стану. Якщо шкідник знаходився в депресії, то необхідно два сезони, щоб почалось зростання чисельності. Найбільше впливають погодні умови на фазах піку та спаду чисельності. Несприятливі погодні умови в цей час впродовж двох критичних періодів спричиняють у популяції депресію. Тому, знаючи стан популяції і значення агрометеорологічних факторів, можна охарактеризувати фазу динаміки шкідника та передбачити рівень його розповсюдження у наступному році або сезоні.

**Алгоритм розрахунку фази динаміки популяцій та його інформаційне забезпечення.** Виявлені зв'язки стану та рівня чисельності лучного метелика з агрометеорологічними факторами використовуються для розрахунку динаміки його популяцій.

Основою розрахунків розповсюдження шкідника є встановлення восени фази динаміки популяції, яка складається на кінець вегетаційного сезону. Фаза динаміки популяції визначається за показниками початкового стану популяції лучного метелика та агрометеорологічних предикторів, які впливають на чисельність та віковий склад популяції.

Початковий стан популяції розраховується за значеннями агрометеорологічних показників попередніх критичних періодів, або за фактичними даними розповсюдження шкідника.

Розрахунки агрометеорологічних показників виконуються за фенологічними періодами розвитку шкідника (рис. 4.5).

Після визначення початкового стану популяції розраховується середня температура періоду живлення гусені, ГТК періоду лялькування та льоту метеликів останньої генерації та суму ефективних температур за період від початку масового льоту метеликів останнього покоління до стійкого переходу температури повітря через 12°C (розрахунки краще виконувати у таблицях). За сукупністю перелічених показників робиться висновок про імовірні зміни стану популяції на кінець вегетаційного сезону та її чисельності у наступному році.

Розрахунки виконуються для кожного покоління окремо. Плодючість самок лугового метелика визначається за допомогою рис. 4.6. Фазу динаміки лугового метелика у першому поколінні уточнюють у відповідності із значенням ГТК за період лялькування та температури періоду масового льоту метеликів покоління, яке перезимувало. Для прогнозу рівня чисельності гусені другого покоління використовується значення ГТК періоду лялькування і льоту метеликів першої генерації.

Перелік необхідної інформації для проведення розрахунків наводиться у табл. 4.4.

Таким чином, процес розрахунку розвитку шкідника виконується за метеорологічними даними, а фактичне розповсюдження, щільність

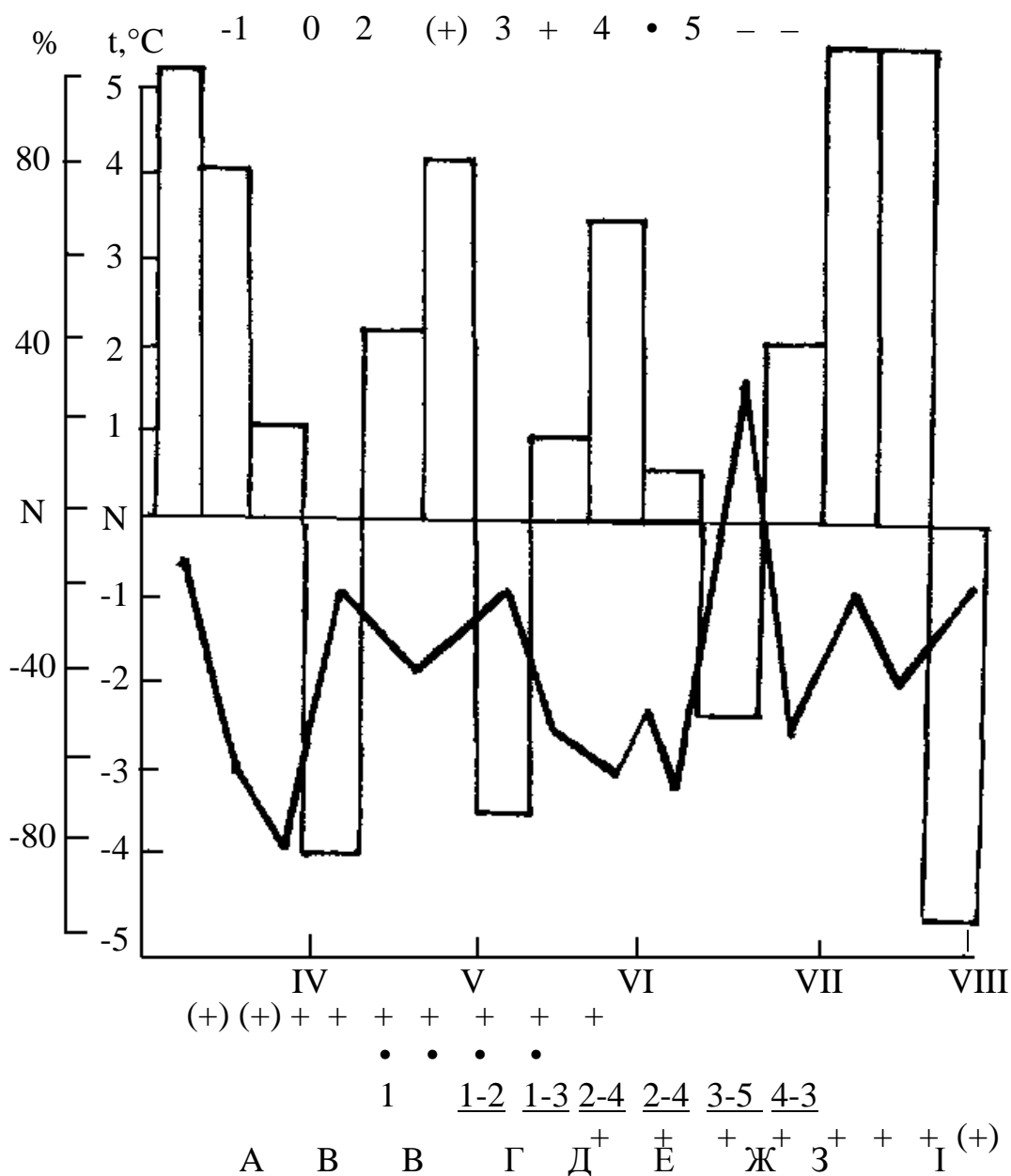


Рис. 4.5– Феноклімограма за Уджарським

1 – відхилення від норми середньо декадної температури; 2 – відхилення від норми суми опадів за декаду, %; 3 – імаго зимуюче; 4 – те ж саме, що перезимувало, 5 – яйце; 6 – личинка (з указанням віку); А – сівба, Б – сходи, В – кущіння, Г – вихід у трубку, Д – колосіння, Е – молочна стиглість, Ж – воскова стиглість, З – повна стиглість, І – збирання, Н – норма

шкідника і зараженість популяції використовуються тільки для перевірки точності розрахунків.

З метою співставлення різних предикторів розрахунків популяції лугового метелика використовується балова оцінка (табл. 4.5).



Показники, що характеризують фактичне розселення та щільність популяції, оцінюються за п'ятибальною шкалою, фізіологічні ознаки і зараженість – за трибальною шкалою (табл. 4.5).

Після визначення початкового стану популяції розраховується середня температура періоду живлення гусені, ГТК періоду лялькування та льоту метеликів останньої генерації та суму ефективних температур за період від початку масового льоту метеликів останнього покоління до стійкого переходу температури повітря через 12°C (розрахунки краще виконувати у таблицях). За сукупністю перелічених показників робиться висновок про імовірні зміни стану популяції на кінець вегетаційного сезону та її чисельності у наступному році.

Розрахунки виконуються для кожного покоління окремо. Плодючість самок лугового метелика визначається за допомогою рис. 4.5. Фазу динаміки лугового метелика у першому поколінні уточнюють у відповідності із значенням ГТК за період лялькування та температури періоду масового льоту метеликів покоління, яке перезимувало. Для прогнозу рівня чисельності гусені другого покоління використовується значення ГТК періоду лялькування і льоту метеликів першої генерації.

Перелік необхідної інформації для проведення розрахунків наводиться у табл. 4.4.

Таким чином, процес розрахунку розвитку шкідника виконується за метеорологічними даними, а фактичне розповсюдження, щільність шкідника і зараженість популяції використовуються тільки для перевірки точності розрахунків.

З метою співставлення різних предикторів розрахунків популяції лугового метелика використовується балова оцінка (табл. 4.5).

Показники, що характеризують фактичне розселення та щільність популяції, оцінюються за п'ятибальною шкалою, фізіологічні ознаки і зараженість – за трибальною шкалою.

При оцінці агрокліматичних показників враховується характер і міра їх впливу на формування фазового стану популяції. Фактори, які позитивно впливають, оцінюються зі знаком "+"; ті фактори, що викликають зменшення чисельності шкідника – зі знаком "-". Розроблена шкала балової оцінки агрометеорологічних показників розвитку лугового метелика охоплює діапазон від -8 до +8 (табл. 4.6).

Одержані результати порівнюються із значеннями індексу попередніх розрахунків. Якщо оцінка вище попередньої, то вона характеризує тенденцію зростання чисельності, якщо ні – то навпаки.

Після визначення початкового стану популяції складається прогноз за агрометеорологічними показникам. Для цього використовується значення середньої температури та ГТК окремих критичних періодів.

Таблиця 4.3 – Інформація для розрахунків фази динаміки популяцій лучного метелика

№ п/п	Показники	Інформація
1	Площа полів, зайнята шкідником (у % від обстеженої) – в середньому по регіону – на багаторічних травах – на пропашних і овочевих культурах	Польові обстеження  Те ж Те ж
2	Чисельність гусені, екзмпляр/м <sup>2</sup> – середня – максимальна (у місцях розповсюдження)	Те ж Те ж
3	Зараженість гусені, % - паразитами - патогенами	Те ж  Те ж
4	Маса тіла лялечок, мг	Результати аналізу ґрунтових проб
5	Відсоток лялечок з масою тіла менше 30 мг	Те ж
6	Терміни початку масового відродження гусені	Розраховується за метеоданими
7	Терміни початку масового лялькування	Те ж
8	Середня температура періоду живлення гусені	Те ж
9	Терміни початку масового льоту метеликів	Те ж
10	ГТК періоду лялькування	Те ж
11	Терміни початку масового льоту метеликів	Те ж
12	ГТК періоду масового льоту метеликів	Те ж
13	Дата стійкого переходу температури повітря через 12°С восени	Те ж
14	Сума ефективних температур за період від масового льоту метеликів до переходу температури повітря через 12° С	Те ж

Таблиця 4.4 – Інформація для уточнювального розрахунку фаз динаміки личного метелика (за показниками весни і літа прогнозованого року)

№ п/п	Показники	Інформація
	Для першого покоління	
1.	Дата переходу середньої температури повітря через 12°C восени	Розраховується за метеорологічними даними
2.	Терміни початку льоту метеликів, які перезимували	Те ж
3.	Розраховується ГТК періоду лялькування покоління, яке перезимувало	Те ж
4.	Терміни початку масового відродження гусені першого покоління	Те ж
5.	Середня температура періоду льоту метеликів покоління, яке перезимувало	Те ж
Для другого покоління		
1.	Терміни початку масового лялькування гусені першого покоління	Розраховується за метеоданими та уточнюється за польовими обстеженнями
2.	Терміни початку льоту метеликів першого покоління	Те ж
3.	Середня температура повітря періоду живлення гусені першого покоління, °C	Те ж
4.	ГТК періоду лялькування першого покоління	Те ж
5.	Терміни початку відродження гусені другого покоління	Те ж
6.	ГТК періоду льоту метеликів першого покоління	Те ж

Таблиця 4.5 – Балова оцінка показників стану популяції лучного метелика

Показники	Кількісна характеристика показника	Балова оцінка
Площа, заселена гусінню (% від обстеженої)	Менше 10	1
	11 – 20	2
	21 – 40	3
	41 – 60	4
	Більше 60	5
Чисельність гусені, екз/м <sup>2</sup> , середня  Максимальна	Менше 1,0	1
	1,1 – 5,0	2
	5,1 – 10,0	3
	10,1 – 20,0	4
	Більше 20	5
	Менше 20	1
	21 – 50	2
	51 – 100	3
	101 – 300	4
	Більше 300	5
Середня маса тіла лялечок, мг	Менше 30	1
	30 – 35	2
	Більше 35	3
Відсоток лялечок з масою тіла менше 30 мг	Більше 40	1
	20 – 40	2
	Менше 20	3
Відсоток хворої гусені	Більше 40	1
	20 – 40	2
	Менше 40	3

Середні значення розраховуються за формулами:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_{акт}}{N} T \quad , \quad (4.3)$$

$$ГТК = \frac{\sum P \cdot 10}{\sum T_{акт}} \quad , \quad (4.4)$$

де  $\sum T_{акт}$  – сума активних температур за період, °С;

$N$  – тривалість періоду, дні;

$\sum P$  – сума опадів за період, мм.

Таблиця 4.6 – Балова оцінка оптимальних агрометеорологічних показників розвитку лучного метелика

Агрометеорологічні показники	Градації показників	Балова оцінка
Середня температура періоду розвитку гусені, °С	20,1 – 21,0	+4
	19,1 – 20,0 і 21,1 – 22,0	+2
	18,1 – 19,0 і вище 22	0
	17,1 – 18,0	-2
	Нижче 17,0	-4
ГТК періоду лялькування	0,9 – 1,0	+2
	0,6 – 0,8 і більше 2	-2
	0,5 і менше	-4
Середня температура періоду льоту метеликів, °С	Вище 20,0	+8
	19,1 – 20,0	+4
	18,1 – 19,0	+2
	17,1 – 18,0	-4
	Нижче 17,0	-8
ГТК періоду масового льоту метеликів	0,9 – 1,1	+2
	1,2 – 1,7	+4
	1,8 – 2,0	0
	0,7 – 0,8 і 2,0 – 2,5	-2
	0,5 – 0,6 і більше 2,5	-4
Сума ефективних температур за період масовий літ метеликів останнього покоління – перехід температури повітря через 12 °С, °С	241 – 380	+4
	221 – 240	+2
	191 – 220 і 381 – 420	0
	150 – 190 і 421 – 450	-2
	менше 150 і більше 450	-4

Дата переходу температури повітря через 12°С (восени і навесні) розраховується за формулою

$$D = \frac{(T - T_1) \cdot 10}{T_2 - T_1}, \quad (4.5)$$

де  $D$  - кількість днів до переходу температури повітря через 12°С,  
 $T$  – температура 12°С,  
 $T_1$  – середня за декаду температура повітря нижче 12 °С,  
 $T_2$  – середня температура вище 12°С.

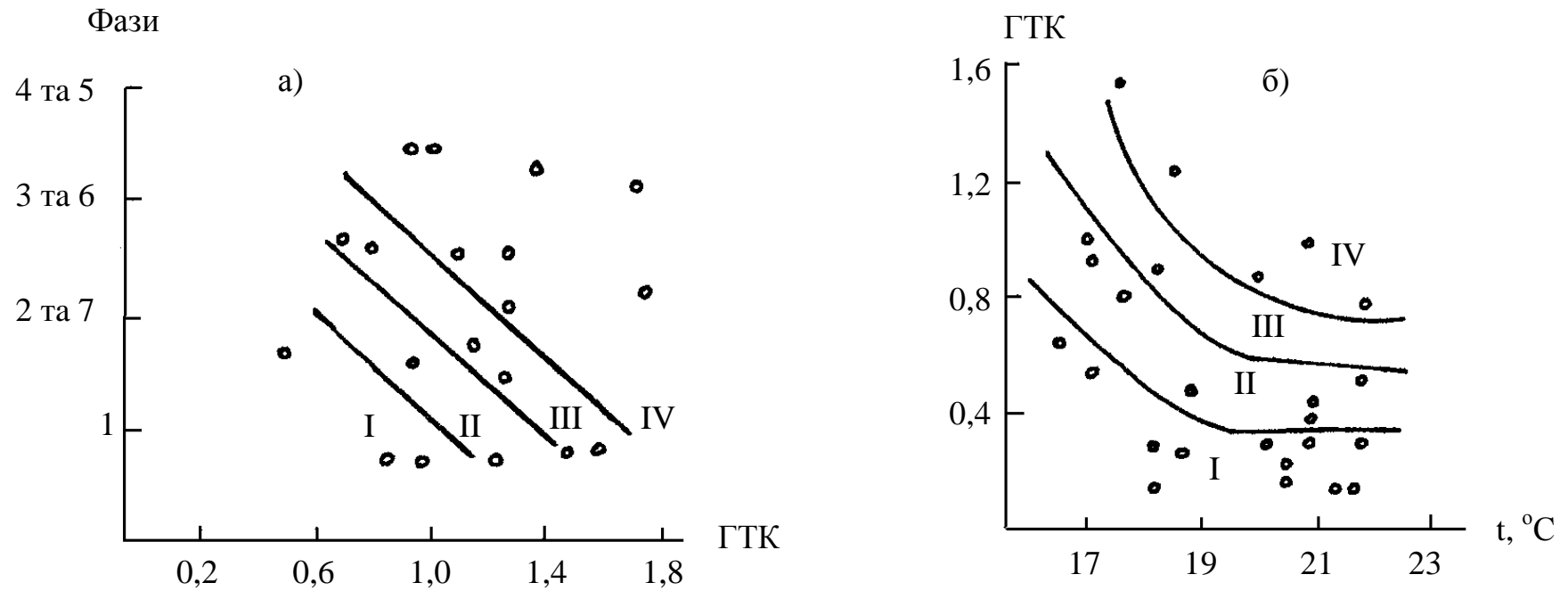


Рис. 4.6 – Плодючість самок лугового метелика залежно від умов середовища.

Кількість сформованих яєць, шт.: I – < 50; II – 50 - 100; III – 100 - 150; IV – >150.

Фаза динаміки чисельності: 1 – депресія; 2 – вихід з депресії; 3 – початок підйому; 4 – підйом; 5 – масове розмноження; 6 – початок спаду; 7 – спад. Маса тіла лялечок, мг: А – < 30; Б – > 30.

Визначену при розрахунках кількість днів додають до 5, 15, 25 (в залежності від попередньої декади). Потім підраховується сумарна балова оцінка стану популяцій лугового метелика (табл. 4.7).

Таблиця 4.7 – Сумарна балова оцінка стану популяції лучного метелика

Сумарна балова оцінка	Б поточне більше	Б <sub>1</sub> поточне менше
Менше 12	Депресія	Депресія
12 – 16	Вихід із депресії	Спад чисельності
17 – 24	Початок збільшення чисельності	Початок зменшення чисельності
25 – 30	Зростання чисельності	Пік чисельності
Більше 30	Масове розпліднення	–

Для розрахунків визначаються агрометеорологічні показники розвитку другого та зимуючого покоління лугового метелика: середню температуру живлення гусені другого покоління, ГТК періоду лялькування другого покоління, ГТК періоду масового льоту метеликів другого покоління, суму ефективних температур за період льоту метеликів другого покоління до переходу температури повітря через 12 °С.

Їх значення розраховуються за липень – жовтень поточного року (приклад розрахунку у табл. 4.7). Одержані значення оцінюються у балах. Ці оцінки з відповідним знаком додають до сумарного індексу, який характеризував початковий стан популяції. При виконанні слід пам'ятати, що нижня межа оцінки не повинна бути нижче 8, а верхня – більше 34. Тому, якщо одержують значення вищі 34 або нижчі 8, то ставлять 34 і 8.

Для того, щоб визначити розповсюдження та чисельність шкідника гусені першого покоління лугового метелика, розраховується ГТК періоду лялькування і середня температура періоду масового льоту метеликів покоління, яке перезимувало. За дату початку лялькування береться дата стійкого переходу температури повітря через 12 °С навесні. Значення цих факторів розраховують з квітня по червень, у південних районах при дуже ранній весні – з другої половини березня.

Після розрахунку фази динаміки лучного метелика і на її основі розробляються плани проведення захисних засобів. Засоби боротьби плануються окремо для кожної популяції. Приклад в табл. 4.8.

Найбільш небезпечно перше покоління лугового метелика і на нього планують 60 – 70 % загального обсягу обробок за рік. Завжди складається два варіанти обсягу засобів боротьби і вибирається варіант в залежності від сприятливості погодних умов для розвитку шкідника.

Таблиця 4.8 – Приклад використання метеорологічної інформації для розрахунків агрометеорологічних показників розвитку і розповсюдження лучного метелика

Показники	Липень			Серпень			Вересень			Жовтень	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Температура повітря, °С	21,6	21,1	23,3	22,1	22,2	21,3	19,8	17,0	16,3	15,8	10,5
Сума активних температур, °С	216	211	256	221	222	-	-	-	-	-	-
Сума ефективних температур, °С	-	-	-	-	-	102	78	50	43	48	-
Сума опадів, мм	-	-	6	1	56	0	-	-	-	0	3
Середня температура періоду живлення гусені другого покоління		21,9									
ГТК періоду лялькування другого покоління				0,6							
ГТК масового льоту метеликів					1,4						
Сума ефективних температур за період льоту метеликів другого покоління до переходу температури повітря через 12°С восени, °С											300



Продовження табл. 4.8

Перше покоління

Друге покоління

Показники	Березень	Квітень			Травень			Червень			Липень		
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Температура повітря, °С	8,1	18,4	13,2	13,3	19,1	20,4	21,4	23,6	22,8	25,2	24,3	23,7	24,5
Сума активних температур, °С	–	184	132	133	191	204	235	236	228	252	243	237	245
Сума ефективних температур, °С	–	64	12	13	51	84	103	116	108	132	123	117	137
ГТК періоду лялькування покоління, яке перезимувало				1,7									
Середня температура періоду масового льоту метеликів покоління, яке перезимувало, °С						19,2							
Середня температура періоду живлення гусені першого покоління, °С								22,0					
ГТК періоду лялькування першого покоління										0,5			
ГТК періоду масового льоту метеликів першого покоління											0,2		

#### 4.1.2 Колорадський жук

Колорадський жук відомий в багатьох країнах світу як шкідник картоплі та пасльонових культур. В Україні колорадський жук розповсюджений у всіх зонах і завдає значних збитків картоплеводам. За вегетаційний період дає 2 - 4 покоління. Особливо шкідливі дорослі жуки та личинки III та IV поколінь.

Зимує у фазі дорослого жука у ґрунті на глибині 10 - 50 см. Час виходу навесні дуже розтягнутий. Повний вихід збігається з установленням середньодобової температури близько 10 °С [11].

Період від виходу жуків з ґрунту до початку відкладання яєць (період зрілості) визначається з наведеного далі рівняння залежно від середньої за цей період температури повітря ( $t$ ) і строків виходу жука з ґрунту (різниця в годинах між максимальною тривалістю дня 21 червня та тривалістю дня на дату виходу жука з ґрунту ( $\Delta t$ )) :

$$y = 94,6 + 0,221 t^2 - 8,738 t + 4,15\Delta t, \quad S_y = \pm 3,4 \text{ дня}. \quad (4.5)$$

Швидкість розвитку яєць, личинок і лялечок колорадського жука визначається в основному температурою повітря. Найсприятливіша температура для проходження цих фаз розвитку близько 20-26°C, при якій спостерігається найменша тривалість розвитку покоління – 29 днів.

Було встановлено [9], що залежність тривалості розвитку яєць, личинок та лялечок і в цілому всього весняного покоління характеризується рівнянням параболи другого порядку та може визначатись за даними табл. 4.9.

В.В.Вольвачем запропоновано екологічний коефіцієнт розмноження  $K$ , який відображає зв'язок чисельності колорадського жука з метеорологічними умовами,

$$K = \frac{\sum_{i=1}^b P_{\partial}(x_i)[100 - \mu_1(c_i)] \cdot [100 - \mu_2(z_i)]}{100}, \quad (4.7)$$

де  $P_{\partial}(x_i)$  – величина продуктивної плодючості (сума яєць на одну самку);

межі  $a$  та  $b$  – відповідно початок і кінець фази відкладання яєць;

$\mu_1$  – відсоток загибелі особин за період активної життєдіяльності ( $O_v - I_m$ );  $\mu_2$  – процент загибелі особин за період зимівлі;

$x_i, c_i, z_i$  – характеристики, що відображають вплив метеорологічних умов;

$\lambda$  – статевий індекс, який показує співвідношення статей у популяції.

$$P_{\partial}(x_i) = 4,87 t + 15,7\tau - 4,771\tau^2 - 131,3, \quad (4.8)$$

Таблиця 4.9 – Рівняння зв'язку вигляду  $y=at^2-bt+c$  та його статистичні характеристики для основних фаз і періодів розвитку колорадського жука

Фази і періоди Розвитку	Коефіцієнти рівнянь зв'язку			R	$\pm S_y$ , дні	Температура, °C
	A	-b	c			
Яйцекладка ( $O_v$ )	0,109	-4,92	61,4	0,80	1,9	12-26
Личинки ( $L_1-L_4$ )	0,135	-6,51	918	0,78	2,7	13-25
Лялечки (P)	0,188	-8,96	117,6	0,95	2,8	13-25
Від яйцекладки до:						
$L_2=(O_v - L_2)$	0,171	-7,68	95,3	0,80	2,4	13-25
$L_3=(O_v - L_3)$	0,204	-9,09	113,3	0,80	2,7	14-25
$L_4=(O_v - L_4)$	0,213	-9,77	126,6	0,80	3,1	14-25
$P_p=(O_v - P_p)$	0,470	-20,20	236,8	0,84	3,2	14-25
$I_m=(O_v - I_m)$	0,378	-18,54	253,7	0,92	4,0	14-25

R – коефіцієнт множинної регресії.

де  $t$  – температура повітря за  $i$ -ту декаду; °C,  
 $\tau$  – тривалість дня на початок  $i$ -ї декади, год.

$$\mu_1 = 34,54 \ln Q + 20 \ln P - 141,0, \quad (4.9)$$

де  $Q$  – осереднена тривалість повної генерації, дні  
 $P$  – сума опадів за осереднений період ( $O_v - Y_m$ ), мм.

$$\mu_2 = 74 - 5,6 (t - 17,3), \quad (4.10)$$

де  $t$  – середня температура періоду додаткового живлення жуків, у межах від 14,0 до 20,5° C.

Значення  $K=1,0$  вказує на те, що чисельність шкідників не змінилась і залишилась на тому ж рівні. Значення  $K>0$  вказує на сприятливі умови для збільшення чисельності.  $K<0$  вказує на несприятливі умови, які зменшують чисельність жука. Встановлено, що в районах, де середнє багаторічне значення  $K=2,2...2,8$ , необхідних хімічних обробок потребує близько 25% посівної площі картоплі.

Екологічний коефіцієнт розмноження розраховується за формулою (4.7). Плодючість жука обчислюється подекадно за період від масового відкладання яєць до дати переходу температури повітря через 12°С восени.

Сумарна плідність буде декадною сумою відкладених яєць. Замість формули можна користуватися номограмою.

Індекс, що відображає відношення кількості самців  $m$  і самок  $f$  у популяції

$$\lambda = f / (m + f) . \quad (4.11)$$

Згідно з літературними даними колорадському жуку відповідає співвідношення 1 : 1, тобто  $\lambda$  береться рівним 0,5.

Розрахувати тривалість періоду зрілості жуків, в залежності від показників окрім рівняння можна за табл.4.10 – 4.12.

Таблиця 4.10 – Залежність тривалості періоду зрілості жуків, що перезимували (дні), від температури  $t_c$  та показника строку їх виходу  $\Delta\tau$

$\Delta\tau$	$t_c, ^\circ\text{C}$							
	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	18	15	13	11	10	9	8	7
0,2	19	16	14	12	11	10	9	8
0,4	20	17	15	13	12	11	10	9
0,6	21	18	16	14	12	11	11	10
0,8	22	19	17	15	13	12	12	11
1,0	23	20	17	16	14	13	12	12
1,2	23	21	18	16	15	14	13	13
1,4	24	21	19	17	16	15	14	14
1,6	25	22	20	18	17	16	15	15
1,8	26	23	21	19	18	17	16	15
2,0	27	24	22	20	18	17	17	16
2,2	28	25	22	21	19	18	17	17
2,4	29	26	23	21	20	19	18	18
2,6	30	27	24	22	21	20	19	19

### 4.1.3. Прогноз строків розвитку колорадського жука для визначення оптимальних термінів проведення хімічного обробітку картоплі

Дослідження В.В. Вольвача дозволили йому розробити метод прогнозу розвитку колорадського жука .

Для складання прогнозу термінів розвитку шкідника необхідна така інформація:

а – дата стійкого переходу середньої за добу температури повітря через 10 °С;

б – фактичні середні за добу і середні за декаду значення температури повітря;

в – прогноз температури повітря;

г – середні багаторічні значення температури повітря;

д – дати настання фаз розвитку картоплі;

ж – тривалість дня на широті агрометеорологічної станції.

При виконанні розрахунків спочатку визначається дата переходу температури повітря через 10 °С. Потім визначається тривалість дня ( $n_1$ ) на дату стійкого переходу температури повітря через 10 °С. Потім розраховується тривалість дня через 10 діб після переходу температури повітря через 10 °С ( $n_2$ ). Тривалість дня визначається з таблиць сходу і заходу Сонця. Знаходиться різниця між першою та другою тривалістю дня ( $n_1 - n_2$ ). Після цього розраховується початок яйцекладки першими жуками, які перезимували. Для цього використовується рівняння (4.10).

Визначення термінів хімічної обробки посівів залежить від визначення початку періодів розвитку личинок другого та четвертого віку. Обробка проводиться в період коли у фазах розвитку личинок розвитку четвертого віку знаходиться найбільша кількість особин.

Для визначення терміну обробки за описаною вище схемою розраховується термін початку відкладення яєць жуками масового виходу. Прогнози масової появи личинок другого та четвертого віку та жуків літньої регенерації розраховуються за допомогою табл. 4.11.

За допомогою табл. 4.11 визначається в кожному конкретному випадку термін складання прогнозу, який забезпечував би його декадну завчасність. Після складання прогнозу термінів початку масового відродження личинок другого віку за даними температури повітря за допомогою табл. 4.11 встановлюється термін складання прогнозу початку масового розвитку личинок четвертого віку, який забезпечує його п'ятиденну завчасність. Розраховані терміни проведення хімічних обробок посівів будуть оптимальними для полів з ранніми та середніми строками висадки.

***Техніка виконання розрахунків***

***Приклад.***

1. Виконати розрахунки для визначення появи і плодючості лучного метелика.

а) Провести аналіз часу настання окремих фаз розвитку лучного метелика та охарактеризувати термічні умови (середня температура, сума ефективних температур  $>12^{\circ}\text{C}$ ) та умови зволоження (суми опадів, ГТК) у різні міжфазні періоди. При цьому слід звернути увагу на фази імаго, гусені III та IV покоління. Порівняти одержані дані з середніми багаторічними.

Таблиця 4.11 – Тривалість розвитку колорадського жука (дні) залежно від температури повітря

Фаза та період Розвитку	Температура, $^{\circ}\text{C}$													
	2	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Відкладання яєць $O_v$	18	16	14	12	11	9	8	7	7	6	6	6	6	6
Личинки $L_I - P_p$	-	30	27	25	22	20	18	17	16	15	14	13	13	13
Лялечки $P$	-	33	29	25	22	20	28	16	14	12	11	11	10	11
Від відкладання яєць до:														
$L_{II}(O_v - L_{II})$	-	25	21	19	16	14	12	11	10	10	9	9	10	10
$L_{III}(O_v - L_{III})$	-	-	26	23	20	18	16	14	13	12	12	12	12	13
$L_{IV}(O_v - L_{IV})$	-	-	33	28	25	22	20	18	17	16	15	15	14	15
$P_p(O_v - P_p)$	-	-	41	36	32	28	25	23	21	20	18	18	18	18
$I_m(O_v - I_m)$	-	-	69	60	53	48	44	40	36	33	31	30	29	29

Таблиця 4.12 – Залежність тривалості періоду зрілості жуків літньої генерації (дні) від температури  $t_c$  та тривалості дня  $\tau$

$\tau$ , год	$t_c$ $^{\circ}\text{C}$								
	17	18	19	20	21	22	23	24	25
14,2	19	19	18	18	17	17	17	16	15
14,5	18	18	17	17	16	16	15	15	14
14,8	17	16	16	15	15	14	14	13	13
15,2	15	15	14	14	13	13	13	12	12
15,5	14	14	13	13	12	12	11	11	10
15,8	13	12	12	11	11	10	10	9	9

16,2	12	11	11	10	10	9	9	8	8
16,5	10	10	9	9	8	8	7	7	6
16,8	9	8	8	8	7	7	6	6	6

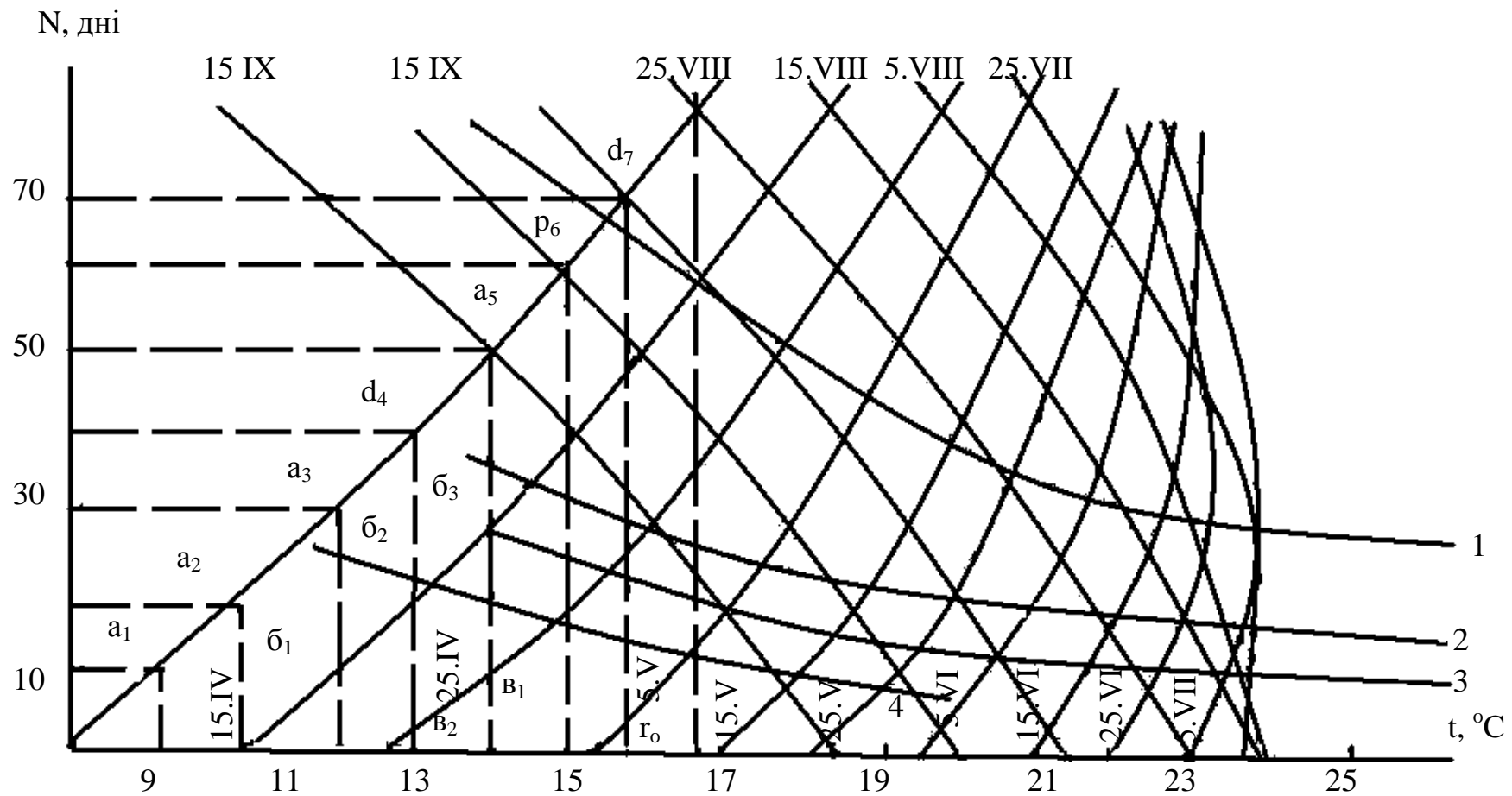


Рис.4.7 – Термофенологічна номограма для південних районів України: 1, 2, 3, 4 – температурні залежності для періодів розвитку відповідно  $O_v - L_{IV}$ ;  $O_v - V$ ;  $O_v - I_{mL}$ ;  $I_{mP} - O$ .



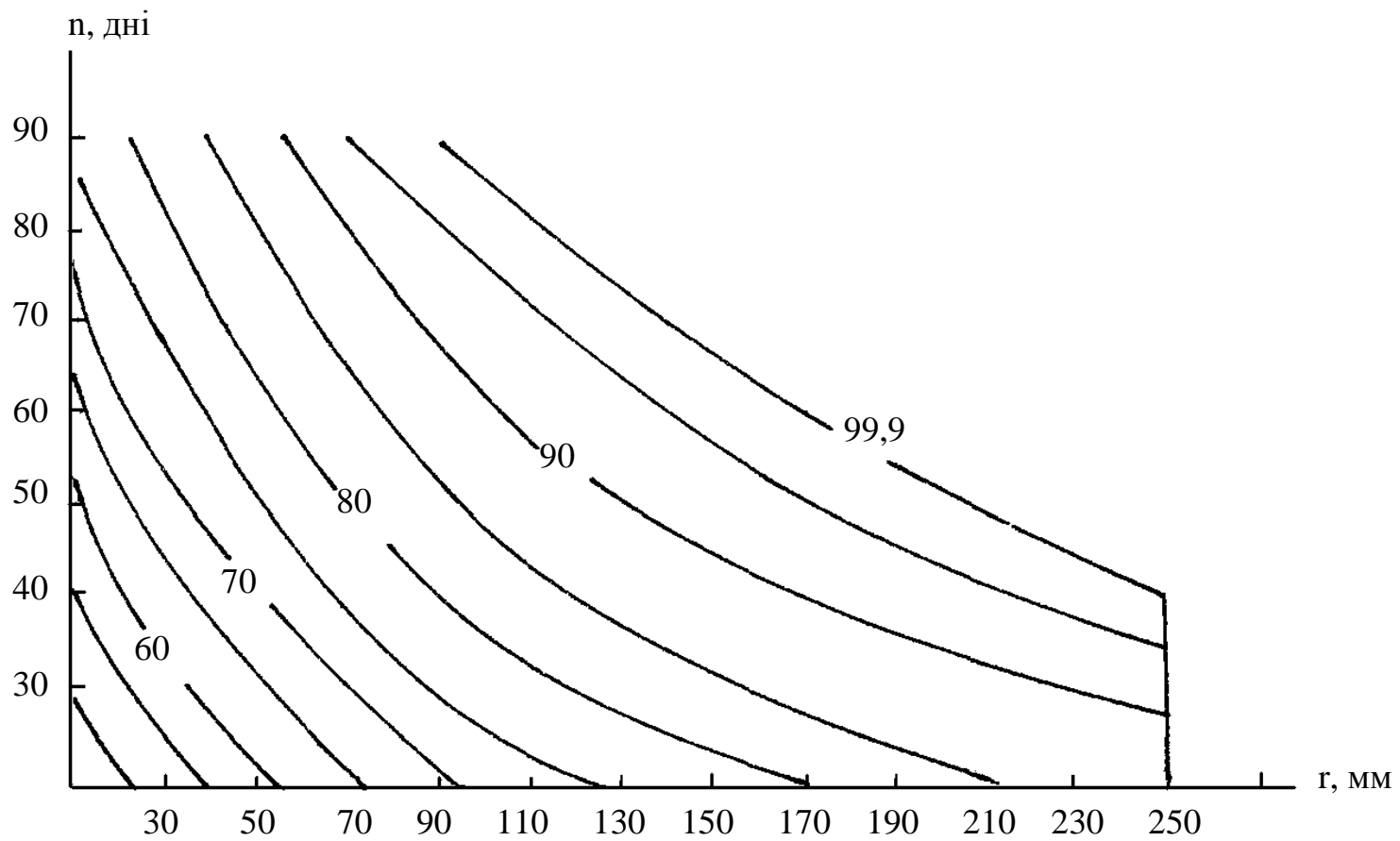


Рис. 4.8 – Загибель особин колорадського жука за період розвитку повної генерації (n) від сум опадів (r).

Побудувати графіки залежності тривалості окремих міжфазних періодів від температури.

б) Встановити час вильоту метеликів, що перезимували, за рівняннями (табл. 4.9).

в) Визначити час настання окремих фаз розвитку лугового метелика в поточному році. Для цього побудувати термофенологічну номограму (рис.4.6), де визначається з одної сторони термічні умови місцевості, з іншої – темпи розвитку шкідників у зв'язку з температурою. На графіку на горизонтальній осі координат наносяться значення температури повітря, на вертикальній – тривалість періоду у днях.

Масштаб: гор. 1 см – 1<sup>0</sup>С, верт. 1 см – 10 днів.

Оскільки температурно-фенологічна номограма дає середню багаторічну характеристику строків появи шкідників, необхідно визначити дату появи лучного метелика, його шкідливої фази та її тривалість у поточному році. Для цього визначаються відхилення температури повітря поточного року від норми  $\Delta t$  і паралельно відповідній температурній кривій проводиться лінія до перетину з кривою розвитку лучного метелика. Визначити можливе число поколінь лучного метелика.

г) Побудувати біоклімограму лучного метелика (рис. 4.4), використовуючи дані: середні багаторічні та поточного року на одному рисунку. На вертикальній осі відкладають значення середньомісячних температур, на горизонтальній – кількість опадів за даний період. Точки перетину цих показників з'єднують лініями, що позначають фазу розвитку шкідника: пунктиром або точками (- - - , ..... ) – фазу яйця, суцільною лінією (\_\_\_) – личинку, кружками (ooo) – лялечку, хрестиками (+++) – імаго.

У точці перетину позначити цифрами місяць, а поруч для порівняння дріб: у чисельнику – температура, у знаменнику – опади.

Визначити, на скільки і в який бік відхиляються метеорологічні показники поточного року від їх середньо-багаторічних значень.

д) Дати розгорнуту феноклімограму, на якій подекадно відобразити хід метеорологічних величин і фенологію шкідника..

Проаналізувати рисунок і оцінити вплив погодних умов на швидкість розвитку лугового метелика, виявити головні чинники.

ж) За графічними залежностями (4.4) визначити ступінь плідності лучного метелика (кількість сформованих яєць) залежно від гідротермічних умов під час його живлення та лялькування.

## 2. Розрахувати дату появи і плідність колорадського жука.

а) Розрахувати дату виходу з ґрунту перших колорадських жуків шляхом визначення дати стійкого переходу температури повітря через 10<sup>0</sup>С, яка встановлюється загально прийнятим способом – за сумою додатних і від'ємних відхилень температури від певної межі, тобто від 10<sup>0</sup>С.

б) Визначити:

– дати відкладання яєць, появи личинок і лялечок, тривалість міжфазних періодів.

Визначення строків розвитку личинок II та III поколінь слід починати через 5-6 днів після дати початку відкладання яєць, IV покоління – через 10 днів, якщо рівень температури не нижче 17<sup>0</sup>С, та після 20 днів, якщо вона нижче цієї межі;

– період зрілості жуків літньої генерації і дату їх першого відкладання яєць взяти з табл. 4.12;

– дати настання фаз розвитку II покоління.

в) Виконати такі самі розрахунки за термофенологічною номограмою.

На побудовану температурну сітку нанести криві, що описують залежність швидкості розвитку колорадського жука від температури. Останні розраховуються з допомогою рівнянь (табл. 4.9) або з табл. 4.10 – 4.12. Визначити також показники для II та наступних поколінь і на основі проведених обчислень визначити можливу кількість поколінь шкідника.

г) Визначити екологічний коефіцієнт розмноження  $K$  за формулою (4.7). Плодючість жука обчислити подекадно за період від масового відкладання яєць до дати переходу температури повітря через 12<sup>0</sup>С восени. Сумарна плодючість буде декадною сумою відкладених яєць. Замість формули можна користуватися номограмою (рис. 4.6).

Загибель колорадського жука за період його активної життєдіяльності визначається з рівняння (4.7), або рис. 4.6.

Для визначення з номограми величини  $\mu_1(O_v - I_m)$  опади розраховуються так: спочатку визначають середню кількість опадів, які припадають на один день періоду від початку масового відкладання яєць до переходу температури повітря через 12<sup>0</sup>С восени. Потім середньодобову кількість опадів множать на середню тривалість періоду розвитку генерації. За показник загибелі жука за період зимівлі при розрахунках за середньобагаторічними показниками береться  $\mu_2 = 60\%$ , що відповідає 80% забезпеченості його загибелі.

Індекс, що відображає відношення кількості самців  $m$  і самок  $f$  визначається з формули (4.11).

д) На основі виконаної роботи визначити дати та період (дні) обробки полів.

### *Контрольні питання*

1. Які навколишнього середовища сприятливі для розвитку шкідників?
2. Які шкідники пошкоджують зернові культури і які п-пропашині?
3. Ареал розповсюдження шкідливої черепашки.
4. Від чого залежить кількість шкідника за вегетаційний період?
5. За яких умов взимку шкідники гинуть?

6. Які межі температурного оптимуму для лучного метелика?
7. Скільки генерацій колорадського жука буває за вегетаційний період?
8. Як розрахувати плодючість самки лугового метелика?
9. Як визначається індекс співвідношення кількості самців та самок колорадського жука?
10. Як розраховується загибель колорадського жука?

#### **4.2 Вплив факторів навколишнього середовища на розвиток хвороб рослин**

Окрім шкідників впродовж вегетаційного періоду сільськогосподарські рослини пошкоджуються хворобами. В посушливих регіонах втрати урожаю зернових пов'язані з розвитком таких хвороб: іржа, пилова і пупирчата головня, коренева гниль і ін. В районах з помірним кліматом з великою кількістю орпадів переважають хвороби: фузаріози, снігова пліснява, мучниста роса і ін.

За даними Л.О. Макарової, І.І Мінкевича [33], основними факторами навколишнього середовища, які визначають появу та розповсюдження хвороб є тепло- та вологозабезпеченість середовища. Ці фактори діють у сукупності., і зміна одного з них сприяє зміні реакції патогена на рівень іншого. Інші фактори (світло, вітер, атмосферний тиск і ін.) у більшості випадків тільки вносять корективи до дії основних факторів і тільки в деяких випадках у певно визначений час розвитку патогена можуть відігравати самостійну роль [38].

*Тепло.* Одним із основних факторів появи і розповсюдження хвороб є температура повітря.

Вплив температури повітря на агресивність грибів особливо проявляється у момент зараження рослин, тобто в момент проростання спор. Проростання спор паразитичних грибів можливе при температурі від 0 до 5 і від 30 до 35 °С. Окремі види паразитичних грибів мають цілком визначені межі температури. Так, нижня межа проростання спор іржі становить 1...2 °С, грибів, які спричиняють гниття корення пшениці, пирикуляріоз рису, фітофтороз картолі – відповідно 5...6 °С, 6 °С і близько 8 °С. Оптимальна температура для проростання спор кожного виду захворювання також різна для різних захворювань (табл. 4.13).

Температура середовища регулює швидкість і час проростання спор, а також впливає на швидкість розвитку захворювання та на здатність рослин до сприйняття його.

З підвищенням температури посилюється стійкість хлібних злаків до жовтої іржі. Слід зазначити, що бурю іржею пошкоджуються ті рослини, які зазнали дії знижених температур. Навпаки, стійкість пшениці до

зараження лінійною іржою збільшується при зниженні температур до 15 °С і нижче і зменшується при підвищенні температури до 20...22 °С.

Ступінь розвитку хвороби залежить від того, в якій фазі розвитку знаходяться сільськогосподарські культури. Якщо зараження співпадає з фазою розвитку, сприятливою для поширення хвороби, то рослини пошкоджуються значно швидше.

Температурні умови навколишнього середовища визначають родючість патогена – кількість інфекційного початку і тривалість його дії.

У більшості видів грибів спороутворення буває можливим тільки при визначеній вологості навколишнього середовища або за присутності крапельної вологи і високої відносної вологості повітря.

*Волога.* На всіх етапах на розвиток грибів впливає вологість навколишнього середовища. В цілому вміст вологи у навколишньому середовищі визначає збереження життєздатності патогенів. Зволоження середовища впливає на темпи розвитку мікроорганізмів і заражених ними рослин і цим самим регулює тривалість сумісності їх критичних періодів.

Вирішальне значення вологість має лише впродовж порівняно короткого періоду – від початку проростання спор до проникнення патогена в рослину. Для більшості фітопатогенних грибів зараження рослин стає можливим лише за високої вологості середовища їх мешкання.

Таблиця 4.13– Температурні показники розвитку деяких збудників захворювання рослин

Стадія розвитку збудника хвороби	Температура, °С		
	нижня межа	оптимум	Верхня межа
1	2	3	4
<i>Лінійна іржа пшениці</i>			
Проростання спор	2	21...23	26...31
Зараження рослин	10	23...25	30
Розвиток в тканинах рослин	2	20	-
<i>Бура іржа пшениці</i>			
Проростання спор	2	20	32
Розвиток в тканинах рослин	2	25	35
<i>Жовта іржа пшениці</i>			
Проростання спор	1	9...13	23
Зараження рослин	5	15...20	26
Розвиток в тканинах рослин	3	12...15	20

Продовження табл. 4.12

1	2	3	4
<i>Гельмінтоспорозна коренева гниль пшениці</i>			
Проростання спор	6	22...28	36
Розвиток в тканинах рослин	8-9	18...25	26
Спороносіння	5	22...26	20
<i>Пилова головня пшениці</i>			
Проростання спор	4-5	22...30	-
Розвиток спор	5	16...18	25...30
<i>Фузаріоз колосу пшениці</i>			
Розвиток спор	7...10	25...30	37...38
Спороносіння	Менше 10	24...26	до 40
<i>Мільдю винограду</i>			
Проростання спор	-	10...16	-
Розвиток в тканинах рослин	8	25	33
<i>Фітофтороз картоплі</i>			
Проростання спор	6...8	10...15	20
Утворення росткових трубочок	4	25	30

В умовах недостатньої вологозабезпеченості зараження рослин і накопичення інфекції або зовсім припиняється, або відбувається дуже повільно. При цьому важливе не тільки зволоження повітря, а і зволоження ґрунту.

Для більшості грибів рясне зрошення ґрунту шкідливе, через те що це пов'язано з погіршенням аерації ґрунту, інтенсивним розвитком грибів – антагоністів та прискореним проходженням критичного для зарадження періоду розвитку рослини – господаря. Тому для розвитку пилової та твердої головної вівса, пшениці, кукурудзи, сорго необхідна вологість ґрунту 30 %. При 60 % вологості проростання спор уповільнюється, а при 80 % - припиняється.

Проростання спор деяких грибів майже не залежить від вологості середовища. До таких грибів відносяться спори мукоросляних.

В засушливих районах з відносною вологістю нижче 50 % проростання конідій і зараження рослин відбувається в нічні часи, коли вологість повітря зростає до 75 – 80 % впродовж 4 – 7 годин.

Таким чином, для зараження рослин і розвитку хвороби необхідною умовою є підвищена вологозабезпеченість середовища. При цьому

важливо також, щоб волога знаходилась на рослинах якомога довше у крапельному стані.

Після зараження рослини і проникнення патогена в її тканини вологість на розвиток хвороби не впливає. Знову зростає важливість зволоження на час закінчення інкубаційного періоду, який закінчується спороношенням. Утворення спор у більшості грибів відбувається тільки в умовах високої вологості, особливо це стосується переносноспоривих грибів.

Значення фактора вологості на розвиток хвороб визначається температурними умовами навколишнього середовища. При високій температурі велика кількість заражених рослин спостерігається в умовах підвищеної вологості.

Вплив на розвиток хвороб інших факторів середовища визначається тільки на окремих етапах розвитку. Серед інших факторів важливе значення мають світло та вітер [34].

*Світло.* Світло впливає на інфекційний процес ще до початку зараження рослин. За реакцією на світловий фактор відзначаються дві фази: перша – проростання спор, протікає незалежно від умов освітленості; друга – після проростання спор відбувається тільки при підвищеній освітленості. Також впливає на проходження другої фази інтенсивність освітлення і його тривалість.

Оскільки більшість грибів живе за рахунок продуктів фотосинтезу, то наявність світла для них обов'язкова. Найбільше пошкоджуються тканини і органи рослин з підвищеною енергією фотосинтезу.

*Вітер.* Вітер сприяє розповсюдженню захворювань шляхом переносу спор. Вміст спор у повітрі та їх розсіювання мають чітко виражений сезонний і денний хід. Найбільша кількість спор відзначається влітку і восени.

*Пилова головня.* Волога і тепла погода в період цвітіння ярої пшениці і ячменю сприяє зараженню рослин і проникненню гриба пилової головні в зерно. Шкідливість пилової головні збільшується при просуванні на схід. Прохолодна з підвищеною вологістю погода весни і початку літа сприяє зараженню ярих посівів. Найбільше зараження відзначається при сумі опадів за період від дати початку колосіння від 30 до 90 мм.

*Снігова пліснява.* Пошкодження посівів спостерігається скрізь, де зернові висіваються восени. Ця хвороба найбільше поширюється в роки з раннім настанням зими, з високим сніговим покривом і великою тривалістю його залягання та розтягнутим періодом танення снігу навесні. В Україні за інтенсивністю пошкодження озимих посівів сніговою пліснявою та частотою появи виділено два райони: 1 – райони слабкої прояви – південні райони України, де хвороба проявляється і розвивається рідко (1-2 рази в 10 років);

2 – райони помірної прояви. В цих районах (лісова і лісотепова зони) рослини можуть пошкоджуватись щорічно але слабкою мірою.

*Коренева гниль.* Захворювання рослин проявляється у вигляді побуріння коріння підземного міжвузля, вузла кущіння у озимої та ярої пшениці. Гриб кореневої гнилі сприяє загибелі сходів, щуплості колосу, відставанню в рості рослин. Проява кореневої гнилі визначається умовами накопичення в ґрунті спор в умовах тривалого післязбирального періоду з температурами вище 10 °С і зволоженням орного шару ґрунту вище 15 мм. Температурні умови навколишнього середовища визначають родючість патогена – кількість інфекційного початку і тривалість його дії.

Для оцінки можливості виникнення кореневої гнилі запропоновані характеристики зон шкідливості на основі відношення запасів продуктивної вологи в орному шарі в період «сходи – кущіння» до запасів вологи метрового шару в період «цвітіння – молочна стиглість» (табл.4.14).

Таблиця 4.14 – Середні багаторічні характеристики шкідливості кореневої гнилі ярої пшениці

Середні багаторічні запаси вологи, мм	Кількість років із запасами вологи менше		Показник динаміки вологи	Імовірність сильної шкідливості хвороби
	60 мм	40 мм		
Більше 80	2...3	0...5	Менше 0,4	20...30
60...80	4...5	1...2	0,4...0,5	40...50
40... 60	6...7	3...5	0,5...0,6	60...80
20...40	8...9	6...7	Більше 0,6	90...100

У більшості видів грибів спороутворення буває можливим тільки при визначеній вологості навколишнього середовища або за присутності крапельної вологи і високої відносної вологості повітря.

*Фітофтороз.* Це найбільш поширена хвороба культур із сімейства пасльонових (картоплі, томатів, баклажанів, перцю і ін.). Фітофтороз розвивається при температурі від 10 °С до 30 °С і відносній вологості більше 70 %. Оптимальними умовами для його розвитку є температури 10...25 °С і відносна вологість 95...100 %. Появі фітофторозу сприяє хмарна з невеликими опадами погода в сполученні з високою температурою повітря.

#### *Контрольні питання*

1. Які види хвороб мають найбільше розповсюдження?
2. Як впливають фактори навколишнього середовища на розвиток хвороб рослин?



3. *Які умови сприяють появі хвороб?*
4. *Який температурний оптимум для розвитку хвороб?*
5. *Як впливає вологість повітря на розповсюдження хвороб?*
6. *Які рослини пошкоджує коренева гниль, та які умови її розвитку?*

## 5 ОЦІНКА ВПЛИВУ НЕСПРИЯТЛИВИХ УМОВ В ПЕРІОД ЗБИРАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

### 5.1 Вплив агрометеорологічних умов на вологість зерна і соломи та на проростання зерна у валках

Визначення вологості зерна у момент збирання має дуже велике значення. Найбільш тісний зв'язок вологості зерна спостерігається з дефіцитом насичення повітря та сумою опадів. Встановлено, що найбільш сухе зерно буває при дефіцитах насичення 5-11 мб і відсутності опадів. При зменшенні дефіциту без опадів або при дефіциті 5-11 мб за будь-якої кількості опадів вологість зерна збільшується на 30-40%. При цьому вологість зерна у валках збільшується більше, ніж у стеблостій.

Наявність залежності між вологістю зерна та дефіцитом насичення повітря вологою дозволяє розрахувати вологість зерна і соломи, використовуючи табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Залежність вологості зерна і соломи від дефіциту насичення повітря

Дефіцит насичення повітря, мб	Вологість, %		Дефіцит насичення повітря, мб	Вологість, %	
	зерна	соломи		зерна	Соломи
1	28,3		8	15,3	22,3
2	24,2	46,0	9	14,6	
3	21,5		10	14,2	19,2
4	19,2	32,0	11	13,7	
5	18,0		12	13,4	17,8
6	16,8	25,0	13	13,0	
7	16,0		14	12,7	16,0
15	12,5		22	11,0	12,2
16	12,2	14,8	23	10,9	
17	12,0		24	10,7	11,8
18	11,7	14,0	25	10,5	
19	11,5		26	10,4	10,4
20	11,3	13,1	27	10,3	
21	11,1		28	10,1	10,0

Залежність вологості зерна і соломи від дефіциту насичення повітря майже однакова для ярих і озимих культур, тому таблицю використовують

для визначення вологості в період збирання як ярих, так і озимих зернових культур.

За несприятливих умов після збирання хлібів у валки спостерігається проростання зерна у валках. Умови, що спричиняють проростання зерна, утворюються, якщо дефіцит насичення повітря вологою становить до 4 мб і нижче і температура повітря – 5-14 °С. При температурі вище 14 °С зерно не проростає тому, що збільшується сухість повітря, а при температурі 5 °С і нижче – через нестачу тепла.

Насіння у валках починає проростати, коли дефіцит насичення повітря вологою впродовж декількох днів безперервно нижче 4 мб, а сума ефективних температур вище 5 °С складає 14 °С. Якщо ж сума ефективних температур становить 25-30 °С і дефіцит насичення нижче 4 мб, то спостерігається сильне проростання зерна, а сума температур 40-50 °С зумовлює розгортання листя у колосі.

**Приклад:**

Таблиця 5.2 – Розрахунок можливого проростання зерна у валках (воскова стиглість 20 серпня)

Показник	Дата, серпень								
	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Температура Повітря, °С	18	14	10	11	13	10,5	15	16	16
Дефіцит насичення повітря, мб	8,0	4,0	4,0	3,5	3,5	2	6	7	8
Опади, мм	-	9,6	-	2,5	-	-	-	-	-
Сума ефективних температур, °С	-	9	14	20	28	33	-	-	-

За умов, що наведені у табл. 5.2, проростання зерна у валках спостерігається до 25 серпня. Потім і температура повітря, і дефіцит насичення повітря вологою підвищуються, тому проростання зерна припиниться.

**5.2 Оцінка агрометеорологічних умов роботи комбайна**

Робота комбайнів значною мірою залежить від підготовки їх матеріальної частини до збирання, наявності пального, організації збирання і, щонайбільше, від метеорологічних умов. Тривалість роботи

комбайна залежить від добового ходу дефіциту насичення повітря, оскільки від нього залежить вологість зерна і соломи (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 – Швидкість висихання хлібів (за М.Т.Лубніним)

Суха зона (опади 1-3 дні в декаду)				
Середній за добу дефіцит насичення повітря, мб	швидкість висихання, % за добу		тривалість усього періоду, дні	
	у стеблестої	у валках	у стеблестої	у валках
2	4,8	5,5	20,6	18,0
4	7,0	7,4	14,5	13,5
6	8,4	11,3	11,8	8,8
8	9,8	15,1	10,2	6,6
10	11,0	18,8	9,1	5,3
12	12,0	20,8	8,3	4,8
14	13,0	25,0	7,7	4,0
16	14,0	26,3	7,2	3,8
18	14,6	29,0	6,8	3,3
20	15,6	30,3	6,4	3,0
Волога зона (опади 4-6 днів в декаду)				
Середній за добу дефіцит вологості повітря, мб	швидкість висихання, % за добу		тривалість усього періоду, дні	
	у стеблестої	у валках	у стеблестої	у валках
2	6,0	6,2	17,2	17,4
4	8,7	8,9	11,4	11,6
6	11,2	11,3	8,9	9,0
8	13,3	13,3	7,5	7,5
10	15,4	15,5	6,5	6,6
12	16,6	16,8	6,0	6,4
14	18,5	18,2	5,4	5,4
16	20,0	19,6	5,0	4,6
18	21,7	21,3	4,6	4,3
20	22,7	22,1	4,4	4,0

Якщо дефіцит насичення повітря вологою більше 8 мб і якщо всі інші причини відсутні, то комбайни працюють високоефективно і втрати зерна невеликі.

Зменшення дефіциту насичення нижче 8 мб призводить до збільшення вологості зерна і соломи, підвищуються втрати зерна через недомолот, погіршуються умови роботи комбайна. Дефіцит насичення повітря вологою нижче 3 мб є причиною припинення роботи комбайна.

Дефіцит насичення повітря протягом доби не залишається постійним і має чітко визначений добовий хід.

Протягом дня несприятливі умови для збирання складаються вранці та ввечері. Вранці часто випадає роса і маса хлібів перезволожена, тому і робота комбайна ускладнюється або зовсім неможлива. Була розрахована кількість годин роботи комбайнів при різних значеннях середньодобового дефіциту насичення повітря (табл. 5.4)

Таблиця 5.4 – Кількість годин на добу з добрими, середніми та поганими умовами роботи комбайна при різних значеннях середньодобового дефіциту насичення повітря

Середньо-добове значення дефіциту, мб	Умови роботи комбайна (год)			
	добрі	середні	погані	умовно добрі
3	0,0	10,5	13,5	5,3
4	3,5	9,0	11,5	8,0
5	6,5	7,5	10,0	10,2
6	8,5	7,0	8,5	12,0
7	10,0	7,0	7,0	13,5
8	11,0	8,0	5,0	15,0
9	12,0	9,0	3,0	16,5
10	13,0	11,0	0,0	18,5
11	14,0	10,0	0,0	19,0
12	15,0	9,0	0,0	19,5
13	15,5	8,5	0,0	20,0
14	16,5	7,5	0,0	20,3
15	17,5	6,5	0,0	20,8
16	18,5	5,5	0,0	21,3
17	20,0	5,5	0,0	22,3
18	22,0	2,0	0,0	23,0

Кількість годин умовно добрих агрометеорологічних умов розраховується шляхом підсумовування кількості усіх добрих і половини середніх.

Такі розрахунки проводяться по декадах, тижнях і в цілому за весь період збирання зернових.

Багаторічні спостереження дозволили визначити рівняння виробності комбайна ( $\omega$ ) в залежності від дефіциту насичення ( $d$ ):

$$\omega = 1,27d + 7,5 \text{ [т/день]} \quad , \quad (5.1)$$

де  $\omega$  – продуктивність комбайна, т/день;

$d$  – дефіцит насичення повітря, гПа.

Але продуктивність роботи комбайна залежить не тільки від значення дефіциту насичення повітря, а також від рельєфу поля, складності його конфігурації, довжини рядків, висоти і густоти стеблестою.

**Приклад** оцінки роботи комбайна за даними метеорологічних спостережень наводиться у табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Оцінка умов роботи комбайна за даними метеорологічних спостережень

Параметри	Місяць, число										Середнє за 10 днів
	Серпень										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Дефіцит насичення повітря, мб	3,0	2,8	2,8	6,5	4,0	3,1	5,3	10,0	13,0	4,6	5,5
Кількість умовних годин роботи комбайна	5,0	4,1	4,1	13,2	8,0	5,3	11,1	17,8	20,1	9,8	9,8
Середня багато-річна кількість умовно добрих годин роботи комбайна	13,5	13,3	13,1	12,9	12,7	12,5	12,3	12,1	11,9	11,7	12,6
Оцінка у % від середніх багаторічних умов	37	31	31	110	62	42	90	146	168	84	78

Пропускную можливість комбайнів ( $Q_{np.}$ ) розраховують також за виразом:

$$Q_{np.} = Q_o \frac{1 - Z_o}{1 - Z_\phi} \left[ Z_o \frac{100 - V_3^\phi}{100 - V_3^K} + (1 - Z_o - \epsilon) \frac{100 - V_c^\phi}{100 - V_c^K} \right] (1 + \epsilon), \quad (5.2)$$

де  $Q_{np}$  – пропускна здатність комбайна за еталонних умов:

$Z_o$  та  $Z_{\phi}$  – еталонна та фактична питома вага зерна у масі, г;

$V_z^{\phi}, V_z^{\kappa}$  – фактична і кондиційна вологість зерна;

$V_c^{\phi}, V_c^{\kappa}$  – фактична і кондиційна вологість соломи;

$\varepsilon$  – забрудненість посівів бур'янами.

Але розрахунки за формулою (5.2) досить складні і використовуються лише для порівняльної оцінки.

Для оцінки умов збирання хлібів і встановлення норм для зернозбиральних комбайнів необхідно враховувати рельєф поля, складність його конфігурації, довжину рядків, висоту і густоту хлібостою, які значно ускладнюють роботу комбайнів.

### 5.3 Розрахунок кількості втрат зерна за збирання в несприятливих агрометеорологічних умовах

Під час збирання хлібів в несприятливих агрометеорологічних умовах збільшуються втрати зерна. Дослідження М.Г.Лубніна [68] дають змогу розраховувати такі втрати.

Втрати зерна відбуваються, головним чином, від обсіпання на корені та при комбайнуванні:

$$B = \sum v_k - \sum v_o, \quad (5.3)$$

де  $B$  – загальні втрати;

$\sum v_k$  – втрати при комбайнуванні;

$\sum v_o$  – втрати від обсіпання.

Втрати зерна від обсіпання, починаючи з дати повної стиглості і до початку збирання комбайном, розраховуються для кожної доби за рівняннями для декади:

Озимина:

$$\text{I декада} \quad - \quad y=0,05d + 0,10 \quad (\sigma = \pm 0,1\%), \quad (5.4)$$

$$\text{II декада} \quad - \quad y=0,09d + 0,15 \quad (\sigma = \pm 0,1\%), \quad (5.5)$$

$$\text{III декада} \quad - \quad y=0,18d + 0,20 \quad (\sigma = \pm 0,2\%), \quad (5.6)$$

$$\text{IV декада} \quad - \quad y=0,21d + 0,25 \quad (\sigma = \pm 0,2\%) \quad (5.7)$$

Ярі культури (пшениця, ячмінь):

$$\text{I декада} \quad - \quad y=0,45d + 0,11 \quad (\sigma = \pm 0,15\%), \quad (5.8)$$

$$\text{II декада} \quad - \quad y=0,94d + 0,20 \quad (\sigma = \pm 0,20\%), \quad (5.9)$$

де  $y$  – величина щоденних втрат зерна на залишках площі, %;

$d$  – зміна середнього за добу дефіциту насичення повітря поточного дня відносно до попереднього, мб.

Втрати зерна при збиранні комбайном щоденно від початку збирання розраховуються за формулою:

$$B_{вк} = 0,021S^2 - 0,06S + 5,76, \quad (5.10)$$

$$R = 0,98; S_B = \pm 1,6\% ,$$

де  $B_{вк}$  – втрати зерна, %;

$S$  – вологість зерна, %

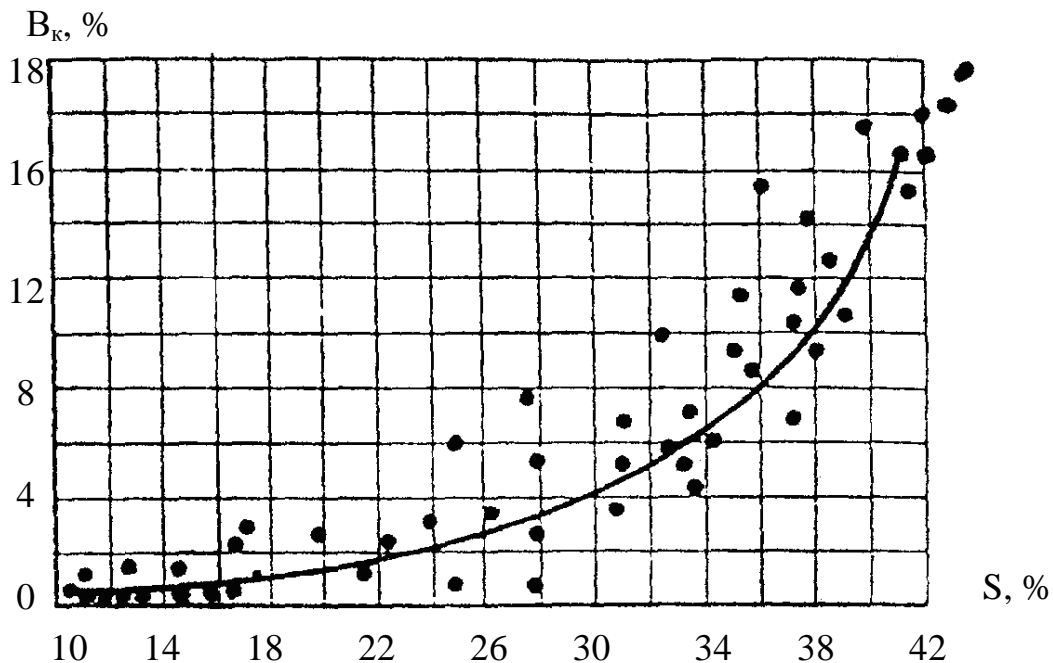


Рис. 5.1 – Залежність втрат врожаю пшениці ( $B_{к}$ , %) від недомолоту при різній вологості зерна ( $S$ , %)

**Приклад** розрахунку втрат зерна наводиться у табл. 5.6. Повна стиглість озимої пшениці – 18 серпня, збирати почали 28 серпня, закінчили збирати 8 вересня. Втрати зерна згідно з формулою (5.11) щоденно становили 0,8% протягом 5 днів, бо дефіцит насичення повітря становив 2-4 мб. За останні десять днів втрати становили 0,2 %. Якщо середній врожай складав 24 ц/га, то загальні втрати (2,5 %) складали 0,6 ц/га (табл. 5.6) до 28 серпня. З 28 серпня по 8 вересня втрати становили 1%. В цілому за несприятливих агрометеорологічних умов на площі 25 га за 22 дні, починаючи з дати воскової стиглості, втрати становили 13 % або 5,85 т.

**Розрахунок середніх втрат врожаю по області.** Середні по області найменші втрати врожаю спостерігаються у межах 0,5- 0,9 ц/га і бувають у



випадках, коли тривалість періоду збирання 15-20 діб при оцінці агрометеорологічних умов не менше 100 %.

Середні по області великі втрати зерна (4 - 7 ц/га) спостерігаються, якщо тривалість періоду збирання складає більше 30 діб при оцінці агрометеорологічних умов 50 % і менше. Встановлено також, що чим більший врожай, тим більші втрати зерна.

Загальні втрати зерна при різній величині врожаю розраховуються за рівняннями

Озимина, якщо врожай становить 10-25 ц/га:

$$y_1 = 1,49 - 4,41x_1 + 0,80x_2 \quad , \quad (5.11)$$

Озимина, якщо врожай становить 16-25 ц/га:

$$y_2 = 1,38 - 4,61x_1 + 0,10x_2 ; \quad (5.12)$$

Ранні ярі культури – за виразом (5.12)

де  $y_1, y_2$  – втрати зерна, ц/га;

$x_1$  – обласна тривалість періоду збирання, дні;

$x_2$  – середня обласна оцінка агрометеорологічних умов, % (не більше 100 %).

Для спрощення розрахунків за рівняннями (5.11 – 5.12) були побудований графік (рис. 5.2), на якому на осі абсцис відкладені оцінки агрометеорологічних умов (в % від норми), на осі ординат – середня по області тривалість періоду збирання (в днях), у полі графіка – середні по області втрати врожаю (ц/га).

**Приклад** розрахунку середніх по області втрат зерна наводиться у табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Приклад розрахунку середніх по області втрат врожаю (Київська область)

Дата початку збирання – 1.VIII, кінець збирання – 10.IX,  
тривалість збирання – 41 день

Декада від початку збирання	Середня декадна оцінка періоду збирання, % норми			
	Фастів	Б.Церква	Миронівка	Сер. Обласні
I	70	75	100	85
II	96	90	120	60
III	45	38	90	120
IV	100	90	140	92
Середня оцінка за період, %	70	77	120	90

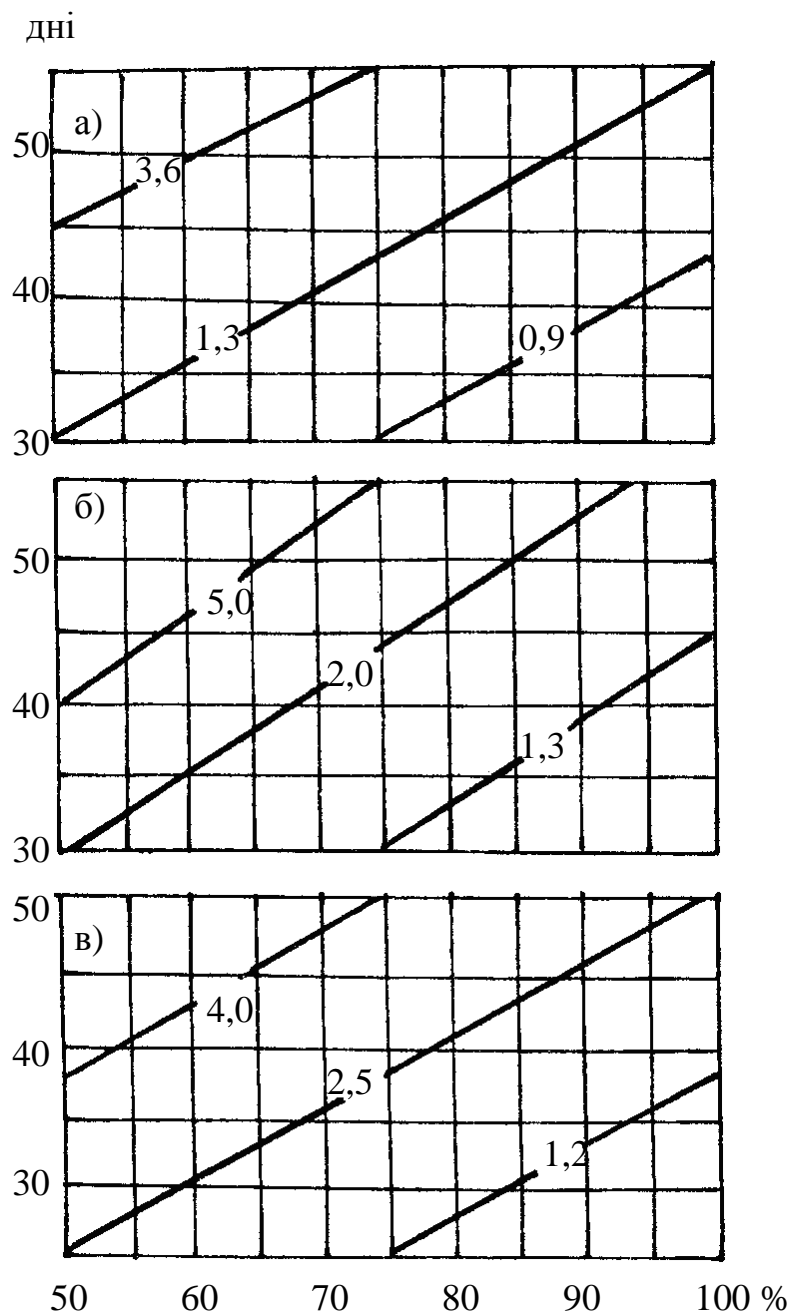


Рис. 5.2– Залежність середніх по області втрат зерна від середньої тривалості періоду збирання і середньої оцінки агрометеорологічних умов (не більше 100 %):

- а – озимі, врожай 10 – 15 ц/га;
- б – озимі, врожай 16 – 25 ц/га;
- в – ярі, врожай 10 – 15 ц/га.

Таблиця 5.6 – Приклад розрахунку втрат врожаю (ст.Миронівка)

Параметри	Серпень										
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Середній за добу дефіцит насичення повітря, мб	8,3	8,0	7,4	11,6	14,2	10,4	12,7	8,3	6,9	9,1	12,8
Перевищення дефіциту насичення повітря наступного дня в порівнянні з попереднім днем, мб	-	-	-	4,2	2,6	-	2,3	-	-	2,2	3,7
Опади, мм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Середня добова тривалість опадів, год.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Залишилось зібрати: 25 га	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
60 т	59,88	59,76	59,64	59,46	59,28	59,16	59,98	58,86	58,74	58,56	58,38
Вологість зерна, яке зібрали, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Втрати від недомолоту, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Кг	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Втрати від осипання, %	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3
Кг	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сума втрат: %	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,4	1,7	1,9	2,1	2,4	2,7
Т	0,12	0,24	0,36	0,54	0,72	0,84	1,02	1,14	1,26	1,44	1,62

Продовження таблиці 5.6

Параметри	Серпень			Вересень							
	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8
Середній за добу дефіцит насичення повітря, мб	13,5	12,8	11,2	7,8	3,4	1,8	0,7	1,2	4,4	4,7	7,0
Перевищення дефіциту насичення повітря наступного дня в порівнянні з попереднім днем, мб	0,7	-	-	-	-	-	-	0,5	3,2	0,3	2,3
Опади, мм	-	-	-	-	-	0,8	14,5	17,5	0,1	10,	-
Середня добова тривалість опадів, год.	-	-	-	-	-	6	14	15	3	3	-
Хід збору по днях, га	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-
Залишилось зібрати:											
25га	22,5	20,0	17,5	15,0	12,5	10,0	7,5	5,0	2,5	-	-
60г	42,67	36,37	30,31	24,31	17,50	11,0	6,0	4,0	2,0	-	-
Вологість зерна, яке зібрали, %	12,8	13,1	13,7	15,4	26,6	25,0	28,9	27,5	18,7	18,4	16,0
Втрати від недомолоту, %	1,0	1,0	1,0	1,7	5,3	14,0	24,0	15,0	3,7	3,5	-
	Кг	60	64	32	85	270	760	1250	770	160	154
Втрати від осипання, %	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,35	0,5	0,38	0,38
	Кг	172	120	115	90	55	33	18	30	10	-
Сума втрат: %	3,20	3,60	4,00	4,47	5,30	7,00	9,70	11,55	12,42	13,15	
	Т	1,85	2,02	2,19	2,36	2,69	3,47	4,72	5,52	5,69	5,85

З графіків (рис. 5.2) визначається величина втрат зерна за період збирання. У даному випадку втрати становлять 2.7 ц/га.

#### 5.4 Оцінка агрометеорологічних умов в період збирання картоплі

Метод оцінки агрометеорологічних умов періоду збирання картоплі запропонований А.М.Польовим [50] і ґрунтується на врахуванні умов зволоження орного шару ґрунту в декаду збирання, максимальної температури повітря та суми опадів в день збирання, а також вологості стійкого в'янення орного шару ґрунту.

Одержано рівняння зв'язку, що описує вплив агро-метеорологічних умов на втрати врожаю бульб картоплі при збиранні.

$$y = 3,55v + 0,01w^2 - 0,95w + 1,42t + 0,43r^2 - 1,38r - 1,20 \quad (5.13)$$

$$R = 0,73; \quad S_y = \pm 14,14; \quad n = 49$$

де  $y$  – втрати картоплі при збиранні, %;

$v$  – вологість стійкого в'янення орного шару ґрунту, %;

$w$  – запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту в декаду збирання, мм;

$t$  – максимальна температура повітря в день збирання, °С;

$r$  – сума опадів у день збирання, мм.

За допомогою цього рівняння розраховуються втрати врожаю бульб картоплі, які обумовлені впливом агрометеорологічних умов на якість збирання підкопуючими та просіюючими знаряддями карто-плезбиральних машин.

Розрахунки за рівнянням (5.13) спрощуються за допомогою графіків (рис. 5.3). За даними Л.О.Разумової [71], вологість стійкого в'янення супіщаних ґрунтів 1,5-4,0 %; легких суглинків – 3,5-7,0 %; середніх суглинків – 5,0-7,0 % та важких суглинків – 8,0 - 12 %.

При побудові графіків вологість стійкого в'янення взята для супіщаних ґрунтів – 2,8 %; легких та середніх суглинків – 5,6 %; важких суглинків – 10 %.

Ці графіки побудовані так: на осі абсцис відкладені запаси продуктивної вологи, на осі ординат – максимальна температура. Ізолінії відповідають втратам врожаю картоплі при збиранні. Крім того, для графіків розраховані поправки до одержаних величин втрат залежно від сум опадів у день збирання (табл. 5.8).

Визначена таким чином розрахункова величина втрат врожаю картоплі при збиранні характеризує міру сприяння агрометеорологічних умов проведенню збирання. За сприятливих агрометеорологічних умов втрати при збиранні на супіщаному ґрунті становлять менше 10 %; на легких та середніх суглинках – менше 15 %; на важких – менше 20 %. В залежності від градації втрат на різних за механічним складом типах ґрунтів визначається і відповідна оцінка агрометеорологічних умов (табл. 5.9).

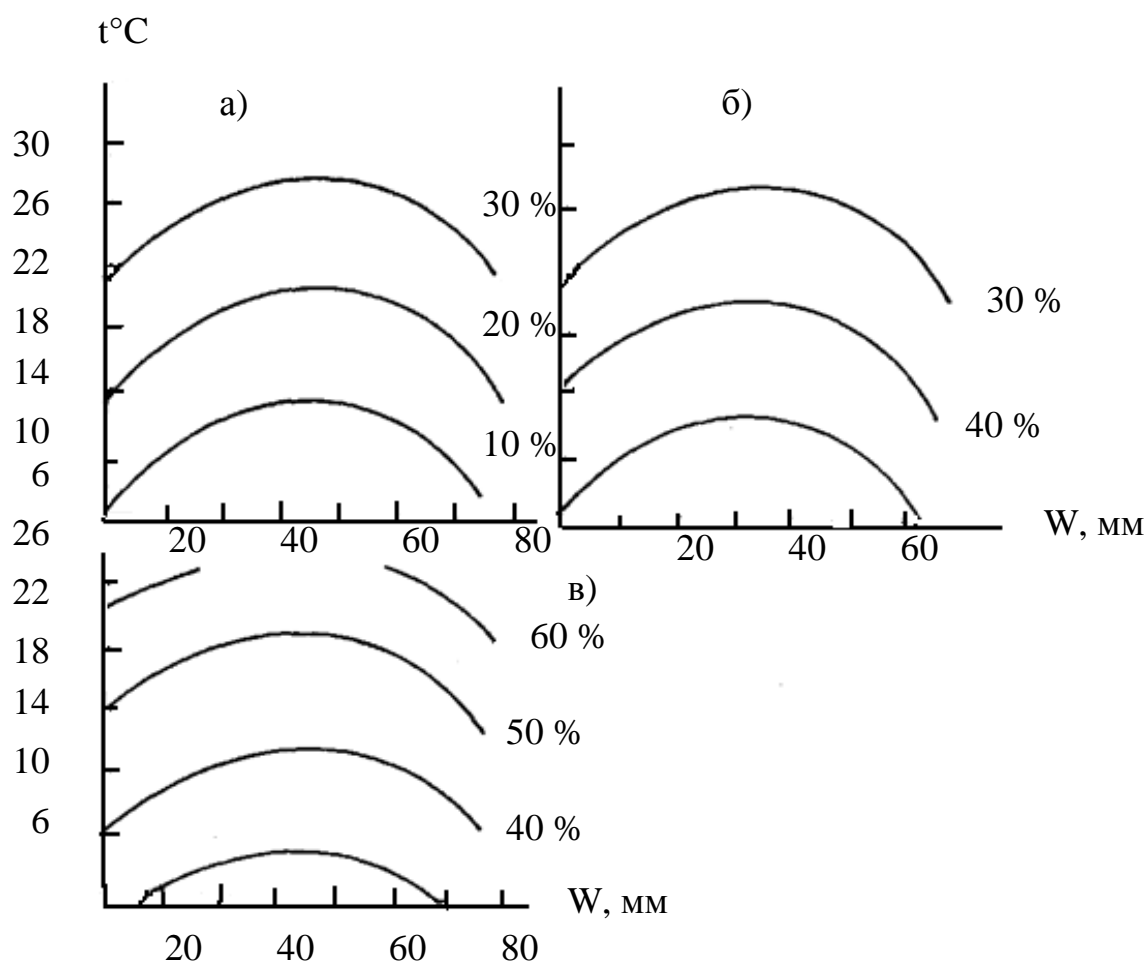


Рис. 5.3 – Залежність втрат урожаю картоплі при збиранні від температури повітря та запасів продуктивної вологи.  
а) супіщані ґрунти; б) суглинкові ґрунти, в) – важкі глинисті ґрунти.

Таблиця 5.8 – Поправки при визначенні втрат врожаю залежно від сум опадів у день збирання

Сума опадів у день збирання, мм	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Поправка, %	0	-1	-1	0	1	4	7	11	16	22

Розрахунок втрат врожаю і оцінка агрометеорологічних умов проводиться за кожен день з початку збирання картоплі.

Якщо втрати врожаю великі, то слід пропонувати господарству повторну оранку.

Таблиця 5.9 – Оцінка агрометеорологічних умов при збиранні картоплі

Оцінка умов	Втрати врожаю на різних типах ґрунтів, %		
	супіщані	легкі та середні суглинки	важкі суглинки
Добрі	<10	<15	<20
Задовільні	10-15	15-20	20-25
Недостатньо задовільні	15-20	20-25	25-30
Погані	>20	>25	>30

Дослідження І.А.Цубербілер показали, що після першого проходу картоплезбиральної машини бульби, що залишились поблизу поверхні ґрунту (ледь-ледь присипані ґрунтом), та бульби, що знаходяться глибше, повинні збиратись окремо, бо інакше велика кількість бульб буде знову закопана у ґрунт. Бульби, які знаходяться близько від поверхні ґрунту, легко збирати кінними або тракторними граблями, особливо після дощу. Але збирати їх треба швидко, бо вони зеленіють і втрачають смакові якості.

Дуже важливо, щоб повторна оранка була зроблена зразу ж за картоплезбиральною машиною (поки не просів ґрунт).

**Приклад:** Розрахувати оцінку умов періоду збирання врожаю картоплі. У день збирання максимальна температура повітря складала 12 °С; сума опадів – 1мм; ґрунт – опідзолений, супіщаний; запаси продуктивної вологи у орному шарі ґрунту – 25 мм. На графіку (5.3 а) знаходимо ізолінію, яка відповідає запасам вологи 25 мм та максимальній температурі 12 °С і записуємо втрати врожаю картоплі, що становлять 10%. Поправка на суму опадів (табл. 5.8) становить – 1 %. Таким чином втрати врожаю при збиранні картоплі складають у цей день 9 %. Умови для проведення збирання картоплі (табл. 5.9) в цей день були добрими.

#### Контрольні питання

1. Від чого залежить вологість зерна та соломи?
2. Які ви знаєте причини втрати зерна?

3. Як впливає на втрати зерна дощова погода?
4. Як розраховуються втрати зерна?
5. Від яких причин бувають втрати врожаїв картоплі?
6. Як впливають на втрату врожаю картоплі опади?
7. Як впливають запаси продуктивної вологи на втрати урожаю?
8. Як складається оцінка умов збирання урожаю картоплі?



## **6. ЕКОНОМІЧНІ НАСЛІДКИ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ЯВИЩ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ**

Україні притаманні майже всі види стихійних гідрометеорологічних явищ, що зумовлено, головним чином, її географічним положенням. Територія України та сусідніх з нею держав не захищена з півночі від північно – західних і «пірнаючих» циклонів та ультраполярних вторгнень. З півдня через високу імовірність частого збурення Середземноморської гілки планетарної висотної фронтальної зони, територія теж відкрита для вільного доступу південно-західних циклонів, які формуються над Середземним морем, та південних з акваторії Чорного моря і Малої Азії. Наявність гірських масивів та Чорного і Азовського морів призводить до ускладнення циркуляційних процесів і відповідного виникнення стихійних гідрометеорологічних явищ.

Циркуляційні процеси над Україною є складовою частиною циркуляції не тільки над Північною півкулею, але й над усією Землею.

Дуже сильні опади, крупний град, сильний вітер, шквали, смерчі, сильна ожеледь, сильне налипання снігу формуються внаслідок переміщення циклонів та активних атмосферних фронтів з хвилями; засуха, суховії, пізні весняні та ранні осінні заморозки є результатом впливу гребенів антициклонів; пилова буря виникає на периферії антициклону, в зоні підвищених баричних градієнтів.

Загальна циркуляція атмосфери над Північною півкулею має зональний характер: повітряні течії, переважно східного напрямку в нижній тропосфері тропічних і полярних широт та західний вітер до значних висот у помірних широтах. Зональне планетарне перенесення повітряних мас постійно порушується меридіональною циркуляцією, яка спричиняє міжширотний обмін та призводить до утворення великої кількості циклонів та антициклонів. Водночас у тому чи іншому регіоні земної кулі виникають блокуючі процеси різної інтенсивності, які є головними чинниками утворення переважної більшості стихійних метеорологічних явищ.

Внаслідок блокування виникають порушується західний перенос і циклони не можуть зонально переміщатись, в результаті чого виникають різкі аномалії метеорологічних величин на великих площах. А це, в свою чергу, спричиняє засухи, суховії, холодні безсніжні зими, пізні весняні чи ранні осінні заморозки.

Узагальненим відображенням просторового розподілу цикло- та антициклогенезу є центри дії атмосфери. Вони визначають планетарні течії тепла та вологи. Для Північної півкулі виділяється чотири пари таких центрів: Азорський максимум та Ісландський мінімум, Гавайський максимум і Алеутський мінімум, Сибірський максимум та Азіатський мінімум, Канадський максимум та Каліфорнійський мінімум. Зазначені

центри *разом* з полюсом циркуляції формують і розвивають атмосферні процеси великого масштабу.

Виникнення стихійних явищ у будь-якому фізико-географічному регіоні є результатом прояву фізичних процесів, що відбуваються в системі океан – атмосфера. Для України переважний вплив на термодинамічний режим мають динамічні процеси Атлантико-Європейського регіону. Перенесення тепла та вологи визначається, головним чином, дією таких центрів як Ісландський мінімум та Азорський максимум.

Найчастіше виникнення стихійних метеорологічних явищ пов'язане з активністю Середземноморської депресії. Вихід південно-західних та південних циклонів на територію України може збігатися з різними процесами у суміжних районах. Головне, щоб активізувався меридіональний тип циркуляції та утворилася глибока меридіонально орієнтована улоговина над Західною або Центральною Європою. Потужні циклони зароджуються у північних, центральних та східних районах Середземного моря залежно від орієнтації улоговини. Циклони стрімко переміщуються на територію України з великим запасом вологи. Якщо рух таких циклонів зупиняється блокуючим процесом, то це призводить до утворення великих горизонтальних градієнтів тиску, температури, посилення циркуляції, що спричиняє утворення екстремальних явищ.

Статистичний аналіз стихійних лих показує, що 90 % усіх небезпечних явищ мають метеорологічне або гідрологічне походження. Кількість негативного впливу *НГЯ*, які прив'язані з водою, кліматом та погодою в останні роки збільшується. Кількість *НЯ* коливається із року в рік. Для прикладу наводиться розподіл по роках *НЯ* та *НУП* по території Росії (І.Г. Грингоф та О.Д. Клещенко, 2011) (рис. 6.1).

В Україні створюються різні умови для виникнення та розвитку стихійних гідрометеорологічних явищ. Залежно від фізики утворення великомасштабних і регіональних синоптичних процесів, а також від особливостей фізико – географічних умов, які впливають на їхній розподіл по території, вони мають різні масштаби поширення.

Виникнення стихійних метеорологічних явищ найчастіше зумовлено майже одночасним розвитком меридіонально орієнтованої улоговини над західними і центральними районами Європи та потужних гребенів із заходу на схід від неї.

Аналіз повторюваності великих (за масштабом збитків) небезпечних явищ показує, що найбільше часто повторюються засухи – 50 % від загальної кількості *НЯ*, повені та тривалі дощі – (25 %) і ін., які наносять практично щорічно значні економічні збитки в тому, чи іншому районі. Статистичний аналіз стихійних лих показує, що 90 % усіх небезпечних явищ мають метеорологічне або гідрологічне походження.

Кількість негативного впливу *НГЯ*, які прив'язані з водою, кліматом та погодою в останні роки збільшується. Кількість *НЯ* коливається із року в рік. Для прикладу наводиться розподіл по роках *НЯ* та *НУП* по території Росії (І.Г. Грингоф та О.Д. Клещенко, 2011 ) (рис. 6.1).

Кількість *НЯ* коливається із року в рік. Для прикладу наводиться розподіл по роках *НЯ* та *НУП* по території Росії (І.Г. Грингоф та О.Д. Клещенко, 2011 ) (рис. 6.1).

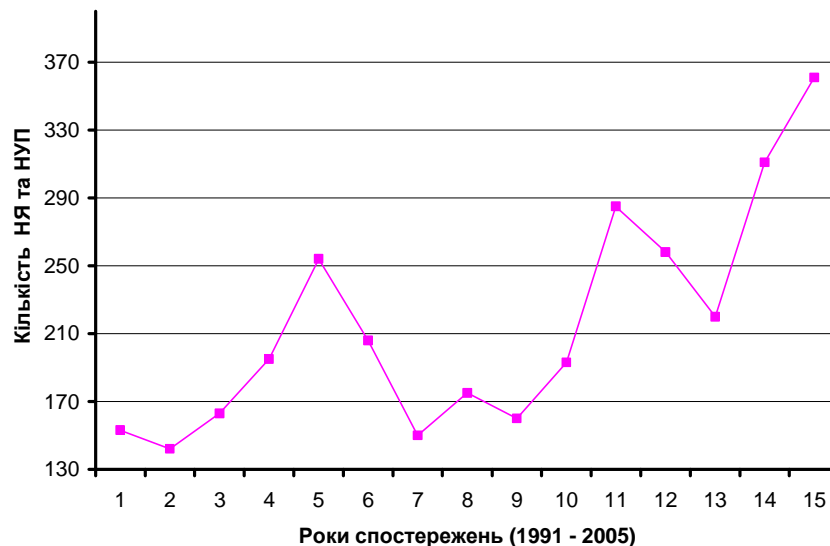


Рис. 6.1 – Розподіл загальної кількості *НЯ* та *НУП*, які нанесли соціальний і економічний збиток в Росії за 1991 – 2005 роки.

До найбільш вразливих галузей економіки для небезпечних гідрометеорологічних явищ відносяться сільське господарство, транспорт та житлово-комунальне господарство (рис. 6.2).

Сільське господарство України – це «цех» під відкритим небом. Обсяг сільськогосподарського виробництва, якість продукції врожаїв залежить від родючості ґрунтів, кількості сонячного світла, тепла та вологи, а також від рівня культури землеробства та екстремальних атмосферних явищ. За словами О.І. Воєйкова «...метеорологічні умови мають величезне значення для сільського господарства; людині необхідно вивчити клімат, щоб повернути його добрі сторони на свою користь і, по можливості, усунути вплив несприятливих умов ...».

Щороку у середньому те чи інше екстремальне явище спостерігається на території двадцяти трьох областей. Аналіз стихійних метеорологічних явищ дозволив виявити, в якій із областей України переважає те чи інше явище і яка область перебуває під найбільшим впливом будь – якого стихійного явища. На території майже всіх областей України переважає сильний дощ, окрім Херсонської та Луганської областей, де переважає

сильний вітер. У північно – східних областях, в Карпатах та АР Крим поряд із сильним дощем значна повторюваність і сильного вітру.

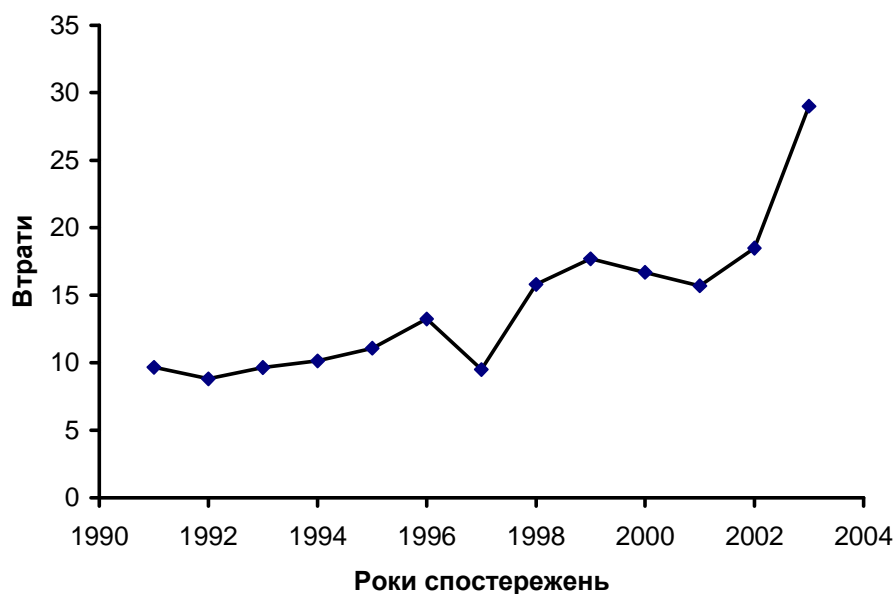


Рис. 6.2 – Економічні втрати в сільському господарстві (млн.грн) від небезпечних явищ та несприятливих умов погоди.

Дослідження показали, що найбільша кількість стихійних метеорологічних явищ припадає на АР Крим. Друге місце за повторюваністю стихійних метеорологічних явищ посідають області, розташовані на території Українських Карпат. Найменша кількість стихійних явищ припадає на Рівненську, Полтавську, Чернігівську та Житомирську області.

Дослідження В.Ф. Мартазінової, А.А. Гирсу [30] показали, що в останнє десятиріччя відбувається перебудова циркуляції атмосфери, почала переважати західна форма циркуляції, яка пов'язана з переміщенням центрів дії атмосфери на схід. Нові форми циркуляції змінюють стійке положення центрів циркуляції, що призводить до їх аномального стану і виникнення стихійних гідрометеорологічних явищ.

Екстремальні природні явища стають стихійним лихом лише тоді, коли вони впливають на населення та господарську діяльність людства. Серед природних чинників саме гідрометеорологічні умови в своїй безперервній зміні постійно впливають на господарську діяльність країн, континентів.

Не завжди негативний вплив гідрометеорологічних явищ буває відчутним відразу після його дії. Інколи негативний їх вплив проявляється через певний проміжок часу, завдає значних збитків населенню.

Лише в Європі за останнє десятиріччя від природних катаклізмів загинуло близько 40 тис. чоловік. За даними ООН щорічно стихійні лиха завдають збитків до 10 млрд. доларів США. Надзвичайно високі температури повітря, відсутність опадів впродовж тривалого періоду спричинили виникнення великої кількості пожеж у Росії у 2010 році та призвели до великих збитків у сільськогосподарському виробництві. У 2003 році сильна засуха завдала до величезних збитків у багатьох країнах Європи, в тому числі і в Україні.

В Україні фіксується багато стихійних гідрометеорологічних явищ. В середньому серед них переважають сильні опади (дощі, снігопади, сніг з дощем тощо) (майже 50 %). На сильний вітер, шквали та смерчі припадає близько 20% (табл. 6.1) [14].

Таблиця 6.1 – Кількість випадків (n) стихійних метеорологічних явищ в окремих областях та повторюваність (%) від загальної кількості (1986 ...2005 рр.)

Область	n	Середня кількість	%
АР Крим	536	26,8	15,9
Закарпатська	382	18,5	11,3
Івано-Франківська	381	18,7	11,3
Донецька	185	9,2	5,5
Львівська	166	8,6	4,9
Одеська	164	8,1	4,9
Херсонська	159	8,1	4,7
Чернівецька	140	7,0	4,2
Запорізька	133	6,8	3,9
Дніпропетровська	105	5,4	3,1
Київська	100	5,0	3,0
Харківська	96	4,9	2,9
Тернопільська	89	4,7	2,6
Хмельницька	88	4,3	2,6
Луганська	88	4,3	2,6
Миколаївська	85	4,2	2,5
Кіровоградська	78	3,9	2,3
Черкаська	76	3,8	2,3
Вінницька	64	3,2	1,9
Волинська	53	2,7	1,6
Сумська	51	2,6	1,5
Житомирська	44	2,2	1,3
Чернігівська	40	1,9	1,2
Полтавська	37	1,8	1,1
Рівненська	29	1,5	0,9

Одержані результати свідчать про мінливість стихійних гідрометеорологічних явищ. За останнє десятиріччя XX століття та перше десятиріччя XXI століття відзначається тенденція до збільшення частоти естремальних явищ як в Україні, так і в Європі. Це збільшення пов'язане з глобальними змінами великомасштабної циркуляції атмосфери.

Але нестійкість погоди: зміна вологих років засушливими, теплих зим – суворими, заморзки та зниження температур впродовж вегетаційного періоду, періодичні сильні зливи та град завдають значних збитків виробникам сільськогосподарської продукції та спричиняють значну мінливість валових врожаїв сільськогосподарських культур.

За даними наукових досліджень [85 – 87] лише третина території України знаходиться в зоні гарантованих врожаїв. На решті території посушливі умови весняно-літнього періоду, несприятливі умови перезимівлі та перезволоження ґрунту, заморзки, сильні зливи та град зменшують врожаї на 30 – 40 %. Значна втрата орних земель від вітрової та ґрунтової ерозії зменшує площі родючих земель. Тому фахівцям сільськогосподарського виробництва необхідно вміти ефективно використовувати ресурси клімату і погоди для підвищення продуктивності сільського господарства, вміти оцінювати екстремальні атмосферні явища та вживати відповідних заходів для зменшення дії несприятливих метеорологічних явищ. Для цього необхідно знати фізичні основи явищ і процесів, що відбуваються в приземному шарі атмосфери, та їх вплив на об'єкти і процеси сільськогосподарського виробництва. Для попередження або зменшення втрат в народному господарстві від несприятливих явищ необхідно також знати закономірності розподілу цих явищ по території та їх повторюваність в різні сезони року.

Не зважаючи на обмеженість відомостей про втрати та збитки в економіці від *НГЯ* була виконана оцінка розподілу збитків щодо основних галузей економіки (табл. 6.2).

За останні десятиріччя XX ст. і на початку XXI ст. проблема вивчення стихійних гідрометеорологічних явищ стала більш актуальною у зв'язку зі значним збільшенням кількості випадків та тривалості цих явищ, що пов'язано зі змінами в кліматичній системі, зумовленими як природними, так і антропогенними факторами. Така ситуація викликає занепокоєння світового співтовариства, окрім значних матеріальних, вона може призвести до зміни соціально – економічних та екологічних умов життєдіяльності людства.

За останніми даними, отриманими Міжурядовою Групою Експертів зі зміни клімату, до 2100 року очікується підвищення концентрації CO<sub>2</sub> на 90 – 250 % , значне підвищення концентрації метану та N<sub>2</sub>O, підвищення середньої температури на 1,4 – 5,8 °С. Це призведе до збільшення засух в континентальних районах середніх широт та подій, пов'язаних з

екстремальними опадами, до підвищення рівня світового океану на 10 – 88 см, зменшення льодовиків, танення вічної мерзлоти. Такі умови можуть змінити середовище проживання та цикл життєдіяльності носіїв хвороб, зменшити кількість водних ресурсів [14]. В табл. 6.3 наведені результати, отримані на основі розрахунків за середніми багаторічними даними та кліматичним сценарієм GFDL – 30 %, зміни основних кліматичних показників у порівнянні з середніми багаторічними.

Таблиця 6.2 - Сумарні економічні збитки від *НГЯ* в різних галузях економіки (Бедрицький О.І, Коршунов А.А., Шаймарданов М.З, 1991)

№п/п	Галузі економіки	Загальна кількість випадків	Збиток (млрд. дол.)	Ранг
1	Сільське господарство	494	27,36	1
2	Паливно-енергетичний комплекс	505	4,56	3
3	Авто- і залізничний транспорт	304	4,08	4
4	Будівництво	77	3,12	5
6	Лісове господарство	113	1,44	6

Одним із найважливіших спектрів впливу небезпечних явищ на різні галузі економіки є вивчення та аналіз гідрометеорологічної вразливості окремих територій та господарських об'єктів. Гідрометцентри включають *НЯ* та *НУП* і економічні показники, які виражені у масштабах економічних збитків від впливу *НЯ* та *НУП*, що зумовлені рівнем чутливості виробництва і господарських підприємств до нестійкості та мінливості погодних умов.

Важливим шляхом зменшення соціально-економічних збитків від *НЯ* є посилення ролі оперативно-інформаційної діяльності системи Укргідрометеорологічної служби, регулярного аналізу залежностей розвитку економіки від умов погоди та створення нових, сучасних методів середньодобового і довгострокового прогнозів погоди. Також очевидна необхідність подальшого розвитку і удосконалення системи спеціального гідрометеорологічного забезпечення погодозалежних галузей економіки.

В системі Української Гідрометеорологічної служби складено типовий перелік небезпечних явищ для різних областей економіки. В цьому переліку регламентується система доведення оперативної

Таблиця 6.3 – Зміна температури повітря , опадів та дефіциту насичення повітря вологою за сценарієм зміни клімату GFDL30 %, (1) в порівнянні з середніми багаторічними значеннями (2)

Показник	Травень			Червень			Липень			Серпень			Вересень			Жовтень	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Лісова зона																	
Температура, °С	1	15,4	15,7	18,3	22,1	22,2	23,5	20,1	21,0	20,7	25,4	24,3	22,7	22,2	19,9	17,9	15,7
	2	13,3	15,8	16,5	16,5	17,2	17,9	18,6	19,5	20,3	19,8	19,8	16,0	14,4	12,4	10,2	8,6
Опади, мм	1	15	18	14	26	31	35	33	53	37	36	27	23	19	12	10	10
	2	20	28	30	30	28	27	28	28	29	28	21	17	13	12	11	11
Дефіцит насичення повітря (мб)	1	5,0	6,9	8,3	8,7	12,3	12,5	14,0	9,4	10,4	10,0	14,5	13,6	12,3	12,4	10,7	9,4
	2	6,9	7,3	7,6	7,7	7,7	7,5	7,4	7,2	7,0	6,8	5,9	5,3	4,7	3,6		
Лісостепова зона																	
Темпе- ратура	1	13,1	15,9	15,9	18,0	18,6	22,5	22,6	23,9	20,6	21,5	21,2	25,8	24,8	23,2	22,7	20,4
	2	15,2	16,8	17,2	18,0	19,6	20,4	20,8	20,9	19,9	18,4	17,0	15,9	14,0	12,1	10,1	8,7
Опади,мм	1	13	15	18	17	12	28	33	36	26	49	33	37	15	21	18	9
	2	22	28	28	29	29	28	25	20	19	18	18	16	14	14		
Дефіцит насичення повітря	1	4,2	5,1	7,1	8,0	8,9	12,7	12,8	14,4	9,7	11,1	10,7	14,9	12,7	12,8	11,1	10,0
	2	8,7	9,3	9,7	9,9	9,9	9,9	10,0	10,0	10,0	10,0	9,7	9,1	8,1	7,0		



Продовження таблиці 6.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Північний Степ																		
Темпе- ратура , °C	1 2	15,6 17,4	17,6 18,3	19,9 19,4	20,3 20,6	24,0 21,4	24,1 21,7	26,2 21,5	22,6 21,7	23,4 21,5	23,1 20,3	27,3 18,7	26,6 16,6	25,0 16,4	23,4 13,2	21,0 12,5	18,8	16,1
Опади,мм	1 2	13 18	14 20	15 21	21 21	20 20	31 18	23 16	30 15	24 13	24 11	13 10	19 9	20 10	19 10	14 10	16	9
Дефіцит насичення 1 повітря,мб 2		5,0 10,4	8,3 11,0	9,9 11,7	10,0 12,4	14,5 13,0	14,7 13,0	16,3 13,0	12,3 12,4	13,2 11,8	12,9 10,3	16,1 8,3	15,5 6,3	14,2 5,8	13,2 5,2	11,6 4,6	10,0	8,1
Південний Степ																		
Темпе- ратура , °C	1 2	15,6 14,0	17,4 16,1	19,8 17,7	20,6 19,0	23,7 20,0	24,2 21,0	25,8 21,9	22,5 22,6	23,6 23,0	23,3 22,9	27,7 22,1	27,0 20,6	25,3 18,7	24,2 17,1	22,1 15,4	20,2	19,7
Опади,мм	1 2	11 11	14 13	14 16	20 18	25 19	26 19	22 16	34 14	29 13	25 13	16 13	20 12	17 11	18 11	21 10	18	7
Дефіцит насичення 2 повітря,мб	1	5,0 5,9	8,1 6,8	9,8 7,7	10,4 8,7	14,0 9,6	14,8 10,7	16,7 12,2	12,1 13,3	13,4 13,4	13,1 12,2	16,5 10,9	15,8 9,6	14,5 8,2	13,8 6,8	12,3 5,4	11,0	8,0

гідрометеорологічної інформації про виникнення небезпечних явищ. Небезпечні гідрометеорологічні явища фіксуються на мережі гідрометеорологічних станцій і в установленому режимі передаються в гідрометеорологічні центри.

Для зменшення дії несприятливих явищ необхідне передбачення їх та виконувати обслуговування народно-господарських організацій за схемою (табл. 6.4).

Як показує аналіз сценаріїв змін клімату, повторюваність небезпечних гідрометеорологічних явищ зростатиме.

Зміна кліматичних умов призведе до збільшення напруги термічного режиму. А це, в свою чергу, сприятиме збільшенню сумарного випаровування, що спричинить збільшення дефіцитів вологи для розвитку усіх сільськогосподарських культур [44]. Зміна кліматичних умов призведе до збільшення напруги термічного режиму. А це, в свою чергу, сприятиме збільшенню сумарного випаровування, що спричинить збільшення дефіцитів вологи для розвитку усіх сільськогосподарських культур [44].

Для зменшення дії несприятливих явищ необхідне передбачення їх та виконувати обслуговування народно-господарських організацій за схемою (табл. 6.4)

Таблиця 6.4 – Використання гідрометеорологічної інформації в сільському господарстві

Застосування ГМІ	Господарські рішення	Несприятливі погодні явища			Соціально-економічний ефект
		Перелік і критерії	Вплив	Запобіжні заходи	
<p><b>Фактична</b>  <b>Метеорологічна:</b>                      -температура повітря;                      -вологість ґрунту;                      -температура ґрунту;                      -опади;                      -швидкість вітру;                      -сніговий покрив;                      -атмосферні явища.  <b>Агрометеорологічна:</b>                      -запаси продуктивної вологи в ґрунті;                      -фенологічні спостереження;                      -несприятливі явища</p> <p><b>Прогностична</b>                      Попередження про НЯ.                      Короткострокові середньострокові прогнози.                      Прогнози запасів продуктивної вологи в ґрунті.                      Погноз тепло</p>	<p>На стадії оперативного управління:                      1.Підготовка до сівби ярих, пересів озимих, зміна структури посівних площ.                      2.Вибір оптимальних строків сівби ярих, норм внесення добрив.                      3. Коректування норм висіву, глибини закладки насіння.                      4.Коректування заходів щодо догляду за насінням.                      5.Визначення строків збирання с/г культур і</p>	<p>Температура повітря <math>-25^{\circ}</math> і нижче.                       Температура повітря <math>35^{\circ}</math> С і вище   <b>Заморозки</b> в повітрі і на поверхні ґрунту   <b>Вимерзання:</b> при невеликому сніговому покриві і температурі ґрунту на глибині вузла кушіння <math>-15^{\circ}</math>С і нижче.</p>	<p>Пошкодження і загибель плодових культур. Зниження продуктивності тварин.                       Пошкодження с/г культур (в період цвітіння череззерниця та пусте колосся). Зниження ваги тварин.                       Пошкодження овочевих, плодових і технічних культур.                       Пошкодження і загибель озимих посівів, багаторічних трав, кореневої системи</p>	<p>Підбір морозостійких сортів. Додаткове годування тварин, утеплення приміщень для тварин.                      Організація частішого водопою тварин.                       Вибір оптимальних строків сівби, захист садів, влаштування укриття.                       Снігонакопичення.</p>	<p>1. Отримання більш високих врожаїв.                      2. Зменшення витрат при збиранні врожаю.                      3.Отримання максимально можливих валових зборів урожаїв на основі оптимізації структури посівних площ.                      4.Вироблення більш раціональних агротехнічних прийомів для окремих районів країни.                      5.Вжиття попереджувальних заходів в залежності від</p>

<p>забезпечення. Прогноз перезимівлі. Прогнози врожайності. Гідрологічні прогнози.</p> <p><b>Режимно-довідкова</b> Метеорологічна Агрометеорологічна</p>	<p>оцінка умов збирання культур.</p> <p>6.Вибір оптимальних строків сівби озимих культур восени.</p> <p>7.Коректування заходів догляду за озимими культурами восени.</p> <p>8.Визначення строків початку випасу тварин і урожаю кормів.</p> <p>9. Уточнення строків і маршрутів перегону тварин.</p> <p><b>На стадії планування</b></p> <p>1. Перспективне планування розміщення с/г виробництва.</p> <p>2.Планування розміщення с/г культур, нових методів</p>	<p><b>Випрівання:</b> при високому сніговому покриві, слабкому промерзанні ґрунту, температурі ґрунту на глибині вузла кущіння мінус 5°С і вище.</p> <p><b>Льодяня кірка.</b></p> <p><b>Засухи і суховії.</b></p> <p><b>Град, зливи зі шквалами.</b></p>	<p>плодових культур.</p> <p>Вуглеводне виснаження, зрідження і загибель рослин.</p> <p>Пошкодження озимих культур і масове травмування тварин на пасовищах. Загроза недогодування.</p> <p>В'янення і загибель рослин. Миттєве зниження врожайності с/г</p>	<p>Вжиття заходів що до прискорення сходу снігового покриву.</p> <p>Руйнування льодяної кірки. Підвезення кормів на пасовища.</p> <p>Організація зрошення полів.</p>	<p>умов погоди, що очікується, для запобігання або зменшення можливих збитків.</p> <p>6.Найбільш раціональне планування поточних робіт.</p> <p>7.Покращення заключних економічних показників тваринництва.</p> <p>8. Оцінка ризику і страхування врожаю.</p>
--	---	--	--	--	--

	<p>виросування та збирання. 3.Планування робіт на вегетаційний період, на період перезимівлі та на період польових робіт, збору врожаю, проведення сівби.</p>	<p><b>Тривалі сильні дощі.</b></p> <p><b>Пилові і чорні бурі.</b></p>	<p>культур, садів, виноградників.</p> <p>Полягання зернових культур, пошкодження і загибель від граду с/г культур, садів, виноградників.</p> <p>Замулювання і змив посівів. Проростання зерна у валках.</p> <p>Видування рослин. Занесення рослин пиловидним ґрунтом або піском. Ерозія ґрунту.</p>	<p>Протиградовий захист с/г культур.</p> <p>Розпушування посівів. Пересів.</p> <p>Ґрунтозахисні сівозміни, куліси, лісосмуги.</p>	
--	---	---	---	---	--

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алпатьев А.М. Влагообороты в природе и их преобразования. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 322с.
2. Барабаш М.Б., Ткач Л.О., Гребенюк Н.П., Корж Т.В., Татарчук О.І. Сучасний і майбутній клімат України. // Зб. наук. Праць «Географія в інформаційному суспільстві». – Київ: ВГЛ Обрії, 2008. –Т.3. –С. 34- 36.
3. Безменов А.И., Розин В.А., Саврасов П.Х., Пастухов ВФ. Сельскохозяйственные мелиорации. – М.: Колос , 1974. – 235 с.
4. Бондаренко Н.Ф. Физические основы мелиораций почв. – Л.: Колос, 1975. – 257с. 6. Будыко М. И. Климат и жизнь. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 472с.
5. Бучинский И.Е. Засухи и суховеи. – Гидрометеиздат, 1976. – 214 с.
6. Вольвач В.В. Моделирование влияния агрометеорологических условий на развитие колорадского жука. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 239с.
7. Грингоф И.Г., Клещенко А.Д. Основи сільськогосподарської метеорології.-Обнинск: ФГБУ. Том 1. 2011. - 806 с.
8. Герасимов И., Звонкова Т. Стихийные бедствия: изучение и методы борьбы. М.: Прогресс. 1978. -216 с.
9. Гопченко Є.Д., Гушля О.В. Гідрологія суші з основами водних меліорацій. –Київ: Міністерство освіти України, Інститут системних досліджень. 1994. – 292 с.
10. Гопченко Е.СД., Лобода Н.С. Оценка возможных водных ресурсов Украины в условиях глобального потепления.// Гидробиологический журнал.-К.: Институт гидробиологии НАН Украины. – 2000.-Т.36, №3. – С. 67 – 78.
11. Гудзон Н. Охрана почвы и борьба с эрозией. – М.: Колос, 1974. – 304с.
12. Экология и безопасность жизнедеятельности. Под ред Л.А.Муравья. – М.: Юнити. 2000. - 445 с.
13. Івус Г.П., Баблюмян О.Д. Стихійні метеорологічні явища в Україні. – Одеса: «ТЕС», 2007. - 92 с.
14. Колпаков В.В., Сухарев И.П. Сельскохозяйственные мелиорации. – М.: Колос, 1981. – 327с.
15. Константинов Л.К. Защита сада от резких колебаний температуры и заморозков. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 112с.
16. Коровин А.И. Растения и экстремальные температуры. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 271с.
17. Культиасов И.М. Экология растений. – М.: изд. МГУ, 1982. – 381с.
18. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. -М.: ДРОФА, 2010. -640 с.

19. Лубнин М.Г. Методическое пособие по оценке и прогнозу агрометеорологических условий в периоды сева и уборки урожая зерновых культур. –Л.: Гидрометеоиздат., 1981. – 53 с.
20. Личикаки В.М. Перезимовка озимых культур, – М.: Колос, 1974. – 205с.
21. Литвинов И.В. Формирование и преобразование атмосферных осадков на подстилающей поверхности. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987.-231 с.
22. Ліпінський В.М., Сніжко С.І., Осадчий В.І., Бабиченко В.І., Мартазінова В.Ф. Глобальні зміни клімату та їх прояв на території України.// Зб. Наук. Праць « Географія в інформаційному суспільстві». – К.: ВГЛ Обрії, 2008, Т.3. –С. 141 – 147.
23. Логвинов К.Т., В.Н. Бабиченко, Кулаковский М.Ю. Опасные явления погоды на Украине.-Л.: Гидрометеоиздат. 1972. -234 с.
24. Макарова Л.А., Доронина Г.М. Агрометеорологическое обоснование оптимизации и защиты зерновых культур от вредной черепашки. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 144с.
25. Макарова Л.А., Минкевич И.И. Погода и болезни культурных растений. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 142с.
- 26.Макарова Л.А., Доронина Г.М. Агрометеорологические предикторы прогноза размножения вредителей сельскохозяйственных – Л.: Гидрометеоиздат, 1979.– 143с.
27. Мойсейчик В.А.Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 295с.
28. Мищенко З.А. Биоклимат дня и ночи. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 279с.
29. Методы проектирования водного режима осушаемых земель в Нечерноземной зоне / Под ред. С.И. Харченко, А.И. Климко. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 75с.
30. Мойсейчик В.А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 295с.
31. Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Энерго- и массообмен в системе растение – почва – воздух. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 357с.
32. Одум Ю. Экология Т.1. – М.: Мир, 1986. – 328с.
33. Одум Ю. Экология Т.2. – М.: Мир, 1986. – 376с .
34. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України. Під ред. проф. С.М. Степаненка, проф. А.М. Польового.- Одеса:, «Екологія», 2011 .- 696 с.
35. Опасные гидрометеорологические явления в Украинских Карпатах. Под ред. - К.Т. Логвинова. –Л.: Гидрометеоиздат. 1973.- 189с.
36. Пасечнюк Л.Е., Сенников В.А. Агроклиматическая оценка суховея и продуктивность яровой пшеницы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 128с.
37. Пасечнюк А.Д. Погода и полегание зерновых культур. –Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 212 с.

38. Полевой А.Н. Сельскохозяйственная метеорология.–Л.: Гидрометеиздат,1992. – 420с.
39. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Ситов В.М., Ярмольська О.Є. Практикум із сільськогосподарської метеорології. –Одеса, ТЕС. 2002.- 400 с.
40. Польовий А.М, Кульбіда М.І., Адаменко Т.І., Трохимова І.Т. Вплив змін клімату на сільське господарство півдня України //Міжвідомчий наук. 36. України: Метеорологія, кліматологія і гідрологія. –К.: КНТ, 2005.-Вип. 49. –С. 252 – 260.
41. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. VII. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 304с.
42. Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов. Т. 1 и 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1984.
43. Саноян М.Г. Агрометеорологические и агрофизические принципы и методы управления влагообеспеченностью посева. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 296 с.
44. Свисюк И.В. Погода и урожайность озимой пшеницы на Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 207с.
45. Свисюк И.В. Погода, интенсивная технология и урожай озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 226 с.
46. Стихийные метеорологические явления на Украине и в Молдавии. Под ред. В.Н. Бабиченко. –Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 225 с.
47. Стихийні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986 – 2005 рр.) За редакцією В.М Липінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабіченка. – Київ: Ніка – Центр. 2006. – 311 с.
48. Страшная А.И. Агрометеорологические условия перезимовки и формирования урожая семян многолетних сеяных трав на Европейской части СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 156 с.
49. Тооминг Х. Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.
50. Україна та глобальний парниковий ефект. Книга 2. Вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до зміни клімату. //За ред.. В.В. Васильченка, М.В. Рапцуна, І.В. Трохимової. – К.: Агентство з раціонального використання енергії та екології, 1998. – 208 с.
51. Устойчивость зерновых культур к факторам среды /Под ред. В.С. Шевелухи. – Минск: Ураджай, 1978. – 191с.
52. Физика почвенных вод. – М.: Наука, 1981. – 208с.
53. Федосеев А.П. Агротехника и погода. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 239с.
54. Федосеев А.П. Погода и эффективность удобрений. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 144с.
55. Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 372с.
56. Чирков Ю. И. Агрометеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 293с/



57. Шикун М.К., Ігнатенко О.Р., Кашитик та ін. Відтворення родючості у ґрунтозахисному землеробстві. К.: Оранта, 1998. 680 с.
58. Шульгин А.М. Климат почвы и его регулирование. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 340с.
59. Шульгин И.А. Растение и солнце. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 251с.
60. Швобс Г.И. Теоретические основы эрозиоведения. – Киев; Одесса: Высшая школа, 1981. – 124 с.
61. Кузмова К., 2003. Агрометеонорма. Академично издательство на Аграрния университет. Ufi
62. Марфи/іросфлН Р., 2000. Природны екокатастрофи и тяхното дистанционно изучаване. С. БАН.
63. Adams R. M. Global Climate Change and Agriculture: An Economic Perspective. American Journal of Agricultural Economics (1989) 71 (5):1272-79.
64. Alexandrov V. A., Hoogenboom G. The Impact of Climate Variability and Change on Crop Yield in Bulgaria. Agriculture and Forest Meteorology (2000) 104:315-27.
65. Berkes F, Jolly D. 2002. Adapting to climate change: social-ecological resilience in a Canadian western Arctic community. Conservation Ecology 5(2):118.
66. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Scientific Assessment of Climate Change. (1990) Report prepared by Working Group 1, New York, World Meteorological Organization and United Nations Environmental Program.
67. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). IPCC Second Assessment Summary for Policy Makers: the Science of Climate Change (1996) IPCC Mimeograph.
68. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Climate Change: the Scientific Basis (2001) <http://www.ipcc.ch/>.
69. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Special Report on Emissions
70. Сосунова И.А. Социально-экологическая ситуация в России. Состояние и факторы формирования //Бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов России.- М. 2001, №5
71. Яншин А.Д. Научные прблемы охраны природы и экологии. //Экология и жизнь. – 1999. № 3(11). –С. 6-9.

## ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- Агрометеорологічна оцінка 162
- Агрометеорологічні умови 82, 211 - 213
- Агроекологія 11
- Балова оцінка 15, 156
- Буревій 15, 25, 26
- Вегетаційний період 77, 78
- Вимерзання 79
- Випрівання 103 - 105
- Вимокання 112 - 115
- Вітер 15, 22- 24, 139 – 141
- Волога 52, 200 – 201
- Вологозабезпеченість 196
- Град 4, 15, 20 – 22
- Гідротермічний коефіцієнт 34, 41
- Гідрометеорологічна інформація 225
- Ґрунти 83
- Дефіцит насичення 31, 203
- Дефляція 136 – 141
- Дихання 76, 77
- Дощ 14, 17, 122, 123
- Жара 16
- Жук колорадський 185 - 187
- Живлення 74 – 76
- Забруднення 7
- Заморозок 15, 57 – 67
- Запаси вологи 38, 48
- Засуха 9, 31 – 38
- Зони ґрунтово – кліматичні 9
- Економічні наслідки 212
- Ерозія ґрунтів водна 117 – 125  
вітрова 136 -140
- Ефект парниковий 9
- Катастрофа природна 11
- Кірка льодяна 103
- Клімат глобальний 10
- Кліматична система 4
- Коефіцієнт водоспоживання 56,  
екологічний 186  
засушливості 48  
морозонебезпечності 98
- Критерій НГЯ - 14

засух 33 – 38  
суховіїв 42  
Лихо стихійне 216  
Метелик лучний - 171 – 173  
Морозостійкість 81  
Погода 14  
Пожежа 16, 27 - 29  
Прогноз 188  
Процес ерозійний 131  
    циркуляційний 3, 215  
Полягання посівів 152 – 158  
Популяція 164, 18- - 182  
Сарана 166  
Сніговий покрив 82 - 86  
Середовище 10, 194  
Сільськогосподарські культури 38, 134  
Смерч 15, 25  
Совка озима 164  
Суховій 15, 40 – 45  
Температура повітря 10, 33  
    знижена 72  
    критична 80 – 82, 88  
Урожайність 50  
Умови: соціально – економічні 4, 212  
    екологічні 4  
    природно – кліматичні 6  
    несприятливі 7, 200, 205  
    засушливі 45 - 48  
Фаза 47 - 48  
Фотосинтез 49, 76  
Фотоасиміляти 50  
Хвороба 194 – 196  
Черепашка шкідлива 167  
Шквал 24  
Шкідник 163  
Явище : атмосферне 6  
    гідрометеорологічне 3, 15  
    геліофізичне 7  
    геофізичне 7 – 8  
    екстремальне 5,11, 215, 218  
    небезпечне 14  
    несприятливе 4, 15  
    стихійне 8, 216, 219

## ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

1. Бабиченко В. Н. 4
2. Будико М.І. 4
3. Бучинський І.Є. 4, 41
4. Израель Ю.А. 4
5. Логвинов К.Т. 4
6. Кулаковська М.Ю. 4
7. Щербань І.М. 4
8. Швебс Г.І. 4
9. Волощук В.М. 4
10. Степаненко С.М. 4
11. Величко А.А. 4
12. Польовий А.М. 4
13. Давітая Ф.Ф. 32
14. Пенк А. 33
15. Прянішніков Д.І 33
16. Двид Р.Є. 33
17. Клосков П.І 34
18. Селянинов Г.Т. 34
19. Каменський А.А. 36
20. Іванов М.М. 36
21. Шашко Д.І. 36
22. Бова М.В. 36
23. Броунов П.І. 37
24. Уланова Є.С. 38
25. Процеров О.В. 38
26. Обухов В.М. 39
27. Дроздов О.А. 39
28. Кулик М.С 39
29. Федоров Є.Є 40
30. Софотеров Н.К 41
31. Цубербіллер О.О. 41
32. Смирнова С.І. 44
33. Страшна г. І 48
34. Пасечнюк Л.Є. 48
35. Степанов В.Н. 57
36. Гольберг І.А. 58
37. Коровін О.І. 64
38. Іванов С.М. 74
39. Жолкевич В.Н. 76
40. Лічикакі В.М. 82
41. Мойсейчик В.О. 82

42. Петунін І.М. 82
43. Окушко О.О. 82
44. Шульгін О.М. 82
45. Шиголєв О.О. 86
46. Свісюк І.В. 92
47. Шавку нова В.О. 101
48. Яшкіна І.І. 112
49. Белобородова Г.Г. 116
50. Константинов Л.К. 116
51. Слaстiхiн В.В. 122
52. Шикyла М.К. 118
53. Вєрвєчкo О.П. 133
54. Барaєв О.І. 139
55. Кaльaнoв К.С. 140
56. Дoгiлєвiч М.І. 144
57. Шiятий Є.І. 145
58. Пaсєчнiюк О.Д. 157
59. Дрyжєлiбoвa Т.С. 164
60. Мaкaрoвa Л.О. 164
61. Пoлaкoв І. Я. 171
62. Лyнiн М.Т. 202
63. Грiнгоф І.Г. 216
64. Клєщєнкo О.Д. 216
65. Шaймaрдaнoв М.З. 216

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	5
ВСТУП .....	7
1. Якість навколишнього середовища – проблема ХХІ століття.....	11
1.1 Екологічні проблеми, спричинені антропогенними змінами клімату.....	11
2. Небезпечні гідрометеорологічні явища та їх вплив на навколишнє середовище.....	16
2.1 Небезпечні гідрометеорологічні явища та їх критерії.....	16
2.2 Сильні дощі.....	19
2.3 Великий град.....	22
2.4 Вітер і екстремальні явища пов'язані з ним.....	24
2.5 Сильні пилові буревії.....	27
3. Небезпечні явища та їх вплив на продуктивність сільськогосподарських культур.....	33
3.1 Засухи і суховії .....	33
3.2 Критерії оцінки засух .....	35
3.3 Агromетеорологічні показники суховіїв .....	42
3.4 Засушливі умови і урожай.....	47
3.5 Заморозки .....	59
3.6 Знижені температури повітря .....	74
3.6.1 Вплив знижених температур на водний режим та мінеральне живлення.....	76
3.6.2 Вплив знижених температур та фотосинтез та дихання.....	78
3.6.3 Вплив знижених температур на розвиток і продуктивність рослин.....	79
3.7 Вимерзання рослин.....	81
3.8 Випрівання рослин.....	104
3.8.1 Випрівання зернових культур.....	104
3.8.2 Випрівання багаторічних сіяних трав .....	109
3.8.3 Вимокання рослин.....	111
3.9 Ерозія ґрунтів .....	116
3.9.1 Водна ерозія.....	116
3.9.2 Вітрова ерозія .....	136
3.10 Полягання посівів.....	154
4. Вплив факторів навколишнього середовища на розвиток і розповсюдження шкідників і хвороб сільськогосподарських рослин .....	165
4.1 Шкідники.....	165
4.1.1 Луговий метелик.....	173
4.1.2 Колорадський жук.....	187
4.1.3 Прогноз строків розвитку колорадського жука для	

визначення оптимальних термінів проведення хімічного обробітку картоплі.....	189
4.2 Вплив факторів навколишнього середовища на розвиток хвороб рослин.....	197
5. Оцінка впливу несприятливих умов в період збирання сільськогосподарських культур.....	203
5.1 Вплив агрометеорологічних умов на вологість зерна та соломи і проростання зерна у валках.....	203
5.2 Оцінка агрометеорологічних умов роботи комбайну.....	204
5.3 Розрахунок кількості втрат зерна за збирання в несприятливих умовах.....	208
5.4 Оцінка агрометеорологічних умов в період збирання картоплі .....	214
6. Економічні наслідки екстремальних явищ для виробництва сільськогосподарської продукції.....	218
Список літератури.....	231
Предметний покажчик.....	235
Іменний покажчик.....	237

*Навчальне видання*

Божко Людмила Юхимівна

**Оцінка впливу екстремальних явищ на продуктивність  
сільськогосподарських культур**

*(Навчальний посібник)*

Підписано до друку . Формат 60x84/16 . Папір офсетний.  
Друк офсетний. Ум друк. арк.  
Тираж 25 прим. Зам. №

---

Одеський державний екологічний університет  
65016, вул. Львівська, 15

---