

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/280315940>

Просторова агроекологія як основа прогнозу чисельності шкідників

Book · January 2015

DOI: 10.13140/RG.2.1.1014.4485

CITATIONS

0

READS

362

1 author:



Alexander Zhukov

Oles Hochar Dnipro National University

228 PUBLICATIONS 210 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



SPATIAL HETEROGENEITY OF INDUSTRIAL SOIL: ECOMORFICAL APPROACH / ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ТЕХНОЗЕМОВ: ЭКОМОРФИЧЕСКИЙ ПОДХОД [View project](#)



АДАПТИВНАЯ СТРАТЕГИЯ ОТБОРА ПРОБ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СООБЩЕСТВ ПОЧВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ УРОВНЯХ [View project](#)

О. Ю. Диченко
П.В. Писаренко
О.М. Кунах
О.В. Жуков

Tanymecus palliatus



ПРОСТОРОВА
АГРОЕКОЛОГІЯ
ЯК ОСНОВА ПРОГНОЗУ
ЧИСЕЛЬНОСТІ ШКІДНИКІВ

Міністерство освіти і науки України
Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара
Полтавська державна аграрна академія
Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет
Природний заповідник «Дніпровсько-Орільський»

О. Ю. Диченко, П.В. Писаренко, О.М. Кунах, О.В. Жуков

ПРОСТОРОВА АГРОЕКОЛОГІЯ ЯК ОСНОВА ПРОГНОЗУ ЧИСЕЛЬНОСТІ ШКІДНИКІВ

**Дніпропетровськ
2015**

УДК 631.95:631.618

ББК 41.2:40.6

Д 82

РЕЦЕНЗЕНТИ:

В. П. БЕССОНОВА, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри садово-паркового господарства Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету

М. М. ХАРИТОНОВ, доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри екології та охорони навколишнього середовища Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету

М. В. ТРИФАНОВА, кандидат біологічних наук, заступник директора природного заповіднику «Дніпровсько-Орільський» з наукової роботи

*Друкується за рішенням вченої ради факультету біології, екології та медицини
Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара*

*Друкується за рішенням науково-технічної ради Дніпропетровського державного
аграрно-економічного університету*

Друкується за рішенням вченої ради Полтавської державної аграрної академії

Друкується за рішенням науково-технічної ради природного заповіднику «Дніпровсько-Орільський»

Диченко О. Ю., Писаренко П.В., Кунах О.М., Жуков О.В.

Просторова агроекологія як основа прогнозу чисельності шкідників. Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2015. – 139 с.

У навчальному посібнику розглянуто принципи оцінки динаміки популяцій шкідливих комах та методичні підходи до прогнозування масового розмноження комах. Особливу увагу приділено розгляду методів моніторингу чисельності шкідників. Розкриті методичні підходи з застосуванням ГІС-технологій та аналізу даних дистанційного зондування Землі для визначення ролі ландшафтно-екологічного різноманіття у динаміці чисельності шкідливих комах. Обговорюється технологія динамічних карт для прогнозу чисельності шкідників сільського господарства.

Посібник розроблений у рамках програм підготовки докторів філософії за спеціальністю «Екологія» у галузі біологічних та сільськогосподарських наук. Може бути корисним для студентів вищих навчальних закладів, аспірантів, науковців, викладачів, співробітників природоохоронних установ та підприємств сільського та лісового господарств.

УДК 631.95:631.618

ББК 41.2:40.6

© Диченко О. Ю., 2015

© Писаренко П.В., 2015

© Кунах О.М.

© Жуков О. В., 2015

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ДИНАМІКА ПОПУЛЯЦІЙ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ	
МАСОВОГО РОЗМНОЖЕННЯ КОМАХ.....	5
1.1. Динаміка популяцій.....	5
1.2. Теоретичні уявлення про закономірності	
масового розмноження шкідливих комах	6
1.3. Популяційні цикли (екологічні коливання чисельності) комах.....	9
1.4. Методи прогнозування масового розмноження	
шкідливих комах	12
1.5. Моделювання динаміки чисельності шкідливих комах.....	13
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИНАМІКИ ЧИСЕЛЬНОСТІ	
ШКІДНИКІВ.....	18
2.1. Методологія досліджень	18
2.2. Методи досліджень	19
2.3. Методи обліку чисельності шкідників буряків цукрових.....	19
2.4. Територія та умови проведення досліджень	25
РОЗДІЛ 3. РОЛЬ ЛАНДШАФТНО-ЕКОЛОГІЧНОГО	
РІЗНОМАНІТТЯ У ДИНАМІЦІ ЧИСЕЛЬНОСТІ	
ШКІДЛИВИХ КОМАХ	34
3.1. Різноманіття типів ландшафтного покриву	
Полтавської області за даними GLC 2000	34
3.2. Роль різноманіття типів ландшафтного покриву в динаміці	
чисельності популяцій шкідників	38
3.3. Залежність динаміки чисельності популяцій шкідників від	
динаміки ландшафтного різноманіття.....	41
Висновки по розділу.....	48
РОЗДІЛ 4. ДИНАМІКА ЧИСЕЛЬНОСТІ ШКІДНИКІВ	49
БУРЯКУ ЦУКРОВОГО В ПОЛТАВСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	49

4.1. Динаміка бурякової та лободової щитоносок	49
4.2. Динаміка бурякової кореневої попелиці.....	60
4.3. Динаміка бурякової листової попелиці.....	70
4.4. Динаміка звичайного бурякового довгоносика	79
4.5. Динаміка сірого бурякового довгоносика	90
Висновки до розділу	100
РОЗДІЛ 5. ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА ДИНАМІКА	
РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ЯК ФАКТОР	
ДИНАМІКИ ЧИСЕЛЬНОСТІ ШКІДЛИВИХ КОМАХ.....	100
5.1. Оцінка варіювання у просторі та часі рослинного покриву засобами дистанційного зондування Землі.....	100
5.2. Динамічна карта <i>Aphis fabae</i>	110
5.3. Динамічна карта <i>Asproparthenis punctiventris</i>	112
5.4. Динамічна карта <i>Cassida nebulosa</i> та <i>Cassida nobilis</i>	114
5.5. Динамічна карта <i>Tanymecus palliatus</i>	116
Висновки до розділу	117
ЗАКЛЮЧЕННЯ.....	118
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	124
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	125

ВСТУП

Проблема динаміки популяцій упродовж тривалого часу залишається провідною проблемою в екологічних дослідженнях багатьох країн світу. Особливо актуальними є дослідження екологічних закономірностей динаміки популяцій, як основи біологічного (екологічного) прогнозування.

Концепція ландшафтно-екологічного різноманіття, як фактору стійкого функціонування агропромислового комплексу базується на піонерних працях М.П. Акімова [1]. Ці ідеї в аспекті вивчення комплексів шкідливої ентомофауни були творчо розвинені Л.Г. Апостоловим [2], В.П. Федоренко [3], В. О. Барсовим [4], О. М. Сумароковим [6, 208, 209].

Принципи сільськогосподарської екології М.Т. Масюка [5] дозволяють підійти до розкриття складних взаємодій живих організмів, умов середовища та діяльності людини у функціонуванні агровиробництва.

Українськими екологами А.С. Кобцем, С.О. Трибелем, Ю.І. Грицаном, М.М. Харитоновим, О.В. Жуковим, В.М. Чайкою, Є. М. Білецьким, учнями їх наукових шкіл та послідовниками були закладені підвалини методологічної циклічної динаміки популяцій комах з урахуванням геліобіологічної концепції О. Л. Чижевського. Крім того ними обґрунтована можливість прогнозування масового розмноження шкідливих комах із використанням поточного й прогностичного стану динаміки сонячної активності.

Однак, враховуючи те, що прогностичні моделі й досі розробляють на основі кількісних показників фітосанітарного стану будь-яких агроценозів, що вже відбувся, а також для всієї України в цілому, постає необхідність подальшого продовження дослідження екологічних закономірностей динаміки популяцій шкідників основних сільськогосподарських культур у окремих ґрунтово-кліматичних зонах країни.

Серед шкідників буряків цукрових комахам належить провідне місце: вони постійно або циклічно шкодять бурякам цукровим у різних природно-кліматичних зонах України. Недостатня вивченість екологічних закономірностей динаміки популяцій окремих шкідників буряків цукрових у Центральному Лісостепу України, відсутність надійних регіональних методів прогнозування початку їх чергових популяційних циклів визначили актуальність теми та доцільність її виконання на користь регіону буряківництва.

РОЗДІЛ 1. ДИНАМІКА ПОПУЛЯЦІЙ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ МАСОВОГО РОЗМНОЖЕННЯ КОМАХ

1.1. Динаміка популяцій

Важливим досягненням екології є створення вчення про популяцію. Динаміка популяцій (популяційна динаміка) – це зміна в просторі й часі чисельності, просторово-часової, статевої, фенологічної структури (організації), фізіологічного стану популяцій тощо. Тобто, динаміка популяцій – це

інтегрована їх відповідь на безперервно мінливі екологічні умови помешкання [5, 8]. При цьому всі динамічні процеси відбуваються в екологічно-структурованих мікропопуляціях (локальних популяціях), кожна з яких має особисту екологічну та генетичну структуру, що змінюється одночасно зі зміною чисельності популяцій [7-12].

Стосовно проблеми динаміки популяцій у теперішній час опублікована практично неоглядна кількість статей і монографій, проте й досі ця екологічна проблема залишається актуальною та недостатньо вивченою, особливо закономірності масового розмноження шкідливих комах та їх прогнозування в окремих регіонах.

Закономірності – це конкретне вираження універсального зв'язку, що охоплює певну царину явищ проблеми або людського суспільства [18].

Відомі основні два види закономірностей: якісні (еволюційні) та кількісні (динамічні) [14].

Для вивчення екологічних закономірностей динаміки популяцій та прогнозування, рекомендують використовувати якісні закономірності [15].

Використання якісних закономірностей узгоджується з теорією стійкості, що обґрунтована Ремі Томом [16] і заснована на дослідженнях динаміки біологічних систем.

Основний принцип цієї теорії – якісне пояснення явищ не є чимось другорядним для їх кількісного опису (як це часто приймалося у сучасній науці), а навпаки, воно має основоположний характер і звичайно є значно істотним [16].

До якісних показників, що характеризують багаторічну динаміку популяцій комах, відносяться хроніки їх масових розмножень, які інтегрують у собі вплив усіх екологічних чинників (геофізичних і космічних) [4, 7-8].

Масове розмноження – це екологічне явище, при якому чисельність будь-якого виду при його багаторічних циклічних коливаннях збільшується у декілька разів (порядків) і цей вид або популяція набуває господарського значення, істотно впливаючи і змінюючи одночасно трофічні та інші зв'язки в екосистемі [17].

1.2. Теоретичні уявлення про закономірності масового розмноження шкідливих комах

У ХІХ- початку ХХ століть наукові дослідження, як фундаментальні та і прикладні, були зосереджені в університетах України [19]. У Харківському університеті працювали відомі зоологи-екологи Ф.П. Кеппен і К.Е. Ліндеман. Кеппен Ф.П. [13] уперше проаналізував масові розмноження саранових в Росії і суміжних країнах за тривалий історичний період (понад 1800 років), визначив їх повторність через різні проміжки часу в залежності від динаміки сонячних плям і показав, що масові розмноження – це закономірний історико-екологічний процес. Пізніше Ф.П. Кеппен [1] опублікував огляд видового складу і екології комах, що шкодять бурякам цукровим, а у 1881 році уперше

обґрунтував концепцію чинників, що впливають на динаміку популяцій шкідливих комах [21].

Участь українських екологів, що працювали у науково-дослідних установах України, у дослідженнях закономірностей масового розмноження шкідливих комах показана в оглядовій роботі Є.М. Білецького [20].

У 1925 році В.Г. Аверін [22] переконливо показав повторюваність масових розмножень у часі важливих шкідників України. Гросгейм О.О. [23] масові розмноження шкідливих комах розглядав, як центральну проблему розвитку біосфери (В.І. Вернадського), а циклічність (періодичність), як основу цього прогнозування спалахів чисельності шкідливих комах. При цьому він критикував кліматичну та трофічну концепції динаміки популяцій комах, які не придатні передбачити масового розмноження шкідників, а головним чинником, що обумовлює спалах чисельності їх вважав плідність комах та її змінення під впливом «внутрішніх чинників».

У кінці 30-х років ХХ-го століття українські екологи виконали фундаментальні теоретичні дослідження популяційної динаміки шкідливих комах. У 1938 році була опублікована колективна монографія «Масові розмноження тварин і теорії градацій» [25]. У названій роботі було уперше виконано теоретичний синтез досягнень вітчизняних й іноземних екологів у галузі популяційної динаміки тварин, у тому числі шкідливих комах і закономірностей їх масових розмножень. Четвертий розділ цієї монографії призначено періодичності градацій та їх можливої залежності від багаторічної динаміки сонячних плям (сонячної активності або «космічної погоди» за О.Л. Чижевським). Висновок авторів монографії наступний: «не можна цілковито відкидати наявність періодичності градацій тварин (в тому числі комах) та їх залежності від динаміки сонячних плям». Дійсно, в той час (1938 р.) не було підстав щодо висновку про те, що сонячна активність є провідним чинником в динаміці популяцій.

У середині 40-х років минулого століття знову були відмічені регіональні й глобальні масові розмноження шкідливих комах як в Україні, так і в минулому СРСР. Саме з цього періоду в Києві у державному університеті ім. Т.Г. Шевченка були проведені всесоюзні екологічні конференції «Масові розмноження тварин та їх прогнози» у 1940, 1950, 1952 та 1962 рр. Серед опублікованих робіт у вигляді тез були теоретичні висновки відомого українського еколога І.Д. Білановського [26] «О массовых размножениях насекомых» та «Особенности массовых размножений насекомых и принципы их прогнозирования» [27]. У роботах І.Д. Білановського показана помилкова думка щодо ролі ентомофагів, як основних регуляторів динаміки популяцій комах, а також одностороннє ствердження щодо метеорологічних чинників і їх регуляторну роль.

Із робіт українських екологів можна зробити наступні висновки: екологічна роль природного добору в динаміці популяцій; низка найрізноманітніших чинників викликає добір, а градації залежать від різних

причин, тому спроби визначити універсальну причину всіх випадків градацій є хибними.

Річні прогнози, які розробляють на основі результатів осінніх обстежень з урахуванням погодних умов приречені на невдачу, тому що прогноз погоди на тривалий термін може бути складений лише в загальних рисах [27]. Після 1948 року дослідження в екології були практично згорнуті [28], основні положення в опублікованих роботах І.Я. Полякова [29-30] полягали у відкиданні закономірної повторюваності масових розмножень тварин, як закономірного екологічного процесу. При цьому екологія, як системна наука, по суті справи була позбавлена права на самостійне існування [28].

На початку 50-х років ХХ-го століття І.Я. Поляков [30] запропонував теорію змінення життєздатності популяцій. У світлі цієї теорії чисельність популяцій змінюється під впливом умов живлення, водного і теплового обміну та інших екологічних чинників, які впливають на енергетичні витрати та їх компенсацію. Але ця теорія є основою річного прогнозу і не вирішує проблеми масового розмноження тварин [17].

Узагальнення та аналіз теоретичних уявлень про динаміку популяцій комах виконав Г.О. Вікторов [31-32]. На його думку [31] коливання чисельності комах визначається взаємодією двох принципово різних процесів, а саме: модифікації та регуляції. З них модифікація обумовлена дією випадково мінливих чинників зовнішнього середовища (абіотичні), а регуляція обумовлена чинниками чисельності яких змінюється у відповідності на коливання чисельності регульованої популяції [31].

Відомий еволюціоніст І.І. Шмальгаузен [33] обґрунтував теорію саморегуляції чисельності. Мікроеволюційний процес згідно цієї теорії це:

- боротьба за існування усередині екосистеми;
- вплив екосистеми на популяцію шляхом прямої та непрямой загибелі її особин;
- природний добір фенотипів усередині популяції (перебудова її структури);
- схрещування і розмноження відібраних особин;
- індивідуальний розвиток згідно з успадкованою програмою за прямою регуляцією;
- вплив популяції на екосистему та боротьба за існування усередині екосистеми.

Шмальгаузен І.І. [33] вважав, що циклічні зміни чисельності популяцій вносять лише часткове обмеження панміксії у періоди депресії, однак її еволюційне значення безсумнівне.

Фундаментальні роботи І.І. Шмальгаузена з'явилися синтезом різних галузей біології, екології і генетики та довели закономірності онтогенезу і теорії еволюції.

У 1962 році Д.Ф. Руднєв [34] на прикладі масових розмножень шкідників лісу обґрунтував трофічну теорію динаміки популяцій. Згідно цієї теорії

головним чинником динаміки популяцій є погода, яка справляє опосередкований вплив на комах через стан кормових рослин.

Наприкінці 70-х років минулого року П.М. Рафес [35] запропонував біогеоценотичну теорію динаміки популяцій лісових комах. Її концептуальна основа – залежність зміни динаміки популяцій від біогеоценозу як надсистеми.

Аналіз наведених теоретичних уявлень дозволяє зробити наступний методологічний висновок: усі перелічені теорії пояснюють лише сезонну та річну динаміку популяцій шкідливих комах.

«Теорія динаміки чисельності виду повинна висвітлювати обидва процеси: поточні зміни чисельності та явища багаторічних її флуктуацій» [17, С. 200]. На думку А.О. Максимова [17], задача еколога полягає в тому, що на основі фундаментальних закономірностей розвитку спалахів масового розмноження прогнозувати дане явище.

Він стверджує, що спалахи масових розмножень тварин у агроєкосистемах – це типові явища, вони постійно повторюються і цей факт широко відомий. Однак слід мати на увазі, що багаторічна динаміка популяцій сільськогосподарських шкідників складається із чергування депресій і спалахів. Один сприятливий рік не може привести популяцію шкідника від мінімуму до максимуму. Спалах виникає не водночас, а на протязі низки років, що свідчить про постійний розвиток кліматичних та інших умов щодо росту чисельності шкідника. Його осередки на початку виникають локально, а лише потім при сприятливому (оптимальному) стані усіх чинників спалах поширюється на більш обширну теорію [17].

Аналогічну концепцію обґрунтував на початку 60-х років минулого століття японський еколог Міяшита Казуозі [36] при вивченні спалахів чисельності комах-шкідників, головним чином сільськогосподарських культур у Японії. При цьому він дійшов висновку, що по географічній ознаці спалахи розмноження можна розділити на дві обширні категорії, а саме: спалахи що поширюються та осередкові. У першому випадку раптовий ріст популяції спостерігається на початку в одному місці, а потім поступово, рік за роком, поширюється на великій території. Охоплена спалахом площа послідовно збільшується, а після досягнення піку чисельності різко скорочується. Осередкові спалахи виникають одночасно у багатьох місцях на обширній території [36].

Міяшита Казуозі [36] наводить багато чисельні приклади осередкових спалахів розмноження лісових шкідників у Європі та шкідників рисових полів у Японії. Класифікація Міяшита висуває одну з актуальних проблем популяційної динаміки шкідливих комах – проблему популяційних циклів та їх причини.

1.3. Популяційні цикли (екологічні коливання чисельності) комах

Переважає більшість екологів вважають, що популяційна динаміка залежить від різноманітності зовнішнього середовища, а остання, як відомо від

мозаїчності та екологічних коливань. Мозаїчність середовища забезпечує його непостійність у просторі, екологічні коливання – у часі.

Наприкінці 80-х років минулого століття було доведено, що популяції багатьох видів розселяються в місцях помешкання у вигляді окремих плям, створюючи так звані мета популяції [37]. А це висуває проблеми, що пов'язані із їх стабільністю на регіональному рівні: мета популяція являє собою системну взаємодію субпопуляцій (локальних популяцій), які можуть пересуватися у межах даного регіону [37].

Екологічні коливання відомі також як «хвилі життя»: «...«Волны жизни», как всякие волны, состоят из подъёма и падения; те случаи, когда происходит внезапное массовое появление какого-либо вида, представляющее некоторое время и кончающиеся уменьшением численности его снова до прежней нормы, будем называть «приливами жизни». И обратно – в тех случаях когда численность какого-нибудь вида внезапно опускается ниже его обычной нормы, происходят «отливы жизни». Вот вся совокупность этих явлений, этих приливов и отливов видовой жизни, и образует «волны жизни»..... Можно без всякого преувеличения сказать, что фауна ни минуты не бывает постоянной. С каждым днем, с каждым почти мгновением ее равновесие нарушается, одни виды переживают «приливы жизни», другие «отливы»; и в то же время с полным правом можно утверждать, что нет такого вида, который бы время от времени не испытывал этих «приливов» или «отливов»» [38, С. 77-78]. Пізніше «хвилі життя» були названі «популяційними хвилями» [40-41].

Для пояснення причин циклічних коливань чисельності були запропоновані декілька теоретичних концепцій, а саме: метеорологічна, випадкових коливань чисельності, взаємодії популяцій (хижак-жертва, паразит-хазяїн) та концепція трофічних рівнів. Однак, всі спроби пояснити циклічну динаміку популяцій взаємодією з метеорологічними чинниками поки залишаються невдалими [40].

Деякі закордонні екологи, а саме: Паллегрем [42] і Коул [43] вважають, що популяційні цикли є наслідком випадкових змін абіотичних і біотичних чинників. «Якщо ця теорія вірна, то жодний з чинників неможна вважати важливішим за інші» [40].

Концепція взаємодії популяцій є найбільш близькою до істини, має давню історію, але відомі й приклади, що її спростовують [40].

Автори концепції трофічних рівнів [44-45] пояснюють циклічність коливання тварин, в тому числі й комах, кругообігом біогенних елементів (головним чином фосфору), що змінюють поживну цінність рослинності. Ця концепція має чимало прихильників, але експериментально вона поки не підтверджена.

На початку 30-х років минулого століття М.П. Дубінін і Д.Д. Ромашов [46-47] на прикладі масових розмножень комах обґрунтували теорію генетико-автоматичних процесів (ГАП). При цьому довели, що на протязі усього життя популяцій комах відбувається перебудова їх генетичної структури. Генетико-автоматичні процеси особливо інтенсивні в період зниження чисельності

комах, при наростанні чисельності комах ГАП проходять повільно, але продовжується безперервно диференціація генетичного складу популяцій комах.

Для пояснення закономірностей популяційних циклів важливі деякі висновки І.І. Шмальгаузена [33], що наведені в його роботі «Факторы эволюции», а саме, мають місце чотири фази зміни чисельності комах.

Перша фаза – зростання чисельності в сприятливих умовах при послабленні природного добору – накопичення та комбінація мутацій (підвищення індивідуальної мінливості).

Друга фаза – відносна стабілізація, посилення конкуренції, а також прямої боротьби за існування – ефективний добір, спрямованих комбінацій та скорочення мінливості.

Третя фаза – більш або менш різке скорочення чисельності під тиском потужних лімітуючих чинників – з подальшим скороченням мінливості й частково, з випадковим виживанням деяких більш сприятливих комбінацій.

Четверта фаза – нове розмноження, що пов'язане зі швидким розмноженням генотипів, які вижили й подальшим накопиченням мутацій у популяціях.

Проте, для пояснення закономірностей просторово-часової повторюваності популяційних циклів та їх прогнозування, були необхідні подальші системні дослідження на новій методологічній основі з урахуванням фундаментальних досліджень О.Л. Чижевського та його послідовників стосовно проблем «Сонце – Земля» і «Сонце – Біосфера» [48].

Наприкінці 80-х, початку 90-х років минулого століття Є.М. Білецький [4] на основі синтезу теоретичних уявлень вітчизняних і закордонних дослідників та особистих монографічних досліджень масових розмножень 70 видів комах-шкідників сільськогосподарських рослин і лісових насаджень обґрунтував синтетичну теорію циклічності динаміки популяцій та її технологічне рішення, щодо розроблення багаторічного (стратегічного) прогнозу масового розмноження шкідливих комах. Її концептуальна основа – зв'язок, взаємодія і синхронізація розвитку біосфери, біогеоценозів і популяцій з космічними, кліматичними та трофічними (врожайність сільськогосподарських рослин) циклами. Циклічність, як всезагальна фундаментальна закономірність розвитку і функціонування будь-якої природної системи пояснює повторюваність масових розмножень комах та інших організмів у просторі й часі та є об'єктивним критерієм для прогнозування їх популяційних циклів.

Основні слідства, що витікають із даної теорії:

Багаторічна повторюваність масових розмножень комах – закономірний автохвильовий процес розвитку і функціонування популяцій, синхронізований з циклами сонячної активності (її різких змін у часі), погоди і клімату, що визначають енергетичні ресурси (трофічну базу) і просторово-часову організацію популяцій (генетичну і екологічну).

Теорія циклічності динаміки популяцій виконує описову, пояснювальну, синтезуючу і прогностичну функцію. Вона через закон циклічності об'єднує раніше запропоновані біогеоценотичну, кліматичну і трофічну концепції.

На основі теорії циклічності динаміки популяцій розроблено міжсистемний метод прогнозування масового розмноження комах [4].

Сутність міжсистемного методу полягає в тому, що за поведінкою однієї системи в момент прогнозування – сонячної активності (її різких змін), прогнозується в майбутньому поведінка іншої системи – динаміки популяцій. Обидва процеси – сонячна активність і динаміка популяцій є однаковими, тобто циклічними, з однаковим періодом. Загальним джерелом цих систем є процеси сонячної активності.

У подальшому в результаті історико-статистичного аналізу циклічності сонячних, атмосферних і біосферних процесів та теоретичних узагальнень були обґрунтовані наступні положення [12]:

- циклічність – це фундаментальна властивість динаміки й функціонування природних систем; один із універсальних принципів еволюції природи і суспільства;

- циклічність притаманна усім нині відомим рівням біологічної організації матеріального світу: від молекулярно-генетичного, організменного, популяційно-біогеоценотичного, біосферного до космічного;

Циклічність більшості процесів, протікаючих на Землі, можна пояснити, з однієї сторони, постійним впливом зовнішніх космічних чинників (сонячна і магнітна активність, сонячна і космічна радіація та ін.), з другої – постійною рухомістю перемішувальних мас речовини, енергії та інформації в умовах відносно замкнутого простору нашої планети [48, 50].

Пізнання екологічних закономірностей циклічної динаміки природних систем – це основа для прогнозування [12].

1.4. Методи прогнозування масового розмноження шкідливих комах

Прогнозування – це процес розроблення прогнозів [50-51]. *Методика прогнозування* – сукупність методів і правил розроблення прогнозів конкретних об'єктів [50-51]. *Метод прогнозування* – спосіб дослідження об'єкту прогнозування, спрямований на розроблення прогнозу [52, С. 77].

Прогноз у захисті рослин – це екологічний прогноз [4, 50]. Екологічне прогнозування, як складова частина прогнозування – наука про закономірності розроблення прогнозів не лише підпорядкована її основним поняттям, а й має специфічні особливості, що пов'язані з вивченням живих систем [4]. У основі екологічного прогнозування – пошукове прогнозування із орієнтацією на передбачення майбутнього стану явища. У основі екологічного прогнозування, як і будь-якого іншого три джерела інформації про майбутнє:

1. Оцінка майбутнього стану явлення, системи на підставі доводу, аналогії із відомими явищами і процесами;

2. Умове продовження в майбутнє тенденцій, закономірностей, що були виявлені в минулому і добре відомі в теперішньому;

3. Модель майбутнього стану явища або системи, що побудовані на основі закономірностей, або даних які уже є у наявності.

Ці три джерела інформації визначають і три засоби прогнозування: експертні оцінки, екстраполяція й інтерполяція та моделювання.

У той же час вивченість багатьох біологічних систем ще поки недостатня і не охоплює усіх питань їхньої організації [4].

Відомо, що усі фітосанітарні (екологічні) прогнози нині розробляють на основі експертних оцінок поточного стану агроєкосистем і складаючих їх популяцій з екстраполяцією закономірностей із теперішнього в майбутнє. Але теперішнє, згідно положення нерівноважної термодинаміки, не містить інформації про майбутнє [52].

Прогноз у світлі теорії динаміки популяцій – це історія, зорієнтована з минулого в майбутнє, тому що популяції – це надто складні біологічні системи, які мають «пам'ять» у минулому і передають інформацію від популяції до популяції згідно еволюційної тріади: мінливість, спадковість, природний добір [53]. На основі цього застосовують методи екстраполяції, які дають змогу оцінити майбутній стан системи за результатами спостережень минулого і теперішнього стану, використовуючи при цьому імовірнісні закони змін її характеристик. Маючи минулі й теперішні дані про стан системи (популяції) і знаючи її передісторію й теперішній стан, необхідно мати статистичний зв'язок між значеннями теперішнього і наступними проміжками часу [5].

Проте повторюваність популяційних циклів комах у часі ще не означає однозначність минулого і майбутнього, відомо, що повторюваність містить ознаки минулого, але на новій основі. А тому, усі без виключення біологічні (екологічні, фітосанітарні та ін.) прогнози мають імовірнісний характер [4-5, 53-54]. Вони дозволяють передбачити лише якісні тенденції динаміки популяцій у майбутньому, тобто імовірнісний сценарій майбутнього [55].

Метод прогнозування по аналогії або аналогово-історичний метод [5, 55] засновані на порівняльному аналізі стану об'єкта в минулому (як аналога) і прогнозуванні конкретного об'єкта в майбутньому з урахуванням закономірностей аналога. При цьому немінучі відмінності, тому що минуле не може точно повторитися в майбутньому [5].

1.5. Моделювання динаміки чисельності шкідливих комах

Моделювання – це дослідження будь-яких реально існуючих предметів, процесів, явищ і конструювання об'єктів шляхом будівництва й вивчення їх моделей. На моделюванні базуються методи наукових досліджень як теоретичних, так і експериментальних.

Для екологічного прогнозування на основі моделювання динаміки чисельності комах важливі деякі загальні принципи [5]:

- не всі зв'язки в екосистемі істотні, тому немає необхідності вивчати їх усі. Проте виявити найбільш важливі зв'язки принципово необхідно;
- структура (організація) екосистеми для прогнозування важливіша, ніж її кількісні характеристики (чисельність, щільність, біомаса та інші);

- зміни однієї змінної величини можуть визвати несподівано зміни інших;
- наслідки впливів не обов'язково відбуваються раптово та послаблюються постійно. Можливе істотне запізнення в прояві ефекту діяння того чи іншого фактора;
- стратегії змін навколишнього середовища, що скорочує її мінливість у просторі й часі, необхідно завжди ставити під запитання.

Сорок років тому (1974 р.) А.В. Заговора, Є.М. Білецький та П.П. Ліптун виконали історичний аналіз багаторічної динаміки чисельності шкідливої черепашки в Харківській області за період 1947-1990 рр. у порівнянні зі змінами сонячної активності, вираженої у числах Вольфа (W). На їх основі розроблено рівняння регресії, як модель прогнозу середньої щільності клопів у місцях зимівлі в області й окремої локальної популяції (Куп'янської, яка відома з 1903 р.). При дослідженні моделі виявилось, що в окремі роки прогностична і фактична щільність клопів не співпадали [57-61], а масові розмноження виникали на різних фазах динаміки сонячної активності (в мінімумі, максимумі, на гілках підйому і спаду) [62].

На початку та в кінці 80-х років минулого століття С.О. Трибель [63-64] розробив математичні моделі прогнозування масового розмноження лучного метелика в ареалі його поширення і в Україні, також з використанням фактичних і прогностичних чисел Вольфа (W). Він показав [64], що періодичність спалахів розмноження лучного метелика співпадає з 11-річними циклами сонячної активності. При цьому початок кожного циклу масового розмноження лучного метелика починається на півдні ареалу через 1-3 роки після максимуму чисел Вольфа в 11-ти річному циклі сонячної активності. Поступово охоплення території спалахом розширюється, а за рік до мінімуму сонячної активності (СА) або в її мінімум, а також через один рік після нього, ареал спалаху досягає максимуму. Після нього починається падіння в розмноженні цього шкідника на протязі 3-4 років і наступає депресія. На основі багаторічної динаміки заселеності сільськогосподарських угідь пронімфами лучного метелика автором [64] розроблено прогностичне рівняння регресії (модель прогнозу). Згідно моделі початок чергового циклу спалаху розмноження прогнозувалося в 1993 році, пік спалаху припадав на 1996–1997 роки. Для України цей прогноз не справдився, але справдився для східних регіонів в минулого СРСР.

Аналіз динаміки середньої щільності зимуючого запасу лучного метелика в Україні (дані Укрдержзахисту) на хід сонячної активності з 1972 року, показали [65], що кореляційний зв'язок між багаторічною динамікою чисельності лучного метелика та динамікою чисел Вольфа дуже низький ($r = - 0,20$).

Несумісність математичного аналізу з логічним моделюванням автори [65] пояснюють наявністю мета популяцій, що складаються з напівізольованих локальних популяцій з різкими генетичними популяційними структурами. У свою чергу загальна динаміка мета популяцій визначається сумарним станом

локальних популяцій [5, 8, 10, 37, 65]. При цьому – «Слід мати на увазі, що ареал лучного метелика включає 14 країн Старого і Нового світів. За нашими розрахунками, площа його ареалу становить близько 11552 тис. км², при цьому площа України не перевищує 5,22% цього показника. Аналіз показників динаміки тільки по Україні без урахування стану популяції в ареалі нівелює математичний зв'язок сонячного впливу на динаміку лучного метелика.....» [65, С. 22-23].

Аналогічну думку підтримує А.М. Фролов [75], він наголошує, що річний й короткостроковий прогнози дієві лише для місцевих (локальних) популяцій лучного метелика. Ґрунтуючись на 11-ти річні цикли сонячної активності удається з похибкою в один – два роки прогнозувати початок і оцінити очікуваний масштаб масового розмноження цього шкідника [75].

У 2003 році В.Л. Мешкова [66] показала, що її спроби визначити зв'язок між площами осередків комах-хвоєлистогризів із значеннями чисел Вольфа (W) виявилися безуспішними ($r < 0,1$; $P > 0,1$). При цьому коефіцієнти кореляції перевищували 0,6 для окремих періодів, коли площа осередків зростала або знижувалася, але через тривалість таких періодів не більше від 5 років зв'язок не можна вважати достовірним [66].

До цього ще німецький ентомолог Климетцек [76], також опублікував аналіз зв'язку масових розмножень п'ядуна соснового, совки соснової, шовкопрядів (монашки й соснового) та соснових пильщиків у ФРГ за період 1810-1970 рр. з динамікою сонячної активності вираженої числами Вольфа [76]. Аналіз коефіцієнтів розмноження дев'яти географічних популяцій шкідливої черепашки в Україні за період 1947-2002 рр., підтвердив не придатність чисел Вольфа для прогнозування чисельності цього шкідника [77].

Проте й досі для прогнозування динаміки чисельності звичайного бурякового довгоносика і метелика лучного використовують показники чисел Вольфа [67-68] при моделюванні. А вчені Всесоюзного інституту захисту рослин [71] аналізуючи за допомогою автокореляційного методу динаміку, оброблених проти лучного метелика площ в Росії, підтвердили гіпотезу про 11-ти річну циклічність масових розмножень цього шкідника, а кросс-кореляційний аналіз показав статистично істотний зв'язок з коливаннями сонячної активності, вираженої річними числами Вольфа [71]. Їхні розрахунки підтвердили тезис про те, що ареал метелика лучного пульсує, особливо при значних числах Вольфа [64]; зв'язок рівня сонячної активності в період її мінімуму ($r = 0,69$; $P = 0,06$).

Згідно літературних даних [71], в 2008 році у ряді суб'єктів Російської Федерації почався черговий спалах масового розмноження метелика лучного, а саме, у Забайкаллі, де щільність його гусениць перевищувала економічний поріг шкодочинності (ЕПШ) й була на 80%-х заселеної площі. У цей же рік Примор'ї загинуло близько 6,9 тис. га посівів. У 2009 році заселена шкідником площа лише в Амурській області перевищувала 400 тис. га. Лучний метелик у масі відмічений у Бурятії, Алтайському і Красноярському краях, Іркутській,

Новосибірській, Кемеровській, Омській і Томській областях, Хакасії і навіть на Сахаліні [71].

Початок чергового масового розмноження метелика лучного в Україні у 2011 році С. Трибель і О. Стригун [73-74] пояснюють тим, що спалаху чисельності сприяла вікова, 22-х і 11-ти річна циклічність сонячної активності, з якою до певної міри корелює погода та створення оптимальних екологічних умов, що сприяли високій потенційній плодючості, життєздатності фітофага в Сумській, Полтавській, Харківській, Запорізькій, Дніпропетровській, Донецькій, Кіровоградській і Черкаській областях [73-74]. Так, наприклад, у 2011 році у деяких господарствах Полтавської області пошкодження буряків цукрових набрало загрозливого стану. На сої зафіксовано до 40 екз./м² шкідника; на буряках цукрових до 100, соняшнику – 200, овочевих – 100 екз./м² [72].

Федоренко В. [72] зазначає, що біологія метелика лучного вивчена досить добре, виявлені причини масових розмножень і складено їхній багаторічний прогноз. Вивчено структуру популяцій у різних регіонах України, особливості діпаузи, міграції метеликів та шкідливість гусені, розроблено логічні й математичні моделі прогнозу. Побудовано концепцію динаміки популяцій сільськогосподарських культур і принципи управління нею. Спираючись на відкриття засновника геліобіології О.Л. Чижевського [48], доведено закономірності циклічного розмноження метелика лучного, які узгоджуються з циклами сонячної активності [72]. «Незважаючи на всі ці досягнення науки, практику їхнього застосування метелик лучний завжди з'являється несподівано і раптово....» [72, С. 89].

Проте зв'язок між чисельністю метелика лучного й циклами сонячної активності вдається простежити лише в тому випадку, якщо розглядати її зміни не в окремій області або регіоні, а лише в ареалі [71]. Це питання потребує ретельного вивчення, від нього залежить достовірність прогнозу метелика лучного в окремих регіонах.

У 2009 році С.В. Довгаль [70] опублікував монографію «Моделі прогнозу та розмноження фітофагів», узагальнивши багаторічні кількісні дані (щільність) коваликів, совки озимої, стеблового кукурудзяного метелика, колорадського та картопляного жука, клопа шкідливої черепашки, хлібних жуків, звичайного та сірого бурякових довгоносиків, метелика лучного, совки капустяної, яблуневої плодожерки та інших шкідників на прикладі Запорізької, Черкаської й Волинської областях. На основі баз даних Головдержзахиту він розробив багатofакторні регресійні моделі прогнозу шкідливих комах на наступний рік (сезон) в кількісних показниках.

Відомо, що температура повітря має нелінійний вплив на шкідливих комах [31] і навряд чи може бути провідним чинником в динаміці їх популяцій.

Багаторічні дослідження екології комах В.М. Чайкою [78] показали, що будь який впливовий екологічний фактор може бути ключовим для одного локального угруповання комах та другорядним для іншого. При існуючій ієрархії впливовості абіотичних чинників на динаміку популяцій, головними

повинні бути довготривалі змінні з високим рівнем ієрархії – космічні, планетарні, сезонні, клімат, погода. У процесі еволюції цикли цих чинників формували генетичні програми, тому їх контроль за ходом реалізації програми повинен бути достатньо тісним [78].

І далі, специфіка адаптивних стратегій у різних видів комах-фітофагів вказує на існування різноманітних механізмів, що визначають динаміку популяцій. «... Такий стан речей дає змогу припустити, що, з одного боку, неможливо побудувати універсальну прогностичну модель динаміки чисельності, а з другого – існуючі експериментально та теоретично обґрунтовані моделі мають місце в природі, але їх прогностичні можливості маловірогідні... » [78, С. 7].

Як вважає В.М. Чайка [78], теоретично надійний прогноз динаміки чисельності видів комах, що дають спалахи масових розмножень, можливий у період, коли популяція знаходиться у відносно стабільному стані: фази депресії, спаду або зростання чисельності.

На основі аналізу наукової літератури і особистих результатів багаторічних досліджень екології, етології та фізіології комах-шкідників сільськогосподарських культур В.М. Чайка [78] уперше обґрунтував еколого-фізіологічну теорію механізмів динаміки популяцій комах-фітофагів. Ця теорія інтегрує всі існуючі факторіальні теорії, зумовлює існування ієрархії екологічних факторів – генетична програма, космічні та планетарні цикли, клімат, погода тощо, більш того, вона пояснює відсутність універсальних ключових факторів, визначаючих динаміку чисельності комах. А наявність ендегенної складової динаміки популяцій пояснює статистичний зв'язок масових розмножень комах з циклами сонячної активності, тобто конкретний механізм теорії циклічності динаміки популяцій [78].

Узагальнивши багаторічні матеріали досліджень вітчизняних та закордонних екологів В.М. Чайка та співавтори [8] дійшли до висновків, що популяційна динаміка є багаторічною а це, свідчить про обмежену можливість алгоритмів прогнозування на ґрунті передбачення агрокліматичних предикторів. Прогностичні математичні рівняння розраховують на основі аналізу багаторічних кількісних даних, тобто даних, які характеризують процес динаміки чисельності, який вже відбувся. А тому прогнозувати на їх основі майбутні події, на думку авторів, мало вірогідно [8].

За останні три десятиліття стосовно проблеми «Сонце-Земля» і «Сонце-Біосфера» виконані фундаментальні дослідження, які підтвердили геліобіологічну концепцію О.Л. Чижевського. Стало очевидним, що клімат і погода Землі, динаміка біосферних процесів знаходяться під контролем «сонячної погоди» (сонячної активності) [79-93]. Нині вже доведено, що масові розмноження різних комах відбуваються не періодично, а циклічно, тобто через різні проміжки часу. Вони пов'язані не лише з абіотичними (геофізичними) чинниками, а й з багаторічною динамікою сонячної активності, насамперед її різких змін у 11-ти річних циклах [2, 4, 6, 9, 12, 17, 20, 61, 63-64, 69, 72-73, 75].

«У теперішній час більш-менш надійно прогнозувати чисельність та поширення шкідників з урахуванням поточного стану сонячної активності й статистики масових розмножень різних популяцій» [8, С. 126-127]. А ймовірніше прогнозувати початок чергового популяційного циклу з урахуванням різких змін сонячної активності [61].

Професор О.Л. Чижевський один з перших використав термін «космічна погода». Під терміном «космічна погода» у теперішній час розуміють сукупність факторів поза земного походження, здібних справляти істотний вплив на Землю, зокрема, сонячний вітер і космічні промені високих енергій, сонячні спалахи і викиди корональних мас. У основі цієї групи процесів – феномен сонячної активності, обумовлений динамопроцесами циклічної генерації магнітних полів на Сонці [92].

Проблема динаміки популяцій шкідливих комах як і раніше залишається однією з недостатньо вивчених і дискусійних проблем екології.

Жодна із запропонованих факторіальних теорій динаміки популяцій не може пояснити надто складні закономірності популяційної динаміки комах.

В Україні й досі всі види екологічних (фітосанітарних) прогнозів складають на основі методології 30-х років минулого століття [94].

Дослідження популяційної динаміки шкідливих комах (теоретичні та прикладні), що виконані українськими екологами С.О. Трибелем, В.П. Федоренком, В.П. Чайкою, Є.М. Білецьким, В.М. Писаренком, В.Л. Мешковою, учнями їхніх наукових шкіл та послідовниками заклали підвалини методології циклічної динаміки популяцій шкідливих комах і довели можливість розроблення на основі поточного і прогностичного стану сонячної активності.

Для визначення екологічних закономірностей популяційної динаміки шкідливих комах доцільно використовувати ентомологічні хроніки їх масових розмножень, що рекомендовані в якості інформаційного забезпечення прогнозу [79].

РОЗДІЛ 2.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИНАМІКИ ЧИСЕЛЬНОСТІ ШКІДНИКІВ

2.1. Методологія досліджень

Дослідження екологічних закономірностей популяційної динаміки окремих шкідників буряків цукрових виконували на основі методології циклічної динаміки. Вона відображає та пояснює динаміку циклічних процесів у природі й суспільстві й зорієнтована на передбачення майбутнього з урахуванням закономірностей і тенденцій минулого [12, 17, 95-103].

При цьому враховували, що циклічність є фундаментальною закономірністю процесу розвитку й визначається згідно схеми: сонячна активність – цикли клімату – цикли погоди, трофічні цикли – циклічна динаміка популяцій комах у просторі й часі [79, 82, 85-87, 102].

2.2. Методи досліджень

Історію масових розмножень шкідливих комах аналізували за допомогою історико-статистичного методу [18, 41, 50, 55, 61, 66, 95]. Даний метод зорієнтований на пошук закономірностей в процесі порівняння й співставлення однотипних явищ, або явищ, що повторюються [18].

Для визначення первинних осередків масових розмножень шкідливих комах й екологічного районування застосовували порівняльно-екологічний метод досліджень [4, 37]. Цей метод спрямований на вивчення розподілу локальних популяцій, вивчення закономірностей їхньої динаміки та підвищення ефективності екологічного прогнозування [77].

Для розроблення алгоритмів прогнозування початку чергових популяційних циклів шкідників буряків цукрових використовували міжсистемний метод прогнозу масового розмноження шкідливих комах [122]. Згаданий метод розроблено з урахуванням закону циклічності. Перевага його полягає в тому, що він дозволяє навіть при обмеженому знанні механізмів популяційної динаміки комах прогнозувати початок чергового масового розмноження будь-якого шкідника в тому чи іншому регіоні [122].

Екстраполяційний метод [14] нами використовувався при розробці алгоритмів прогнозування масового розмноження окремих шкідників буряків цукрових у Центральному Лісостепу України.

Хроніки масових розмножень совки озимої, совки-гамма, совки капустяної, метелика лучного та звичайного бурякового довгоносика запозичені з опублікованих робіт вітчизняних та закордонних авторів [1-4, 12, 17, 20, 23, 63-64, 67, 71-74, 104, 106-120].

Відомості щодо форми атмосферної циркуляції та посухи в Україні запозичені з опублікованих робіт [123-132].

2.3. Методи обліку чисельності шкідників буряків цукрових

У посівах буряків цукрових відмічено близько 270 видів шкідників, серед яких найбільш небезпечні 27, серед яких – 10 спеціалізованих і 17 багатобітних. До найбільш шкодочинних в Україні належать довгоносики (звичайний, сірий, чорний, південний сірий та ін.), блішки (бурякова, гречкова, звичайна, західна, південна, коренеплідна), щитовики (бурякова, лободова), крихітка, личинки хрущів та хлібних жуків, дрітляки, попелиці (листова, коренева), мінуюча міль, мінуюча муха, совки (озима, оклична, капустяна, с-чорне, гамма та ін.), лучний метелик, клопи, цикадки, кліщі, нематоди.

Чисельність їх у межах зони бурякосіяння залежно від природніх умов окремих районів або тимчасових умов погоди можуть істотно коливатися періодично на довгий чи короткий час. Тому, для своєчасного застосування заходів захисту рослин необхідно систематично вести спостереження за станом комах, виявляти та обліковувати їх з метою одержання інформації про загрозу в бурякосійних господарствах.

У певних природніх зонах створюються умови для масового розмноження властивих для них шкідників. Зокрема, у зоні достатнього зволоження значно

частіше відмічається шкода від бурякової листової попелиці, тоді як у зонах нестійкого і особливо недостатнього зволоження для неї створюються умови лише у періоди з достатньою кількістю опадів. Бурякова коренева попелиця активно розвивається і розмножується при достатній кількості тепла, помірній кількості опадів, середній щільності ґрунту. Тому, вона найбільш шкодочинна в зоні недостатнього та нестійкого зволоження.

Довгоносики поширені у всіх бурякосійних зонах, проте серед них звичайний найбільш поширений у центральному Лісостепу, сірий – у Лісостепу, чорний – у Степу. Блішки поширені в усіх бурякосійних зонах, але в основному в Степу та Лісостепу (особливо південна частина). Щитоноски (бурякова та лободова) зустрічаються повсюди, але в останні роки у масовій кількості відмічалися на правобережжі (Вінницька, Черкаська, Кіровоградська, Київська та ін. області). Бурякова крихітка займає значну частину бурякосійних районів Лісостепу, особливо у західній та центральній частині. Бурякові мінуючі мухи значно шкодять у зонах достатнього та нестійкого зволоження.

Значної шкоди сходам буряків цукрових завдають дротяники, личинки хрущів і хлібних жуків, які поширені в усіх бурякосійних зонах, проте найбільше на полях, де попередниками були багаторічні трави. Серед багатьох видів совок, що зустрічаються в межах бурякосійних районів України, часто у масовій кількості розмножуються озима, капустяна, с-чорне, гамма та ін. Час від часу в південних, центральних і північних областях масово розмножується лучний метелик, завдаючи великої шкоди бурякам цукровим, їх насінникам та іншим сільськогосподарським культурам.

Із сисних шкідників в окремих господарствах, інколи завдають шкоди коренеплідним культурам також клопи, цикадки, кліщі, нематоди.

Враховуючи велику шкодочинність багатьох видів шкідників на буряках, яка може призвести до повної загибелі рослин в разі відсутності захисних заходів, дуже важливо вести спостереження за їх розвитком і чисельністю на кожному полі безпосередньо в господарстві.

Бурякова листова попелиця (Aphis fabae Scop.) – мігруючий вид, розвивається на чагарникових і трав'янистих рослинах. Із сільськогосподарських культур, крім буряків пошкоджує соняшник, картоплю, боби, мак. Зимує у фазі яйця, що їх восени самки відкладають на пагонах кущів бруслини, калини, жасмину. Чисельність зимуючих яєць обліковують восени на двох-трьох стаціях, а навесні в тих самих місцях визначають стан їх перезимівлі. При цьому на кущах оглядають 3-4 гілки загальною довжиною по 2 м, на яких виявляють і підраховують життєздатні й загиблі (сплюснені) яйця. Потім, вираховують середню чисельність живих яєць на 1 м гілки і відсоток загиблих.

У період утворення німф та з'явлення крилатої попелиці, тоді як вона почне розлітатися і заселювати посіви буряків цукрових, їх насінники та інші проміжні рослини, якими живиться на первинних рослинах-живителях підраховують на п'яти гілках її кількість, також проводять облік ентомофагів –

сонечок, личинок; мух-дзюрчалок (сирфід), золотоочок та ін. Потім, визначають кількість попелиць та її хижаків на 1 м гілки.

На коренеплідних культурах ступінь заселення та пошкодження їх попелицею, а також інтенсивність розмноження ентомофагів і захворювання шкідника грибними та іншими хворобами обліковують 2-3 рази. При цьому оглядають по 100 рослин у крайовій смузі поля (на віддалі 5-10 м від краю) і по 100 рослин у рівновіддалених місцях поля по діагоналях по 10 шт. у кожному обліку.

Ступінь заселення рослин буряків попелицею визначають за п'ятибальною шкалою: 1 бал – поодинокі особини на рослині або невеличкі колонії (3-5 особин); 2 бали – листки буряків першого року і насінників або їх стебла помітно вкриті невеликими колоніями попелиць (ушкоджено 10-25% листової поверхні); 3 бали – близько 26-50 % поверхні рослин заселено попелицею; 4 бали – 51-75% поверхні рослин заселено попелицею, але рослина ще зелена; 5 балів – рослина майже вся заселена колоніями і від пошкодження в'яне або засихає.

На підставі цих даних вираховують відсоток пошкоджених рослин і середню інтенсивність (середній бал) заселення на окремих місцях і в середньому по всьому полю.

Середній бал заселення попелицею встановлюють, перемножуючи кількість рослин з однаковим балом на цифровий показник балу (1, 2, 3, 4, 5), одержані дані складають і суму ділять на кількість заселених попелицею рослин.

Коефіцієнт заселення рослин попелицею встановлюють, перемноживши відсоток заселених рослин попелицею на середній бал заселення їх шкідником і добуток ділять на 100.

Під час обліків попелиці встановлюють також кількість хижих комах по кожному виду – жуки, личинки, лялечки сонечок; личинки мух-дзюрчалок личинки золотоочки і кількість попелиць, заражених паразитами і загиблих від хвороб (попелиця зеленувато-сіра з буруватим відтінком, вкрита повстяним нальотом).

Посіви або насінники буряків обробляють інсектицидами, при заселенні 10-15 % і більше рослин попелицею, а чисельність ентомофагів незначна. Поле обробляють по краях на початку заселення його попелицями й утворення їх колоній.

Якщо 30 % шкідників уражено ентомофторозом (друга половина червня – перша половина липня) застосовувати інсектициди недоцільно. А при наявності ентомофагів у співвідношенні до попелиці 1:50 проводити хімічні обробки небажано.

Коренева бурякова попелиця (Pemphigus fuscicornis Koch.) в Україні перезимовують переважно дорослі партеногенетичні самиці на коренях буряків та лободових бур'янів. Весною вони народжують личинок – «бродяжок», які мігрують і засновують нові колонії на молодих рослинах. Таке розселення по полю та на близько розташовані стації іде вздовж всього вегетаційного періоду.

В червні-липні можливе розселення попелиці крилатими особинами на відстань до кілометра і більше.

На полях буряків цукрових ведуть спостереження за розвитком та накопиченням шкідника на буряках та лободових бур'янах. З червня такі спостереження ведуть і на попередниках буряків цукрових.

Обліки проводять один раз на місяць, а при масовій появі шкідника – один раз на декаду. Для визначення кількісного та якісного стану зимуючого покоління обліки проводять у вересні – жовтні.

Обліки на полі виконують у різних місцях по двох діагоналях оглядають 200 рослин лободи і буряків. Оглядом кореневої системи встановлюють і підраховують кількість і ступінь заселення рослин в балах: 0 – рослини не заселені; 1 – на корінцях невеликі колонії або сліди розвитку попелиць; 2 – колоніями попелиці заселено близько половини кореневої системи; 3 – колоніями попелиці заселено більше половини кореневої системи.

Кореневу попелицю можна обліковувати для отримання кількісних показників шляхом розкопок ґрунту. При цьому по двох діагоналях поля площею до 50 га відбирають 8 проб, 51-100 га – 12 і понад 100 га додатково 4 проби на кожних наступних 50 га. На пробі розміром 25×25 см виймають ґрунт на глибину 50-60 см ретельно обдивляються і якщо дорослої попелиці й личинок не виявлено, відкидають. Решту ґрунту висипають в посуд із водою. Після старанного перемішування наявні попелиці та інші комахи спливають на поверхню води, звідки їх вибирають і підраховують. Потім, вираховують середню чисельність, на 1 м².

Чисельність кореневої попелиці весною встановлюють також методом ґрунтових розкопок. При цьому ґрунт промивають по шарах, 0-15, 16-30, 31-45, 46-60 см. При виявленні попелиць спостерігають за відродженням личинок та переселенням їх на посіви буряків. Для цього по краях поля у різних місцях закопують 5 банок, наповнених до половини розчином кухонної солі. Водні пастки регулярно перевіряють на наявність попелиць.

Влітку пошкодженість буряків обліковують оглядом на полі 200 рослин – 100 в крайовій смузі та по 100 по двох діагоналях, як і при обліку листової попелиці. Всі пригнічені та прив'ялі рослини підкопують і оглядом кореневої системи, визначають заселеність попелицею.

Для визначення ступеня заселення рослин попелицею визначають коефіцієнт заселення, який обраховують аналогічно до листової бурякової попелиці.

Щитоноска бурякова (Cassida nebulosa L.) та *лободова (Cassida nobilis L.)* пошкоджують буряки повсюди. Чисельність жуків у місцях зимівлі обліковують восени оглядом опалих листків та рослинних решток на ділянках 0,25 м² (50×50 см) у лісосмугах, на узбіччі полів, багаторічних травах тощо. Навесні в цих же станціях визначають стан перезимівлі й жуків (їх смертність та чисельність живих особин). При виявленні у середньому в місцях зимівлі понад 5-10 жуків на 1 м² слід очікувати значної загрози пошкодження сходів буряків.

З появою сходів у фазі виловки обліковують чисельність жуків та відкладених ними яєць, а потім личинок і пошкодженість рослин. Для цього на полі до 100 га рівномірно розмішують 16 облікових ділянок 50×50 см. На них оглядають і підраховують усі сходи буряків, лободи білої, а також кількість пошкоджених рослин, рослин з кладками яєць чи личинками та їх чисельність. Потім вираховують середню кількість жуків, відкладених яєць й личинок на 1 м² та відсоток пошкоджених рослин.

Ступінь заселення рослин визначають за чотирибальною шкалою: 0 – рослини не заселені; 1 бал – рослини заселені зрідка, не більше 5 % поодинокими яйцями чи личинками; 2 бали – 6-25% рослин з чисельністю яєць і личинок 2-3 екз. на рослину, 3 бали – понад 25 % рослин з чисельністю яєць і личинок більше трьох.

Ступінь пошкодження щитоносками (жуками або личинками розвинутих рослин буряків оцінюють за чотирибальною шкалою: 1 бал – (слабке пошкодження) пошкоджено до 25 % листків; 2 бали – (середнє пошкодження) пошкоджено 26-50 % листків (до 5- 10 пошкоджень на листку); 3 бали – (сильне пошкодження) пошкоджено більше 50% листків (більше 10 пошкоджень на листку); 4 бали - пошкоджено більше 75 % листків.

Бурякові довгоносики. На Україні поширені й значно пошкоджують, коренеплідні культури багатодні види довгоносиків: *чорний* (*Psallidium maxillosum* P.) найбільшої шкоди завдає в Степу, *південний сірий* (*Tanymecus dilaticollis* Gyl.) у західній частині Одеської на півдні Вінницької областей; *сірий* (*Tanymecus palliatus* F.) у Лісостепу; спеціалізований вид *звичайний буряковий довгоносик* (*Bothynoderes punctiventris* Germ.), найбільше пошкоджує тільки буряки і лободові бур'яни в північних районах Степу та центрального і східного Лісостепу.

Чисельність зимуючих фаз довгоносиків для прогнозу та планування захисних заходів на наступний рік обліковують у другій половині вересня - на початку жовтня методом ґрунтових розкопок. З метою найбільш повного виявлення шкідників, які містяться у ґрунті, ями копають на глибину 50 см і лише в зв'язку з більш глибоким заляганням сірого й південного сірого довгоносиків у забур'янених місцях – на 60-80 см. Розмір ділянок – 0,25 м² (50×50 см). На площі до 50 га роблять 8 ям, від 51 до 100 м² – 12, понад 100 м² – на кожних наступних 50 га додатково по 4 ями. Їх копають рівномірно по всьому полю, розміщуючи в шаховому порядку або по двох діагоналях. Землю виймають поступово, кладуть на мішковину, клейонку, плівку, уважно переглядають, перегортаючи її руками і розминаючи грудки. Комах, виявлених з усіх ям, збирають у банку з сольовим розчином і передають для аналізу відповідним фахівцям станції захисту рослин. Вони визначають і потім подають дані господарству про видовий склад шкідливих комах та їх чисельність на полях бурякової сівоzmіни.

За цією ж методикою навесні обстежують поля бурякової сівоzmіни з метою встановлення стану перезимівлі та фактичної чисельності живих жуків. Потім постійно спостерігають за виходом жуків із ґрунту і переселенням їх на

посіви. Для цього бурячища минулого і посіви цього року обкопують ловильними канавками з колодязями, куди попадають довгоносики. Їх виявляють щоденними або періодичними (один раз на три дні) перевірками канавок. Якщо на 50 м канавки нараховують за один день понад 50 жуків, то їх вихід і розселення вважається інтенсивним, а понад 200-300 жуків – масовим.

Жуків багатодітних довгоносиків (чорного, південного сірого та сірого бурякового) виявляють на плантаціях буряків за допомогою принад із свіжих рослин люцерни, еспарцету, озимої вики, конюшини, лопуха, полину та ін. Принади масою 50-70 г затрують інсектицидами, ефективними проти довгоносиків і розкладають в 10-20 місцях поля зразу після сівби та коткування буряків цукрових у великі ямки й зверху притискують грудками землі.

Перший раз їх оглядають через три дні, а потім щоденно. Всіх виявлених жуків збирають і підраховують.

Чисельність жуків на посівах і їх шкодочинність визначають на облікових ділянках 1×1 м, рівномірно розміщених у 10-20 місцях поля. Підраховують виявлених жуків на поверхні й в поверхневому шарі ґрунту, а потім вираховують їх середню чисельність на 1 м^2 . При чисельності звичайного та сірого бурякових довгоносиків понад 0,2-0,3 особин/ м^2 загроза від них значна і необхідно посіви обробити інсектицидами.

Пошкодженість сходів довгоносиками обліковують оглядом всіх рослин в двох суміжних рядках ділянки, всього на полі близько 200 рослин.

Пошкодженість буряків довгоносиками визначають на стаціонарних ділянках у фазі вилочки, при появі першої-другої пари справжніх листків (до прорідження посівів) і через 5–10 днів після закінчення формування густоти насадження. На кожній ділянці у трьох місцях виконують обліки на відрізках рядка довжиною 1 м.

Крім того, проводять допоміжні обліки на посівах буряків в двох-трьох господарствах. Для цього беруть 10 проб по 1 м^2 (2 рядки посередині рамки, всього 20 м), а після прорідження посівів продиляються (не вириваючи) по 10 рослин у 10 місцях. При цьому встановлюють число і кількість відсотків непошкоджених, пошкоджених і загиблих рослин (по балам).

Ступінь пошкодження визначають за шкалою: 1 бал – пошкоджено до 25 % листкової поверхні; 2 бали – 26-50 %; 3 бали – 51-75 %; 4 бали – більше 75 % листкової поверхні й загиблі рослини.

До числа загиблих відносять рослини із з'їденими сім'ядолями і верхівками стебла (під сім'ядольного коліна).

Встановлюють середній бал пошкодження: кількість пошкоджених рослин перемножують на показник відповідного балу. Одержані добутки сумують і ділять на кількість пошкоджених рослин – частка і середній бал пошкодження [208].

2.4. Територія та умови проведення досліджень

Теоретичні дослідження виконувалися на кафедрі землеробства та агрохімії ім. В.І. Сазанова Полтавської державної аграрної академії впродовж 2009–2013 рр.; маршрутні – в усіх районах області.

Полтавська область знаходиться в Центральному Лісостепу Лівобережної України, що є частиною Придніпровської низини. Вона знаходиться в помірному кліматичному поясі. Найбільше значення при формуванні погодних умов і клімату в цій зоні мають вплив кількісний характер сонячного випромінювання, віддаленість території від великих водних мас, її належність до зони дії переважно атлантичних помірних та арктичних повітряних мас, та вирівняність території.

Тепловий баланс в середньому за рік позитивний і складає 1780-1860 Дж/м. Найбільший він влітку, восени знижується (листопад), а у лютому знову набирає позитивного значення.

Середньорічна температура повітря в області протягом тривалого періоду змінюється від $+7^{\circ}\text{C}$ до $+8,5^{\circ}\text{C}$. Середня температура січня -6°C – -7°C (вища на південному заході, нижча на північному сході). Середня температура липня $+20,5^{\circ}\text{C}$ – $+21^{\circ}\text{C}$. Найвища температура цього місяця сягає $+37^{\circ}\text{C}$ – $+40^{\circ}\text{C}$, а найнижча в січні від -35°C до -38°C . Коливання температури на протязі року значно нерівномірні.

Важливим показником температурного режиму є тривалість вегетаційного періоду – коли середньодобова температура не опускається нижче $+5^{\circ}\text{C}$. Тривалість вегетаційного періоду в зоні досліджень складає 195-205 днів; безморозного періоду, який сильно змінюється в різні роки, коливається від 155 до 183 днів, а в окремих місцях, особливо у північно - східних, триває до 207 днів. Цієї кількості тепла достатньо для вирощування всіх зернових, бобових, технічних та польових культур.

Середня кількість опадів за рік змінюється в межах 460-1560 мм. Кількість опадів значно зменшується із заходу на схід. В цілому за весь вегетаційний період випадає в середньому 224-272 мм, що достатньо для вирощування переважної більшості сільськогосподарських рослин.

Гриб М.І. [121] за принципом вологозабезпеченості та ґрунтових особливостей виділив в Полтавській області чотири ґрунтово-кліматичні зони.

Перша зона – Західна Лісостепова, до якої входять наступні райони: Гадяцький, Гребінківський, Лохвицький, Лубенський, Пирятинський, Оржицький, Чорнухівський. Для даної зони характерна порізаність території глибокими річковими долинами та ярами. На рівнинних участках багато мікропонижень, так званих блюдць. Це зона найбільш вологозабезпечена, опадів випадає близько 550 мм, але вона менш забезпечена теплом й сума ефективних температур становить $2600-2700^{\circ}$. Постійний сніговий покрив настає в середньому 12 грудня, сходить сніг 16 березня, ґрунт відтає 1 квітня. Стиглість ґрунту для обробітку припадає на 9 квітня.

Друга зона – Східна Лісостепова, до неї входять райони: Великобагачанський, Глобинський (за винятком південно-західної частини), Деканський, Зінківський, Котелевський, Миргородський, Полтавський, Решетилівський, Хорольський (за винятком західної частини), Чутівський і Шишацький [121]. У цій зоні значно менша порізаність рельєфу ярами та балками. Серед ґрунтів переважають чорноземи. Опадів випадає в середньому 508 мм, сума ефективних температур становить 2700–2800°. Постійний сніговий покрив встановлюється 16 грудня, а сходить 16 березня. Навесні ґрунт на глибині 10 см відтає 25 березня, м'якопластичного стану досягає уже 9 квітня [121].

Третя зона – Перехідно-південна. До неї відносяться такі райони: Карлівський, Кобеляцький, Козельщанський (південно-східна частина), Кременчуцький (правобережна частина), Машівський, Новосанжарський. Рельєф тут переважно рівнинний, серед ґрунтів чорноземи, місцями залягають солонцюваті та солончакові різновиди. Це найбільш посушливі райони, сума опадів становить 480 мм, а сума ефективних температур сягає 2800–2900°. Середня дата кінця танення снігу припадає на 14 березня, а м'якопластичного стану ґрунту досягає 7 квітня.

Четверта зона – Південно-західна на солонцюватих ґрунтах. До неї належить: Семенівський район та прилягаючі території з солонцюватими ґрунтами Глобинського (південно-західна частина), Козельщанського (північно-західна частина), Кременчуцького (лівобережна частина), Хорольського (західна частина) районів. Кліматичні показники даної зони такі ж, як і по другій ґрунтово-кліматичній зоні [121].

Одним з основних чинників радіаційного режиму місцевості є тривалість сонячного сяйва, або кількість годин на протязі яких світило Сонце (за добу або місяць).

Тривалість сонячного сяйва у Полтаві за рік у середньому становить 1931 годину [121] і в межах області змінюється мало (наприклад, у Лубнах вона становить 1911 годин). Вона залежить від хмарності, яка по роках коливається у значних межах.

Найбільша тривалість сонячного сяйва у липні – 293 години, найменша у грудні – 36 годин. Тривалість сонячного сяйва у травні становить 247 годин, а у червні – 280 годин.

Середня річна температура повітря в Полтавській області 7,2°, найвища – 9,4°, найнижча – 5,6°. Середня місячна температура в червні становить 20,6°, найвища відмічена у 1936 р. (24,8°), а найнижча у 1912 р. (17,4°).

Суми активних температур (вище +5°C) наростаючим підсумком на кінець місяця становлять: квітень – 195°, травень – 660°, червень – 1210°, липень – 1865°, серпень – 2600°, вересень – 2960°, жовтень – 3065°.

Розподіл опадів на території досить нерівномірний. Посушливі явища спостерігаються майже щорічно, але особливо згубними були посухи 1891, 1920, 1946, 1975 років. Посушливим був і 2009 рік [121].

Найбільше опадів випадає у північно-західних і північних районах. Середні суми їх у Гребінці – 555 мм, Лубнах – 518 мм, Гадячі – 499 мм. Найбільші суми опадів відмічені у 1913 р. – 837 мм, а найменші у 1934 р. – 221 мм.

Для оцінки співвідношення температури і вологості використовували метод клімограм. Вони складаються за середньомісячними показниками температури і кількості опадів.

По осі ординат відкладають температури (в градусах), по абсцисі кількість опадів (в міліметрах). Точки перетину послідовно сполучаються від попереднього місяця до послідуєчого в результаті чого отримаємо нерівномірний багатокутник, який представляє собою клімограму. Витягнута вгору пряма цієї клімограми, свідчить про жарке та посушливе літо, донизу – про сувору зиму, вправо про підвищену вологість у певний місяць.

Клімограма за 2009 рік (рис. 2.1) дозволяє зробити наступний аналіз ходу погодних умов за цей період. Березень відзначався великими погодними аномаліями. Був він в цілому дуже теплим, але друга декада була на 5-6°C холодніша. У першій декаді склалися погодні умови, які спровокували надрання відновлення вегетації зимуючих культур. По всій території області, крім північних, добре видимі ознаки росту рослин. Із 9 березня вегетація різко припинилась, на полях утримувався сніговий покрив на протязі 9 днів. Вегетаційні процеси уже відновилися 24-25 березня. Квітень був в цілому теплий, але з досить різкими перепадами температур. Протягом місяця був значний недобір опадів.

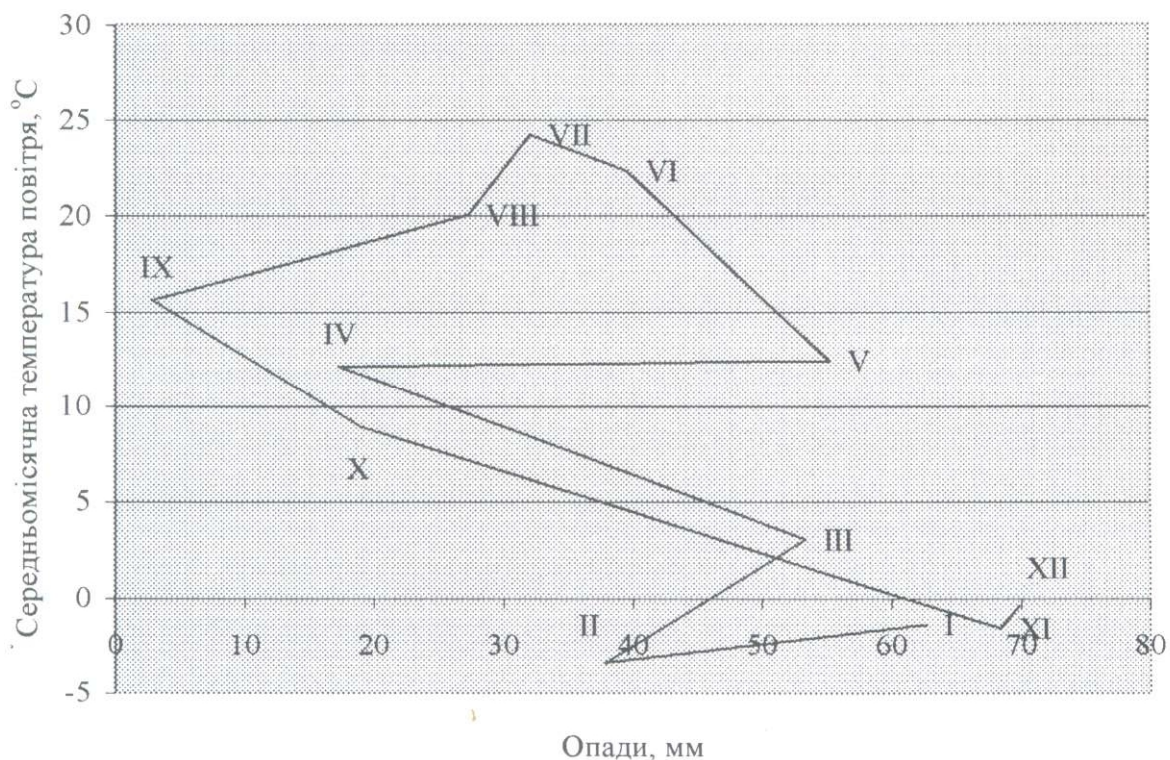


Рис. 2.1. Клімограма за 2009 рік

Після дуже жаркого квітня, травень, навпаки, видався надзвичайно холодним. У період 5-7 травня відмічались значні заморозки. Ефективних опадів не було до середини місяця, лише в другій половині спостерігались досить рясні дощі.

Після надзвичайного прохолодного травня, червень видався занадто жарким. Опади випадали епізодично, локально та здебільшого були малоефективними.

Липень виявився особливо спекотним, найжаркішим за останні 55 років. Відмічався значний недобір опадів. Випадали вони місцями та були малоефективними. Це подекуди навіть нанесло пошкодження посівам.

Після занадто жарких червня та липня у серпні температурний режим повітря нарешті наблизився до норми. Випадання опадів було близьким до норми.

Вересень був з характерним аномальним температурним режимом, найхолодніше було в середині вересня. Третя декада відмічалась значним потеплінням. Сума опадів за місяць була найменшою (близько 5 мм).

Жовтень характеризувався різними температурними контрастами. Перша п'ятиденка була небувало теплою. Лише з другої декади почалося різке зниження температурного фону повітря. Опади, що почали випадати з середини місяця, були не досить ефективними.

Листопад також відзначався надзвичайно нестійким температурним режимом. Опади відмічені лише з другої половини місяця.

Після дуже холодного листопада, температурний режим перших двох декад грудня був надзвичайно високим, характерним для початку листопада. І лише в третій декаді наблизились до норми.

Січень 2009 року видався дуже теплим, в більшості днів температурний режим був характерний для кінця листопада. Але на початку кожної декади відмічались різкі хвилі холоду. Опадів випало більше норми та спостерігались вони у вигляді снігу, мокрого снігу та дощу.

Лютий, як і січень, був дуже теплим, але з різкими контрастами температур. Але незважаючи на це екстремальні температури абсолютних багаторічних значень не досягли. Протягом місяця спостерігались опади у вигляді снігу. Подекуди спостерігався туман.

За показниками клімограми (рис. 2.2) видно, що весна 2010 року була аномальна за температурним режимом, сталий перехід середньодобової температури через 0°C відбувся 8 березня. Квітень виявився небувало теплим за останні 55 років. Сума опадів за цей період була в межах норми. Погода в літній період характеризувалась досить стабільним температурним режимом, лише серпень був жарким.

Сума опадів за червень, липень була близька до норми, лише в серпні опади випали епізодично, місцями. Вересень був значно прохолодний та дощовий. Жовтень теплим і посушливим. Листопад відзначався дуже теплою погодою в перші дві декади, різкими контрастами температур. Температурний режим грудня на 2010 рік був надзвичайно високим, аномальним та

контрастним. Січень відзначався переважно помірно холодною погодою, але з різкими контрастами в третій декаді. У лютому спостерігався аномальний температурний режим. У цілому місяць був дуже теплим.

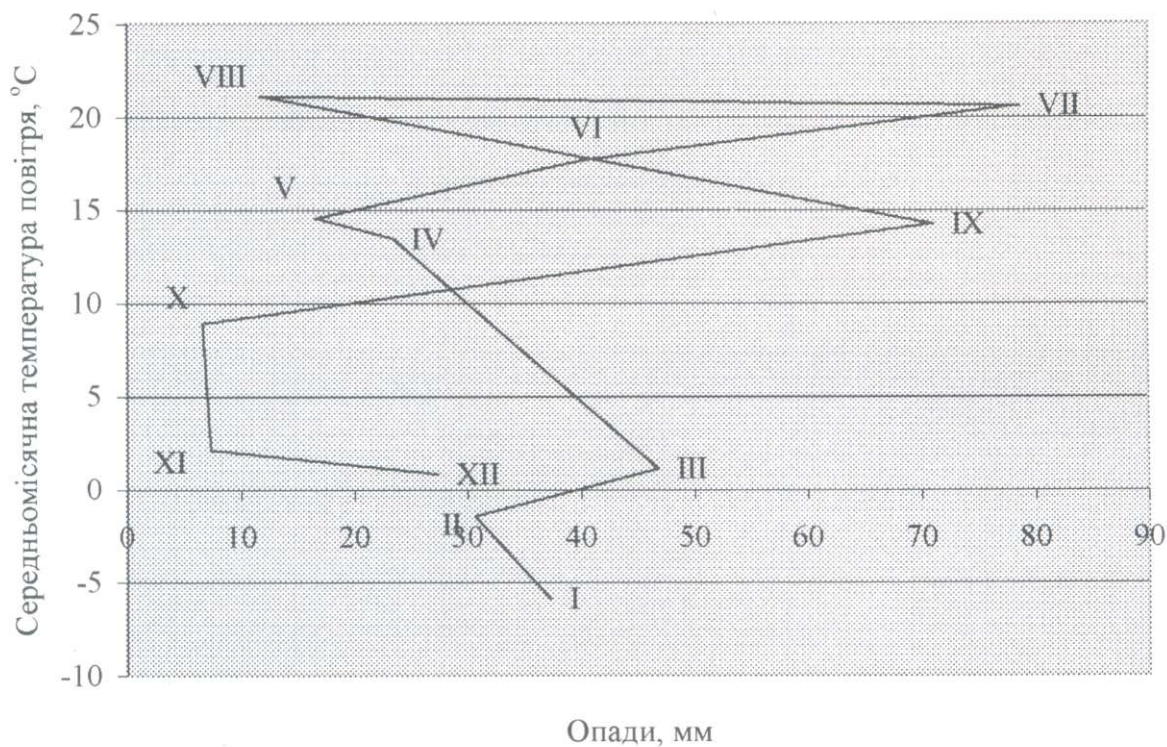


Рис. 2.2. Клімограма за 2010 рік

Березень 2011 року (рис. 2.3) був з характерним ходом температури. Надзвичайно тепло було в середині періоду, коли в окремі дні середньодобові температури були характерними для середини квітня.

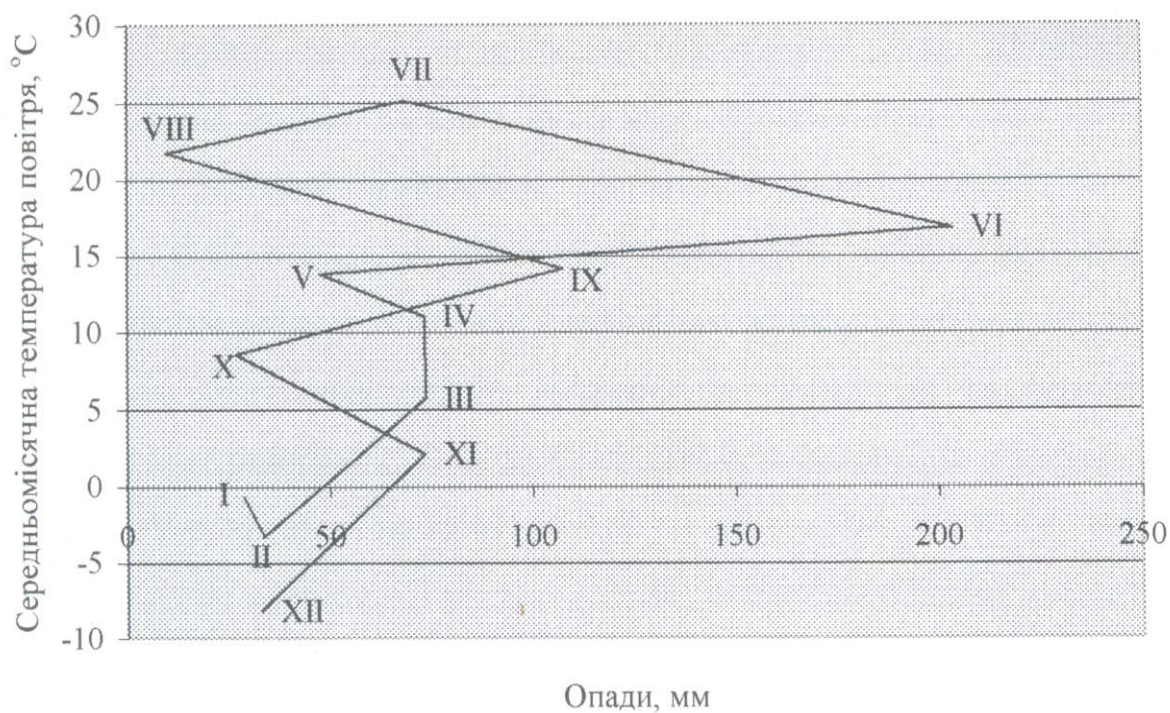


Рис. 2.3. Клімограма за 2011 рік

Протягом березня були досить сприятливі умови для збільшення вологості ґрунту, втрати вологи на поверхневий стік були незначними.

Вже на середину першої декади у рослин зимуючих культур пробудились процеси життєдіяльності, але похолодання призупинило наближення активної вегетації. Розпочалася вона з 11-13 березня, на дві декади раніше звичайного. Квітень видався теплим, в окремі дні першої декади середньодобові температури повітря були характерними для кінця квітня, а в третій декаді часом характерна для середини травня.

Сума опадів була в межах норми. Травень видався холодним, з аномальним ходом температурного режиму, часом рясними опадами, грозами, подекуди навіть з градом. Протягом місяця вегетація сільськогосподарських культур відбулася за цілком задовільних температурних та вологозабезпечуючих умов.

Червень 2011 року, як і травень був відносно прохолодним та надзвичайно дощовим. Незважаючи на те, що завдяки дощам, запаси продуктивної вологи, постійно поповнюючись утримувались дуже добрими, були на рівні квітневих, а на кінець місяця зросли до характерних до початку квітня – нестача ефективного тепла спричинила малосприятливі умови вегетації сільськогосподарських культур.

Липень видався надзвичайно жарким. Протягом місяця опади випадали лише в окремі дні, місцями. На найбільшій частині території їх був недобір. Із встановлення спекотної погоди рослини, незважаючи на досить добрі запаси вологи в ґрунті, не могли продуктивно їх використати.

Серпень, як і липень, видався жарким. Протягом місяця опади випадали лише в окремі дні, місцями. Вересень цього року характерний аномальним режимом з досить різким коливанням температур. Дуже дощовою була перша половина декади. Жовтень був з характерним аномальним режимом з різкими контрастами температур. Опади протягом місяця відмічались епізодично. У листопаді, як і в жовтні спостерігалися часті різкі контрасти температур. Протягом останньої декади випало дуже багато опадів.

Грудень був характерний надзвичайно холодним та аномальним температурним режимами. Погода була ясною, в окремі дні відмічався сніг (за місяць був великий недобір опадів), подекуди туман. Лютий виявився найхолоднішим місяцем 2011 року, із значними перепадами температур, проте середньомісячна температура залишалась вищою від норми. Опадів випало близько норми.

Характеризуючи дані клімограми за 2012 рік (рис. 2.4) бачимо, що березень виявився надзвичайно теплим. Протягом місяця відмічався недобір опадів. Цього року процеси життєдіяльності у рослин зимуючих культур фактично розпочалися в небувало ранні строки 3-4 лютого, проте вегетація не була повноцінною і час від часу припинялася на 3-4 дні, а більш стало активізуватися лише з 5-6 березня.

Протягом квітня спостерігався дуже контрастний і аномальний температурний режим. Дуже різке похолодання в першій декаді на 1-2°C, а потім потепління, до температур характерних для початку травня.

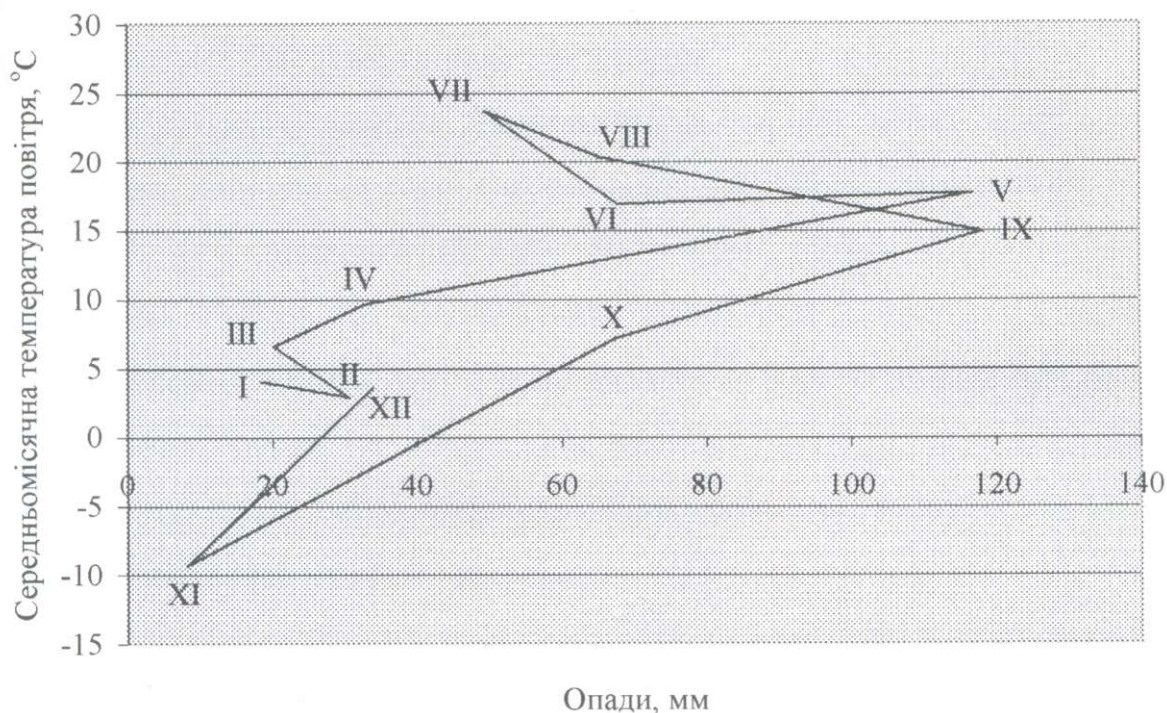


Рис. 2.4. Клімограма за 2012 рік

Травневий температурний режим в цілому був близьким до звичайного, але в окремі дні з значним зниженням температур часом подекуди до заморозків на поверхні ґрунту. Опади відмічались переважно в перші дні місяця, в середині нього та в кінці.

Червень в цілому був по температурному режимі близький до середнього багаторічного. Відмічався різкий недобір опадів. Липень цього року видався надзвичайно спекотним. Опади відмічались лише в окремі дні й був їх значний недобір. Протягом місяця відбувалися ускладнення агрометеорологічних умов росту та розвитку сільськогосподарських культур, все більше проявилася посушливість.

Після надзвичайного спекотного липня, серпень лише на початку був жарким: протягом першої декади температура знизилась на 8-10°C наблизившись до норми. Малоефективні опади відмічались в першій декаді, а в другій половині місяця їх не було зовсім. Влітку 2012 року зафіксовані абсолютні рекорди температури. Вони перевищували на 3 °C навіть спекотне літо 1972 року.

Останні місяці цього року відмічались аномальністю теплового режиму, вересень був дощовим. У кінці місяця подекуди були відмічені перші приморозки. У середині жовтня був зафіксований перший сніг. Опади у вигляді дощу відмічались лише в першій половині листопада. Минулий грудень характерний надзвичайно холодним, контрастним та аномальним

температурним режимом. Небувало швидко проходило промерзання ґрунтів. Сніговий покрив був дуже тонким і нестійким.

Січень 2013 року видався занадто аномальним, в першій декаді спостерігалась надзвичайно холодна погода (часом середньодобові температури повітря були на 8-10°C нижчими норми). На кінець місяця температура різко підвищилась, в результаті чого сніговий покрив зник, розпочалося відтавання ґрунту з поверхні. Лютий цього року видався небувало теплим, що призвело до відтавання ґрунту на переважній частині території. Невеликі опади у вигляді дощу, часом снігу, подекуди з короткочасним утворенням снігового покриву відмічались в окремі дні місяця.

Особливо аномальним температурний режим був у другій половині березня. Найхолоднішою була п'ята п'ятиденка місяця. Третя декада була холоднішою від другої майже на 1,5°C. У цій декаді відмічено, як мінімальну так і максимальну температуру березня. Перехід середньодобових температур через 0° затримався майже на декаду.

Протягом місяця утримувались несприятливі фактори перезимівлі озимих культур. На полях зберігалась льодова кірка. Температури ґрунту на глибині промерзання вузла кушіння озимини протягом місяця були досить високими (переважно на рівні 2-3° морозу), що також являлось додатковим негативним фактором перезимівлі.

Квітень 2013 року (рис 2.5.) був теж надзвичайно контрастним та аномальним по відношенню до опадів та температурного режиму. Надзвичайно холодною була перша декада, друга хвиля холоду була відмічена в період 26-28 квітня майже на тиждень пізніше звичайного. Із 29 квітня середньодобові температури були вищими 10°C. Цього року процеси вегетаційного відновлення були відмічені з 12-15 квітня, що майже на 15 днів пізніше. Запаси продуктивної вологи протягом місяця утримувались на оптимальному рівні.

На відміну від холодного квітня – травень, навпаки видався занадто жарким. Середньомісячна температура повітря становила 19-20°C, що на 4°C вище норми. Гідротермічний коефіцієнт травня на більшій частині території області становив лише 0,2-0,4, що характеризує найжорстокішу засуху.

Характеризуючи погодні умови червня слід відмітити пониження температурного режиму на 1,5-2°C в порівнянні з травнем. Отже, слід відмітити, що на більшій території області зберігався великий дефіцит опадів. Температурний режим липня був переважно близьким до звичайного, найжаркішою були середина першої декади та остання п'ятиденка. У першій половині цей місяць був занадто дощовим, що обумовило поповнення вологозапасів в ґрунті до достатніх. Погодні умови серпня теж були близькими до нормальних. Але з істотними коливаннями. Найхолоднішою була друга декада. Після дуже засушливих умов травня та червня, вологозабезпеченість посівів на доброму рівні утримувалась понад два місяці.

Температурний режим вересня виявився дуже аномальним – друга половина місяця була майже на 3°C теплішою за першу. Середньомісячна температура повітря становила 13-14,5 °C, близько норми. Сума опадів

переважно на більшій частині області становила 20-30 мм (лише 40-70 % норми). Ефективного тепла у другій половині вересня надійшло більше звичайного, вже на середину місяця запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту знизились до 15-20 мм. Погодні умови жовтня відмічались різким спадом тепла, після тривалої відсутності опадів з 3 жовтня відмічались рясні дощі. Середньомісячна температура становила 7-8°C, що близько норми. Сума опадів на більшій частині області становила переважно 85-100 мм (майже 2,5-3 норми місяця). З випаданням рясних дощів (починаючи з 3 жовтня) на полях дуже добре поповнився запас продуктивної вологи, після чого значно поліпшились умови росту та розвитку озимих культур.

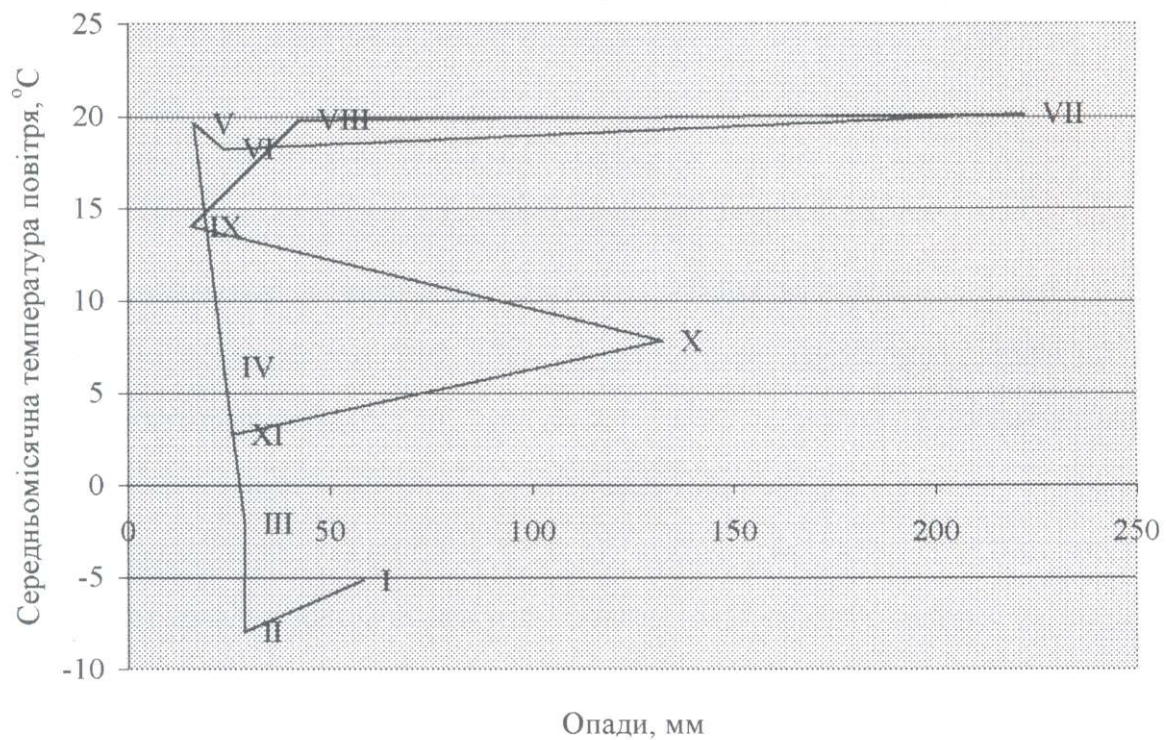


Рис. 2.5. Клімограма за 2013 рік

Аномальними погодними умовами відзначався листопад: найхолоднішою була середина місяця, а дуже теплими – перша і п'ята п'ятиденки.

Грудень був характерний холодним температурним режимом. Погода була ясною, в окремі дні відмічався сніг, проте був великий їх недобір.

РОЗДІЛ 3.

РОЛЬ ЛАНДШАФТНО-ЕКОЛОГІЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ У ДИНАМІЦІ ЧИСЕЛЬНОСТІ ШКІДЛИВИХ КОМАХ

3.1. Різноманіття типів ландшафтного покриття Полтавської області за даними GLC 2000

Буряки цукрові пошкоджує чимало видів шкідливих організмів, із-поміж яких домінуюче місце належить комахам. Узагальнення історичних даних про масові розмноження комах – основних шкідників буряків цукрових – є запорукою визначення закономірностей їх динаміки популяцій у просторі й часі, як основи прогнозування останньої для прийняття оптимальних рішень у захисті рослин буряків цукрових. Це одна з актуальних проблем сучасного буряківництва [195, 198, 200].

У результаті наших досліджень встановлено, що масові розмноження основних шкідників буряків цукрових в Україні циклічні, проте не періодичні. Їхні популяційні цикли синхронні з різкими змінами сонячної активності. До того ж останню рекомендується використовувати для прогнозування початку чергових масових розмножень [196, 198, 199]. Підтверджено, що для прогнозування початку чергових популяційних циклів сірого та звичайного бурякових довгоносиків, бурякових листкової та кореневої попелиць, бурякової та лободової щитоносок доцільно використовувати роки різких змін сонячної активності [197, 200]. Але слід відзначити, що прогноз стосується значних територій та на основі цього підходу не може бути зроблений для умов конкретного регіону або адміністративного району.

Динаміка чисельності популяцій комах визначається біотичними та абіотичними чинниками. Біотичні чинники можуть мати екзогенну та ендегенну природу. Важливою особливістю екологічних факторів є їх ієрархічна упорядкованість. В практиці сільського господарства моніторинг стану популяцій шкідливих тварин ведеться на рівні окремого поля, господарства, адміністративного району та регіону чи області. У нашій роботі об'єктом дослідження є динаміка чисельності шкідників буряку цукрового на рівні адміністративних районів Полтавської області. Тому, поряд з варіюванням кліматичних факторів важливий вплив на динаміку чисельності шкідливих комах може здійснювати ландшафтно-екологічне різноманіття територій. Кліматичні чинники, а також динаміку рослинного покриття можна віднести до категорії таких, що *регулюють* стан популяцій комах, а ландшафтно-екологічне різноманіття можна оцінити як такий фактор, що *визначає* стан популяцій комах.

Для кількісної оцінки ролі ландшафтно-екологічного різноманіття на динаміку чисельності комах треба розробити відповідні методичні прийоми. Сучасні технології дистанційного зондування поверхні Землі з космосу та обробки просторово-координованих даних дозволяють провести глобальну типізацію ландшафтно-екологічного покриття.

Для оцінки типів використання земель можуть бути застосовані результати програми глобального моніторингу покриву Землі – *Global Land Cover 2000 Project* (GLC 2000) [186]. Класифікація типів покриву Землі проведена в результаті обробки знімків, які робилися щодня протягом 14 місяців із супутника SPOT 4. Проект GLC 2000 використовує класифікаційну систему типів покриву Землі ФАО (FAO Land Cover Classification System – LCCS). Ця ієрархічна класифікація, що дозволяє описати типи рослинності для кожного регіону з деталізацією, найбільшою мірою придатною для експертизи ландшафтного різноманіття регіону, при цьому у відповідності зі стандартизованим підходом для класифікації. Система LCCS дає можливість регіональні легенди карт транслювати у більш загальні класи типів покриву Землі для такого глобального продукту, яким є GLC 2000. Результати аналізу типів покриву земної поверхні у межах Полтавської області на основі GLC 2000-підходу наведені на рисунку 3.1.

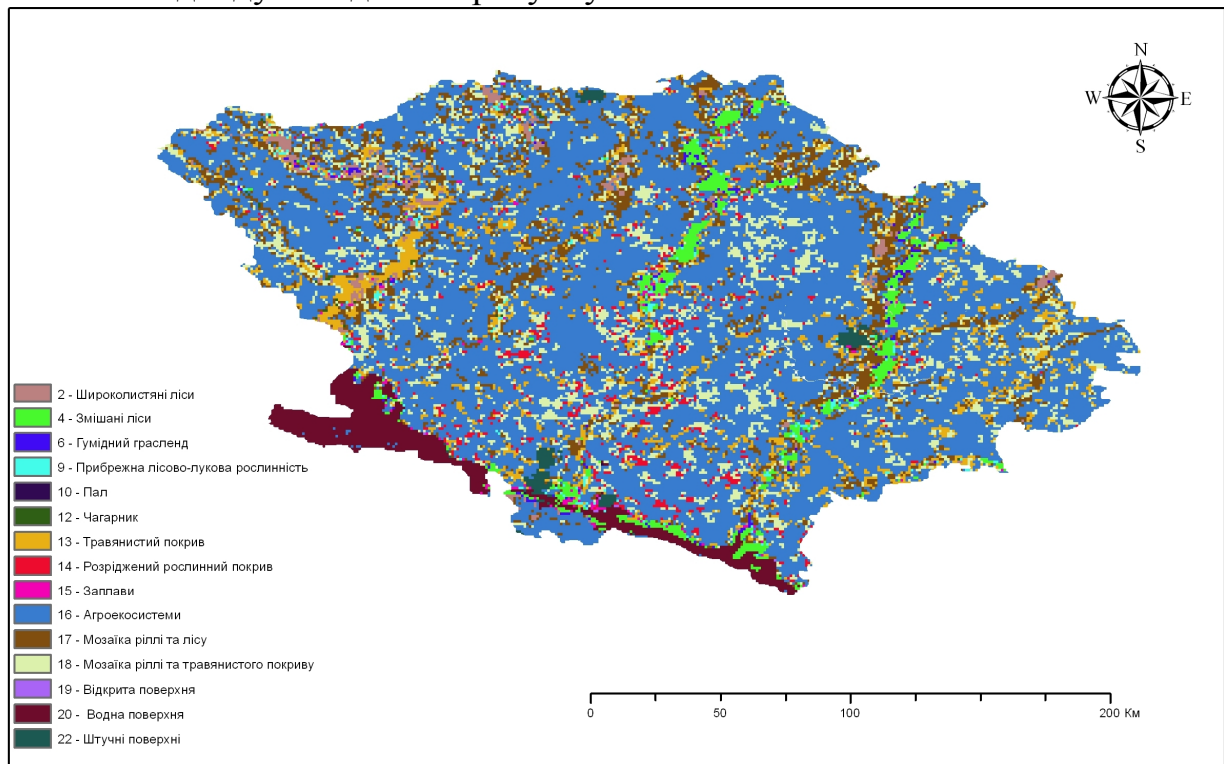


Рис. 3.1. Різноманіття типів ландшафтного покриву Полтавської області за даними GLC 2000

Аналіз даних, наведених на рисунку 1 свідчить про те, що значна територія досліджуваної області є розораною та зайнята агроєкосистемами. У межах земель сільськогосподарського призначення ландшафтне різноманіття формується за рахунок ріллі, територій з мозаїкою ріллі й трав'янистого покриву та територій з розрідженим рослинним покривом. Очевидно, що ці назви одиниць типів земного покриву, які застосовуються для глобальної класифікації у рамках GLC 2000-підходу, у реаліях Полтавської області відповідають різним фазам агротехнологічного циклу.

Компоненти природних екосистем зосереджені у заплавах річок регіону та представлені заплавними лісами, луками та болотами. Заплави річок можна

розрізняти як такі, що представлені переважно лісовими екосистемами, або луговими та болотними екосистемами.

Картографічне відображення структури ландшафтного покриву земної поверхні надає можливість обрахувати зональні статистики й таким чином визначити співвідношення головних типів покриву в межах адміністративних районів Полтавської області (табл. 3.1). В результаті проведених досліджень встановлено, що агроекосистеми (разом з мозаїкою та природною рослинністю) є найбільшим за площею типом покриву та займають від 56,6 % (Кременчуцький район) до 92,94 % (Шишацький район) території адміністративних районів. Частка складних мозаїчних агроекосистем (мозаїки з лісовою або луговою рослинністю) від площі суцільних агроекосистем становить від 24,12 % (Кременчуцький район) до 63,38 % (Чорнухинський район). Складний характер мозаїк дозволяє припустити більш високий рівень біологічного різноманіття цих типів земної поверхні. У межах мозаїчних ландшафтних комплексів вірогідне існування рефугіумів хижих членистоногих, які здатні виконувати регулюючі функції в агроекосистемах. Площа трав'янистого покриву (луки, вологі луки або грассленд, заплавні болота) займають друге місце у структурі ландшафтного покриву регіону. Ця група типів складає від 3,36 % (Шишацький район) до 15,37 % (Оржицький район) від площі адміністративних районів. На відміну від агроекосистем, природні трав'янисті комплекси у просторі розташовані дифузно, так як пов'язані з заплавами річок або іншими депресіями рельєфу (балки, байраки).

Наслідком дифузного характеру просторового розподілу є значна відносна довжина границі з навколишніми типами покриву, якими є переважно агроекосистеми. У зв'язку з цим трав'янисті екосистеми слід розглядати як важливе джерело інвазії в агроекосистеми тварин-хижаків.

Важливість цього джерела підкреслюється ценотичною подібністю агроекосистем та природних трав'янистих екосистем. Вони представлені переважно степовими ценотичними елементами (степантами) або луговими ценотичними елементами (пратантами) (Сумароков, 2009).

Полтавська область знаходиться у межах лісостепової зони, але лісовий покрив представлений дуже на обмеженій території. Так, лісові масиви, які можна ідентифікувати по даним дистанційного зондування поверхні Землі засобами супутника MODIS, майже відсутні у Решетилівському, Хорольському, Карлівському, Козельщинському районах. Лісові масиви у межах цих адміністративних одиниць представлені фрагментами у рамках більш складних мозаїчних комплексів. Значну площу лісові масиви займають у Кременчуцькому (8,07 %), Гадяцькому (8,18 %), Великобагачанському (8,90 %) та Котелевському (10,09 %) районах.

Штучні поверхні представлені урбанізованими територіями та пов'язані з розташуванням у межах області міських населених пунктів.

Інші типи земної поверхні складають не значні за площею ділянки та не формують регулярних або закономірних патернів.

Таблиця 3.1

Ландшафтно-екологічне різноманіття Полтавської області за даними GLC 2000

№	Райони	Типи ландшафтного покриття в % (умовні позначки – див. рис. 3.1)														
		2	4	6	9	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22
1	В-Багачанський	0,30	8,60	0,77	1,78	–	–	6,82	5,69	0,83	55,42	5,16	14,64	–	–	–
2	Гадяцький	0,77	7,41	1,38	0,27	–	–	5,57	1,00	0,15	61,57	14,43	7,14	–	0,04	0,27
3	Глобинський	0,05	0,95	0,16	0,25	–	–	5,56	3,60	0,33	46,69	3,33	10,19	0,03	28,78	0,08
4	Гребінківський	0,22	0,22	0,22	0,32	–	0,43	4,95	0,75	0,11	66,52	17,55	8,72	–	–	–
5	Диканський	1,85	1,30	0,46	–	–	–	3,43	1,20	–	67,04	10,74	13,98	–	–	–
6	Зіньківський	1,83	2,88	0,78	–	–	–	5,53	0,46	0,05	55,71	20,89	11,88	–	–	–
7	Карлівський	0,08	–	–	–	–	–	9,22	0,15	–	68,71	7,18	14,66	–	–	–
8	Кобеляцький	0,40	6,84	0,73	0,55	–	–	7,85	2,69	0,47	53,71	6,15	8,91	0,04	11,67	–
9	Козельщинський	–	0,20	–	–	–	–	5,61	8,18	–	66,13	5,14	14,74	–	–	–
10	Котелевський	0,40	9,69	2,62	0,08	–	–	5,56	0,56	–	58,46	10,41	12,23	–	–	–
11	Кременчуцький	1,25	6,82	1,06	1,35	0,10	–	5,57	3,60	2,11	45,60	5,09	5,91	0,24	13,84	7,45
12	Лохвицький	3,56	0,05	0,15	0,78	–	0,29	3,75	0,63	0,44	57,57	15,98	15,10	–	–	1,70
13	Лубенський	2,17	0,04	0,04	0,27	–	0,18	12,95	0,93	0,31	55,25	14,63	13,22	–	–	–
14	Машівський	0,28	0,91	0,07	0,42	–	0,07	12,13	0,28	0,07	68,02	4,84	12,90	–	–	–
15	Миргородський	2,16	2,45	0,29	0,33	–	–	6,27	1,37	0,25	62,12	15,15	9,63	–	–	–
16	Новосанжарський	0,24	2,35	0,24	1,34	–	–	7,59	0,58	0,14	66,43	9,08	12,01	–	–	–
17	Оржицький	3,84	0,06	0,26	0,26	–	0,90	14,73	1,09	0,38	55,48	8,58	14,41	–	–	–
18	Пирятинський	6,08	0,14	0,79	1,22	–	0,29	6,94	0,86	0,43	54,22	15,67	13,38	–	–	–
19	Полтавський	0,55	5,98	0,75	0,65	–	–	7,87	1,10	0,45	55,95	12,86	9,62	–	0,20	4,04
20	Решетилівський	–	–	–	–	–	–	4,22	3,77	–	71,15	4,35	16,51	–	–	–
21	Семенівський	0,25	0,35	0,05	0,76	–	0,05	5,24	3,33	0,66	63,39	8,93	16,84	–	0,15	–
22	Хорольський	0,06	–	–	0,42	–	0,12	5,56	2,03	0,06	70,31	11,05	10,39	–	–	–
23	Чорнухинський	6,94	0,09	1,32	0,88	–	–	6,59	0,26	0,79	50,88	18,89	13,36	–	–	–
24	Чутівський	2,02	–	0,07	–	–	–	10,10	–	–	63,71	10,32	13,78	–	–	–
25	Шишацький	–	0,59	–	0,17	–	–	3,28	2,94	0,08	69,83	3,03	20,08	–	–	–

Сукупність типів земної поверхні може бути відображенням ландшафтно-екологічного різноманіття. Цей показник кількісно був визначений за допомогою індексу Шеннона (рис. 3.2).

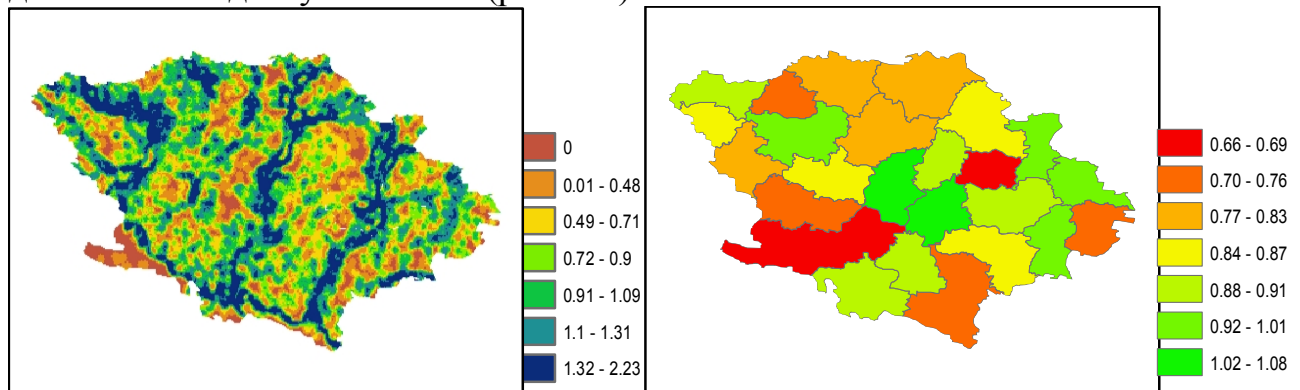


Рис. 3.2. Ландшафтно-екологічне різноманіття Полтавської області за індексом Шеннона

Примітка: зліва – просторове варіювання індексу;
справа – зональна статистика по адміністративним районам області.

У результаті проведених розрахунків встановлено, що найбільше ландшафтне різноманіття характерне для східних та центральних районів Полтавської області. Найбільше ландшафтне різноманіття встановлене для Решетилівського (у середньому індекс Шеннона становить 1,07) та Великобагачанського (1,06) районів, які знаходяться у центрі Полтавської області. Найменше ландшафтне різноманіття характерне для Чорнухінського, Семенівського, Глобинського та Кобелянського районів.

3.2. Роль різноманіття типів ландшафтного покриття в динаміці чисельності популяцій шкідників

Нами було досліджене припущення про залежність чисельності шкідливих комах по районах Полтавської області від середнього значення та стандартного відхилення індексу Шеннона, який характеризує ландшафтне різноманіття (рис. 3.3 та рис. 3.4).

Між варіюванням чисельності бурякової попелиці (*Aphis fabae*) та показниками ландшафтного різноманіття на обраному масштабному рівні не встановлено статистично вірогідного зв'язку.

Чисельність звичайного бурякового довгоносика (*Asproparthenis punctiventris*) негативно залежить від стандартного відхилення індексу Шеннона у межах адміністративних районів. За умов високого рівня ландшафтного різноманіття чисельність цього шкідника не сягає високих значень. У свою чергу низький рівень ландшафтного різноманіття створює передумови для спалахів чисельності звичайного бурякового довгоносика.

Для сірого бурякового довгоносика (*Tanymecus palliatus*) не встановлено статистично вірогідної лінійної залежності чисельності від індексу ландшафтного різноманіття та стандартного відхилення його варіювання. Але графічний аналіз залежності дозволяє припустити нелінійну залежність між цими показниками. Нелінійність визначається зоною екстремуму, у межах якої

чисельність шкідників може сягати найбільших значень. Для індексу Шеннона ця зона становить 0,8–0,9.

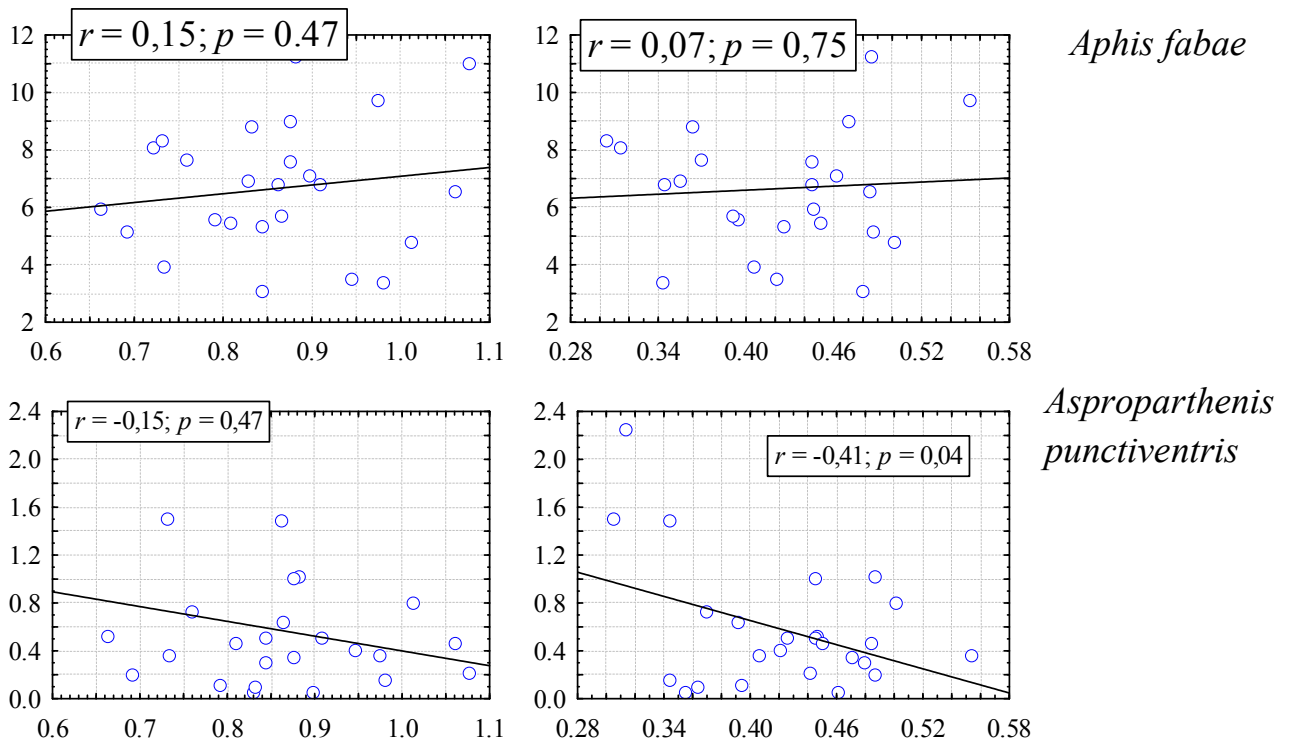


Рис. 3.3. Залежність варіювання чисельності шкідливих комах по районах Полтавської області (ось ординат, стандартне відхилення) від ландшафтно-екологічного різноманіття (зліва) та просторового варіювання індексу Шеннона (стандартне відхилення, справа)

Чисельність бурякової та лободової щитоносок (*Cassida nebulosa* та *Cassida nobilis*) демонструють залежність від ландшафтного різноманіття, вираженого індексом Шеннона. Найбільший ризик виникнення спалахів чисельності цих шкідників спостерігається в умовах низького ландшафтного різноманіття. Зі стандартним відхиленням індексу Шеннона існує нелінійний зв'язок: спостерігається рівень варіабельності різноманіття у діапазоні 0,40–0,46, при якому чисельність шкідників сягає найбільших значень. Аналогічна залежність спостерігається для бурякової кореневої попелиці (*Pemphigus fuscicornis*).

Для чисельності *Pemphigus fuscicornis* встановлений вірогідний статистичний зв'язок з індексом ландшафтного різноманіття Шеннона. Графічний аналіз залежності чисельності від стандартного відхилення значень індексу Шеннона дозволяє знайти зону, в межах якої спостерігаються найбільші рівні чисельності. Це діапазон значень стандартного відхилення індексу Шеннона 0,38–0,42.

Таким чином, ландшафтне різноманіття визначає умови, за яких найбільш вірогідне різке зростання чисельності шкідників. Нами встановлено, що низький рівень ландшафтного різноманіття відображає екологічну обстановку, за якої ризики спалахів чисельності шкідників найбільші. Рівень ландшафтного

різноманіття в умовах Полтавської області передусім визначається співвідношенням агроекосистем до ландшафтних комплексів інших типів.

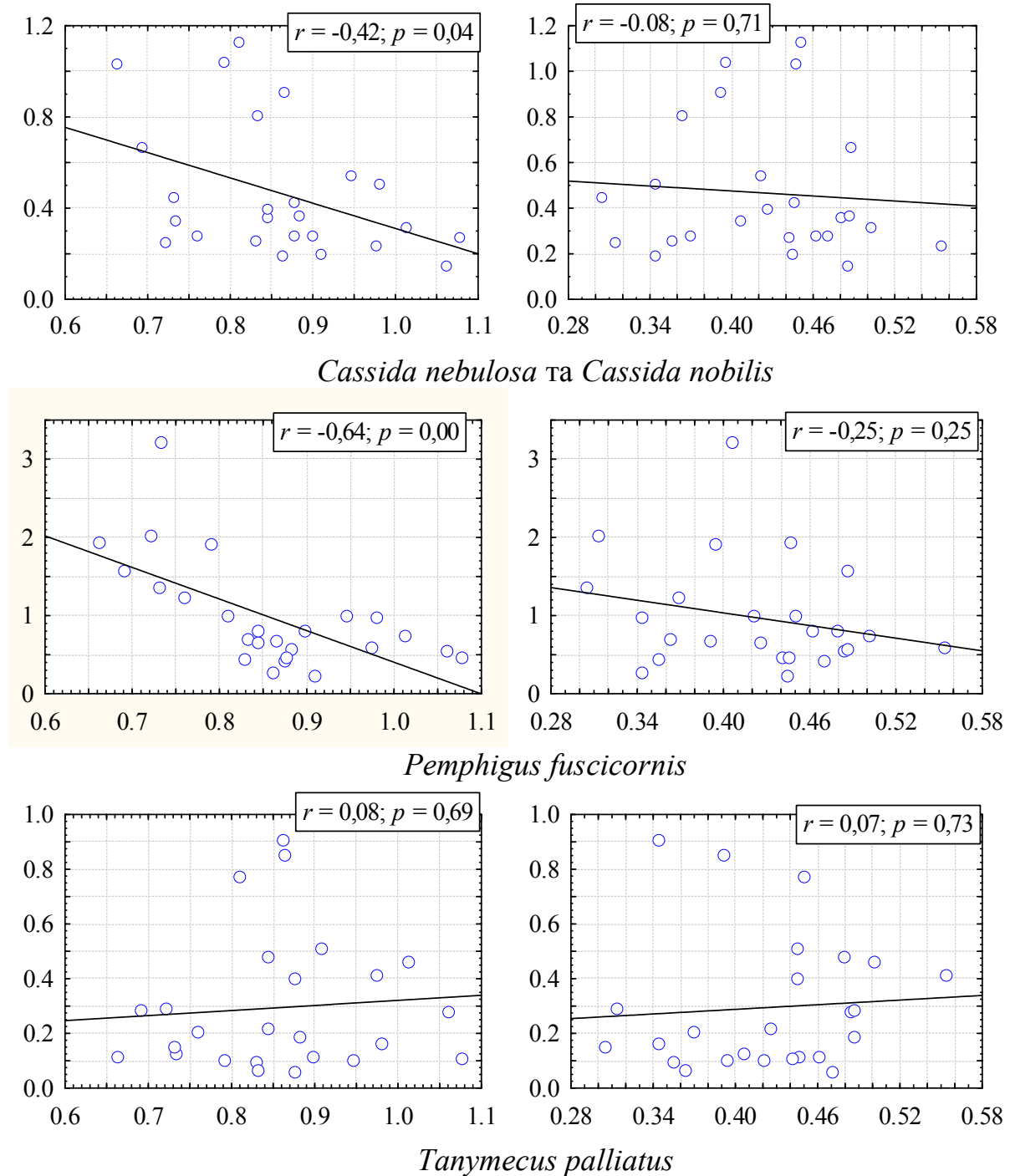


Рис. 3.4. Залежність варіювання чисельності шкідливих комах по районах Полтавської області (ось ординат, стандартне відхилення) від ландшафтно-екологічного різноманіття (зліва) та просторового варіювання індексу Шеннона (стандартне відхилення, справа)

Значні одноманітні території, які зайняті сільськогосподарськими угіддями, створюють умови для спалахів чисельності шкідників. Безумовно, природна хвилеподібна варіабельність чисельності популяцій тварин визначається комплексом екзогенних та ендогенних стосовно до популяції

чинників. Але одержані дані свідчать про те, що амплітуда коливань, а таким чином і господарськозначима шкода від комах-фітофагів, визначаються рівнем ландшафтного різноманіття. Слід наголосити на тому, що важливим чинником є саме ландшафтне різноманіття, а не тривіальна частка сільськогосподарських угідь у структурі покриття відповідної території.

3.3. Залежність динаміки чисельності популяцій шкідників від динаміки ландшафтного різноманіття

Головною ціллю Європейської комісії «Глобальний покрив Землі 2000» було створити у 2000 році глобальну гармонізовану базу даних покриття для всієї планети. Результати GLC 2000 класифікації типів поверхні Землі мають просторову точність 1 км. Пізніше були створені продукти, які надають можливість щорічно одержувати інформацію про структуру типів покриття Землі. Наприклад, продукт MODIS (MCD12Q1) містить щорічну інформацію про структуру покриття Землі та має роздільну здатність 500 м. Первина схема класифікації земної поверхні, яка міститься в продукті MCD12Q1, це IGBP (*International Geosphere Biosphere Programme* – Міжнародна геосферно-біосферна програма) [187]. Також цей продукт містить схему класифікації Мерилендського університету [188], Біомну класифікацію [189], LAI/fPAR біомну класифікацію [190] та схему функціональних типів рослинності PFT (Plant functional type) [191].

Для одержання кінцевого класифікаційного рішення застосовується технологія класифікаційних дерев з вибіркою для навчання з 2000 точок по усій земній кулі. Але кінцева мапа має значний рівень флуктуації оцінок класифікації, які можна помилково визнати як зміни ландшафтного покриття. Причинами цього можуть біти спектральна подібність між різними класифікаційними класами, сезонність у особливостях типів покриття земної поверхні, відсутні або помилкові данні, неоднозначність у формальному визначенні класифікаційних типів. Хоч спостережуваний рівень змін на мапі перевищує реальний рівень змін земного покриття, тренд у розподілі конкретних класів може бути діагностичною ознакою змін ландшафтного покриття [192].

Для аналізу динаміки змін ландшафтного покриття нами було обрано дві схеми класифікації: IGBP та PFT. Перша є найбільш поширена для оцінки структури типів покриття, друга містить більш детальну класифікацію типів агроєкосистем. Наявна інформація по продукту MCD12Q1 (https://lpdaac.usgs.gov/products/modis_products_table/mcd12q1) обіймає часовий інтервал з 2001 по 2012 рр. З часом наших досліджень перетинається відрізок 2008–2012 рр. Простора варіабельність типів земної поверхні за схемою IGBP за період досліджень наведено на рисунку 3.5.

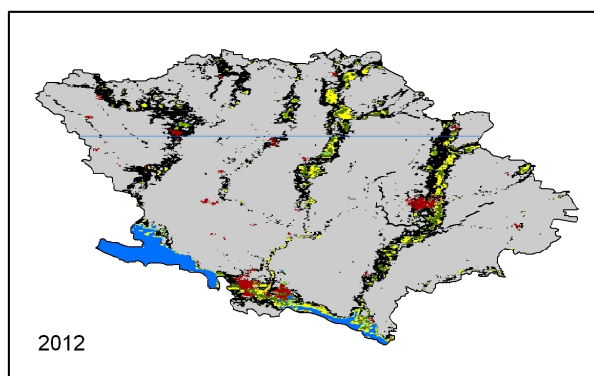
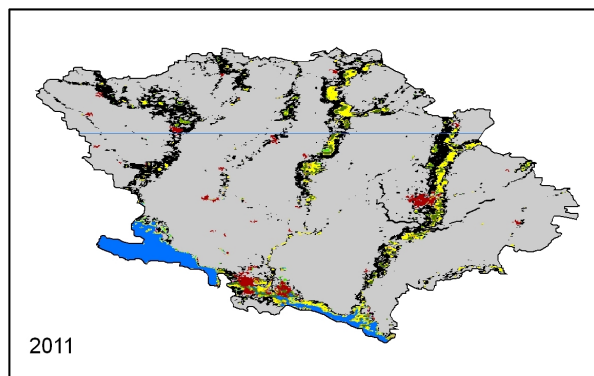
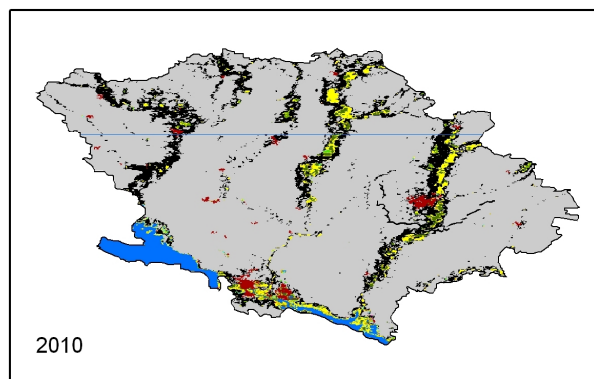
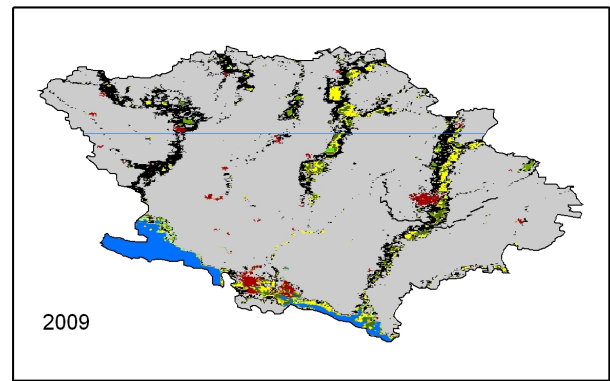
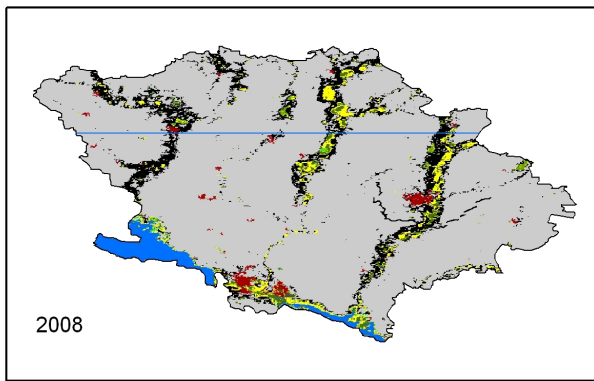


Рис. 3.5. Динаміка типів покриву землі у межах Полтавської області в період 2008–2012 рр. за даними супутника MODIS (MCD12Q1) відповідно до схеми класифікації IGBP (International Global Biosphere Programme – Міжнародна глобальна біосферна програма)

За даною схемою у межах Полтавської області можна виділити наступні типи земної поверхні: водна поверхня (0), хвойні ліси (1), суборі (3, в оригіналі – Deciduous Needleleaf forest), широколистяні ліси (4), змішані ліси – судіброви (5, в оригіналі – Mixed forest), суцільний чагарник (6, в оригіналі – Closed shrublands), розріджений чагарник (7, в оригіналі – Open shrublands), лісостеп з переважанням лісу (8, в оригіналі – Woody savannas), лісостеп (9, в оригіналі – Savannas), луки, або граcсленд (10), болота або ветленд (11), агроєкосистеми (12, в оригіналі – Croplands), урбанізовані території та забудови (13), мозаїка природних екосистем та агроєкосистем (14), деградовані землі (16, в оригіналі – Barren or sparsely vegetated).

Таким чином, схема IGBP містить типи земної поверхні, які досить повно відображають різноманіття ландшафтних комплексів Полтавської області. Але у контексті вирішення агроєкологічних питань ця схема має суттєвий недолік – значна частина поверхні розвиненої у аграрному напрямку області представлена одним типом – агроєкосистеми без подальшої диференціації.

Тим не менш, застосування схеми IGBP дозволить нам дослідити роль ландшафтного різноманіття переважно природних типів ландшафтних комплексів у формуванні динаміки шкідливих комах.

Аналіз даних по просторовій динаміці ландшафтного покриття дозволив визначити кількісні характеристики динаміки типів покриття земної поверхні у межах Полтавської області в період 2008–2012 рр. (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Динаміка типів земної поверхні у межах Полтавської області
в період 2008–2012 рр. відповідно до схеми класифікації IGBP**

Тип покриття	Рік					Середнє
	2008	2009	2010	2011	2012	
1	1,13	1,11	0,95	1,01	1,43	1,13
4	0,49	0,44	0,28	0,34	0,42	0,39
5	2,44	2,00	2,13	2,04	1,99	2,12
6	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
7	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
8	0,26	0,42	0,39	0,38	0,19	0,33
9	0,02	0,04	0,06	0,07	0,02	0,04
10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,08	0,10
11	0,12	0,12	0,12	0,17	0,22	0,15
12	83,44	83,98	81,92	82,95	80,76	82,61
13	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
14	9,18	8,91	11,16	10,04	12,11	10,28

Примітка: типи класифікації – див. текст та рис. 3.5.

Встановлено, що значну частину поверхні області займають сільськогосподарські угіддя – агроєкосистеми й мозаїки агроєкосистем та природних екосистем, які разом складають у середньому за період досліджень 92,89 %. Найбільший за площею природний комплекс області – це змішані ліси, які займають 2,12 % площі та зосереджені на аренах річок області.

Основним трендом за спостережуваний період був перерозподіл території між агроєкосистемами й мозаїками агроєкосистем та природних екосистем: площа агроєкосистем скоротилася з 83,44 до 80,76 %, у той час як площа мозаїк збільшилась з 9,18 до 12,11 %. Тренди змін інших типів покриття земної поверхні не можна визнати такими, що не є закономірними внаслідок обмеженої точності методики оцінки та малої площі ареалів відповідних типів покриття.

У якості інтегрального показника структури еколого-ландшафтного покриття регіону був застосований індекс різноманіття Шеннона, який обрахований для вікна 5 пікселів. Для того, щоб встановити причини формування ландшафтно-екологічного різноманіття у межах Полтавської області був проведений регресійний аналіз, який встановив залежність індексу Шеннона від типів земного покриття (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Регресійний аналіз залежності індексу Шеннона ландшафтно-екологічного різноманіття від типів земного покриття ($R^2 = 0,98$)

Предиктори, тип земного покриття	β	Ст. помилка β	B	Ст. помилка B	t(112)	p-рівень
Константа	—	—	0,35	0,12	2,89	0,00
1	0,19	0,04	0,02	0,00	5,41	0,00
4	0,05	0,02	0,02	0,01	2,89	0,00
5	0,16	0,04	0,01	0,00	4,44	0,00
6	0,04	0,02	0,29	0,14	2,04	0,04
7	0,03	0,03	0,29	0,23	1,25	0,21
8	0,23	0,04	0,07	0,01	5,45	0,00
9	0,03	0,03	0,08	0,07	1,21	0,23
10	-0,03	0,03	-0,03	0,03	-0,92	0,36
11	0,05	0,04	0,03	0,02	1,30	0,20
12	-0,17	0,07	0,00	0,00	-2,36	0,02
13	0,09	0,03	0,01	0,00	3,50	0,00
14	0,37	0,04	0,01	0,00	8,59	0,00

Примітки: типи класифікації – див. рис. 3.5; β – стандартизований регресійний коефіцієнт; B – регресійний коефіцієнт.

Також було проведене чисельне диференціювання часового ряду значень індексу різноманіття Шеннона:

$$\Delta H = H_i - H_{i-1},$$

де H_i – ландшафтне різноманіття у межах адміністративного району у поточному році; H_{i-1} – різноманіття у попередньому році.

У якості показника динаміки популяцій шкідників був розглянутий приріст чисельності популяції порівняно з попереднім роком:

$$\Delta A = A_i - A_{i-1},$$

де A_i – щільність популяції у поточному році; A_{i-1} – чисельність популяції у попередньому році.

Дана формула відповідає числовому диференціюванню часового ряду, у наслідок чого може бути проведена оцінка швидкості зміни чисельності популяції. Також для характеристики не спрямованої варіабельності популяції був обрахований квадрат приросту чисельності ΔA^2 , який є тільки позитивним і тим більшим, чим більше варіювання чисельності популяції як у бік збільшення, так і у бік зменшення.

Ми мали на меті перевірити гіпотезу про регуляторну роль варіабельності ландшафтного різноманіття по роках, яке визначене за допомогою дистанційного зондування Землі на стан популяцій шкідливих комах. Під станом в даній ситуації ми розуміємо спрямовану (збільшення або зменшення) динаміку популяцій або не спрямовану динаміку як показник нестабільності популяцій. Ця мета була вирішена за допомогою регресійного аналізу. У якості предикторів використані показники ландшафтного різноманіття та його динаміки – H та ΔH . У якості залежної змінної виступили показники швидкості зміни чисельності популяцій ΔA та ΔA^2 (табл. 3.4).

Для динаміки чисельності бурякової листкової попелиці динаміка ландшафтно-екологічного різноманіття є суттєвим чинником, який визначає варіабельність популяції цього шкідника. Про це свідчить досить високі квадрати коефіцієнтів множинної кореляції R^2 . Одержані дані вказують на те, що 31 % та 20 % варіабельності показників ΔA та ΔA^2 відповідно можуть бути пояснені у рамках цієї регресійної моделі. Регресійний аналіз свідчить, що зростання ландшафтно-екологічних змін спричиняє дестабілізацію популяцій бурякової листкової попелиці. Також слід відмітити, що збільшення загального рівня ландшафтно-екологічного різноманіття також веде до збільшення варіабельності чисельності шкідників. Як було зазначено раніше, в умовах Полтавської області збільшення ландшафтно-екологічного різноманіття пов'язане зі зростанням частки широколистяних культур у тому числі й буряку цукрового. Це робить зрозумілим встановлену залежність, відповідно до якої збільшення ресурсної бази шкідників провокує дестабілізацію популяції шкідника.

Для спрямованої динаміки чисельності звичайного бурякового довгоносика не встановлено статистично вірогідного лінійного впливу варіабельності ландшафтного різноманіття. Але показник варіабельності популяції цього шкідника ΔA^2 залежить від різноманіття покрову: зменшення різноманіття призводить до збільшення варіабельності. Бурякова та лободова щитоносики чутливі до ландшафтно-екологічної динаміки. Слід відзначити, що індекс Шеннона та його варіабельність визначають 12 % спрямованої динаміки чисельності (ΔA) та 16 % показника дестабілізації популяції (ΔA^2). Бурякова коренева попелиця реагує тенденцією до збільшення чисельності при зменшенні ландшафтно-екологічного різноманіття. 16 % варіабельності швидкості зміни чисельності цього шкідника визначається одержаною регресійною моделлю. Тільки 5 % не спрямованої варіабельності чисельності може бути пояснена за допомогою даної регресійної моделі, але вплив різноманіття за індексом Шеннона на показник ΔA^2 статистично вірогідний.

Таблиця 3.4

**Регресійний аналіз залежності динаміки чисельності шкідливих комах
від ландшафтно-екологічного різноманіття та його динаміки**

Залежна змінна	R^2	Предик- тори	β	Ст. помилка β	В	Ст. помилка В	t(122)	p- рівень
Бурякова листкова попелиця (<i>Aphis fabae</i>)								
ΔA	0,31	C	—	—	1,27	0,99	1,28	0,20
		ΔH	0,51	0,08	182,16	26,90	6,77	0,00
		H	0,16	0,08	5,43	2,57	2,11	0,04
ΔA^2	0,20	C	—	—	3,39	0,89	3,80	0,00
		ΔH	0,39	0,08	114,26	24,15	4,73	0,00
		H	0,18	0,08	4,98	2,31	2,16	0,03
Звичайний буряковий довгоносик (<i>Asproparthenis punctiventris</i>)								
ΔA	0,02	C	—	—	0,15	0,12	1,26	0,21
		ΔH	0,11	0,09	3,92	3,21	1,22	0,23
		H	−0,12	0,09	−0,42	0,31	−1,35	0,18
ΔA^2	0,09	C	—	—	0,73	0,08	8,70	0,00
		ΔH	0,16	0,09	4,14	2,27	1,82	0,07
		H	−0,27	0,09	−0,66	0,22	−3,04	0,00
Бурякова та лободова щитоносики (<i>Cassida nebulosa</i> + <i>Cassida nobilis</i>)								
ΔA	0,12	C	—	—	0,09	0,09	0,96	0,34
		ΔH	−0,31	0,09	−9,06	2,49	−3,64	0,00
		H	−0,13	0,09	−0,37	0,24	−1,54	0,13
ΔA^2	0,16	C	—	—	0,34	0,06	5,42	0,00
		ΔH	0,39	0,08	7,97	1,71	4,67	0,00
		H	0,03	0,08	0,06	0,16	0,35	0,73
Бурякова коренева попелиця (<i>Pemphigus fuscicornis</i>)								
ΔA	0,16	C	—	—	0,36	0,19	1,90	0,06
		ΔH	−0,40	0,08	−24,96	5,20	−4,80	0,00
		H	0,05	0,08	0,32	0,50	0,64	0,52
ΔA^2	0,05	C	—	—	0,50	0,09	5,84	0,00
		ΔH	0,11	0,09	2,85	2,38	1,19	0,23
		H	0,19	0,09	0,46	0,22	2,07	0,04

Примітки: ΔA – швидкість зміни чисельності, обчислена як різниця між чисельністю цього року та попереднього у даному адміністративному районі; C – константа; H – індекс ландшафтно-екологічного різноманіття Шеннона; ΔH – швидкість його зміни по роках; β – стандартизований регресійний коефіцієнт; В – регресійний коефіцієнт.

Регресійні моделі для показників динаміки чисельності сірого бурякового довгоносика статистично не вірогідні. Слід відзначити, що лінійний характер зв'язків може не завжди відповідати природі екологічного явища, яке розглядається. Графічне відображення залежності швидкості зміни чисельності сірого бурякового довгоносика від швидкості зміни різноманіття ландшафтно-екологічного покриву підтверджує нелінійний характер зв'язку (рис. 3.6).

Одержані дані свідчать про те, що за умов стабільності ландшафтно-екологічного покриву популяції цього шкідника демонструють найбільшу динаміку зростання. Возведення у квадрат ΔH робить цю залежність більш демонстративною. У такому вигляді відхилення від початку координат є маркером нестабільності ландшафтно-екологічного покриву. Тільки при найменших відхиленнях ризику стрімкого зростання чисельності популяцій сірого бурякового довгоносика стають досить значними.

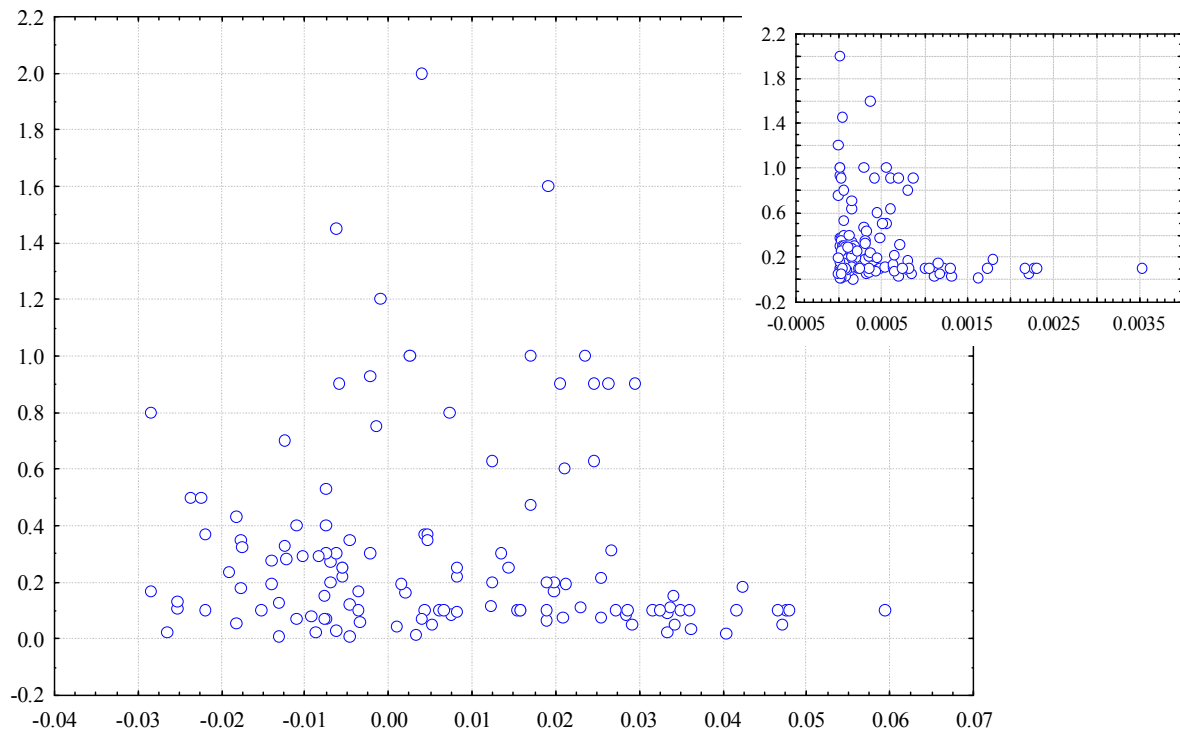


Рис. 3.6. Залежність швидкості зміни чисельності між роками ΔA сірого бурякового довгоносика (*Tanymecus palliatus*) від швидкості змін ландшафтно-екологічного різноманіття ΔH

Примітка: вісь абсцис – різниця між роками ландшафтно-екологічного різноманіття (індекс Шеннона) (у врізці справа вверху – квадрат цього показника) по адміністративним районам; вісь ординат – квадрат різниці між роками чисельності *Tanymecus palliatus*

Таким чином, для розглянутих видів шкідників встановлений або лінійний, або нелінійний характер залежності показників динаміки чисельності від динаміки різноманіття покриву земної поверхні. Це різноманіття ми називаємо ландшафтно-екологічним тільки у широкому сенсі, так як воно спирається на дані, одержані при дистанційному зондуванні поверхні Землі з космічної станції. Але формальна широта цього терміну компенсується функціональним змістом, так як типізація поверхні Землі відбувається за функціонально чутливими властивостями рослинного покриву, а саме стану та динаміки продукційної системи рослинності. У такому контексті різноманіття є відображенням функціональної стійкості продукційного процесу протягом вегетаційного періоду. Фітофаги є важливим функціональним елементом екосистем. До їх складу входять господарсько-важливі види, які визначаються як шкідники. Динаміка чисельності фітофагів, у тому числі й шкідників,

знаходиться в залежності від стану продукційної системи наземних екосистем. Очевидно, що саме у цьому полягає причина функціональної залежності динамічних показників популяцій тварин та динаміки ландшафтно-екологічного різноманіття.

Для більшості шкідників встановлена дестабілізація динаміки чисельності популяцій як реакція на зміни ландшафтно-екологічного різноманіття. Найбільш очевидним механізмом є реакція фітофагів на збільшення трофічної бази, з чим пов'язане в умовах досліджуваного регіону збільшення ландшафтно-екологічного різноманіття. Але цей зв'язок не слід розглядати як тривіальну субстрат-залежну динаміку. Більш складний характер залежності випливає з наступного. Ландшафтно-екологічне різноманіття залежить не тільки від агроекосистем, але й від природних екосистем. Тому слід стверджувати, що стан та динаміка природних екосистем та їх різноманіття визначає та впливає на стан популяцій шкідників в агроекосистемах. Крім того, типізація земного покриву, яка застосована у даному дослідженні, розроблена для цілей переважно глобального моніторингу, який дозволяє одержувати порівняльні дані для значних територій. З іншого боку, оцінка різноманіття території регіонального рівня є досить грубою та схематичною. Тим не менш, поєднання інформаційних потоків з принципово різних джерел (дистанційне зондування поверхні Землі та статистична інформація про чисельність шкідливих комах по адміністративним районам) дозволило одержати спроможні регресійні моделі.

На складний характер залежності також вказує значні рівні регресійної залежності з квадратом швидкості мінливості чисельності популяцій шкідників. Цей показник чутливий не до напрямку змін чисельності, а до зміни чисельності як такої. Така обставина робить більш обґрунтованим бачення не про функціональний вплив ландшафтно-екологічного різноманіття на чисельність популяцій, а бачення впливу динаміки різноманіття на динаміку чисельності комах. Тобто, на перший план слід винести не різноманіття як таке, а швидкість його зміни. Загальний рівень різноманіття як видового, таксономічного так і ландшафтно-екологічного, значною мірою залежить від методичних обставин. У той час як динаміка різноманіття за умов одноманітності методичної бази віддзеркалює властивості екосистеми.

Досліджені нами види шкідників розрізняються характером реакції їх динаміки на дестабілізацію ландшафтно-екологічного оточення. Більшість із них демонструють відповідну дестабілізацію популяційної динаміки, тоді як сірий буряковий довгоносик найбільш високий рівень мінливості чисельності показує за умов стабільності його екологічного оточення.

Висновки по розділу

1. У результаті проведених розрахунків встановлено, що найбільше ландшафтно-екологічне різноманіття характерне для східних та центральних районів області. Найбільше ландшафтне різноманіття встановлене для Решетилівського (у середньому індекс Шеннона становить 1,07) та

Великобагачанського (1,06) районів, які знаходяться у центрі Полтавської області. Найменше ландшафтне різноманіття характерне для Чорнухінського, Семенівського, Глобинського та Кобелянського районів.

2. Загальний рівень ландшафтно-екологічного різноманіття та його динаміка впливають на стан і динаміку чисельності шкідників буряку цукрового в межах Полтавської області. Ландшафтне різноманіття визначає умови, за яких найбільш вірогідне різке зростання чисельності шкідників. Низький рівень ландшафтного різноманіття відображає екологічну обстановку, за якої ризику спалахів чисельності шкідників найбільші.

3. Рівень ландшафтного різноманіття в умовах Полтавської області передусім визначається співвідношенням агроєкосистем до ландшафтних комплексів інших типів. Значні одноманітні території, які зайняті сільськогосподарськими угіддями, створюють умови для спалахів чисельності шкідників.

РОЗДІЛ 4.

ДИНАМІКА ЧИСЕЛЬНОСТІ ШКІДНИКІВ БУРЯКУ ЦУКРОВОГО В ПОЛТАВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

4.1. Динаміка бурякової та лободової щитоносок

Дані про динаміку заселеності буряковою (*Cassida nebulosa* (Linnaeus, 1758) та лободовою (*Cassida (Cassidulella) nobilis* (Linnaeus, 1758) щитоносками посівів буряку цукрового адміністративних районів Полтавської області у період 2009–2014 рр. наведено у таблиці 4.1. Заселеність площ згаданими видами шкідників варіює в межах 0 – 100 % від обстеженої площі. Найбільша заселеність буряку цукрового буряковою та лободовою щитоносками спостерігалася у 2009 році. У цей період в таких районах, як Великобагачанський та Диканський у 100 % досліджених сільгоспугідь були виявлені згадані вище шкідники, а у Полтавському та Глобинському районах у 50 % площ. В 14 районах заселеність площ шкідниками становила 6,7–37,5 %, а в 7 районах бурякової та лободової щитоносок взагалі не було знайдено.

У подальші роки досліджень спалахи заселеності спостерігалися в 2012 та 2014 рр, а в 2010, 2011 та 2013 рр., відповідно, заселеність була найменшою. У 2012 р. у всіх адміністративних районах були знайдені бурякова та лободова щитоноски. Слід відзначити, що у цей же рік заселеність не перевищувала 50 % (Пирятинський район). У 14 районах заселеність площ щитоносками була більше 20 %, а в 11 районах даний показник знаходився в межах 7,7% – 18,2 %. З іншого боку, у період відносно малої заселеності сільгоспугідь буряковою та лободовою щитоносками у 2010 році та 2011 році заселеність у окремих районах становила 100 %. У 2013 р. поряд з низьким загальним рівнем заселеності у найменшій кількості адміністративних районів були знайдені досліджувані види шкідників – у 10.

Таблиця 4.1

Заселеність посівів буряків цукрових буряковою та лободовою щитоносками

№ п/п	Район	Обстежено, тис. га						Заселено, тис. га						% заселеної площі					
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	В-Багачанський	0,2	0,4	0,4	0,3	–	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	–	–	100,0	25,0	25,0	33,3	–	–
2	Гадяцький	3,7	1,6	1,6	9,0	0,3	1,3	0,9	0,4	0,4	1,3	0,1	0,4	24,3	25,0	25,0	14,4	16,7	30,8
3	Глобинський	0,2	5,7	5,7	4,5	4,5	2,4	0,1	0,8	0,8	0,6	0,4	0,2	50,0	14,0	14,0	13,3	8,9	8,3
4	Гребінківський	0,8	0,4	0,4	0,5	–	0,3	–	0,4	0,4	0,1	–	0,1	–	100,0	100,0	20,0	–	33,3
5	Диканський	3,1	3,1	3,1	0,9	0,6	1,9	3,1	1,6	1,6	0,1	0,1	0,8	100,0	51,6	51,6	11,1	16,7	42,1
6	Зіньківський	1,1	1,5	1,5	1,0	0,6	2,3	–	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	–	46,7	46,7	20,0	33,3	8,7
7	Карлівський	2,4	2,8	2,8	1,9	–	0,9	0,4	0,4	0,4	0,2	–	0,2	16,7	14,3	14,3	10,5	–	22,2
8	Кобеляцький	2,1	2,2	2,2	5,0	0,8	0,7	0,5	0,2	0,2	1,5	0,2	0,1	23,8	9,1	9,1	30,0	25,0	14,3
9	Козельщинський	2,7	3,7	3,7	3,3	1,0	2,3	–	–	–	0,9	0,2	0,5	–	–	–	27,3	20,0	21,7
10	Котелевський	1,1	1,7	1,7	1,3	0,5	1,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	18,2	5,9	5,9	7,7	40,0	20,0
11	Лохвицький	3,3	10,8	10,8	3,3	–	0,3	0,8	0,9	0,9	0,6	–	0,1	24,2	8,3	8,3	18,2	–	33,3
12	Лубенський	3,0	8,0	8,0	2,8	–	0,5	0,7	0,3	0,3	0,8	–	–	23,3	3,8	3,8	28,6	–	–
13	Машівський	1,3	1,9	1,9	2,0	–	–	0,3	0,2	0,2	0,2	–	–	23,1	10,5	10,5	10,0	–	–
14	Миргородський	–	1,2	1,2	2,4	–	1,0	–	0,1	0,1	0,2	–	0,2	–	8,3	8,3	8,3	–	20,0
15	Новосанжарський	1,0	0,4	0,4	0,6	0,1	1,0	0,2	–	–	0,2	–	0,1	20,0	–	–	33,3	–	10,0
16	Оржицький	2,1	2,3	2,3	2,5	–	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	–	0,2	19,0	17,4	17,4	16,0	–	33,3
17	Пирятинський	2,8	2,8	2,8	0,2	–	–	–	–	–	0,1	–	–	–	–	–	50,0	–	–
18	Полтавський	0,2	0,8	0,8	0,4	0,2	0,6	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	50,0	25,0	25,0	25,0	50,0	33,3
19	Решетилівський	0,3	0,4	0,4	0,7	0,3	0,1	–	–	–	0,3	–	–	–	–	–	42,9	–	–
20	Семенівський	2,0	3,7	3,7	3,3	1,3	3,0	0,6	–	–	0,6	0,3	0,6	30,0	–	–	18,2	23,1	20,0
21	Хорольський	1,5	4,5	4,5	4,3	0,9	2,1	0,1	0,1	0,1	1,2	0,1	0,4	6,7	2,2	2,2	27,9	11,1	19,0
22	Чорнухинський	3,2	0,7	0,7	0,6	–	–	0,7	–	–	0,1	–	–	21,9	–	–	16,7	–	–
23	Чутівський	1,4	0,3	0,3	1,1	0,2	0,7	–	0,1	0,1	0,5	–	0,2	–	33,3	33,3	45,5	–	28,6
24	Шишацький	5,6	5,9	5,9	6,6	2,4	3,2	2,1	2,1	2,1	2,0	–	0,9	37,5	35,6	35,6	30,3	–	28,1
Загальний результат		45,1	66,8	66,8	58,5	13,7	26,3	11,4	9,1	9,1	12,4	1,85	5,6	25,28	13,62	13,62	21,20	13,50	21,29

Між показниками заселеності обстежених площ та середньою щільністю встановлена зворотна залежність: за умов найбільшої щільності може спостерігатися тільки низький рівень заселеності сільськогосподарських угідь шкідниками бурякової та лободової щитоносок (рис. 4.1).

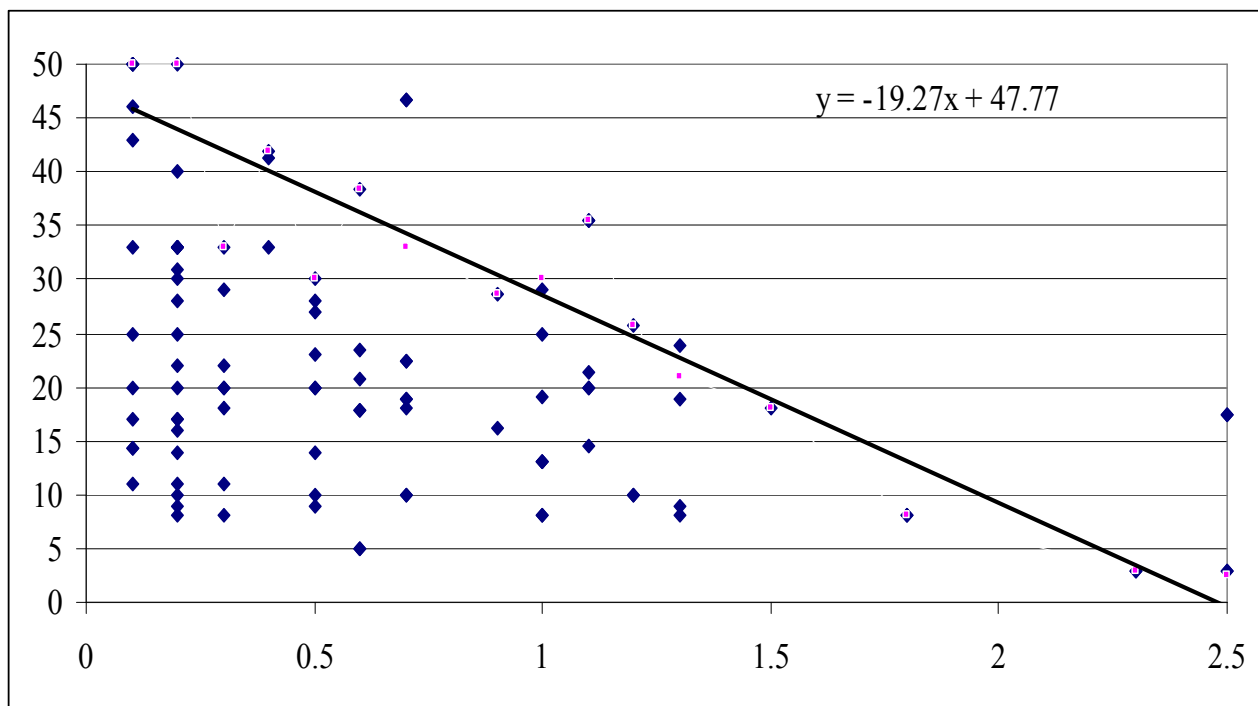


Рис. 4.1. Залежність між щільністю й заселеністю бурякової та лободової щитоносок посівів буряку цукрового

Примітка: вісь абсцис – середня щільність шкідника по адміністративним районам в екз/м², вісь ординат – заселеність у % від обстежених площ; лінія вказує на верхню статистичну межу дозволених значень заселеності при певній щільності; рівняння описує цю лінію.

Як показано на даному рисунку, при низьких рівнях середньої щільності можливий широкий діапазон значень заселеності: від найменших до 50 %. Епізодичні значення заселеності більші ніж 50 % не вписуються у знайдену залежність, тому були відкинуті. Вірогідно, спостережувані значення заселеності більш ніж 50 % площ були наслідком недостатньої загальної площі обстеження. При збільшенні середньої щільності можливий діапазон значень заселеності монотонно звужується. Така залежність між щільністю та заселеністю є результатом контагіозного просторового розподілу шкідників. Збільшення рівня заселеності відбувається переважно за рахунок площ з низьким рівнем щільності шкідника. Тому, навіть при наявності окремих полів з високою щільністю щитоносок в умовах значної заселеності середнє значення по адміністративному району буде малим.

Дані про динаміку щільності бурякової та лободової щитоносок на посівах буряків цукрових в період масового заселення по районах Полтавської області наведені в таблиці 4.2.

Одержані дані свідчать про те, що за період досліджень щільність популяцій щитоносок сягала максимального значення – 3 екз./м² (2009 р., Глобинський район).

Таблиця 4.2

**Щільність бурякової та лободової щитоносок на посівах
буряків цукрових в період масового заселення (екз./м²)**

№ п/п	Район	Роки						Середнє	CV, %
		2009	2010	2011	2012	2013	2014		
1	В-Багачанський	2,90	2,50	1,10	0,20	–	0,09	1,13	113,40
2	Гадяцький	0,60	0,70	0,70	0,20	0,20	0,20	0,43	59,58
3	Глобінський	3,00	2,50	1,00	0,60	0,20	1,30	1,43	76,51
4	Гребінківський	0,85	0,70	0,70	0,10	–	0,10	0,41	93,07
5	Диканський	1,30	1,80	1,10	0,30	0,10	0,40	0,83	80,20
6	Зіньківський	0,64	0,70	0,70	0,50	0,20	0,50	0,54	35,14
7	Карлівський	0,70	0,77	0,40	0,20	–	0,30	0,40	74,82
8	Кобеляцький	1,20	0,90	0,70	0,50	0,20	0,50	0,67	52,54
9	Козельщинський	0,37	0,93	1,10	0,50	0,30	0,20	0,57	64,36
10	Котелевський	0,90	0,75	0,60	0,20	0,20	0,20	0,48	66,49
11	Кременчуцький	0,58	0,35	0,30	0,25	–	0,05	0,26	82,96
12	Лохвицький	1,00	1,80	1,80	0,30	–	0,20	0,85	95,21
13	Лубенський	1,30	1,70	1,40	1,00	–	–	0,90	81,35
14	Машівський	–	1,20	1,20	0,20	–	0,10	0,45	130,15
15	Миргородський	0,63	2,30	2,30	0,30	0,05	0,30	0,98	106,01
16	Новосанжарський	1,10	0,85	0,60	0,20	–	0,50	0,54	74,86
17	Оржицький	1,30	2,50	2,50	0,20	–	–	1,08	110,68
18	Пирятинський	0,46	0,71	0,80	0,20	0,11	0,28	0,43	65,79
19	Полтавський	0,49	0,70	0,70	0,10	0,10	0,30	0,40	69,03
20	Решетилівський	0,34	0,75	0,55	0,10	0,08	0,05	0,31	92,62
21	Семенівський	0,90	0,40	0,25	0,35	0,50	0,60	0,50	46,04
22	Хорольський	1,30	2,50	2,50	0,20	–	–	1,08	110,68
23	Чорнухинський	1,10	0,66	0,80	0,20	0,09	0,00	0,48	93,20
24	Чутівський	0,45	0,60	0,60	0,10	0,08	0,30	0,36	65,79
25	Шишацький	0,60	1,10	1,10	0,20	0,11	0,50	0,60	70,91

Гістограма розподілу значень щільності за період досліджень наведена на рисунку 4.2.

Лінія на рисунку з гістограмою вказує на гіпотетичний нормальний розподіл досліджуваної змінної. Нормальному закону випадкова величина підкоряється коли на неї не впливають суттєві чинники, або кількість таких чинників досить велика так, що серед них неможливо встановити один провідний. Ми бачимо два значних відхилення від зони, яка найбільшим чином наближається до нормального (гаусового) розподілу. Це зона максимальної щільності (понад 2 3 екз./м²), яку можна визнати як спалах чисельності. Також це зона найменшої чисельності, яка значно поширена у порівнянні з випадковою альтернативою. Цю зону можна визначити як результат заходів по боротьбі з щитоносками.

На рисунку 4.3 показана загальна динаміка чисельності бурякової та лободової щитоносок в Полтавській області.

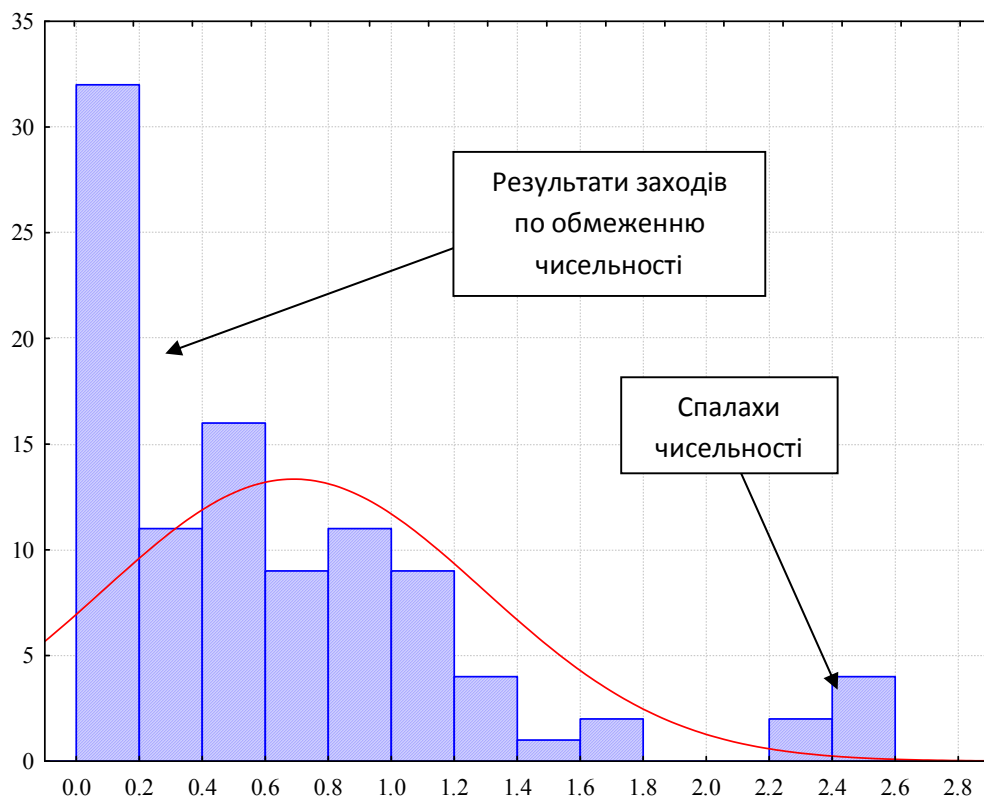


Рис. 4.2.
Гістограма щільності бурякової та лободової щитоносок на посівах буряків цукрових

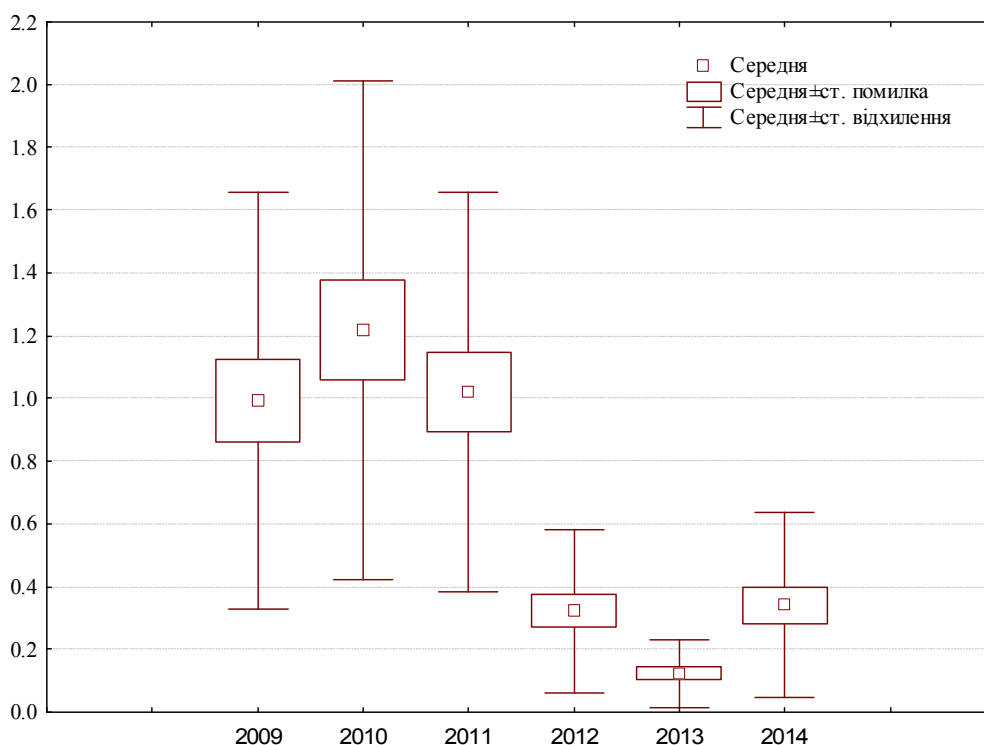


Рис. 4.3.
Динаміка чисельності бурякової та лободової щитоносок (*C. nebulosa* + *C. nobilis*) посівів буряків цукрових у межах Полтавської області в період масового заселення

Для динаміки в досліджуваний період характерний пік у 2010 році на фоні високих значень у 2009 та 2011 роках, за якими відбулося зниження загального рівня чисельності щитоносок. Просторовий розподіл середніх рівнів

щільності щитоносок та коефіцієнтів варіації цього показника протягом періоду дослідження наведений на рисунку 4.4.

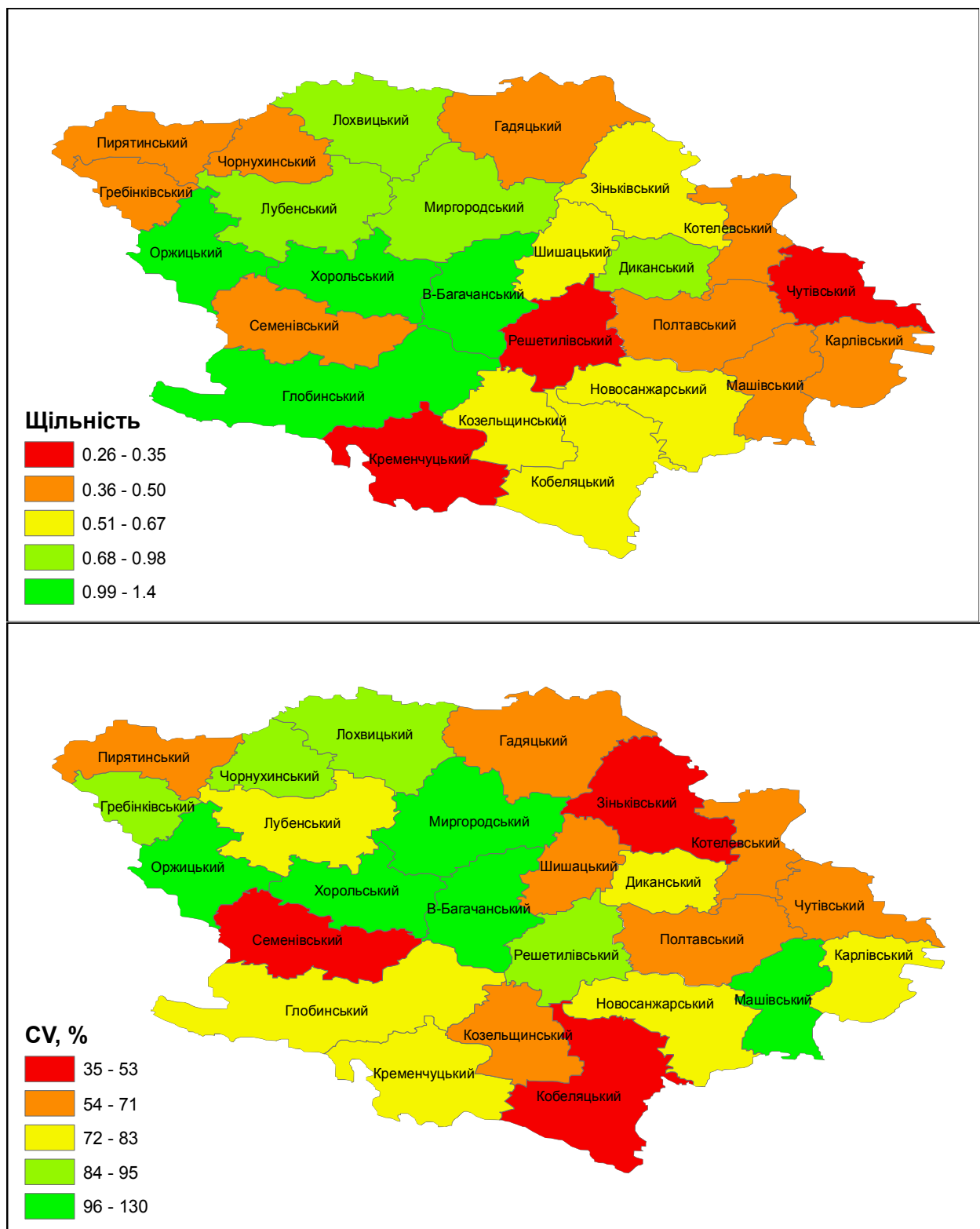


Рис. 4.4. Просторовий розподіл у межах Полтавської області середніх рівнів щільності щитоносок та коефіцієнтів варіації цього показника протягом 2009–2014 рр.

Території високої та низької щільності шкідників просторово пов'язані. Так, найвищі рівні щільності щитоносок спостерігаються в сусідніх районах, а саме в Оржицькому, Хорольському, Великобагачанському, Глобинському. У свою чергу низькі рівні щільності спостерігаються у східних районах області.

Просторовий розподіл показника мінливості щільності щитоносок – коефіцієнт варіації – має свої особливості. Найбільший рівень варіабельності популяцій цих комах спостерігається в центральній частині області. У східній частині області, за винятком Машівського району, коефіцієнт варіації приймає менші значення.

На рисунку 4.5 наведено динаміку чисельності шкідників по окремих адміністративних районах Полтавської області.

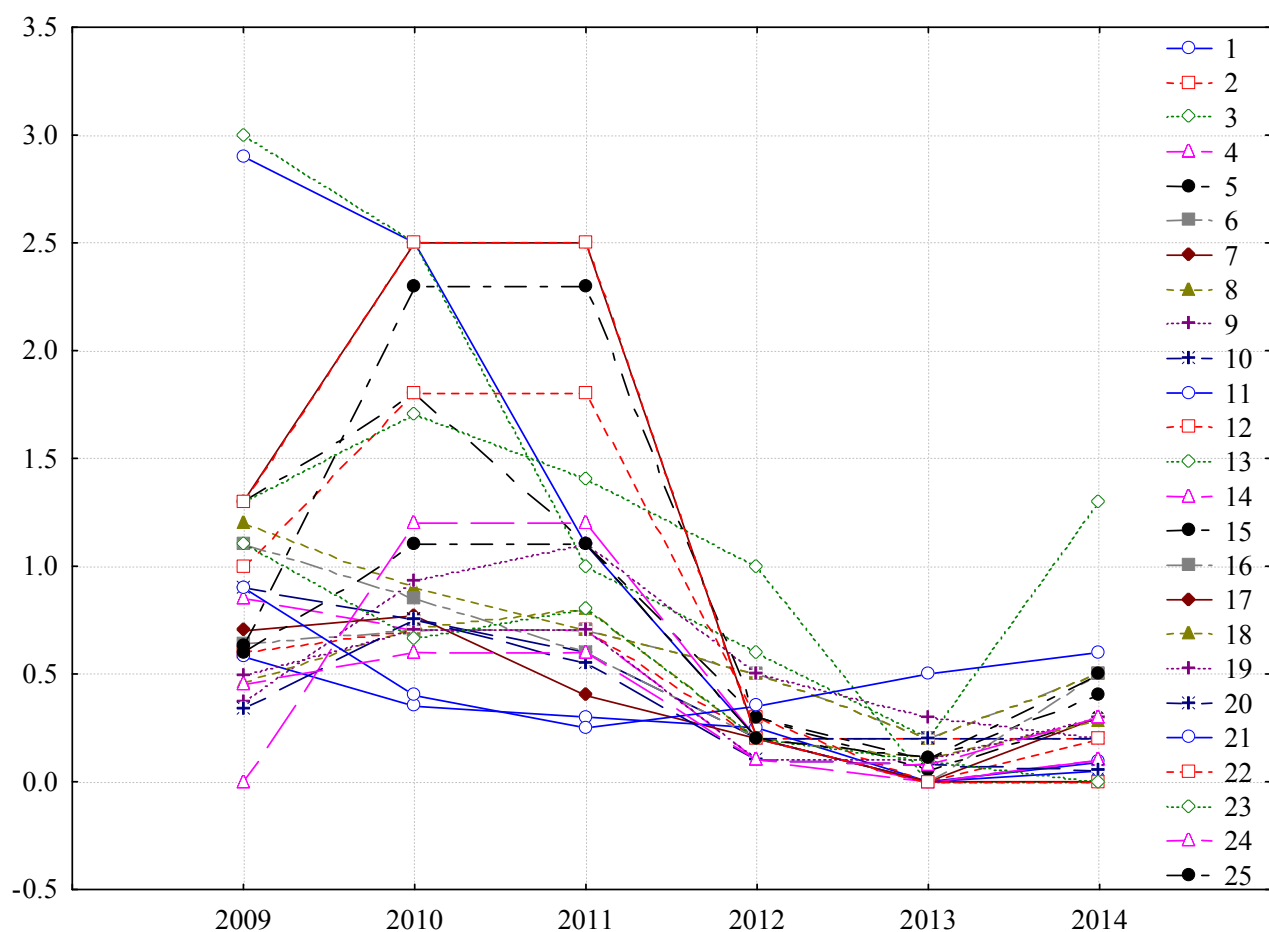


Рис. 4.5. Динаміка чисельності бурякової та лободової щитоносок (*C. nebulosa* + *C. nobilis*) посівів буряків цукрових у межах Полтавської області в період масового заселення по районах

Примітка: 1, ..., 25 – порядковий номер районів – див. табл. 4.2.

Порівнюючи рисунок 4.3 з рисунком 4.5 чітко видно, що загальний тренд мінливості щільності щитоносок не співпадає з трендами всіх районів. Таким чином, патерни часової динаміки шкідників можуть бути суттєво відмінними в різних просторових частинах значної території, якою є Полтавська область. Ми бачимо, що пік чисельності у 2008–2010 рр., який встановлений у цілому для всієї області, характерний тільки для більшості районів, але далеко не для всіх.

Для деяких районів навпаки, у період 2008–2010 рр. спостерігається мінімум щільності, а в інших районах пік відбувся, вірогідно, ще в 2007 році, а в 2009 та 2010 рр. спостерігалось стійке падіння щільності популяцій.

Розгляд динаміки чисельності щитоносок по окремим адміністративним районам нашоухе на думку про складний характер просторово-часової динаміки популяцій цих шкідників. Тобто, необґрунтованим є встановлення однорідного періоду популяційної динаміки у межах всієї області. Підтвердженням цього є припущення, що ставить під сумнів всеохоплюючий регулюючий вплив сонячної активності на динаміку популяцій комах, у тому числі й шкідливих.

Для аналізу динамки ми на перший план виносимо не абсолютні значення показника чисельності, а форму динаміки безвідносно до абсолютних значень. Для порівняння патернів динаміки у часі чутливим є коефіцієнт кореляції Пірсона на протилежність дистанції Евкліда, яка чутлива до абсолютних значень ознаки. Розвитком аналізу кореляційної матриці є багатовимірний факторний аналіз. Матрицю, яка складається з векторів динамки чисельності комах у часі, було піддано багатовимірному факторному аналізу. У результаті було встановлено два фактори, які описують 93,23 % загальної дисперсії простору ознак (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Власні числа факторів та пояснена варіабельність

№	Власне число	% загальної варіації	Кумулятивні власні числа	Кумулятивний %
1	19,52	78,08	19,52	78,08
2	3,79	15,15	23,31	93,23

На рисунку 4.6 наведено факторні ваги факторів 1 та 2 в залежності від часу.

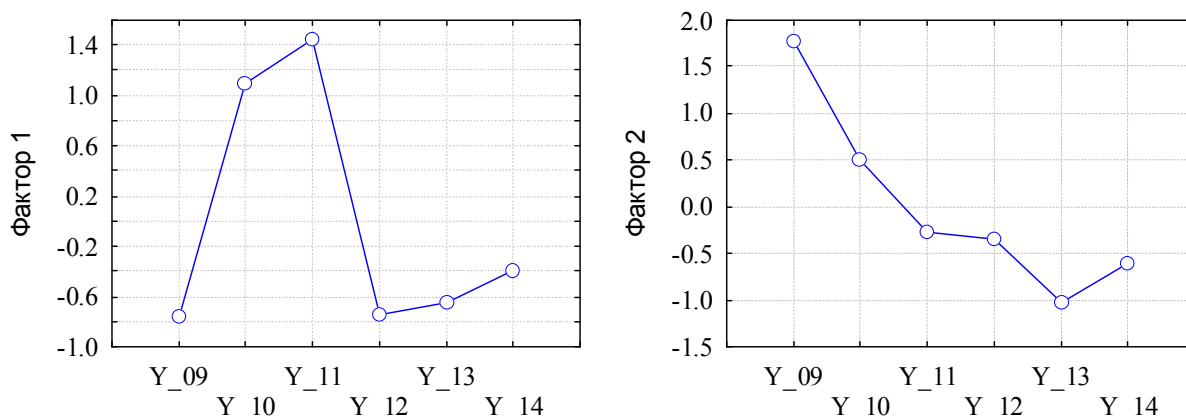


Рис. 4.6. Факторні ваги, виділені при аналізі динаміки чисельності бурякової та лободової щитоносок (*C. nebulosa* + *C. nobilis*)

Ми бачимо, що факторний аналіз дозволив виділити два головних патерна мінливості популяційної динаміки щитоносок. Перший патерн, який описується фактором 1, є головним, він описує 78,08 % варіабельності простору

ознак. Закономірно, що цей патерн повністю повторює закономірність зміни щільності комах, яка виявлена для області у цілому (рис. 4.6). Другий патерн, який описується фактором 2, має менше загальне значення та описує тільки 15,15 % мінливості простору ознак. Підлегле значення у межах області ще не свідчить про менше загальне значення у процесах динаміки популяцій на більш високому просторовому рівні, який виходить за межі області. Цей патерн пов'язаний трендом монотонної мінливості чисельності щитоносок протягом періоду дослідження. Неможна виключати можливості того, що цей патерн є частиною динаміки не тільки більш широкої у просторі, але і у часі.

Нами було проведено відображення просторового розподілу значень факторів 1 та 2 (рис. 4.7 та рис. 4.8).

Північна та центральна частини області характеризуються динамікою щитоносок, яка характеризується позитивними значеннями фактору 1. Це означає, що загальний патерн мінливості щільності відображається так, як показано на рисунку 4.7.

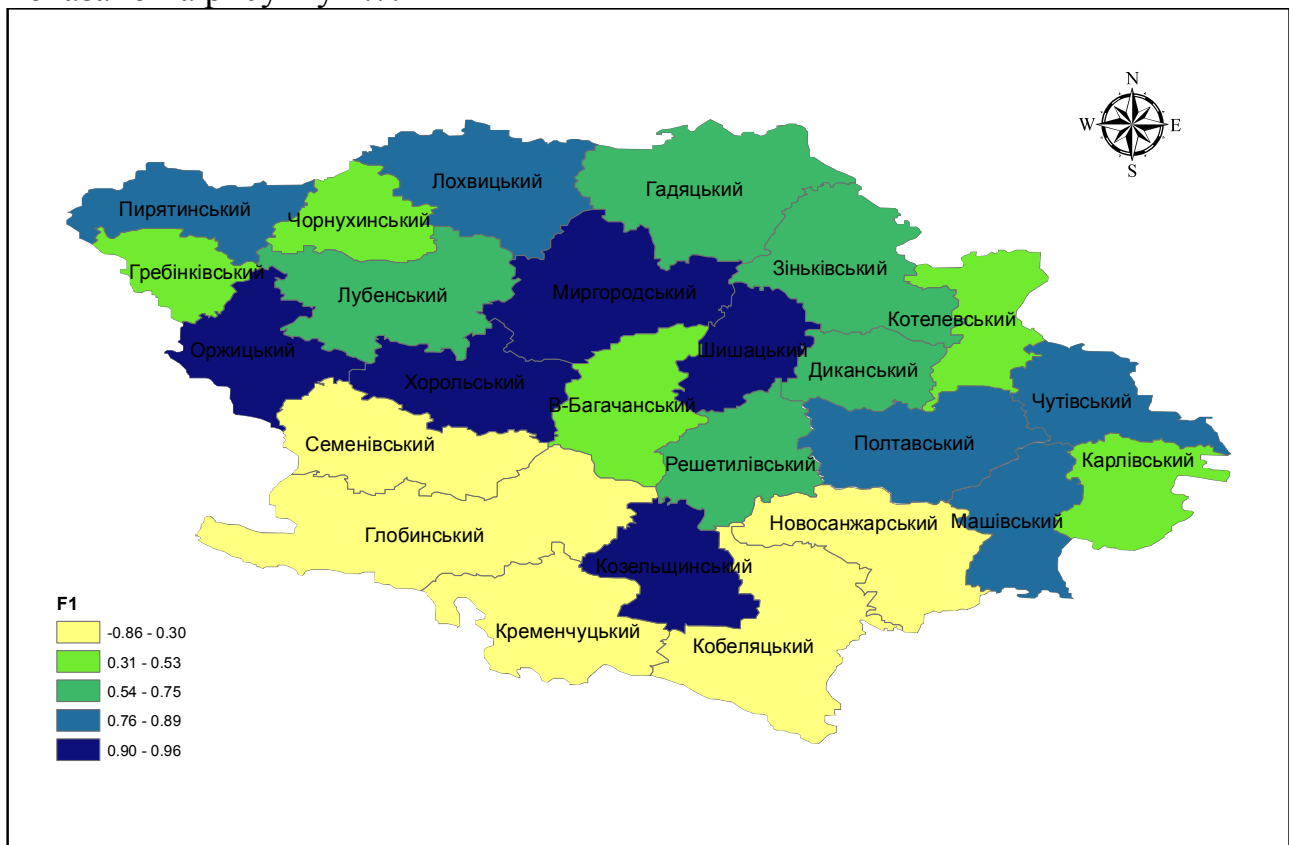


Рис. 4.7. Просторове варіювання значень фактору 1

У південній частині області зосереджені від'ємні значення фактору 1, що відповідає динаміці у протифазі, тобто у період максимуму чисельності у північній частині області спостерігається тренд по зменшенню чисельності у південній частині області.

Фактор 2 характеризується тільки позитивними значеннями, що свідчить про те, що його просторова мінливість відображає ступінь прояву патерну, зображеному на рис. 4.8, тобто тренду зменшенню щільності протягом періоду спостереження. За значеннями фактору 2 тренд зменшення щільності найбільш

чітко відбувається у південній та центральній частинах області. Слід відзначити контрастний характер співвідношення зони максимальних значень фактору 2 (південь області) та мінімальних значень (центральні та західні райони).

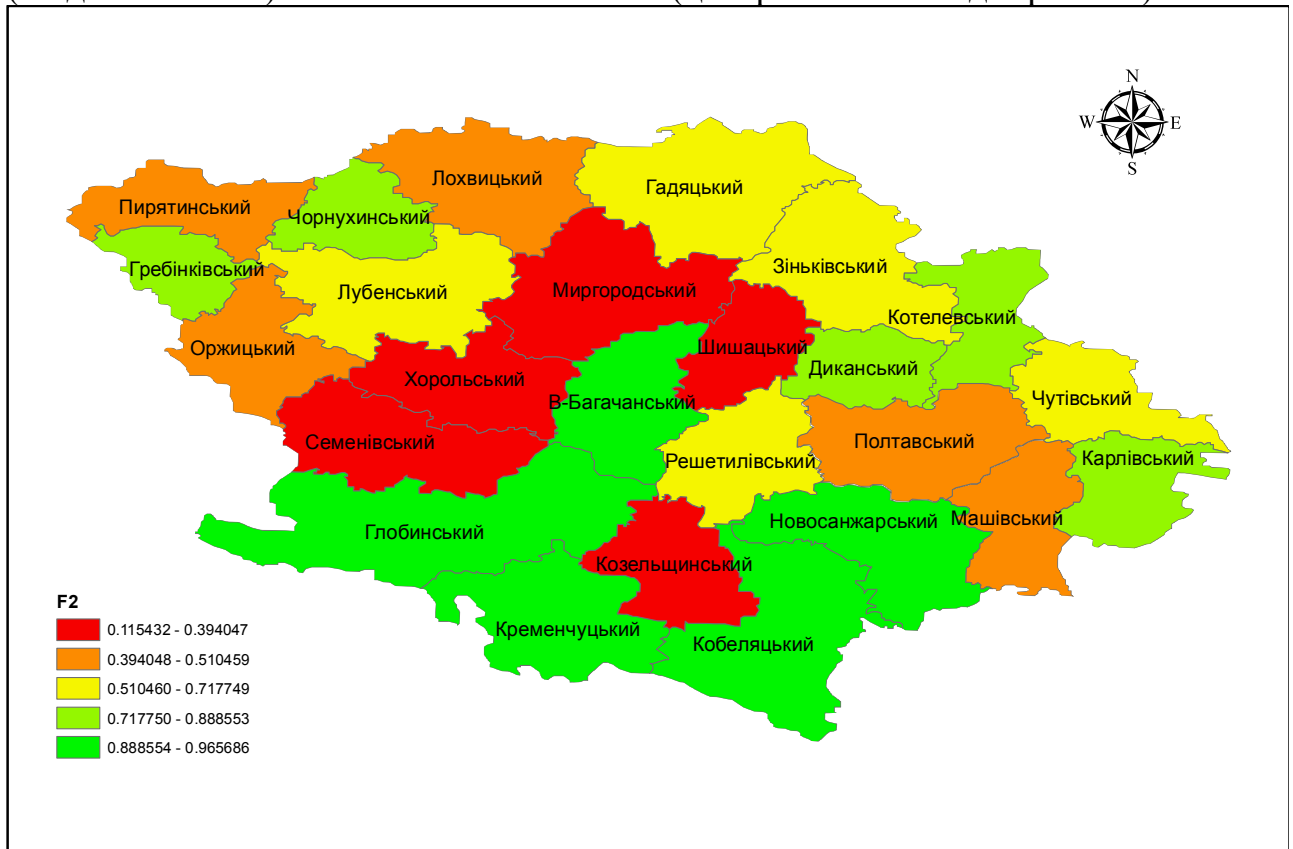


Рис. 4.8. Просторове варіювання значень фактору 2

Таким чином, виявлені патерни динаміки чисельності щитоносок викривають важливі особливості варіабельності цього процесу. Фактори, які виділяються в результаті багатовимірного факторного аналізу є ортогональними, тобто незалежними. Це певне обмеження математичного порядку, але вірогідність їх реального існування підкреслює складний характер популяційної динаміки комах. Складний характер динаміки є наслідком складних механізмів, які в кінцевому результаті призводять до спостережувальної динаміки чисельності на рівні окремих адміністративних районів. Географічна синхронізація змін чисельності комах виливається у просторові патерни, які проявляються у просторовій конфігурації багатовимірних факторів. Ця синхронізація свідчить про суттєвий вплив на динаміку чисельності щитоносок факторів географічного порядку. Досить чіткий широтний характер просторового розподілу факторів 1 та 2 настановує на думку про зональну природу факторів, які спричиняють особливості динаміки чисельності шкідників.

Фактор 1, який є найбільш суттєвим, відбиває зональну специфіку (лісостеп – перехідна зона до степу), причому специфічність динаміки у різних частинах області (північній та південній) пов'язана між собою, не дивлячись на відмінності свого кількісного прояву. Зв'язок виражається у протифазі мінливості чисельності.

Фактор 2 є специфічним для південної частини області у тому сенсі, що саме в цій частині області спостерігаються найбільші його значення та групування районів з високими значеннями цього фактору. У центральній та північній частинах області значення фактору 2 наближаються до мінімальних (статистичного нуля), а просторові патерни є у найбільшій мірі результатом випадкових причин.

Наступним етапом аналізу було встановити зв'язок факторів динаміки чисельності щитоносок від характеристик ландшафтного різноманіття. Це завдання ми виконали за допомогою множинного регресійного аналізу (табл. 4.4 та табл. 4.5).

Таблиця 4.4

Регресійний аналіз залежності фактору 1 від показників ландшафтно-екологічного різноманіття ($R^2 = 0,88$)

Показники	Бета	Ст. помилка бета	<i>B</i>	Ст. помилка <i>B</i>	t(8)	<i>p</i> -рівень
Константа	–	–	11,91	6,21	1,92	0,09
2	0,88	0,45	0,17	0,09	1,94	0,09
4	–0,05	0,77	–0,01	0,09	–0,07	0,95
6	–1,12	0,33	–0,65	0,19	–3,39	0,01
9	–0,38	0,24	–0,28	0,18	–1,58	0,15
10	1,22	1,45	22,95	27,28	0,84	0,42
12	0,13	0,16	0,23	0,28	0,81	0,44
13	–1,13	0,49	–0,14	0,06	–2,30	0,05
14	–0,40	0,33	–0,07	0,06	–1,21	0,26
15	–1,66	0,61	–1,33	0,49	–2,72	0,03
16	–2,23	1,27	–0,11	0,06	–1,75	0,12
17	–2,04	0,92	–0,14	0,06	–2,21	0,06
18	–1,46	0,57	–0,16	0,06	–2,54	0,03
19	–1,00	1,52	–7,43	11,36	–0,65	0,53
20	–1,98	1,19	–0,11	0,07	–1,67	0,13
Sh	0,44	0,19	1,46	0,61	2,40	0,04
STD_Sh	–0,20	0,17	–1,12	0,94	–1,19	0,27

Примітка: бета – стандартизовані регресійні коефіцієнти; показники 2, ..., 20 – типи ландшафтного покриття за даними GLC 2000 (див. рис. 3.5).

При виконанні регресійного аналізу у якості предикторів були використані дані про площу головних типів землекористування за результатами моделі GLC 2000, а також показників ландшафтного різноманіття за індексом Шеннона та стандартного відхилення цього показника у межах адміністративних районів.

Значення фактору 1 на 88 % визначаються показниками ландшафтного різноманіття території. Слід відзначити, що за способом свого розрахунку багатовимірні фактори власно не є відображенням динаміки процесу в часі, а є

відображенням патерну цього процесу, подібно тому, як хвиля не існує у конкретній частині простору, але має характерну форму. Власне показником цієї характерної форми процесу в часі, але при тому інваріантним від часу, і є багатовимірні фактори. Таким чином, форма динаміки чисельності комах є залежним від ландшафтного різноманіття явищем.

Фактор 1 визначається ландшафтно-екологічним різноманіттям, часткою у структурі типів землекористування вологих граслендів, трав'янистого покриття, заплав й мозаїк агроєкосистем та природних екосистем.

Значення фактору 2 на 80 % визначається ландшафтно-екологічним різноманіттям.

Таблиця 4.5

Регресійний аналіз залежності фактору 2 від показників ландшафтно-екологічного різноманіття ($R^2 = 0,80$)

Показники	Бета	Ст. помилка бета	<i>B</i>	Ст. помилка <i>B</i>	t(8)	p-рівень
Константа	–	–	2,33	0,47	5,00	0,00
2	–0,99	0,23	–0,14	0,03	–4,29	0,00
4	–0,27	0,32	–0,02	0,03	–0,86	0,40
6	0,51	0,26	0,23	0,12	1,95	0,07
9	0,56	0,15	0,31	0,08	3,69	0,00
14	–0,58	0,14	–0,08	0,02	–3,97	0,00
16	–0,57	0,18	–0,02	0,01	–3,10	0,01
18	0,26	0,15	0,02	0,01	1,71	0,11
Sh	–0,44	0,14	–1,11	0,35	–3,18	0,01
STD_Sh	0,20	0,13	0,88	0,56	1,57	0,14

Примітка: бета – стандартизовані регресійні коефіцієнти; показники 2, ..., 20 – типи ландшафтного покриття за даними GLC 2000 (див. рис. 3.5).

Фактор 2 залежить від ландшафтно-екологічного різноманіття за Шенноном, часткою у структурі типів землекористування широколистяних лісів, лісо-лукової рослинності, розрідженого травостою, агроєкосистем.

4.2. Динаміка бурякової кореневої попелиці

Дані про динаміку заселеності буряковою кореневою попелицею (*Pemphigus fuscicornis* (Koch, 1857)) посівів буряку цукрового адміністративних районів Полтавської області у період 2009–2014 рр. наведено у таблиці 4.6. Заселеність площ цим шкідником варіює в межах від 0 – 100 % від обстеженої площі. Найбільша заселеність буряку цукрового буряковою кореневою попелицею спостерігалася у 2012 році й становила 10,8 % від обстежених площ. У цей період в Диканському районі у 100 % досліджених сільськогосподарських угідь був виявлений даний вид шкідника.

Таблиця 4.6

Заселеність посівів буряків цукрових буряковою кореневою попелицею

№ п/п	Район	Обстежено, тис. га						Заселено, тис. га						% заселеної площі					
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	В-Багачанський	0,2	0,4	0,4	0,3	—	1,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Гадяцький	0,1	1,6	1,6	0,4	0,3	4,0	—	0,1	0,1	0,3	0,1	0,6	—	6,3	6,3	75,0	33,3	15,0
3	Глобинський	0,9	0,4	0,4	4,5	4,5	10,7	—	—	—	0,2	0,1	0,3	—	—	—	4,4	2,2	2,8
4	Гребінківський	0,8	0,4	0,4	0,3	—	1,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	Диканський	0,6	0,6	0,6	0,1	0,6	2,5	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,8	33,3	33,3	33,3	100,0	16,7	32,0
6	Зіньківський	0,2	0,4	0,4	1,0	0,6	2,6	—	0,4	0,4	0,3	0,1	1,2	—	100,0	100,0	30,0	16,7	46,2
7	Карлівський	2,4	2,8	2,8	0,9	—	8,9	0,3	0,5	0,5	0,4	—	1,7	12,5	17,9	17,9	44,4	—	19,1
8	Кобеляцький	1,2	1,3	1,3	1,2	0,8	5,8	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,9	8,3	15,4	15,4	16,7	25,0	15,5
9	Козельщинський	2,7	3,7	3,7	3,3	1,0	14,4	—	—	—	0,8	0,1	0,9	—	—	—	24,2	10,0	6,3
10	Котелевський	1,1	1,7	1,7	1,3	0,5	6,3	0,1	0,1	0,1	0,1	—	0,4	9,1	5,9	5,9	7,7	—	6,3
11	Лохвицький	3,3	10,8	10,8	3,4	—	28,3	0,3	1,0	1,0	0,7	—	3,0	9,1	9,3	9,3	20,6	—	10,6
12	Лубенський	3,0	8,0	8,0	2,8	—	21,8	0,3	0,7	0,7	—	—	1,7	10,0	8,8	8,8	—	—	7,8
13	Машівський	0,2	0,4	0,4	0,1	—	1,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	Миргородський	—	1,2	1,2	2,4	—	4,8	—	1,2	1,2	—	—	2,4	—	100,0	100,0	—	—	50,0
15	Новосанжарський	1,0	0,3	0,3	0,5	0,1	2,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	Оржицький	2,1	2,3	2,3	2,5	—	9,2	0,1	—	—	—	—	0,1	4,8	—	—	—	—	1,1
17	Пирятинський	2,5	2,8	2,8	0,3	—	8,4	—	0,1	0,1	0,1	—	0,3	—	3,6	3,6	33,3	—	3,6
18	Полтавський	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2	1,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	Решетилівський	0,3	0,3	0,3	0,7	0,3	1,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	Семенівський	2,0	3,6	3,6	3,3	1,3	13,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21	Хорольський	1,5	4,5	4,5	0,3	0,9	11,7	0,0	0,4	0,4	—	—	0,8	0,0	8,9	8,9	—	—	6,9
22	Чорнухинський	3,2	0,7	0,7	0,6	—	5,2	0,0	0,0	0,0	—	—	0,1	0,0	4,3	4,3	—	—	1,3
23	Чутівський	1,4	1,1	1,1	0,1	0,2	3,9	0,1	0,1	0,1	—	0,1	0,4	7,1	9,1	9,1	—	50,0	10,3
24	Шишацький	5,6	5,9	5,9	6,6	2,4	26,4	0,8	0,4	0,4	0,8	0,2	2,6	14,3	6,8	6,8	12,1	8,3	9,8
Загальний результат		36,5	55,5	55,5	37,0	13,7	198,2	2,3	5,4	5,4	4,0	1,0	18,2	6,3	9,8	9,8	10,8	7,3	9,2

У Гадяцькому районі при обстеженні площ було встановлено, що у 75 % площ були встановлені шкідники. У 9 районах заселеність становила 4,4–44,4 %, а в 13 районах бурякової кореневої попелиці не було знайдено. Року з максимальною заселеністю агроценозів буряковою кореневою попелицею передувало два роки з відносно високим рівнем – 9,8 % від обстежених площ. Мінімальний показник заселеності був встановлений для 2009 р. – 6,3 %, а в 2014 році цей показник був дещо вищим і становив 9,2 % від загальної обстеженої площі. В 2014 р. у 17 районах була знайдена бурякова коренева попелиця, а в 2013 р. тільки у 8 районах області був виявлений даний шкідник. У таких районах, як Шишацький, Кобеляцький, Диканський протягом всього періоду досліджень спостерігався розвиток бурякової кореневої попелиці. В 6 районах цей шкідник був виявлений протягом 5 років, в 4 – 4, у 3 – 3, в 1 – 2 та в 7 районах цей шкідник не було знайдено жодного разу. Найвищою заселеністю буряковою кореневою попелицею характеризуються агроценози Миргородського, Зіньківського та Диканського районів. У середньому, в них заселеність складає не менше половини від обстежених площ.

Між показниками заселеності обстежених площ та середньою заселеністю рослин встановлена зворотна залежність: за умов найбільшої заселеності рослин може спостерігатися тільки низький рівень заселеності сільгоспугідь шкідниками бурякової кореневої попелиці (рис. 4.9).

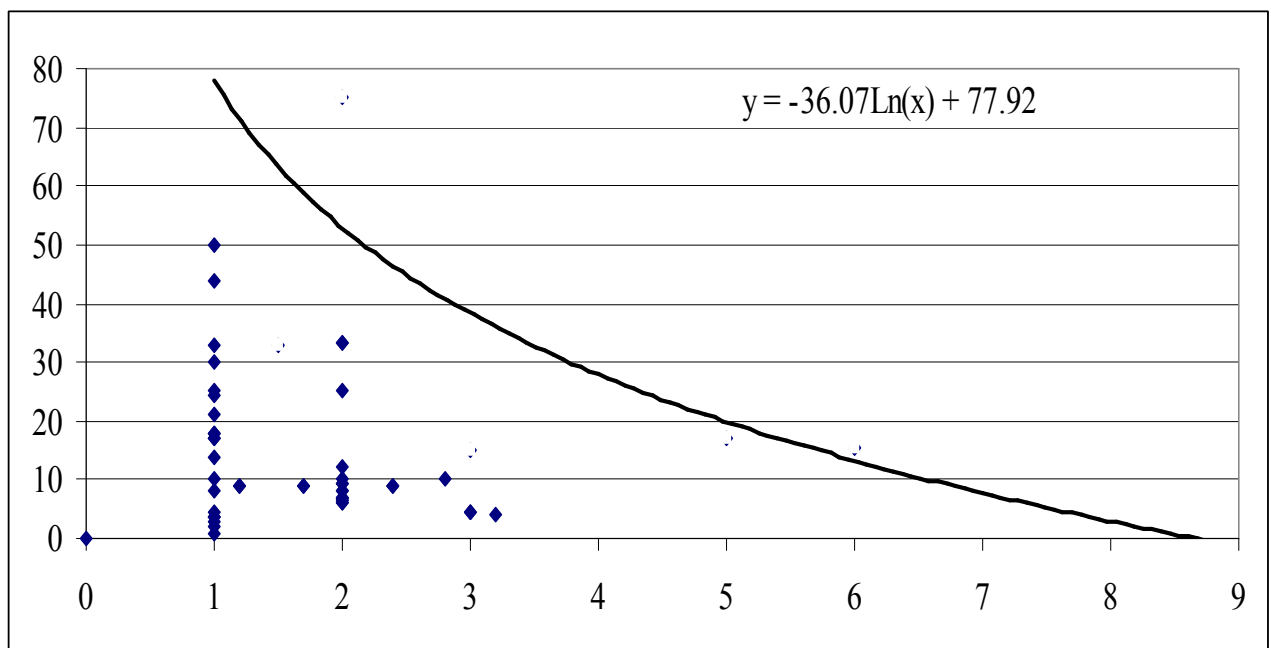


Рис. 4.9. Залежність між заселеністю рослин та заселеністю полів буряковою кореневою попелицею посівів буряку цукрового

Примітка: вісь абсцис – середня заселеність рослин шкідником по адміністративним районам в %, вісь ординат – заселеність у % від обстежених площ; лінія вказує на верхню статистичну межу дозволених значень заселеності при певній щільності; рівняння описує цю лінію.

Як показано на даному рисунку, при низьких рівнях середньої щільності можливий широкий діапазон значень заселеності: від найменших до 50 %. Епізодичні значення заселеності більші ніж 50 % не вписуються у знайдену

залежність, тому були відкинуті. Вірогідно, спостережувані значення заселеності більш ніж 50 % площ були наслідком недостатньої загальної площі обстеження. При збільшенні середньої щільності можливий діапазон значень заселеності монотонно звужується. Така залежність між щільністю та заселеністю є результатом контагіозного просторового розподілу шкідників. Збільшення рівня заселеності відбувається переважно за рахунок площ з низьким рівнем щільності шкідника. Тому, навіть при наявності окремих полів з високою щільністю буряковою кореневою попелицею в умовах значної заселеності середнє значення по адміністративному району буде малим.

Дані про динаміку заселеності рослин буряковою кореневою попелицею посівів буряків цукрових у період масового заселення по районах Полтавської області наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7

**Заселеність рослин буряковою кореневою попелицею посівів
буряків цукрових у період масового заселення, %**

№ п/п	Район	Роки					Середнє	CV, %
		2009	2010	2011	2012	2013		
1	В-Багачанський	—	—	—	—	—	—	—
2	Гадяцький	—	2,00	2,00	2,00	1,00	1,40	63,89
3	Глобинський	—	—	—	1,00	1,00	0,40	136,93
4	Гребінківський	—	—	—	—	—	—	—
5	Диканський	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,60	34,23
6	Зіньківський	—	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	55,90
7	Карлівський	1,00	1,00	1,00	1,00	—	0,80	55,90
8	Кобеляцький	10,00	6,00	6,00	5,00	1,00	5,60	57,31
9	Козельщинський	—	—	—	1,00	1,00	0,40	136,93
10	Котелевський	2,00	2,00	2,00	1,00	—	1,40	63,89
11	Кременчуцький	—	—	—	—	—	—	—
12	Лохвицький	2,00	2,00	2,00	1,00	—	1,40	63,89
13	Лубенський	2,80	2,40	2,40	—	—	1,52	91,92
14	Машівський	—	—	—	—	—	—	—
15	Миргородський	—	8,00	8,00	—	—	3,20	136,93
16	Новосанжарський	—	—	—	—	—	—	—
17	Оржицький	3,20	—	—	—	—	0,64	223,61
18	Пирятинський	—	1,00	1,00	1,50	—	0,70	95,83
19	Полтавський	—	—	—	—	—	—	—
20	Решетилівський	—	—	—	—	—	—	—
21	Семенівський	—	—	—	—	—	—	—
22	Хорольський	1,00	1,70	1,70	—	—	0,88	96,89
23	Чорнухинський	1,00	3,00	3,00	—	—	1,40	108,33
24	Чутівський	2,00	1,20	1,20	—	1,00	1,08	66,25
25	Шишацький	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,20	20,33

Максимальний рівень заселеності рослин буряковою кореневою попелицею посівів буряків цукрових встановлений у 2009 році в Кобеляцькому районі, де цей показник становив 10 %. Як показано на гістограмі розподілу значень заселеності рослин (рис. 4.10) найбільш типовими є рівні, коли попелиця вражає 1–2 % рослин.

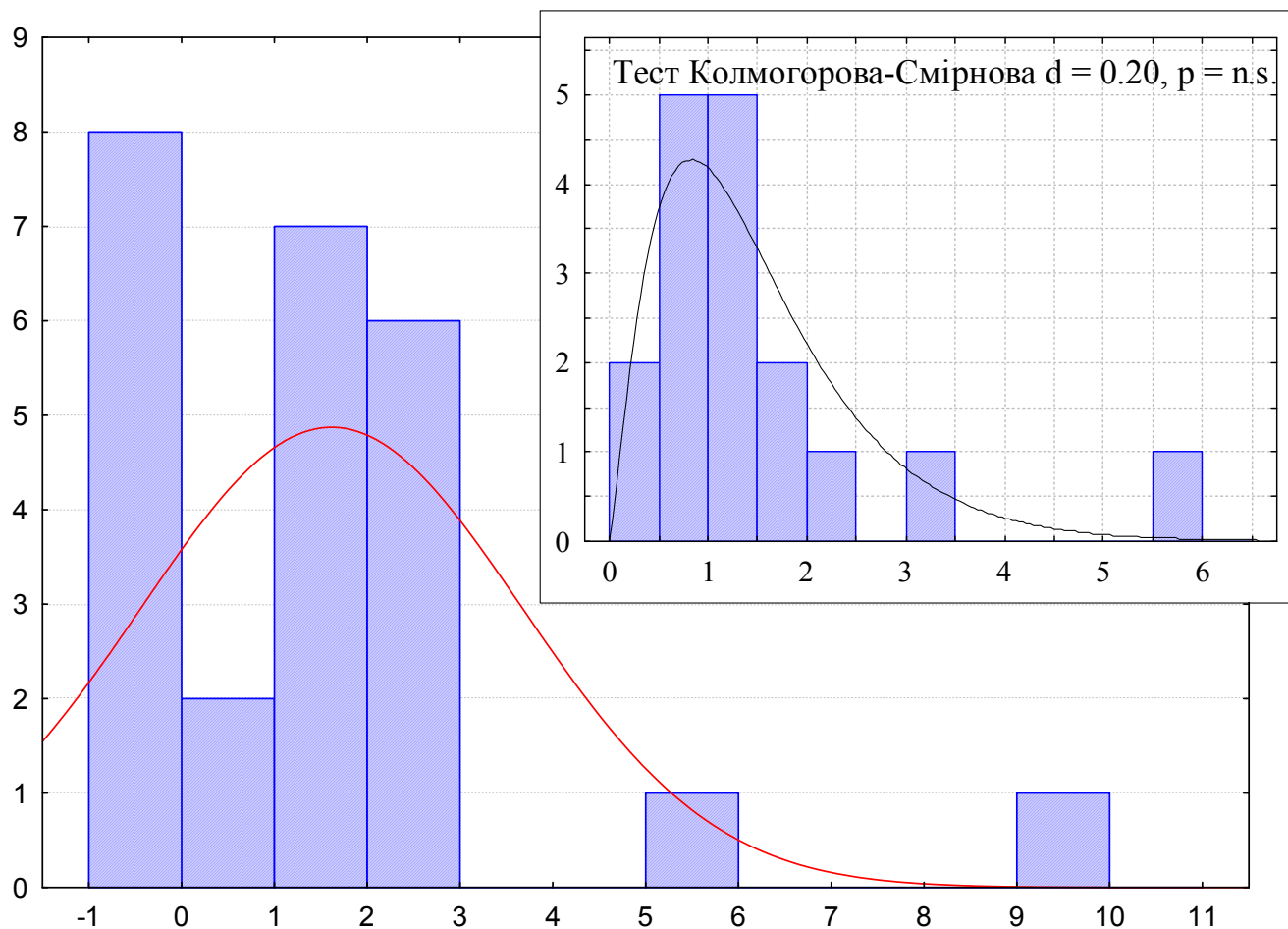


Рис. 4.10. Гістограма заселеності рослин буряковою кореневою попелицею посівів буряків цукрових

Примітка: У правому верхньому куті – розподіл ненульових значень та апроксимація гама-розподілом.

Статистичний розподіл рівнів заселеності рослин буряковою кореневою попелицею добре описується гама-законом, що підтверджується тестом Колмогорова-Смірнова. За Ю.Г. Пузаченко [193] гама-функція називається трансцендентною або небезперечною. Якщо процес описується цією моделлю, то він є розривним, або фрактальним. Такий процес буде визначати мозаїчне просторово-часове варіювання змінної. У просторі можуть співіснувати плями зі значною чисельністю та ділянки з нульовою чисельністю. Аналогічне може мати місце у часі.

Поведінка процесу, яка описується гама-розподілом, спостерігається при аналізі просторово-часової динаміки заселеності попелицею рослин у просторі та часі. Наприклад, у Миргородському районі протягом двох років ми спостерігаємо високі показники ураження рослин, тоді як у інші періоди

шкідники у цьому районі зовсім не спостерігаються. Для більшості адміністративних районів області характерна наявність періодів з ураженням рослин попелицею, так і періодів, коли цей шкідник зовсім відсутній.

Динаміка ураження рослин по роках наведена на рисунку 4.11.

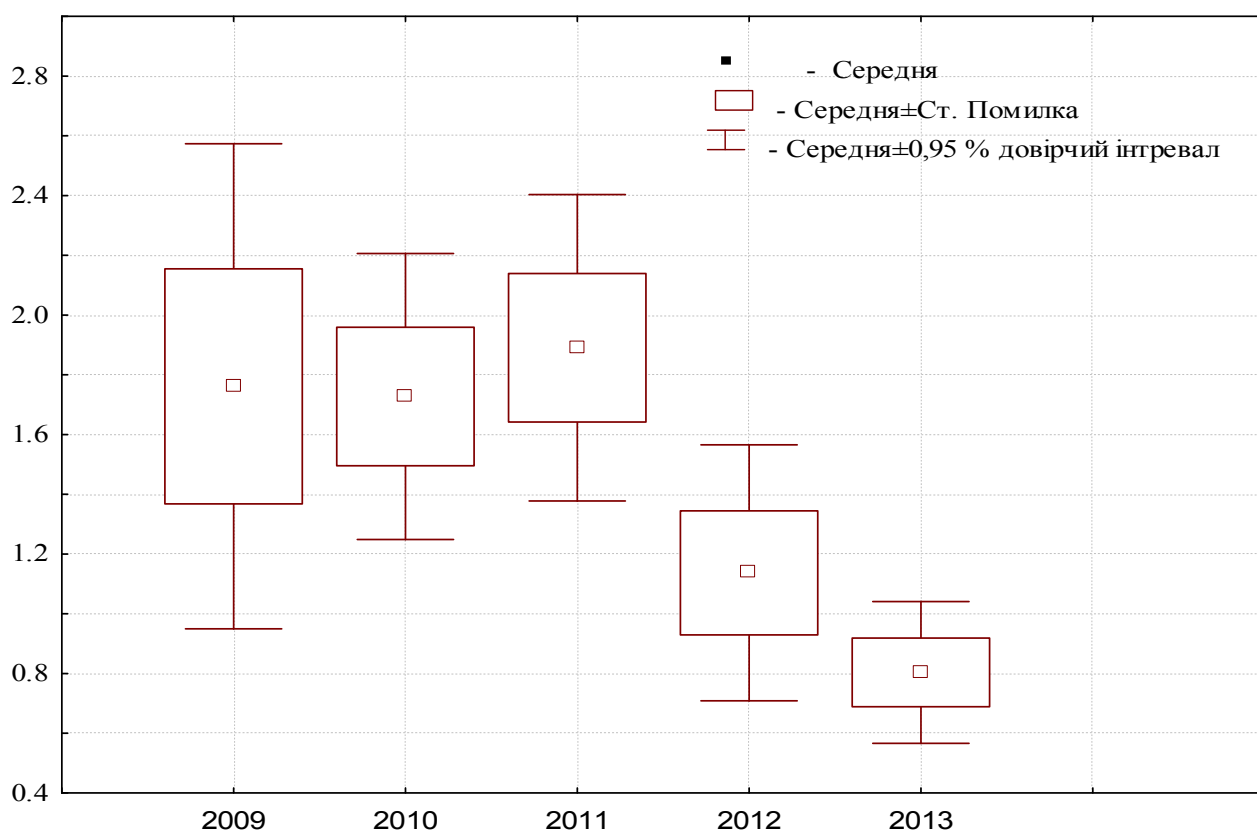


Рис. 4.11. Динаміка заселеності рослин (у %) буряковою кореневою попелицею (*Pemphigus fuscicornis*) посівів буряків цукрових у межах Полтавської області в період масового заселення

У цілому по Полтавській області, протягом 2009–2011 рр. спостерігався порівняно високий рівень ураження рослин буряковою кореневою попелицею, після чого відбулося зниження цього показника.

На рисунку 4.12 показаний просторовий розподіл середнього рівня ураженості рослин буряковою кореневою попелицею та рівня варіювання даного показника в межах Полтавської області.

Аналіз одержаних даних свідчить про просторово узгоджену динаміку ураженості рослин буряковою кореневою попелицею. Територія з низьким рівнем ураження рослин або з повної відсутністю шкідника знаходиться у центральній частині області та простягається довготному напрямку. Аналогічний довготний напрямок має зона на півночі з помірним або високим рівнем ураження рослин. Особливість, яка відмічена при вивченні статистичного розподілу рівня враження рослин проявляється у тому, що у оточені районів з низьким значенням досліджуваного показника острівний характер має Кобеляцький район з високим рівнем ураження рослин буряковою кореневою попелицею.

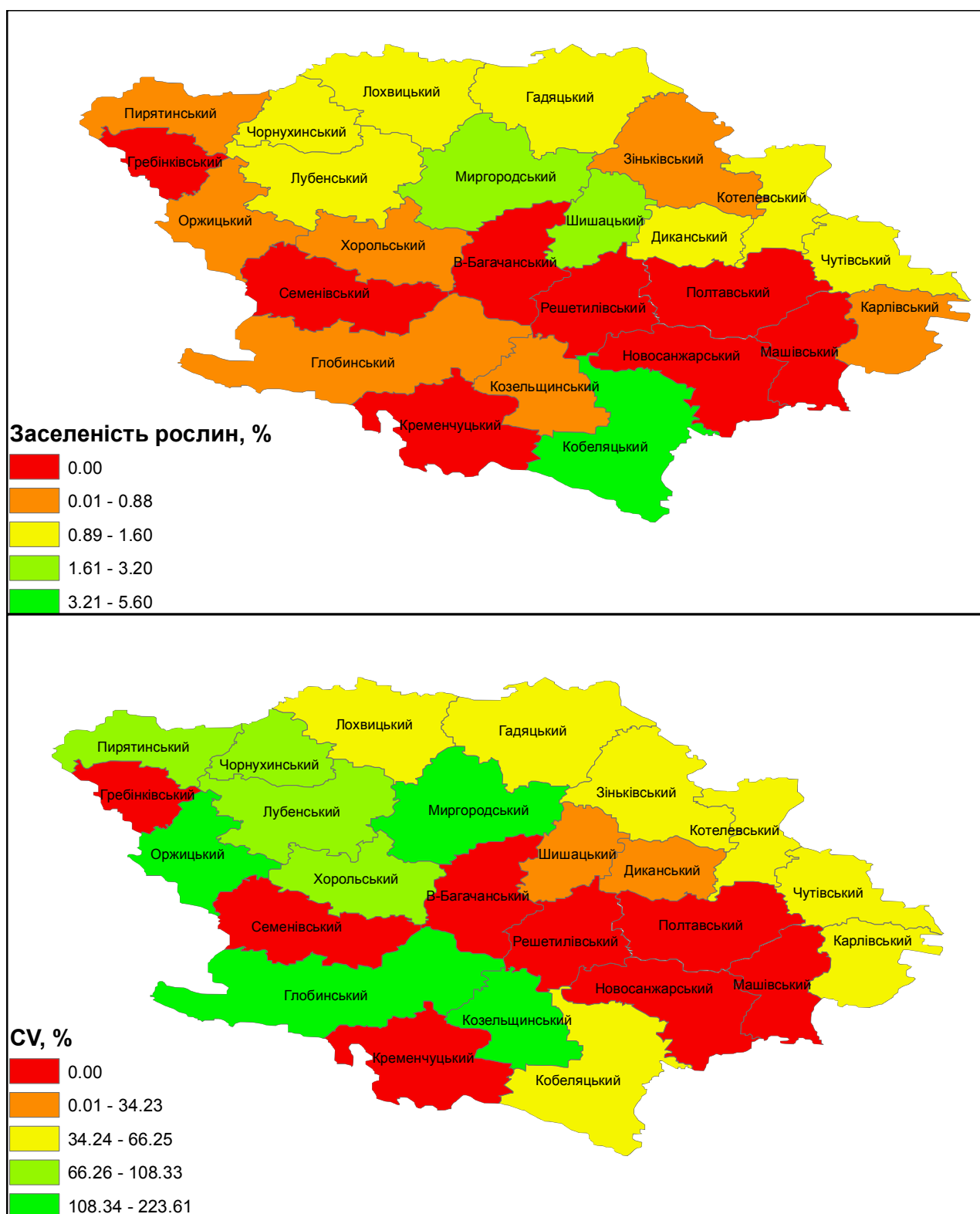


Рис. 4.12. Просторовий розподіл у межах Полтавської області середніх рівнів заселеності рослин (у %) буряковою кореневою попелицею та коефіцієнтів варіації цього показника протягом 2009–2013 рр.

Просторова узгодженість властива також коефіцієнту варіації показника ураженості рослин. Зона низького рівня варіації знаходиться у центральній частині області, зона середнього рівня варіації – у північній частині, а зона високого рівня знаходиться на заході.

Таким чином, просторова узгодженість як середнього рівня ураженості рослин буряковою кореневою попелицею, а також показників її варіювання свідчить про наявність еколого-географічних чинників, які визначають особливості динаміки цього шкідника.

Матриця динаміки чисельності бурякової кореневої попелиці була піддана багатовимірному факторному аналізу, в результаті якого було екстраговано два фактора (табл. 4.8).

Таблиця 4.8

Власні числа факторів та пояснена варіабельність

№	Власне число	% загальної варіації	Кумулятивні власні числа	Кумулятивний %
1	15,05	60,20	15,05	60,20
2	6,79	27,15	21,84	87,35

Фактор 1 описує 60,20 % загальної дисперсії простору ознак, а фактор 2 описує 27,15 %. Загалом, обидва фактори описують 87,35 % варіабельності чисельності бурякової кореневої попелиці у просторі та часі.

Фактор 1 відображає динаміку попелиці, яка полягає у тренді по зменшенню чисельності протягом 2009–2012 рр., після чого відбувається збільшення чисельності цього шкідника (рис. 4.13). Фактор 2 відбиває наявність піку чисельності попелиці у 2011 році.

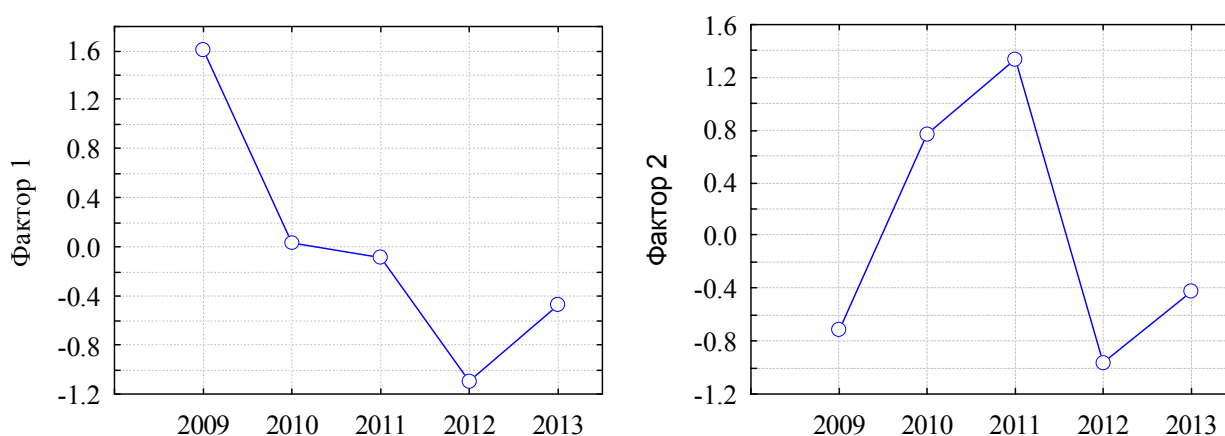


Рис. 4.13. Факторні ваги, виділені при аналізі динаміки чисельності бурякової кореневої попелиці (*Pemphigus fuscicornis*)

Аналіз просторового розподілу значень фактору 1 показує меридіональну конфігурацію зони з найменшими (негативними) значеннями (рис. 4.14). Ця зона проходить через Гадяцький, Миргородський, Великобагачанський, Глобинський, Зінківський, Козельщинський та Кременчуцький райони. Для зони від'ємних значень фактору 1 характерна зворотна динаміка чим та, як показана на рисунку 4.14: протягом періоду досліджень в ній відбувається тренд по збільшенню ураженості рослин попелицею. Меридіональна зона оточена зі сходу та заходу територією з позитивними значеннями фактору 1.

Фактор 2 характеризується зоною від'ємних значень, яка знаходиться у південній частині області та зоною позитивних значень, що розташований в центрі, на півночі та на сході (рис. 4.15).

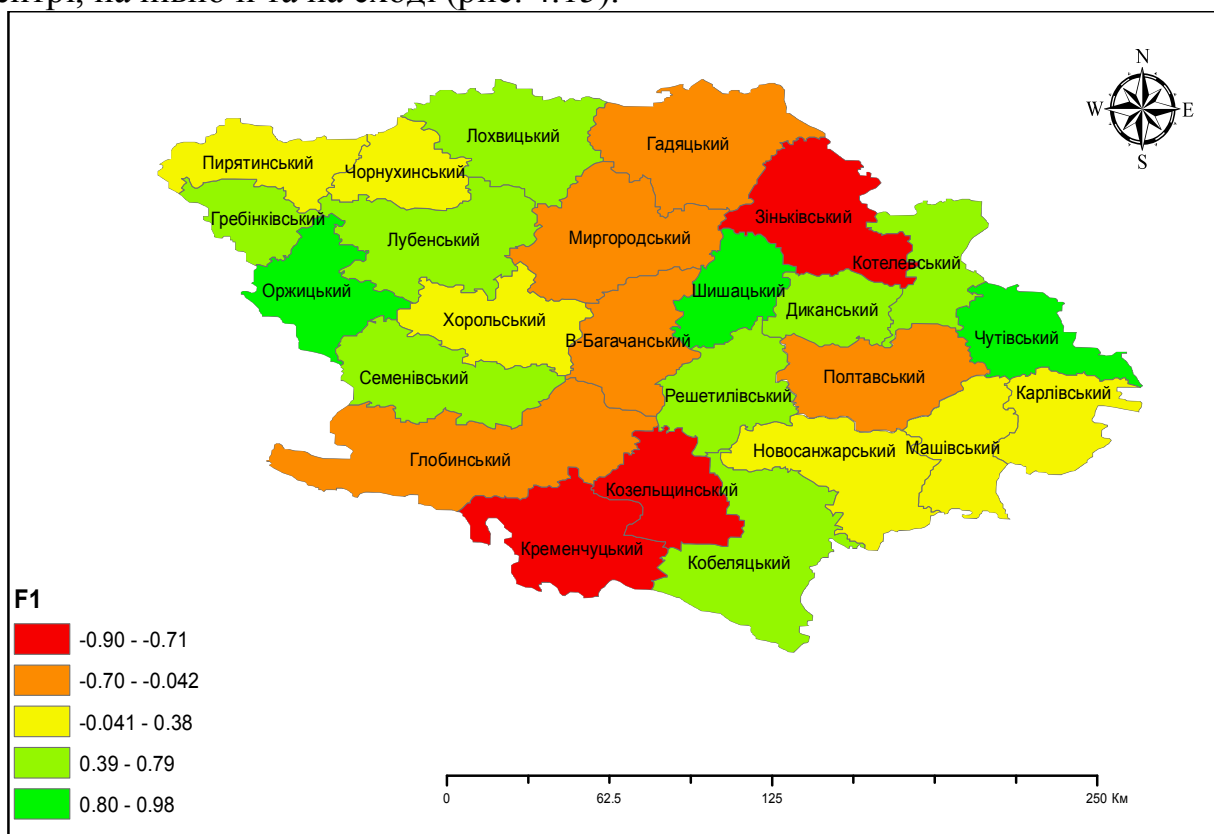


Рис. 4.14. Просторове варіювання значень фактору 1

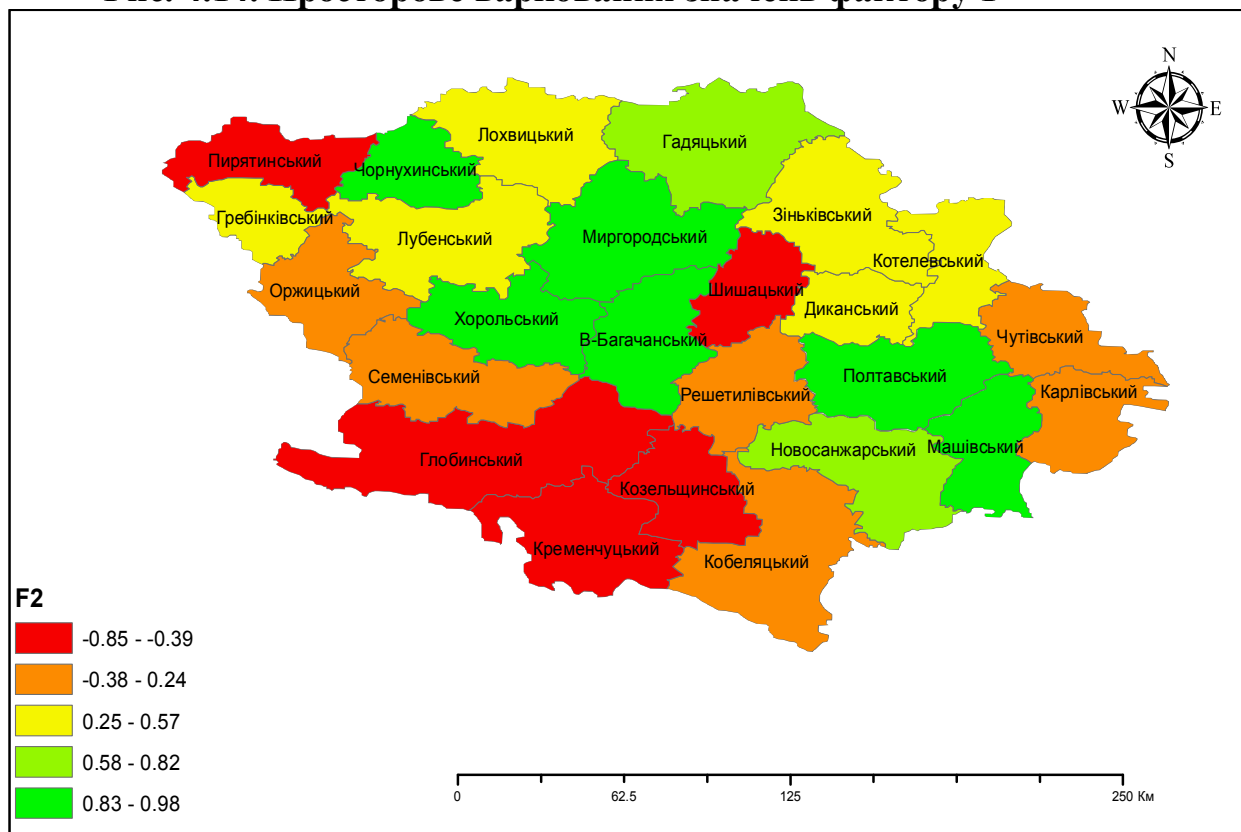


Рис. 4.15. Просторове варіювання значень фактору 2

Ще раз відзначимо, що багатовимірні фактори відображають незалежні аспекти просторово-часового варіювання чисельності попелиці. Просторові патерни свідчать про наявність просторово-визначених детермінантів динаміки чисельності цього шкідника. Ми припускаємо, що у якості цих детермінантів можуть виступати особливості ландшафтно-екологічного різноманіття.

Для перевірки цієї гіпотези ми провели регресійний аналіз, у якому в якості предикторів виступають показники частки головних типів землекористування адміністративних районів та показники ландшафтно-екологічного різноманіття за Шенноном (табл. 4.9 та табл. 4.10).

Таблиця 4.9

Регресійний аналіз залежності фактору 1 від показників ландшафтно-екологічного різноманіття ($R^2 = 0,78$)

Показники	Бета	Ст. помилка бета	<i>B</i>	Ст. помилка <i>B</i>	t(8)	<i>p</i> -рівень
Константа	–	–	–3,48	0,91	–3,83	0,00
6	0,16	0,16	0,13	0,13	1,01	0,33
12	0,35	0,13	0,90	0,34	2,62	0,02
14	–0,55	0,13	–0,14	0,03	–4,12	0,00
16	0,51	0,19	0,04	0,01	2,76	0,01
18	0,53	0,14	0,08	0,02	3,74	0,00
STD_Sh	0,17	0,12	1,42	1,00	1,42	0,17

Примітка: бета – стандартизовані регресійні коефіцієнти; показники 2, ..., 20 – типи ландшафтного покриття за даними GLC 2000 (див. рис. 3.5).

Встановлено, що 78 % варіабельності фактора 1 може бути описано в термінах регресійної моделі, а таким чином, залежить від ландшафтно-екологічного різноманіття. Аналіз свідчить про те, що фактор 1 визначається такими показниками ландшафтного різноманіття, як частка чагарнику, розрідженого рослинного покриття, агроєкосистем, мозаїки ріллі та трав'янистого покриття.

Фактор 2 на 92 % визначається ландшафтно-екологічними чинниками. На нього впливають як середнє значення індексу ландшафтно-екологічного індексу Шеннона та його просторової варіабельності у межах адміністративних районів, частка розрідженого рослинного покриття, заплав, мозаїки ріллі та ліси, мозаїки ріллі та трав'янистого покриття, відкритої (деградованої) поверхні.

При констатації регресійних залежностей ми далекі від точки зору про буквальну трактовку цих зв'язків як функціонального впливу. Найбільш вірогідно мова йде про формальний аспект зв'язку, коли екологічні процеси, які безпосередньо визначають особливості динаміки чисельності шкідників синхронізовані з ландшафтно-екологічними маркерами екологічного простору.

Регресійні залежності більшою мірою дають характеристику з боку ландшафтно-екологічної структури тих територій, у межах яких спостерігається той або інший тип динаміки комах. Але при цьому неможна виключати й каузального аспекту зв'язку. Нами одержані переконливі свідчення про те, що

особливості ландшафтно-екологічної структури визначають типи динаміки шкідників та таким чином, рівень їх шкодочинності.

Таблиця 4.10

Регресійний аналіз залежності фактору 2 від показників ландшафтно-екологічного різноманіття ($R^2 = 0,92$)

Показники	Бета	Ст. помилка бета	<i>B</i>	Ст. помилка <i>B</i>	t(8)	p-рівень
Константа	—	—	2,44	0,65	3,78	0,00
9	0,04	0,14	0,04	0,16	0,26	0,80
12	−0,15	0,10	−0,41	0,25	−1,62	0,13
13	−0,13	0,11	−0,02	0,02	−1,21	0,25
14	−0,42	0,12	−0,12	0,03	−3,58	0,00
15	0,73	0,29	0,87	0,34	2,53	0,02
17	−0,37	0,15	−0,04	0,02	−2,40	0,03
18	−0,75	0,13	−0,13	0,02	−5,99	0,00
19	−1,11	0,25	−12,46	2,84	−4,39	0,00
Sh	0,26	0,11	1,30	0,52	2,50	0,03
STD_Sh	−0,24	0,09	−2,07	0,81	−2,55	0,02

Примітка: бета – стандартизовані регресійні коефіцієнти; показники 2, ..., 20 – типи ландшафтного покриття за даними GLC 2000 (див. рис. 3.5).

Типи динаміки чисельності бурякової кореневої попелиці мають просторову визначеність. Показано, що географічні межі процесів динаміки визначаються ландшафтно-екологічними особливостями територій. При цьому типи динаміки як у просторі та у часі володіють певною небезперервністю, яка відбиває їх фрактальну самоподібну природу.

4.3. Динаміка бурякової листової попелиці

Дані про динаміку заселеності буряковою листовою попелицею (*Aphis fabae* (Scopoli, 1763)) посівів буряку цукрового адміністративних районів Полтавської області у період 2009–2014 рр. наведено у таблиці 4.11. Заселеність посівів згаданим вище шкідником варіює у межах 0 – 100 % від обстеженої площі. Найбільша заселеність буряку цукрового буряковою листовою попелицею в середньому по Полтавській області спостерігалася у 2014 році й становила 80,9 % від обстежених площ. У цей період в 8 районах у 100 % досліджених сільськогосподарських угідь був виявлений даний вид шкідника; а у 7 районах області заселеність ним варіювала від 70 до 100 %. При цьому в таких районах, як Машівський, Пирятинський та Чорнухинський у 2014 р. шкідник був відсутнім.

У 2012 р. спостерігався мінімум заселеності буряковою листовою попелицею посівів буряку цукрового в середньому по області. У цей рік тільки у двох районах спостерігалась 100 %-заселеність угідь шкідником – в Гребінківському та Великобагачанському. При цьому шкідник був зафіксований у всіх інших районах.

Таблиця 4.11

Заселеність посівів буряків цукрових буряковою листковою попелицею

№ п/п	Район	Обстежено, тис. га						Заселено, тис. га						% заселеної площі					
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	В-Багачанський	0,2	0,4	0,4	0,3	—	0,1	0,2	0,4	0,4	0,3	—	0,1	100,0	100,0	100,0	100,0	—	100,0
2	Гадяцький	3,7	1,6	1,6	9,0	0,3	1,3	0,6	0,3	0,3	1,8	0,2	0,8	17,0	19,8	19,8	20,0	67,0	62,0
3	Глобинський	0,2	5,7	5,7	4,5	4,5	2,4	0,0	1,1	1,1	0,8	2,1	1,3	5,0	19,8	19,8	18,0	47,0	54,0
4	Гребінківський	0,8	0,4	0,4	0,5	—	0,3	0,6	0,4	0,4	0,5	—	0,3	73,0	100,0	100,0	100,0	—	100,0
5	Диканський	3,1	3,1	3,1	0,9	0,6	1,9	3,1	0,6	0,6	0,1	0,4	1,9	100,0	59,8	59,8	11,0	67,0	100,0
6	Зіньківський	1,1	1,5	1,5	1,0	0,6	2,3	1,1	0,2	0,2	0,2	0,4	1,8	100,0	13,9	13,9	20,0	67,0	78,0
7	Карлівський	2,4	2,8	2,8	1,9	—	0,9	0,5	0,7	0,7	0,3	—	0,8	22,0	19,7	19,7	16,0	—	89,0
8	Кобеляцький	2,1	2,2	2,2	5,0	0,8	0,7	0,3	0,3	0,3	3,2	0,6	0,6	15,0	12,3	12,3	64,0	75,0	86,0
9	Козельщинський	2,7	3,7	3,7	3,3	1,0	2,3	1,3	1,7	1,7	1,0	0,4	1,4	48,0	46,9	46,9	30,0	40,0	61,0
10	Котелевський	1,1	1,7	1,7	1,3	0,5	1,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,7	5,0	5,9	5,9	15,0	20,0	70,0
11	Лохвицький	3,3	10,8	10,8	3,3	—	0,3	0,5	0,9	0,9	1,4	—	0,1	15,0	8,4	8,4	42,0	—	33,0
12	Лубенський	3,0	8,0	8,0	2,8	—	0,5	1,0	1,3	1,3	0,2	—	0,5	34,0	16,3	16,3	7,0	—	100,0
13	Машівський	1,3	1,9	1,9	2,0	—	—	0,5	0,4	0,4	0,2	—	—	39,0	18,7	18,7	10,0	—	—
14	Миргородський	—	1,2	1,2	2,4	—	1,0	—	0,1	0,1	0,4	—	0,9	—	10,1	10,1	17,0	—	90,0
15	Новосанжарський	1,0	0,4	0,4	0,6	0,1	1,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	20,0	21,9	21,9	17,0	60,0	70,0
16	Оржицький	2,1	2,3	2,3	2,5	—	0,6	1,8	1,8	1,8	0,3	—	0,6	87,0	76,9	76,9	12,0	—	100,0
17	Пирятинський	2,8	2,8	2,8	0,2	—	—	0,6	0,5	0,5	0,1	—	—	21,0	17,7	17,7	50,0	—	—
18	Полтавський	0,2	0,8	0,8	0,4	0,2	0,6	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,6	5,0	29,3	29,3	50,0	50,0	100,0
19	Решетилівський	0,3	0,4	0,4	0,7	0,3	0,1	0,3	0,4	0,4	0,2	0,1	0,1	100,0	100,0	100,0	29,0	33,0	100,0
20	Семенівський	2,0	3,7	3,7	3,3	1,3	3,0	1,0	1,0	1,0	0,4	0,4	1,5	50,0	27,4	27,4	12,0	31,0	50,0
21	Хорольський	1,5	4,5	4,5	4,3	0,9	2,1	0,7	0,7	0,7	2,6	0,2	2,0	44,0	14,7	14,7	61,0	22,0	95,0
22	Чорнухинський	3,2	0,7	0,7	0,6	—	—	0,5	0,1	0,1	0,1	—	—	16,0	14,3	14,3	17,0	—	—
23	Чутівський	1,4	0,3	0,3	1,1	0,2	0,7	1,4	0,1	0,1	0,3	0,1	0,7	100,0	33,3	33,3	27,0	50,0	100,0
24	Шишацький	5,6	5,9	5,9	6,6	2,4	3,2	4,5	3,9	3,9	1,3	0,5	1,5	80,0	65,2	65,2	20,0	21,0	47,0

Таким чином, ми спостерігаємо явище, коли загальне зростання заселеності площ на рівні області відбувається за рахунок окремих адміністративних районів з дуже високим рівнем цього показника. Навпаки, за умов низького або помірного рівня заселеності в цілому по області заселеними є посіви буряку цукрового в усіх адміністративних районах. Подібна закономірність спостерігається при дослідженні заселеності окремих рослин у межах адміністративного району.

Між показниками заселеності обстежених площ та середньою заселеністю рослин встановлена зворотна залежність: за умов найбільшої заселеності рослин може спостерігатися тільки низький рівень заселеності сільськогосподарських угідь шкідниками бурякової кореневої попелиці (рис. 4.16).

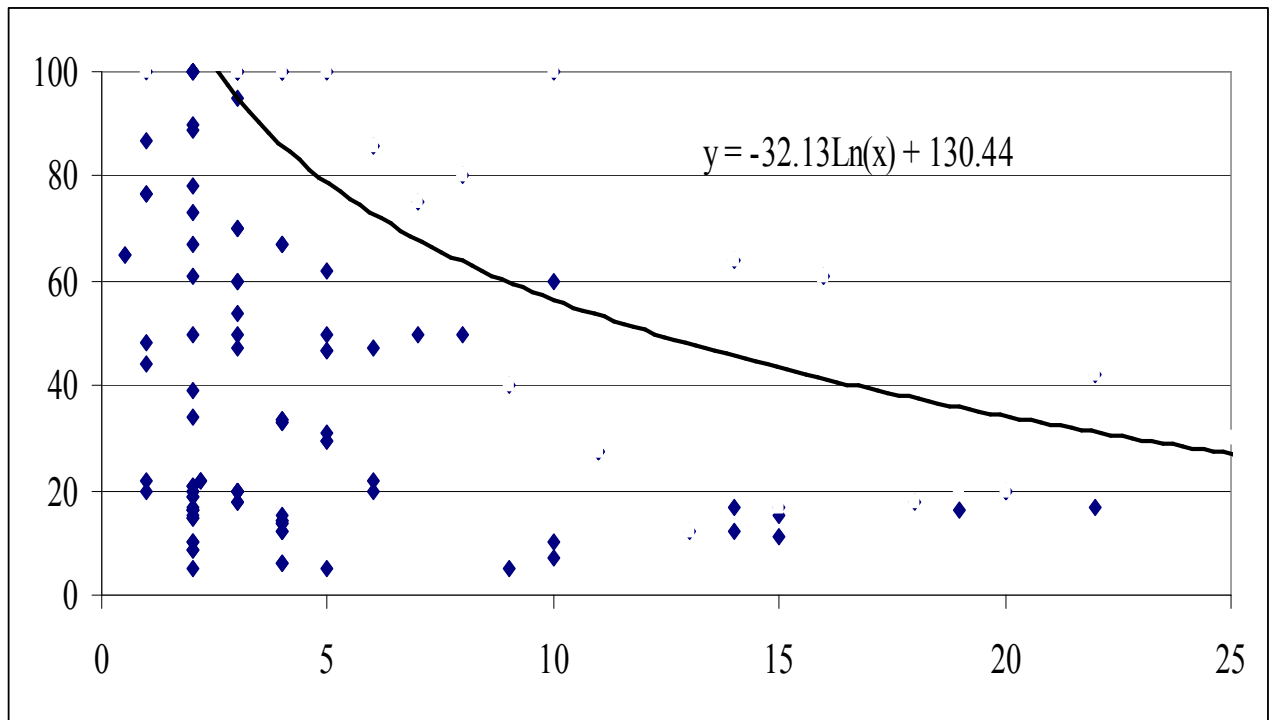


Рис. 4.16. Залежність між заселеністю рослин та заселеністю полів буряковою листковою попелицею посівів буряку цукрового

Примітка: вісь абсцис – середня заселеність рослин шкідником по адміністративним районам в %, вісь ординат – заселеність у % від обстежених площ; лінія вказує на верхню статистичну межу дозволених значень заселеності при певній щільності; рівняння описує цю лінію.

Статистичний розподіл заселеності рослин буряковою листковою попелицею підкорюється гама-закону (рис. 4.17).

Як відмічалось раніше, цей закон розподілу виникає при протіканні фрактальних, або само подібних процесів. Ця фрактальність спостерігається як у просторі, так і у часі. Передусім, фрактальний характер процесу наштовхує на думку про наявність механізмів керування просторовою та часовою динамікою. Велике значення при формуванні фрактальних процесів відіграють ендегенні процеси [194]. Безумовно, екзогенні фактори певним чином модулюють особливості динаміки процесу, у нашому випадку це мінливість чисельності популяцій шкідника.

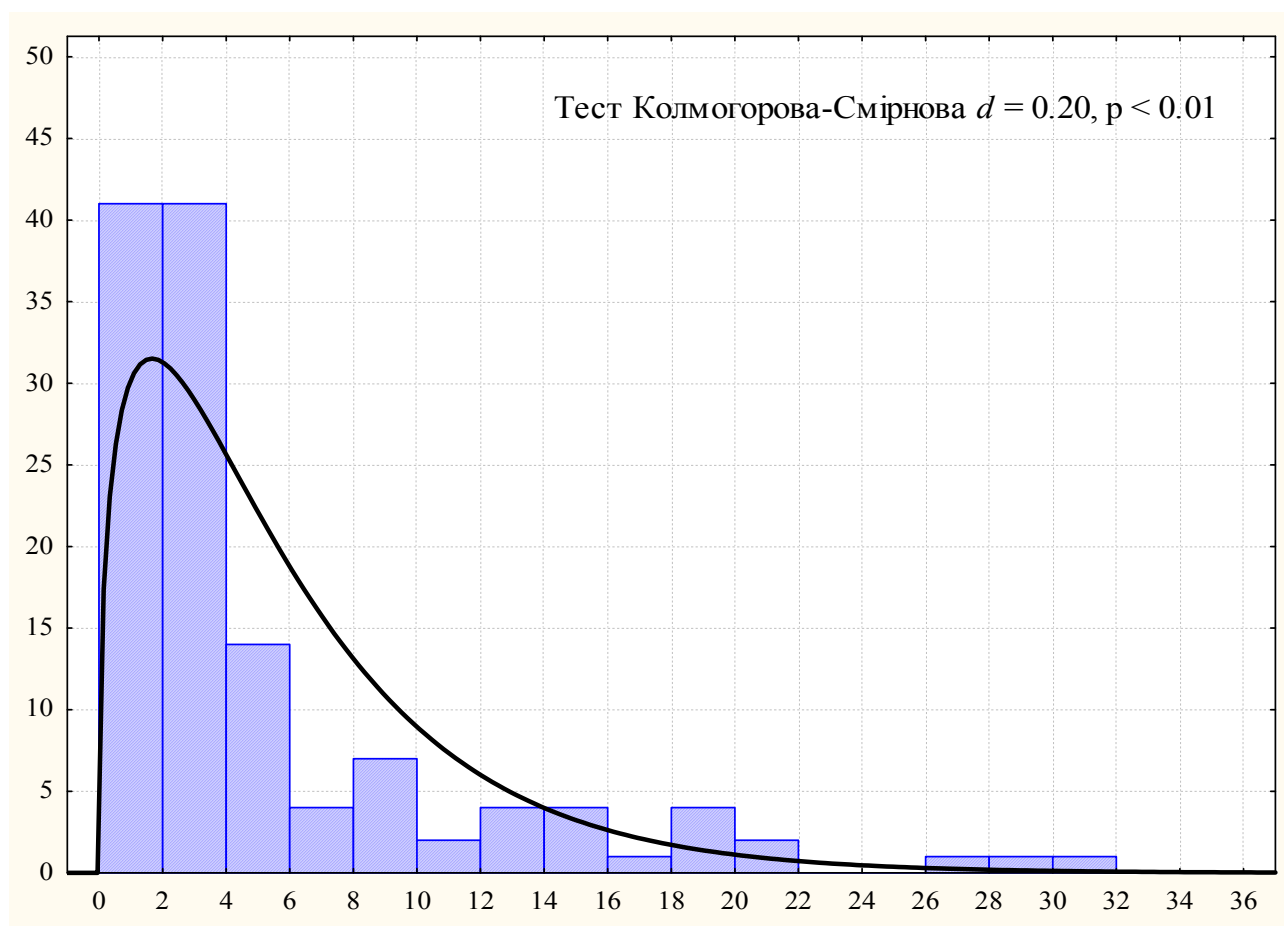


Рис. 4.17. Гістограма заселеності рослин буряковою стебловою попелицею на посівах буряків цукрових

Примітка: Лінією показаний гіпотетичний гама-розподіл.

У таблиці 4.12 наведені дані про заселеність рослин буряковою стебловою попелицею по районах Полтавської області. Одержані усереднені дані впродовж років досліджень свідчать, що максимальний рівень заселеності рослин буряків цукрових буряковою листовою попелицею був встановлений в наступних районах області: Козельщенському, Пирятинському, Чутівському, Семенівському, Чорнухінському, дещо нижчі показники були отримані в таких районах як: Решетилівському, Кременчуському та Глобинському. Найнижчий рівень заселеності спостерігали в Лубенському, Машівському, Оржицькому, Гребінківському та Диканському районах.

За рівнем заселення рослин шкідником виділяється період 2009–2011, протягом якого рівень заселеності був відносно низьким та становив 3,15–3,38 % (рис. 4.18).

У 2012 році відбувся спалах заселеності рослин буряковою стебловою попелицею, коли у середньому по області цей показник становив 174,88 %. Найбільший рівень заселеності рослин буряку цукрового спостерігався в Козельщинському (31,0 %), Решетилівському (30 %) та Чутівському (27,0 %) районах. У 2013 р. спостерігалось зниження заселеності рослин попелицею.

Таблиця 4.12

**Заселеність рослин буряковою стебловою попелицею
на посівах цукрових буряків в період масового заселення, %**

№ п/п	Район	Роки					Середнє	CV, %
		2009	2010	2011	2012	2013		
1	В-Багачанський	3,0	5,0	5,0	19,0	—	6,6	108,0
2	Гадяцький	2,0	3,0	3,0	20,0	4,0	6,2	111,1
3	Глобинський	9,0	3,0	3,0	18,0	6,0	7,0	84,3
4	Гребінківський	2,0	4,0	4,0	10,0	—	4,4	74,7
5	Диканський	2,0	3,0	3,0	15,0	2,0	4,7	109,0
6	Зіньківський	4,0	4,0	4,0	20,0	4,0	6,3	106,5
7	Карлівський	1,0	2,0	2,0	19,0	—	5,2	148,6
8	Кобеляцький	4,0	4,0	4,0	14,0	7,0	6,5	59,8
9	Козельщинський	1,0	5,0	5,0	31,0	9,0	8,8	127,0
10	Котелевський	2,0	4,0	4,0	15,0	6,0	5,7	84,0
11	Кременчуцький	4,67	4,00	4,00	21,00	7,33	7,4	91,0
12	Лохвицький	2,0	2,0	2,0	22,0	—	6,4	136,9
13	Лубенський	2,0	2,0	2,0	10,0	—	3,6	99,4
14	Машівський	2,0	2,0	2,0	10,0	—	4,0	100,0
15	Миргородський	—	2,0	2,0	15,0	—	5,3	123,8
16	Новосанжарський	1,0	2,2	2,2	14,0	10,0	5,4	98,2
17	Оржицький	1,0	1,0	1,0	14,0	—	4,2	134,1
18	Пирятинський	2,0	3,0	3,0	25,0	—	8,3	135,5
19	Полтавський	5,0	5,0	5,0	7,0	8,0	5,5	32,0
20	Решетилівський	2,0	3,0	3,0	30,0	4,0	7,7	143,0
21	Семенівський	3,0	11,0	11,0	13,0	5,0	8,0	51,8
22	Хорольський	1,0	2,0	2,0	16,0	6,0	5,0	113,1
23	Чорнухинський	2,0	4,0	4,0	22,0	—	8,0	117,3
24	Чутівський	10,0	4,0	4,0	27,0	2,0	8,2	118,6
25	Шишацький	8,0	0,5	0,5	20,0	2,0	5,7	133,2

На рисунку 4.19 показана просторова мінливість середнього рівня заселеності рослин буряковою стебловою попелицею та коефіцієнту варіації цього показнику.

Аналіз просторового розподілу рівнів заселеності рослин попелицею свідчить про наявність географічних зон, в межах яких спостерігається певний рівень цього показнику.

Так, одна зона з низьким рівнем заселеності знаходиться на заході області (Лубенський, Оржицький та Гребінківський райони) та на сході (Машівський, Диканський, Карлівський, Полтавський та Новосанжарський райони). Зона з високим рівнем заселеності рослин обіймає південну частину області. На півночі розташована зона з помірним рівнем заселеності попелицею.

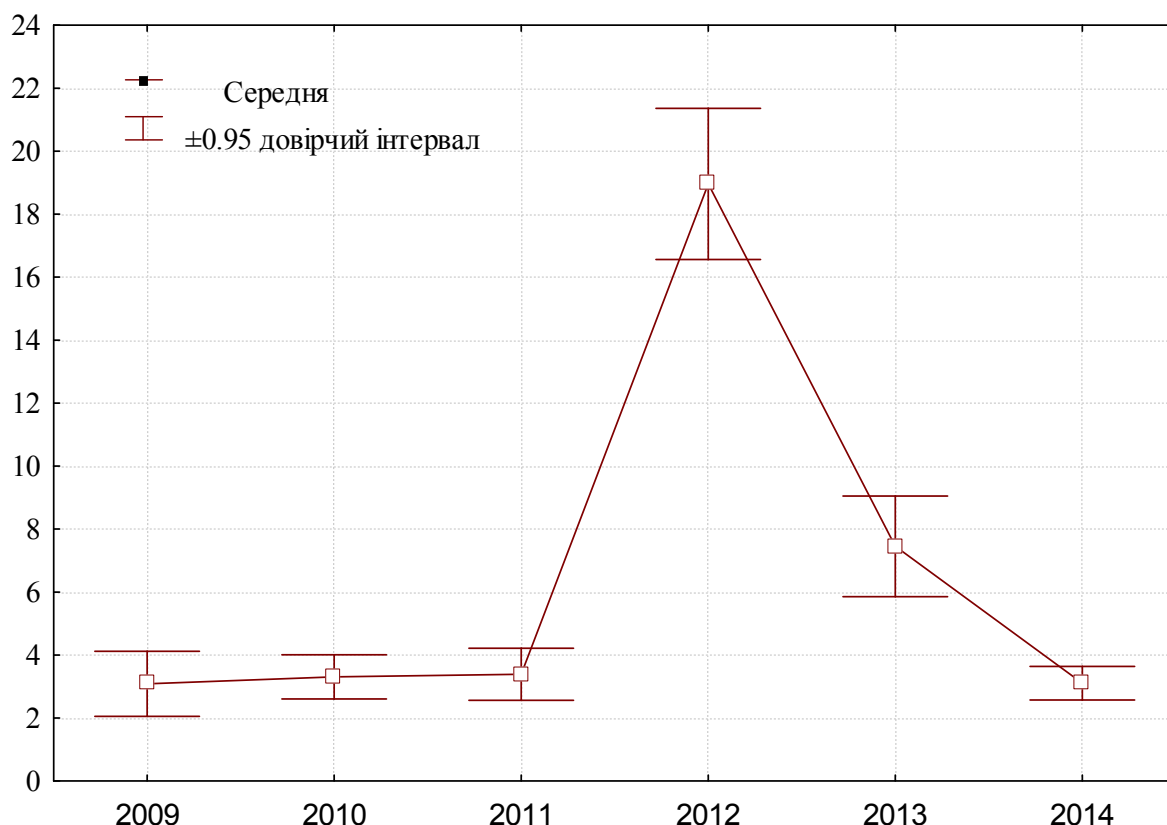


Рис. 4.18. Динаміка заселеності рослин (у %) бурякової листкової попелиці (*Aphis fabae*) посівів буряків цукрових у межах Полтавської області в період масового заселення

Коефіцієнт варіації середнього рівня заселеності рослин попелицею свідчить про динамічність границь встановлених зон. Низький рівень варіабельності більшою мірою характерний для південних районів області, а, відповідно, високий рівень варіабельності – для північних.

Таким чином, нами встановлена наявність патернів просторового розподілу рівнів чисельності бурякової листкової попелиці. Найбільш загальною особливістю є диференціація території області на південну та північні частини, які характеризуються специфікою протікання популяційних процесів цього виду шкідників.

У результаті багатовимірної факторної аналізу було екстраговано два фактори, які описують 96,88 % дисперсії загальної варіабельності чисельності попелиці (табл. 4.13). Фактор 1 описує 90,36 % дисперсії, а фактор 2 лише 6,51 %.

Фактор 1 відображає динаміку бурякової листкової попелиці, яка пов'язана зі збільшенням чисельності з 2009 по 2013 рр., після чого відбулося різке зниження щільності популяцій. Фактор 2 відображає наявність двох піків чисельності в різних частинах області, які відбулися послідовно у 2012 та 2013 рр.

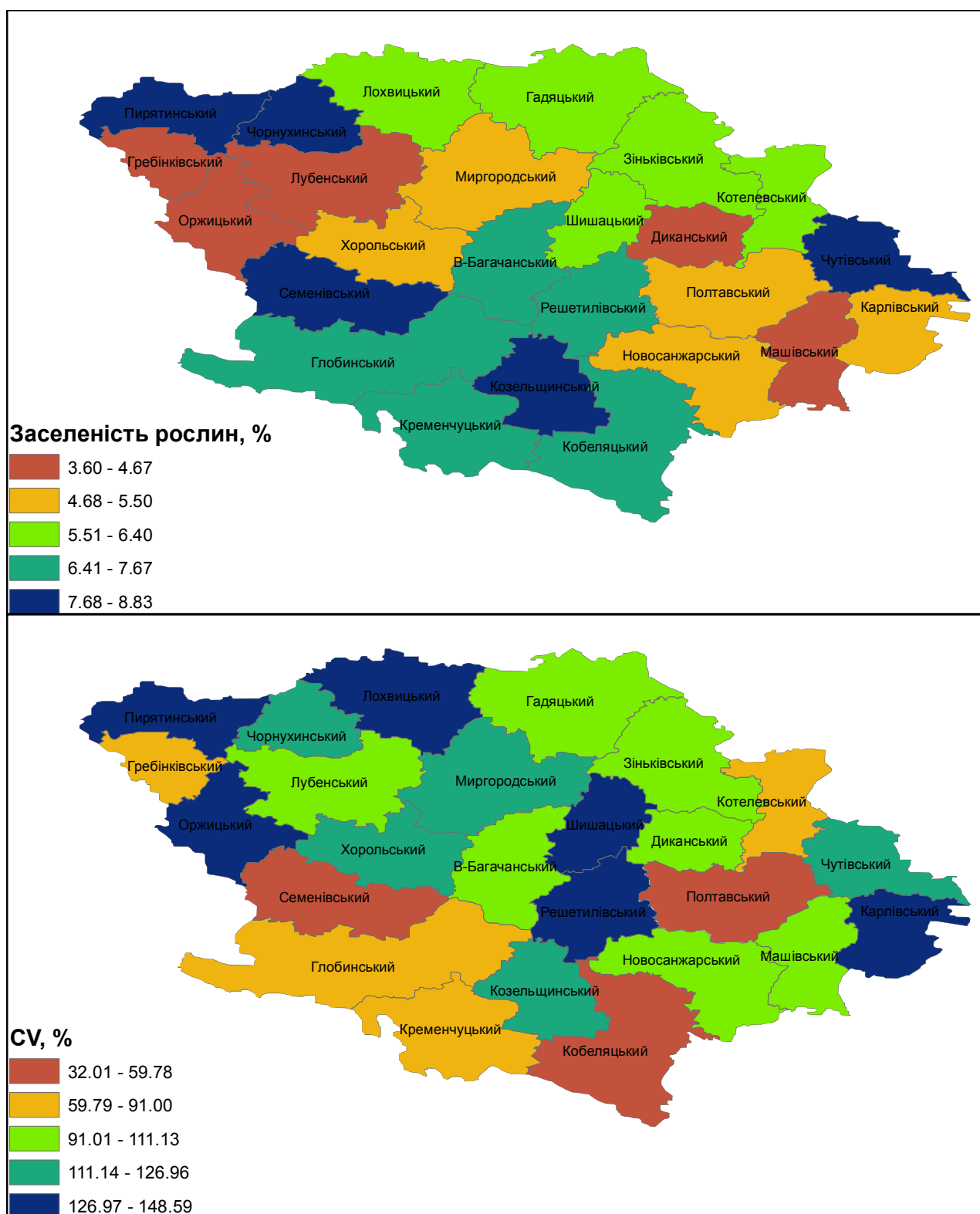


Рис. 4.19. Просторовий розподіл у межах Полтавської області середніх рівнів заселеності рослин (у %) буряковою стебловою попелицею та коефіцієнтів варіації цього показника протягом 2009–2014 рр.

Таким чином, пік чисельності, який спостерігався 2012 р. (рис. 4.20) має складну динамічну природу та визначається поєднанням двох незалежних трендів динаміки, які описуються факторами 1 та 2.

Таблиця 4.13

Власні числа факторів та пояснена варіабельність

№	Власне число	% загальної варіації	Кумулятивні власні числа	Кумулятивний %
1	22,59	90,36	22,59	90,36
2	1,63	6,51	24,22	96,88

Складний характер динаміки за своєю природою породжує складну конфігурацію варіювання чисельності (у якості маркера чисельності ми використовуємо показник заселеності рослин попелицею).

Просторова мінливість фактора 1 та фактора 2 наведена на рисунках 4.21 та рис. 4.22.

Фактор 1 характеризується найбільшими значеннями у північно-західній та центральній частинах області. Найменші та помірні рівні цього фактору спостерігаються в південній, центральній та східній частинах регіону.

Фактор 2 зоною своїх мінімальних значень розділяє область на дві частини у північно-західному та південно-східному напрямках. Відповідно, північний схід та південний захід характеризуються найбільшими значеннями фактору 2.

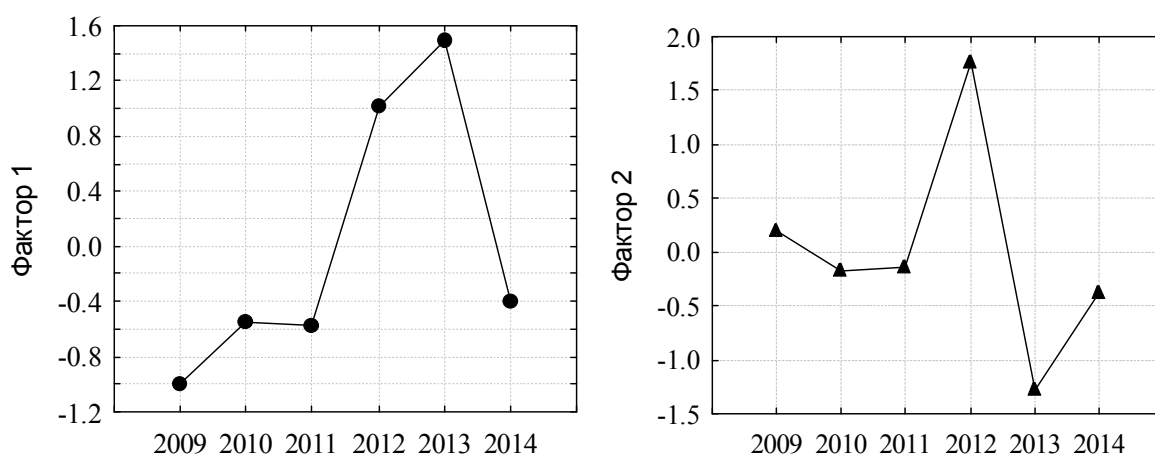


Рис. 4.20. Факторні ваги, виділені при аналізі динаміки чисельності бурякової листкової попелиці (*Aphis fabae*)

Як у випадку аналізу попередніх видів шкідників, просторові патерни мінливості багатовимірних факторів є підґрунтям для пошуку ландшафтно-екологічних детермінантів особливостей динаміки чисельності бурякової листкової попелиці.

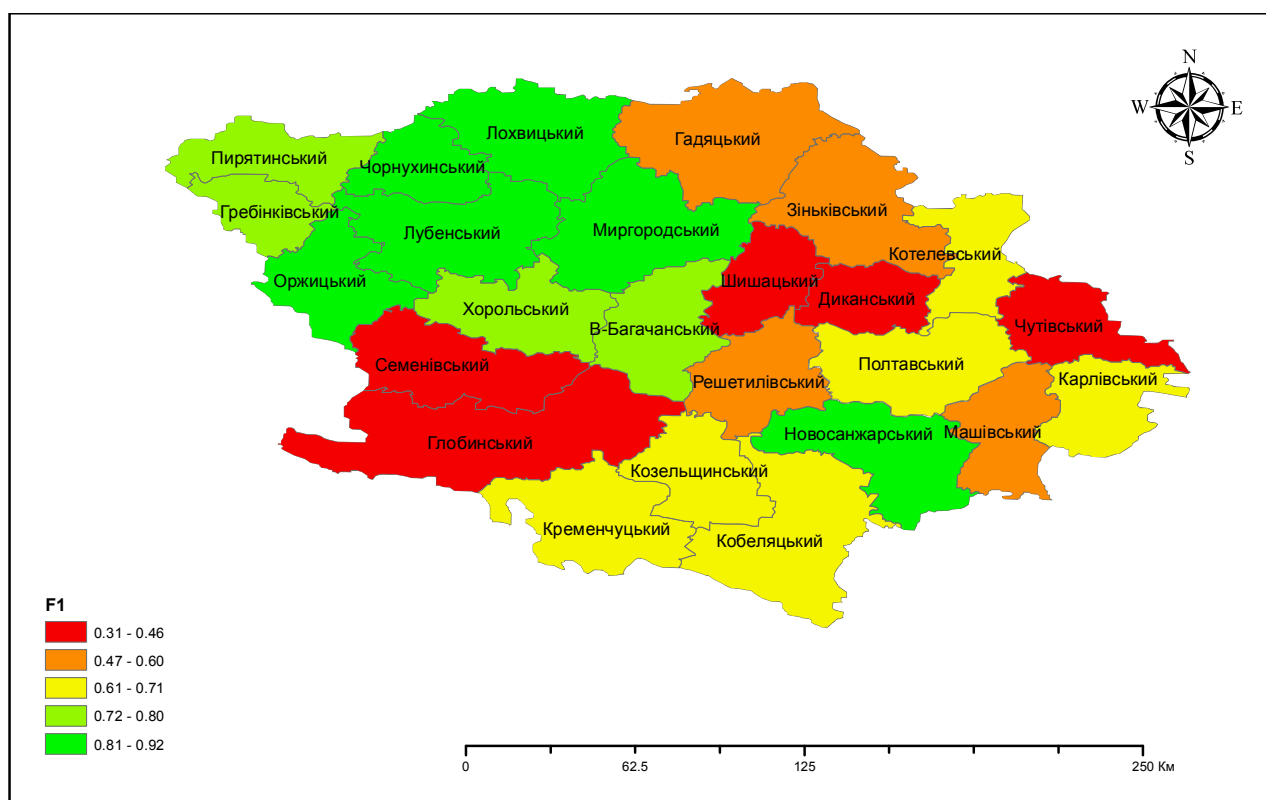


Рис. 4.21. Просторове варіювання значень фактору 1

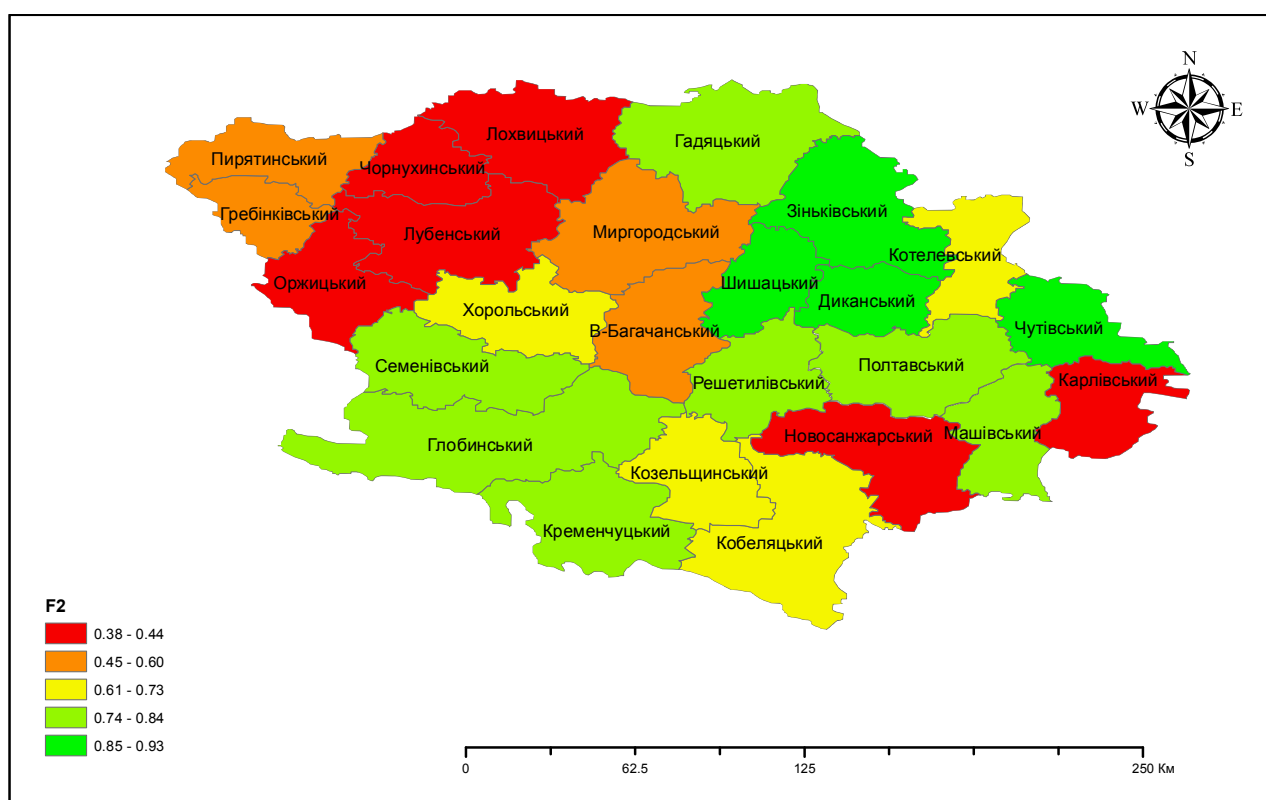


Рис. 4.22. Просторове варіювання значень фактору 2

У результаті регресійного аналізу було встановлено, що 64 % мінливості фактору 1 може бути пояснено за допомогою характеристик ландшафтно-екологічного різноманіття (табл. 4.14).

Таблиця 4.14

**Регресійний аналіз залежності фактору 1 від показників
ландшафтно-екологічного різноманіття ($R^2 = 0,64$)**

Показники	Бета	Ст. помилка бета	<i>B</i>	Ст. помилка <i>B</i>	t(8)	<i>p</i> -рівень
Константа	–	–	0,75	0,12	6,01	0,00
2	0,39	0,16	0,04	0,02	2,47	0,02
9	0,66	0,19	0,26	0,08	3,44	0,00
12	0,32	0,15	0,31	0,14	2,17	0,04
15	–0,45	0,20	–0,20	0,09	–2,22	0,04
18	–0,28	0,15	–0,02	0,01	–1,89	0,07

Примітка: бета – стандартизовані регресійні коефіцієнти; показники 2, ..., 20 – типи ландшафтного покриття за даними GLC 2000 (див. рис. 3.5).

Фактор 1 визначається такими детермінантами, як широколистяні ліси, прибережна лісово-лукова рослинність, чагарник, заплави, мозаїка ріллі та трав'янистого покриття.

В дисперсії фактору 2 72 % визначається показниками ландшафтно-екологічного різноманіття (табл. 4.15).

Таблиця 4.15

**Регресійний аналіз залежності фактору 2 від показників
ландшафтно-екологічного різноманіття ($R^2 = 0,72$)**

Показники	Бета	Ст. помилка бета	<i>B</i>	Ст. помилка <i>B</i>	t(8)	<i>p</i> -рівень
Константа	–	–	0,71	0,10	6,80	0,00
2	–0,43	0,14	–0,04	0,01	–3,15	0,01
9	–0,67	0,17	–0,25	0,06	–4,01	0,00
12	–0,36	0,13	–0,33	0,12	–2,73	0,01
15	0,44	0,18	0,18	0,07	2,44	0,02
18	0,16	0,13	0,01	0,01	1,19	0,25

Примітка: бета – стандартизовані регресійні коефіцієнти; показники 2, ..., 20 – типи ландшафтного покриття за даними GLC 2000 (див. рис. 3.5).

Фактор 2 визначають ті ж самі ландшафтно-екологічні зміни, але відмінність полягає у кількісних особливостях цього впливу.

4.4. Динаміка звичайного бурякового довгоносика

Загальний рівень заселеності посівів буряків цукрових звичайним буряковим довгоносом (*Asproparthenis punctiventris* (Fabricius, 1787)) в Полтавській області за період дослідження є досить високим та наближається до 100 % (табл. 4.16). Так, у 100 % досліджених площ був виявлений даний шкідник у 2008, 2009 та 2012 рр. У інші роки рівень заселеності ним був дещо меншим і становив 89–96 %.

Високий рівень заселеності посівів лишає сенсу визначення зв'язку заселеності з чисельністю шкідника на посівах.

Таблиця 4.16

Заселеність посівів буряків цукрових звичайним буряковим довгоноси́ком

№ п/п	Район	Обстежено, тис. га							% заселеної площі						
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	В-Багачанський	0,2	0,2	0,4	0,4	0,3	—	0,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	—	100,0
2	Гадяцький	2,8	3,7	1,6	1,6	9,0	0,3	1,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	92,3
3	Глобинський	5,2	0,2	5,7	5,7	4,5	4,5	2,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	91,1	95,8
4	Гребінківський	1,4	0,8	0,4	0,4	0,5	—	0,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	—	66,7
5	Диканський	3,3	3,1	3,1	3,1	0,9	0,6	1,9	100,0	100,0	51,6	51,6	100,0	100,0	100,0
6	Зіньківський	1,4	1,1	1,5	1,5	1,0	0,6	2,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	78,3
7	Карлівський	2,1	2,4	2,8	2,8	1,9	—	0,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	—	100,0
8	Кобеляцький	2,0	2,1	2,2	2,2	5,0	0,8	0,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	75,0	100,0
9	Козельщинський	2,2	2,7	3,7	3,7	3,3	1,0	2,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
10	Котелевський	1,3	1,1	1,7	1,7	1,3	0,5	1,0	100,0	100,0	52,9	52,9	100,0	100,0	90,0
11	Кременчуцький	0,2	—	—	—	—	—	—	100,0	—	—	—	—	—	—
12	Лохвицький	7,4	3,3	10,8	10,8	3,3	—	0,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	—	100,0
13	Лубенський	2,2	3,0	8,0	8,0	2,8	—	0,5	100,0	100,0	65,0	65,0	100,0	—	100,0
14	Машівський	1,2	1,3	1,9	1,9	2,0	—	—	100,0	100,0	68,4	68,4	100,0	—	—
15	Миргородський	0,4	—	1,2	1,2	2,4	—	1,0	100,0	—	16,7	16,7	100,0	—	100,0
16	Новосанжарський	1,5	1,0	0,4	0,4	0,6	0,1	1,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
17	Оржицький	2,1	2,1	2,3	2,3	2,5	—	0,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	—	100,0
18	Пирятинський	2,1	2,8	2,8	2,8	0,2	—	—	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	—	—
19	Полтавський	0,3	0,2	0,8	0,8	0,4	0,2	0,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
20	Решетилівський	0,3	0,3	0,4	0,4	0,7	0,3	0,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	66,7	100,0
21	Семенівський	2,2	2,0	3,7	3,7	3,3	1,3	3,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
22	Хорольський	1,3	1,5	4,5	4,5	4,3	0,9	2,1	100,0	100,0	93,3	93,3	100,0	77,8	95,2
23	Чорнухинський	1,3	3,2	0,7	0,7	0,6	—	—	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	—	—
24	Чутівський	1,3	1,4	0,3	0,3	1,1	0,2	0,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
25	Шишацький	5,6	5,6	5,9	5,9	6,6	2,4	3,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	91,7	100,0

Статистичний розподіл чисельності звичайного бурякового довгоносіка є вкрай асиметричним (рис. 4.23). Він статистично вірогідно підкорюється гамма-закону, що підтверджується тестом Колмогорова-Смірнова.

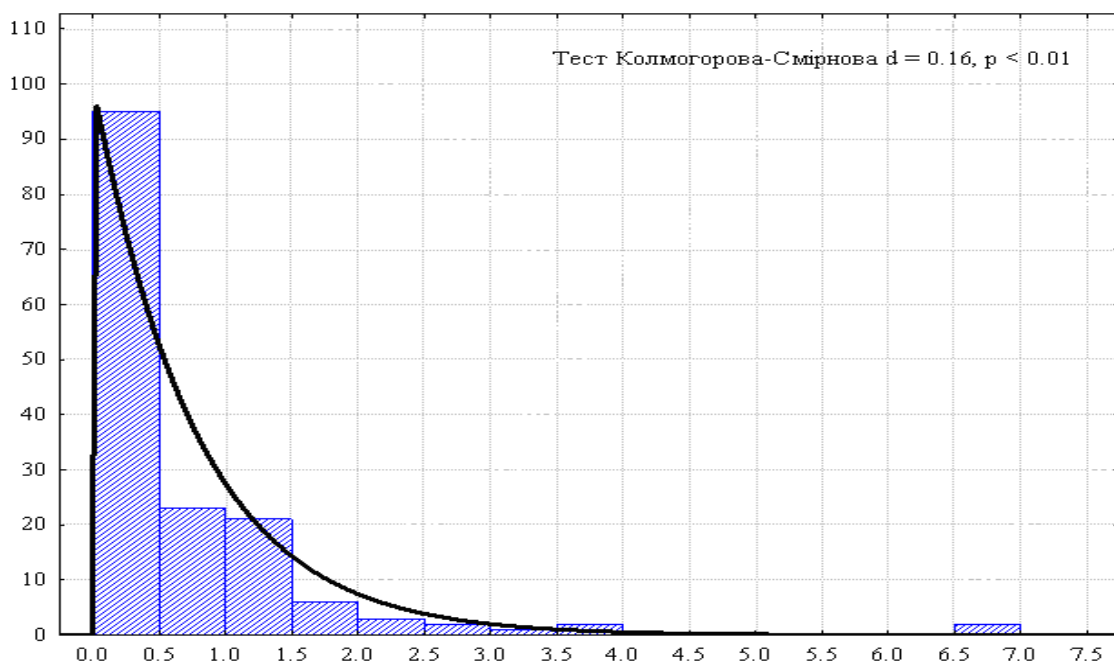


Рис. 4.23. Гістограма чисельності звичайного бурякового довгоносіка на посівах буряків цукрових

Примітка: лінією показаний гіпотетичний гамма-розподіл

Динаміка чисельності звичайного бурякового довгоносіка демонструє пік у 2010 р. (рис. 4.24).

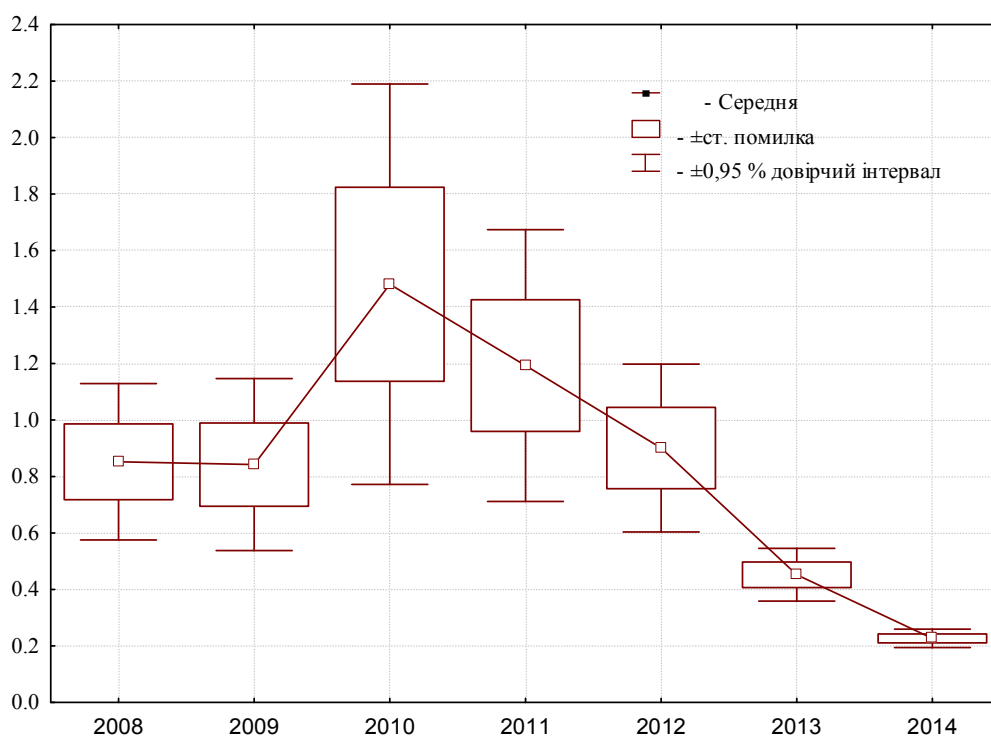


Рис. 4.24. Динаміка чисельності звичайного бурякового довгоносіка (*Asproparthenis punctiventris*) у посівах буряків цукрових в межах Полтавської області у період масового заселення

У 2008 та 2009 рр. чисельність цього шкідника знаходилась на одному рівні. Після піку спостерігалось різке зниження чисельності протягом 2011–2014 років.

Максимальна щільність цього шкідника спостерігалась у 2010 та 2011 рр. у Семенівському районі та становила 6,8 екз./м² (табл. 4.17).

Таблиця 4.17

**Динаміка чисельності звичайного бурякового довгоносика
в посівах буряків цукрових у межах Полтавської області
в період масового заселення, екз./м²**

Район	Роки							Середнє	CV, %
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		
В-Багачанський	0,90	0,30	1,30	1,30	1,50	—	0,30	0,80	74,65
Гадяцький	0,20	0,10	0,10	0,10	0,20	0,50	0,20	0,20	70,71
Глобинський	1,20	0,70	1,40	1,40	1,50	0,70	0,20	1,01	48,11
Гребінківський	1,00	1,00	0,10	0,10	0,30	—	0,30	0,40	106,07
Диканський	0,70	0,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,10	0,27	75,85
Зіньківський	3,30	1,30	2,00	2,00	0,40	0,50	0,20	1,39	81,16
Карлівський	0,40	0,20	2,00	2,00	1,50	—	0,10	0,89	102,74
Кобеляцький	0,20	0,20	0,30	0,30	0,50	0,50	0,30	0,33	38,15
Козельщинський	1,00	1,50	3,00	3,00	2,50	0,90	0,20	1,73	64,40
Котелевський	1,60	1,50	0,10	0,10	0,20	0,40	0,20	0,59	113,86
Кременчуцький	1,00	—	—	—	—	—	—	0,14	264,58
Лохвицький	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	—	0,20	0,19	48,45
Лубенський	0,40	0,60	1,40	1,40	0,20	—	0,30	0,61	92,29
Машівський	0,50	0,10	0,10	0,10	0,40	—	—	0,17	115,27
Миргородський	0,20	—	0,10	0,10	0,40	—	0,20	0,14	97,81
Новосанжарський	1,20	1,40	1,20	1,20	0,50	0,20	0,20	0,84	61,97
Оржицький	0,40	0,90	0,60	0,60	0,30	—	0,10	0,41	75,60
Пирятинський	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	—	—	0,86	80,51
Полтавський	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	17,64
Решетилівський	0,50	0,10	0,10	0,10	0,30	0,40	0,50	0,29	65,26
Семенівський	1,10	2,50	6,80	6,80	2,50	0,70	0,10	2,93	95,22
Хорольський	0,20	0,60	0,60	0,60	0,20	0,40	0,20	0,40	50,00
Чорнухинський	1,50	0,20	0,10	0,10	0,20	—	—	0,30	178,47
Чутівський	1,10	1,00	0,20	0,20	0,40	0,20	0,30	0,49	80,99
Шишацький	1,30	0,40	3,60	3,60	0,40	0,60	0,10	1,43	106,98

Найменша щільність бурякового довгоносика спостерігалась у 2014 р. У цей рік максимальна чисельність шкідника сягала значення лише 0,5 екз./м². Такий показник був зафіксований у Решетилівському районі.

У просторовому аспекті найнижчі рівні щільності популяцій звичайного бурякового довгоносика характерні для північних районів – Гадяцького, Лохвицького, Миргородського (рис. 4.25).

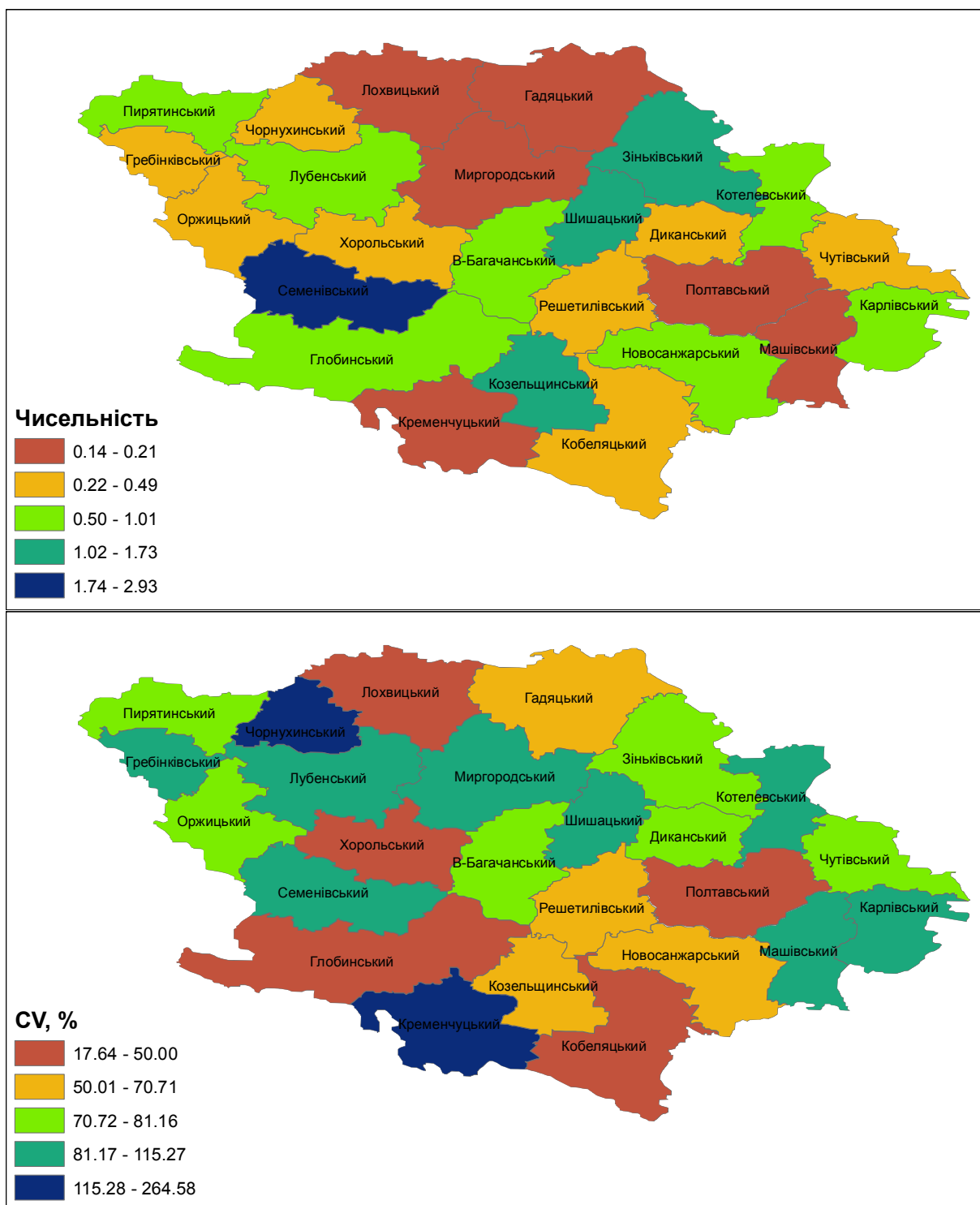


Рис. 4.25. Просторовий розподіл у межах Полтавської області середніх рівнів чисельності звичайного бурякового довгоносика (в екз./м²) та коефіцієнтів варіації цього показника протягом 2008–2014 рр.

Зона з високими та помірними рівнями щільності шкідника простягається у напрямку від північного сходу до південного заходу. Найвищі середні рівні щільності звичайного бурякового довгоносика характерні для Семенівського району. Досить високі значення цього показника встановлені для Зінківського, Шишацького та Козельщинського районів.

У варіюванні чисельності звичайного бурякового довгоносика встановити закономірні патерни досить важко. Необхідно відмітити, що найвищий рівень варіабельності чисельності характерний для Чорнухінського та Кременчуцького районів. Відносно стабільною є популяція довгоносика у Лохвицькому, Хорольському, Полтавському, Глобинському та Кобеляцькому районах.

У результаті багатовимірної факторної аналізу матриці динаміки чисельності звичайного бурякового довгоносика були встановлені три фактори, власні числа які перевищують одиницю (табл. 4.18).

Таблиця 4.18

Власні числа факторів та пояснена варіабельність

№	Власне число	% загальної варіації	Кумулятивні власні числа	Кумулятивний %
1	12,93	51,72	12,93	51,72
2	6,49	25,95	19,42	77,67
3	3,91	15,66	23,33	93,33

Загалом, екстраговані фактори описують 93,33 % варіабельності чисельності досліджуваного виду у просторі та часі.

Фактор 1 описує 51,72 % варіабельності та відбиває хвилеподібну динаміку чисельності популяцій довгоносика з максимумом у 2010 р. та мінімумом в 2012 р. (рис. 4.26).

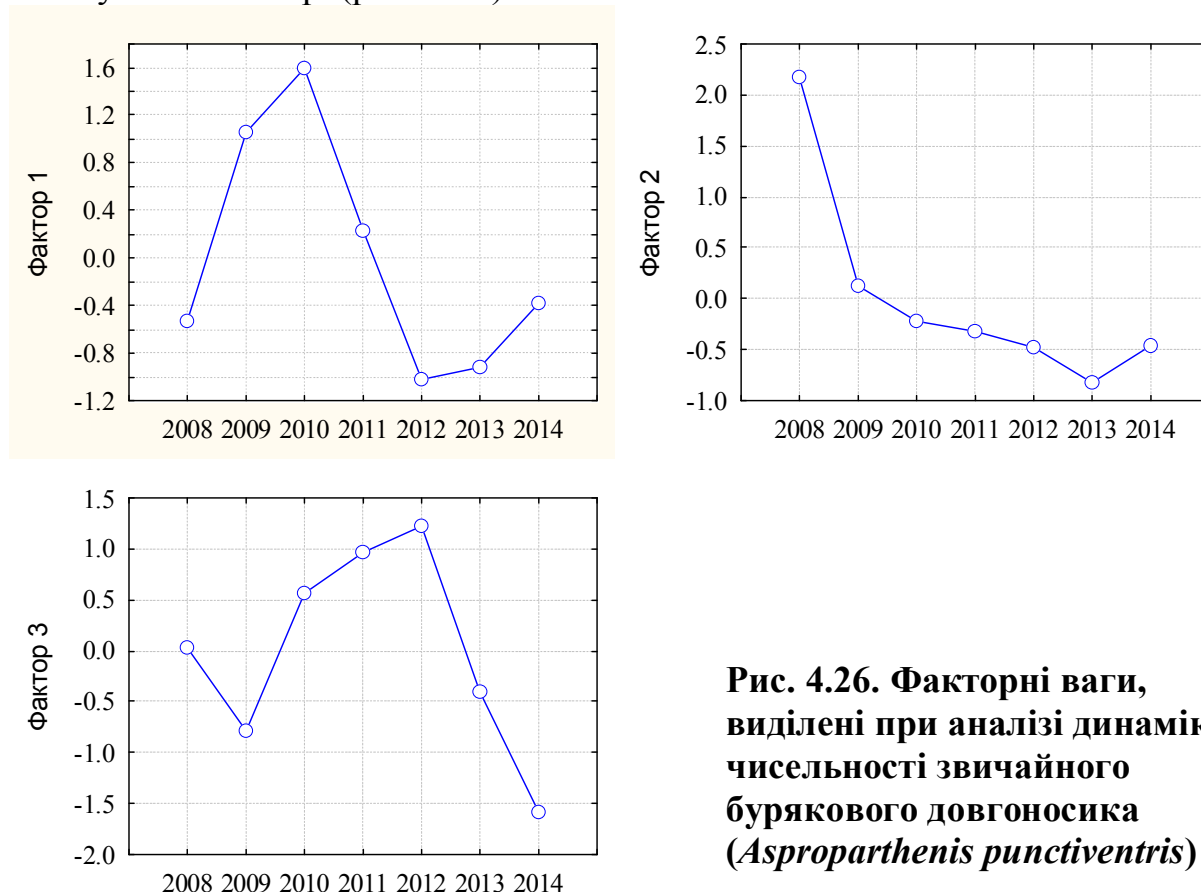


Рис. 4.26. Факторні ваги, виділені при аналізі динаміки чисельності звичайного бурякового довгоносика (*Asproparthenis punctiventris*)

Фактор 2 описує 25,95 % варіабельності та відбиває, вірогідно, частину динамічної «хвилі», яка виходить за межі досліджуваного періоду. У період дослідження цей фактор характеризує тренд по зниженню чисельності з незначним підйомом в 2014 р.

Фактор 3 описує 15,66 % варіабельності чисельності популяцій довгоносіка. Цей фактор характеризує наявність мінімуму чисельності в 2009 році та максимуму в 2012 році.

Максимум значень фактору 1 спостерігається в адміністративних районах, які компактно розташовані, а саме: на сході – Зінківський, Котелевський, Шишацький райони; на заході – Лубенський, Хорольський, Семенівський та Оржицький райони (рис. 4.27).

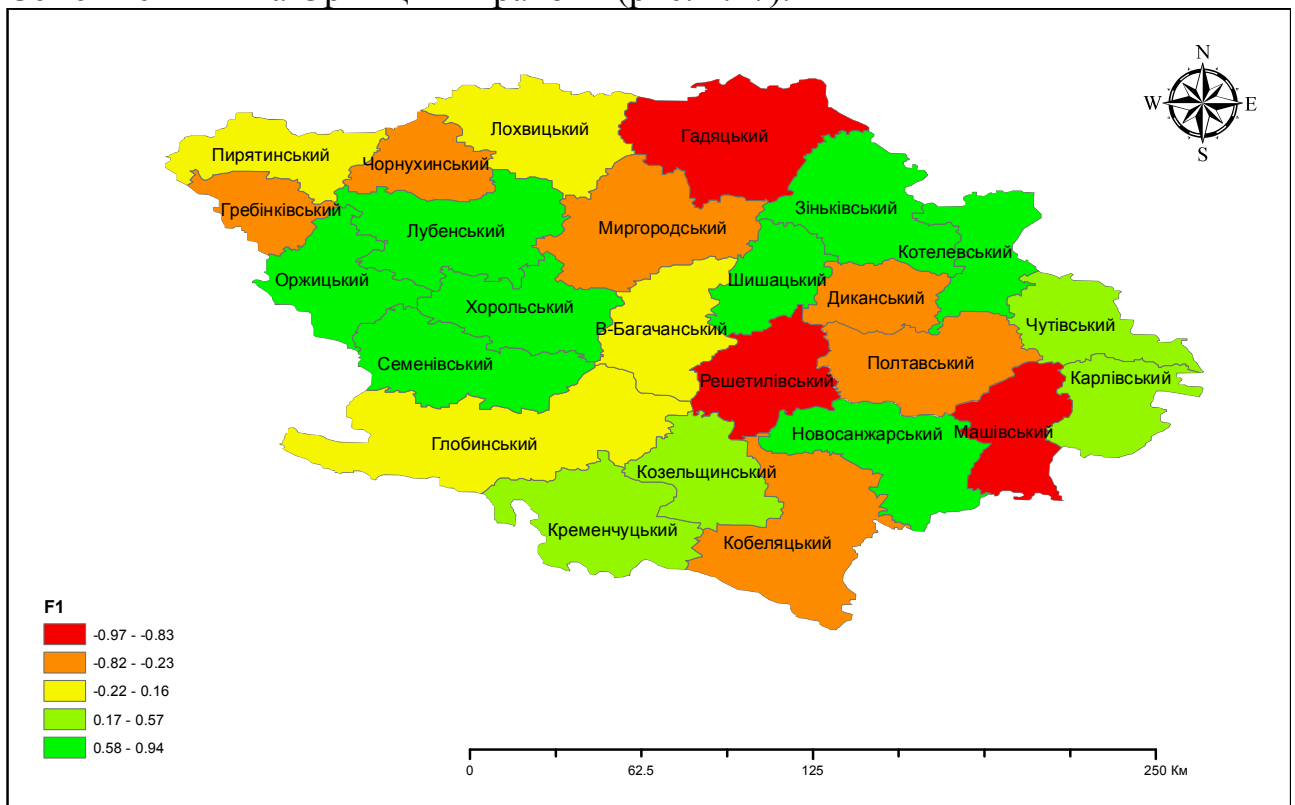


Рис. 4.27. Просторове варіювання значень фактору 1

Райони з від'ємними значеннями фактору 1 або близькими до нуля формують своєрідний «матрикс», у якому розташовані райони з великими значеннями фактору 1.

Таким чином, проведений багатовимірний факторний аналіз дозволив провести фракціонування динаміки чисельності звичайного бурякового довгоносіка на три незалежних компоненти. Динаміка чисельності у часі (рис. 4.24) та у просторі (рис. 4.25) складається з трендів, які відображаються окремими незалежними факторами (термін «*фактор*» тут застосовується у сенсі, який використовується в рамках багатовимірного факторного аналізу як відображення *латентної змінної*, яка знаходиться найближче до природи процесу, що вивчається, та відображається спостережуваними *маніфестними*

змінними). Ці фактори характеризуються визначеними просторовими патернами та можуть бути пояснені у термінах ландшафтно-екологічного різноманіття.

Динаміка чисельності популяцій шкідника у просторі та часі є суперпозицією декількох динамічних процесів. Інакше кажучи, описання, пояснення та прогнозування динаміки чисельності шкідників можливо тільки після фракціонування динаміки чисельності, або аналізу цього процесу як виділення компонентів, з яких процес динаміки складається.

Регресійний аналіз дозволив встановити, що 78 % варіабельності фактору 1 можна пояснити за допомогою змінних, які характеризують ландшафтно-екологічне різноманіття (табл. 4.19).

Таблиця 4.19

Регресійний аналіз залежності фактору 1 від показників ландшафтно-екологічного різноманіття ($R^2 = 0,78$)

Показники	Бета	Ст. помилка бета	<i>B</i>	Ст. помилка <i>B</i>	t(8)	<i>p</i> -рівень
Константа	—	—	0,77	1,75	0,44	0,67
2	−0,99	0,24	−0,32	0,08	−4,17	0,00
9	0,46	0,24	0,57	0,30	1,89	0,08
10	1,34	0,39	43,27	12,57	3,44	0,00
12	0,07	0,16	0,21	0,50	0,41	0,69
13	0,53	0,17	0,11	0,04	3,09	0,01
15	−1,12	0,54	−1,54	0,75	−2,06	0,06
16	−0,84	0,26	−0,07	0,02	−3,28	0,01
17	0,90	0,23	0,11	0,03	3,85	0,00
18	1,37	0,22	0,26	0,04	6,24	0,00
Sh	−0,45	0,17	−2,53	0,96	−2,63	0,02
STD Sh	0,26	0,17	2,55	1,66	1,54	0,15

Примітка: бета – стандартизовані регресійні коефіцієнти; показники 2, ..., 20 – типи ландшафтного покриття за даними GLC 2000 (див. рис. 3.5).

Цей фактор залежить від індексу ландшафтно-екологічного різноманіття Шеннона, частки у ландшафтному покритті широколистяних лісів, трав'янистого покриття, заплав, агроєкосистем, мозаїк ріллі та лісу й мозаїк ріллі та трав'янистого покриття. Слід відзначити, найбільший позитивний вплив на розвиток динаміки чисельності шкідливих комах, яка відображається фактором 1, здійснює частка палу та частка мозаїки ріллі та трав'янистого покриття. Останній тип землекористування за своїм змістом найбільш відповідає посівам широколистяних культур, до числа яких належить і буряк цукровий. Навпаки, збільшення зернових культур, за рахунок яких зменшуються посіви в тому числі й буряку цукрового, знижує інтенсивність динаміки, яка відображається фактором 1.

Зона максимальних значень фактору 2 пов'язана зі сходом області (Чутівський, Полтавський, Диканський райони) та північним заходом (Лохвицький, Чорнухінський та Гребінківський райони) (рис. 4.28). Зона мінімуму фактору 2 обіймає компактно розташовану територію у межах Миргородського, Хорольського та Лубенського районів. Також малі значення фактору 2 характерні для Кобеляцького та Карлівського районів.

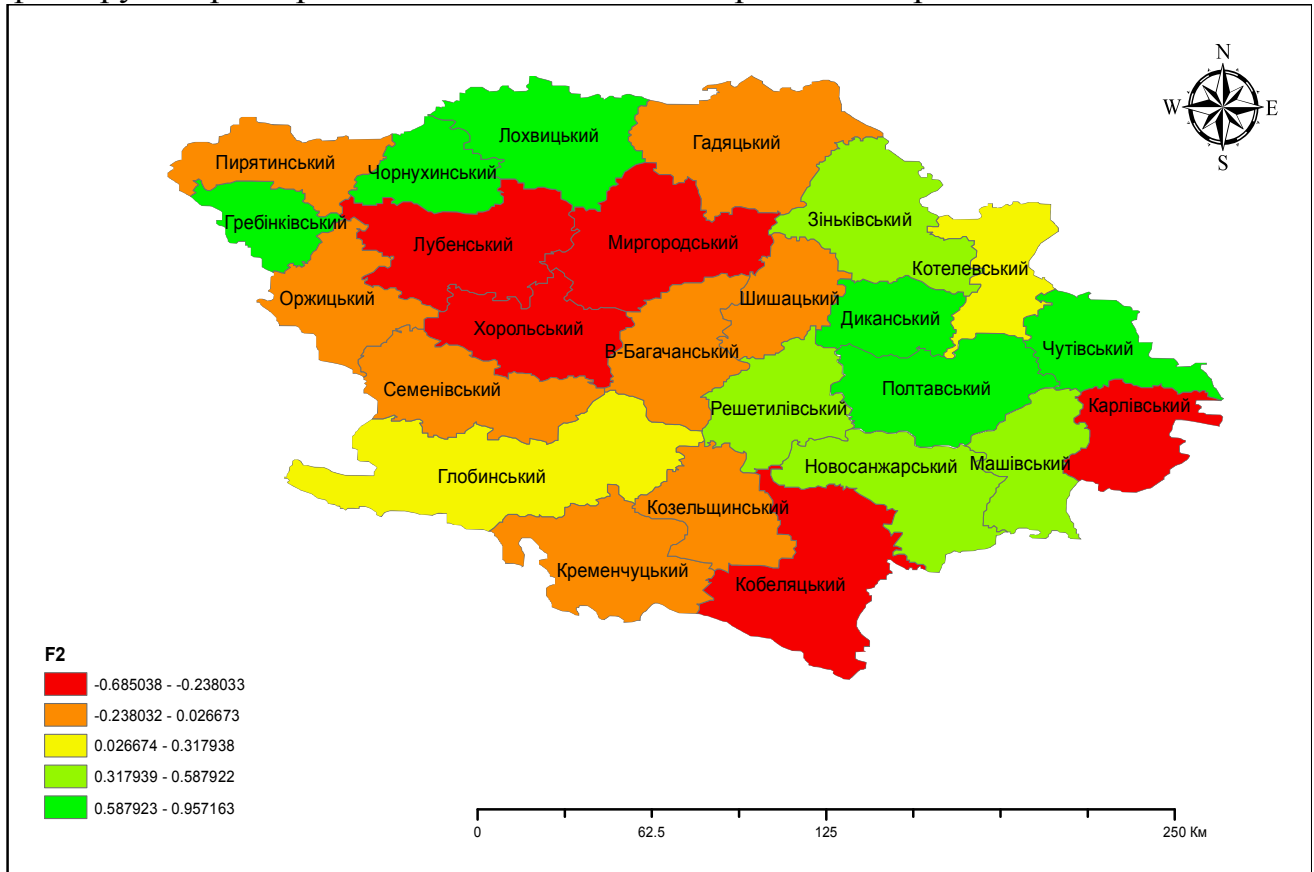


Рис. 4.28. Просторове варіювання значень фактору 2

Проведений регресійний аналіз залежності значень фактору 2 від показників ландшафтно-екологічного різноманіття свідчить про те, що в рамках моделі може бути пояснено 49 % мінливості цього фактору (табл. 4.20).

Просторове варіювання ландшафтного різноманіття за індексом Шеннона суттєвим чином визначає динамку чисельності шкідника, яка позначається фактором 2, про що свідчить статистично вірогідний регресійний коефіцієнт.

Поряд з варіюванням індексу Шеннона, на значення фактору 2 впливає частка широколистяних лісів, трав'янистого покриву, розрідженого рослинного покриву, мозаїки ріллі та лісу.

Просторове варіювання значень фактору 3 має чітко позначену просторову компоненту (рис. 4.29). Це виражається в компактному розташуванні територій з високим значенням цього фактору на південному заході області – Великобагачанський, Глобинський, Козельщинський та Кременчуцький райони.

Таблиця 4.20

**Регресійний аналіз залежності фактору 2 від показників
ландшафтно-екологічного різноманіття ($R^2 = 0,49$)**

Показники	Бета	Ст. помилка бета	<i>B</i>	Ст. помилка <i>B</i>	t(8)	<i>p</i> -рівень
Константа	–	–	–0,61	0,73	–0,83	0,42
2	0,27	0,21	0,07	0,05	1,32	0,20
13	–0,35	0,19	–0,06	0,03	–1,91	0,05
14	–0,43	0,22	–0,11	0,06	–1,94	0,05
17	0,15	0,25	0,01	0,02	0,61	0,55
STD_Sh	0,37	0,17	2,89	1,34	2,15	0,04

Примітка: бета – стандартизовані регресійні коефіцієнти; показники 2, ..., 20 – типи ландшафтного покриття за даними GLC 2000 (див. рис. 3.5).

Можна виділити дві зони мінімуму фактора 3. Це на південному сході зона, яка поєднує Решетилівський, Полтавський та Машівський райони. Та на півночі області – Гадяцький, Лохвицький, Чорнухінський та Гребінківський райони.

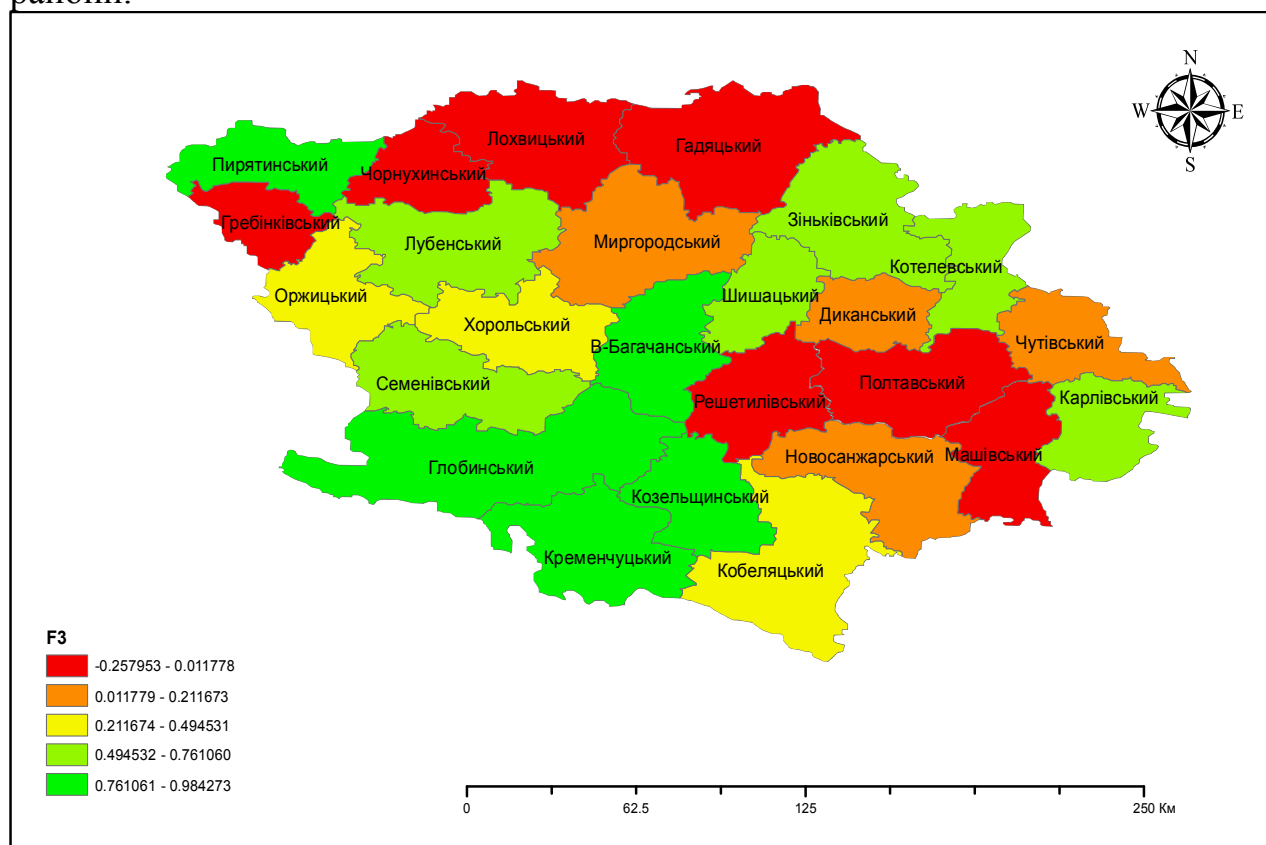


Рис. 4.29. Просторове варіювання значень фактору 3

Регресійний аналіз за допомогою показників ландшафтно-екологічного різноманіття дозволив описати 85 % мінливості фактору 3 (табл. 4.21). Цей фактор визначається часткою в ландшафтному покритті широколистяних лісів, змішаних лісів, гумідного грасленду, прибережної лісо-лукової рослинності, палу та цілого ряду інших показників.

Таким чином, нами встановлений складний характер динаміки чисельності звичайного бурякового довгоноса. Процес зміни чисельності цього шкідника може бути за допомогою багатовимірної факторної аналізу розкладений на три компоненти – фактор 1, фактор 2 та 3. Ці фактори слід розглядати як інтегральні патерни просторово-часової динаміки. У часовому аспекті компоненти характеризуються специфічною динамікою, яка відповідно до обмежень багатовимірної факторної аналізу, є незалежною, так як самі фактори є ортогональними.

Таблиця 4.21

**Регресійний аналіз залежності фактору 3 від показників
ландшафтно-екологічного різноманіття ($R^2 = 0,85$)**

Показники	Бета	Ст. помилка бета	<i>B</i>	Ст. помилка <i>B</i>	t(8)	<i>p</i> -рівень
Константа	–	–	–7,14	7,88	–0,91	0,39
2	–0,15	0,51	–0,03	0,11	–0,30	0,77
4	0,79	0,87	0,10	0,11	0,91	0,39
6	0,34	0,37	0,22	0,24	0,91	0,39
9	0,99	0,28	0,80	0,22	3,59	0,01
10	2,05	1,65	42,92	34,57	1,24	0,25
12	–0,13	0,18	–0,26	0,36	–0,71	0,50
13	1,22	0,56	0,17	0,08	2,19	0,05
14	0,95	0,38	0,19	0,08	2,51	0,04
15	–1,55	0,69	–1,39	0,62	–2,23	0,05
16	0,87	1,45	0,05	0,08	0,60	0,57
17	1,71	1,05	0,13	0,08	1,63	0,14
18	1,65	0,65	0,21	0,08	2,53	0,04
19	–0,35	1,73	–2,93	14,40	–0,20	0,84
20	1,65	1,35	0,10	0,08	1,22	0,26
Sh	–0,55	0,21	–2,03	0,77	–2,64	0,03
STD_Sh	0,14	0,19	0,87	1,19	0,73	0,49

Примітка: бета – стандартизовані регресійні коефіцієнти; показники 2, ..., 20 – типи ландшафтного покриття за даними GLC 2000, див. табл. 1.

Тобто, у межах Полтавської області слід розглядати та пояснювати не один процес динаміки популяцій звичайного бурякового довгоноса, а три, причому незалежних як у просторі, так і у часі. У просторі ці фактори також демонструють просторово-залежну динаміку, що дозволяє серед предикторів, або скоріше дескрипторів, обрати показники ландшафтно-екологічного різноманіття. Проведений регресійний аналіз дозволив значну частину дисперсії факторів пояснити в термінах характеристик ландшафтно-екологічного різноманіття. Цей зв'язок, або пояснення, ми розглядаємо як феноменологічне, а не функціональне. Встановлені регресійні моделі

перекладають на мову ландшафтного різноманіття властивості територій, де відбувається відповідний тип динаміки комах. Вірогідно, у цьому формальному зв'язку присутня і функціональна компонента, але для її виявлення необхідні додаткові дослідження.

Важливим результатом є той, що неможливо пояснити динаміку, і таким чином, створити обґрунтований прогноз розвитку популяцій шкідників, на основі уявлення про гомогенну природу метапопуляції шкідника. Метапопуляція є складною динамічною системою, яка демонструє декілька трендів змін в залежності від комплексу екзогенних та ендогенних факторів.

4.5. Динаміка сірого бурякового довгоносика

Загальний рівень заселеності посівів буряків цукрових сірим буряковим довгоноси́ком (*Tanymecus palliatus*) в Полтавській області за період дослідження є досить високим та наближається до 100 % (табл. 4.22). Найбільша заселеність посівів цим шкідником спостерігалась у 2008 р., після чого відбувалась чітко позначена тенденція до зниження цього показника протягом всього періоду досліджень до рівня 25,09 % у 2014 р. У 15 адміністративних районах в 2008 р. спостерігався 100 % рівень заселеності сірим буряковим довгоноси́ком. Мінімальний рівень заселеності у цей рік спостерігався в Семенівському районі, який становив 18 %. У рік мінімального заселення посівів тільки в трьох районах спостерігався 100 % рівень заселеності посівів. В 9 районах у 2014 році шкідника не було знайдено.

Статистичний розподіл чисельності звичайного бурякового довгоносика є вкрай асиметричним (рис. 4.30). Він статистично вірогідно підкорюється гамма-закону, що підтверджується тестом Колмогорова-Смірнова.

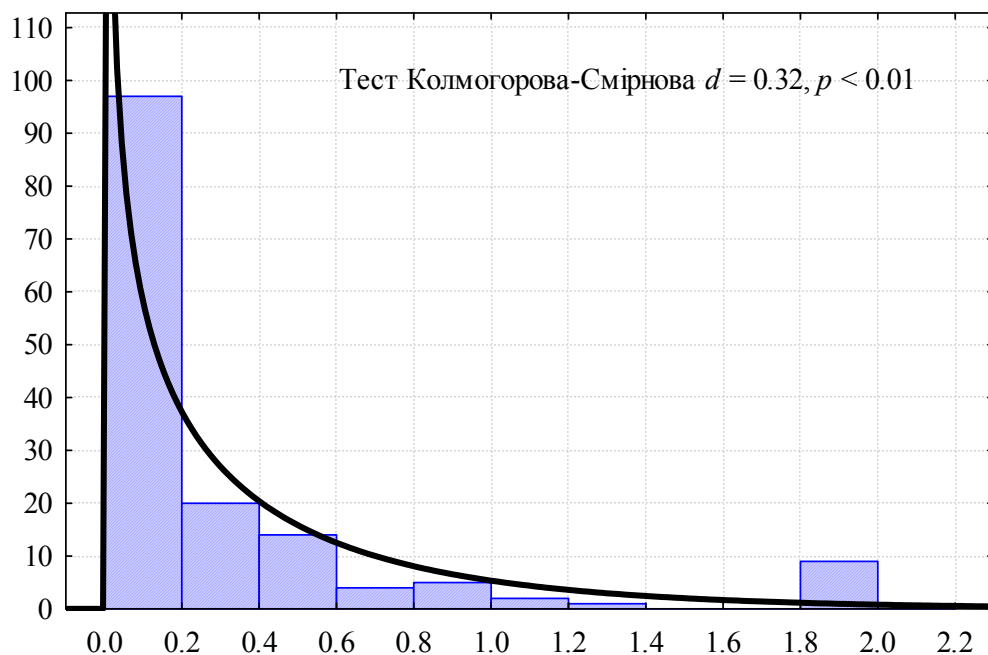


Рис. 4.30. Гістограма чисельності сірого бурякового довгоносика на посівах буряків цукрових

Примітка: Лінією показаний гіпотетичний гамма-розподіл.

Таблиця 4.22

Заселеність посівів буряків цукрових сірим буряковим довгоносом

№ п/п	Район	Обстежено, тис, га							% заселеної площі						
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	В-Багачанський	0,2	0,2	0,4	0,4	0,3	—	0,1	100,0	100,0	100,0	100,0	33,3	—	100,0
2	Гадяцький	2,8	3,7	1,6	1,6	9,0	0,3	1,3	100,0	100,0	100,0	100,0	50,0	33,0	100,0
3	Глобинський	5,2	0,2	5,7	5,7	4,5	4,5	2,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	36,0	13,0
4	Гребінківський	1,4	0,8	0,4	0,4	0,5	—	0,3	100,0	100,0	50,0	50,0	100,0	—	33,0
5	Диканський	3,3	3,1	3,1	3,1	0,9	0,6	1,9	58,0	25,0	30,0	30,0	22,2	67,0	32,0
6	Зіньківський	1,4	1,1	1,5	1,5	1,0	0,6	2,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	33,0	9,0
7	Карлівський	2,1	2,4	2,8	2,8	1,9	—	0,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	—	11,0
8	Кобеляцький	2,0	2,1	2,2	2,2	5,0	0,8	0,7	72,0	67,0	40,0	40,0	14,0	50,0	—
9	Козельщинський	2,2	2,7	3,7	3,7	3,3	1,0	2,3	42,0	40,0	42,0	42,0	15,2	70,0	9,0
10	Котелевський	1,3	1,1	1,7	1,7	1,3	0,5	1,0	100,0	100,0	51,0	51,0	100,0	20,0	—
11	Кременчуцький	0,2	—	—	—	—	—	—	100,0	—	—	—	—	—	—
12	Лохвицький	7,4	3,3	10,8	10,8	3,3	—	0,3	36,0	19,0	22,0	22,0	36,4	—	100,0
13	Лубенський	2,2	3,0	8,0	8,0	2,8	—	0,5	40,0	42,0	65,0	65,0	28,6	—	—
14	Машівський	1,2	1,3	1,9	1,9	2,0	—	—	77,0	12,0	12,0	12,0	30,0	—	—
15	Миргородський	0,4	—	1,2	1,2	2,4	—	1,0	100,0	—	8,0	8,0	16,7	—	10,0
16	Новосанжарський	1,5	1,0	0,3	0,3	0,6	0,1	1,0	100,0	70,0	57,0	57,0	50,0	—	40,0
17	Оржицький	2,1	2,1	2,3	2,3	2,5	—	0,6	100,0	63,0	61,0	61,0	16,0	—	—
18	Пирятинський	2,1	2,8	2,8	2,8	0,2	—	—	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	—	—
19	Полтавський	0,3	0,2	0,8	0,8	0,4	0,2	0,6	20,0	5,0	18,0	18,0	75,0	50,0	17,0
20	Решетилівський	0,3	0,3	0,4	0,4	0,7	0,3	0,1	100,0	3,0	100,0	100,0	57,1	67,0	—
21	Семенівський	2,2	2,0	3,7	3,7	3,3	1,3	3,0	18,0	43,0	33,5	33,5	100,0	54,0	23,0
22	Хорольський	1,3	1,5	4,5	4,5	4,3	0,9	2,1	100,0	100,0	100,0	100,0	21,0	33,0	24,0
23	Чорнухинський	1,3	3,2	0,7	0,7	0,6	—	—	31,0	17,0	100,0	100,0	50,0	—	—
24	Чутівський	1,3	1,4	0,3	0,3	1,1	0,2	0,7	100,0	100,0	18,0	18,0	45,5	100,0	—
25	Шишацький	5,6	5,6	5,9	5,9	6,6	2,4	3,2	50,0	35,0	13,8	13,8	20,0	25,0	6,0

Динаміка загального рівня чисельності сірого бурякового довгоносика (рис. 4.31) відрізняється від динаміки заселеності посівів цим шкідником. У динаміці чисельності виділяється період стійкого високого рівня, який відбувався протягом 2008–2011 рр. Наприкінці цього періоду чисельність демонструвала значну варіабельність. Перехід в період низького рівня чисельності відбувся у 2012 р. стрімким падінням чисельності майже у два рази, яке продовжувалось до 2014 р.

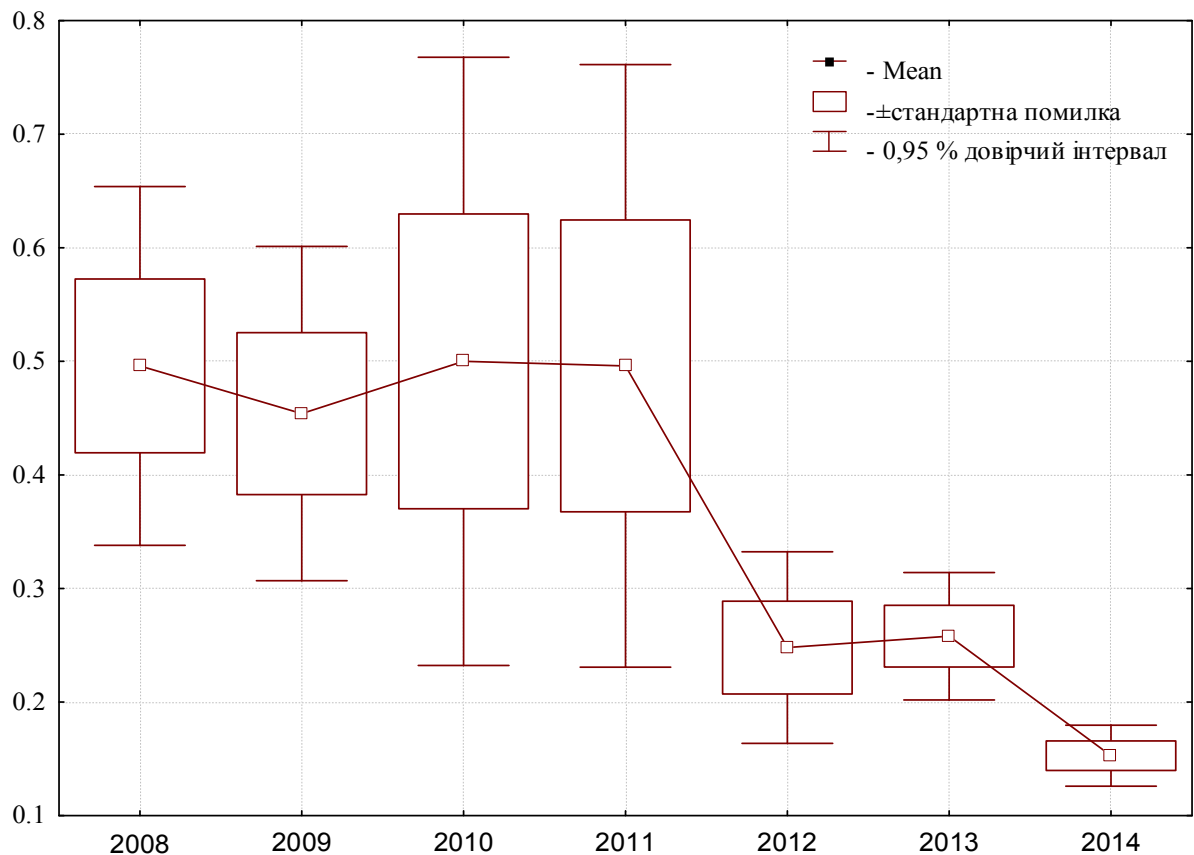


Рис. 4.31. Динаміка чисельності сірого бурякового довгоносика (*Tanymecus palliatus*) у посівах буряків цукрових у межах Полтавської області в період масового заселення

Максимальна чисельність сірого бурякового довгоносика по районах області становила 2,0 екз./м² (табл. 4.23). Цей показник спостерігався в різних районах у період 2008–2012 рр. У 2013 р. максимальна чисельність довгоносика по районах не перевищувала 0,40 екз./м², а у 2014 р. – не перевищувала 0,20 екз./м². У 2008 р. максимальна чисельність шкідника спостерігалась в Великобагачанському районі, у 2009 р. – в Оржицькому, в 2010 та 2011 рр. – в Оржицькому, Зінківському та Хорольському районах, 2012 р. – в Миргородському, в 2013 р. – в Семенівському, Глобинському та Котелевському районах, в 2014 р. – в Глобинському та Гребінківському районах.

Просторове варіювання середнього рівня щільності сірого бурякового довгоносика по адміністративним районам показано на рисунку 4.32.

Максимальна чисельність шкідника спостерігається переважно в районах, які знаходяться у північній частині області. Це Зінківський, Хорольський та Оржицький райони. Мінімальна його чисельність спостерігалась в районах, які розташовані поруч. Це на півночі області Лохвицький та Гадяцький райони, а також та півдні Машівський, Кобеляцький та Кременчуцький райони.

Таблиця 4.23

**Динаміка чисельності сірого бурякового довгоносика
у посівах буряків цукрових у межах Полтавської області
в період масового заселення, екз./м²**

Район	Роки							Середнє	CV, %
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		
В-Багачанський	2,00	0,20	0,20	0,20	0,20	—	0,10	0,41	169,78
Гадяцький	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	0,10	0,11	33,07
Глобинський	0,40	0,40	0,50	0,50	0,50	0,40	0,20	0,41	25,80
Гребінківський	0,50	1,00	0,10	0,10	0,10	—	0,20	0,29	123,63
Диканський	0,50	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,15	103,64
Зінківський	0,60	0,80	2,00	2,00	0,20	0,20	0,10	0,84	98,28
Карлівський	0,10	0,10	0,80	0,80	0,80	—	0,10	0,39	100,89
Кобеляцький	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	—	0,09	44,10
Козельщинський	0,40	0,50	0,60	0,60	0,30	0,30	0,10	0,40	45,64
Котелевський	1,20	1,00	0,10	0,10	0,20	0,40	—	0,43	111,67
Кременчуцький	0,40	—	—	—	—	—	—	0,06	264,58
Лохвицький	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	—	0,10	0,10	57,74
Лубенський	0,20	0,20	0,40	0,40	0,20	—	—	0,20	81,65
Машівський	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	—	—	0,09	80,51
Миргородський	0,10	—	0,10	0,10	2,00	—	0,10	0,34	213,57
Новосанжарський	0,30	0,40	0,30	0,30	0,30	—	0,10	0,24	57,53
Оржицький	0,20	2,00	2,00	2,00	0,10	—	—	0,90	114,58
Пирятинський	0,50	0,50	0,60	0,60	0,10	—	—	0,33	85,57
Полтавський	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,30	0,10	0,13	58,79
Решетилівський	0,30	0,10	0,10	0,10	0,20	0,10	—	0,13	73,98
Семенівський	0,20	0,90	0,20	0,20	1,30	0,40	0,05	0,46	99,23
Хорольський	0,10	0,20	2,00	2,00	0,10	0,30	0,10	0,69	131,37
Чорнухинський	0,50	0,10	0,10	0,10	0,10	—	—	0,13	132,56
Чутівський	1,00	1,00	0,10	0,10	0,20	0,20	—	0,37	117,06
Шишацький	1,10	0,30	0,20	0,20	0,20	0,10	0,10	0,31	112,39

Просторова мінливість коефіцієнту варіації має свої особливості. Ми спостерігаємо на півдні області просторове поєднання зони низького рівня варіації чисельності довгоносика (Глобинський, Козельщинський та Кобеляцький райони) з зоною високого рівня варіації (Кременчуцький район). Аналогічна композиція спостерігається на півночі області. Там поряд знаходяться район, який має високий рівень варіабельності чисельності

(Миргородський) з районом, який має з низький рівень варіабельності (Гадяцький). Середній рівень варіабельності чисельності сірого бурякового довгоносика формує зону, яка у меридіональному напрямку розрізає області навпіл.

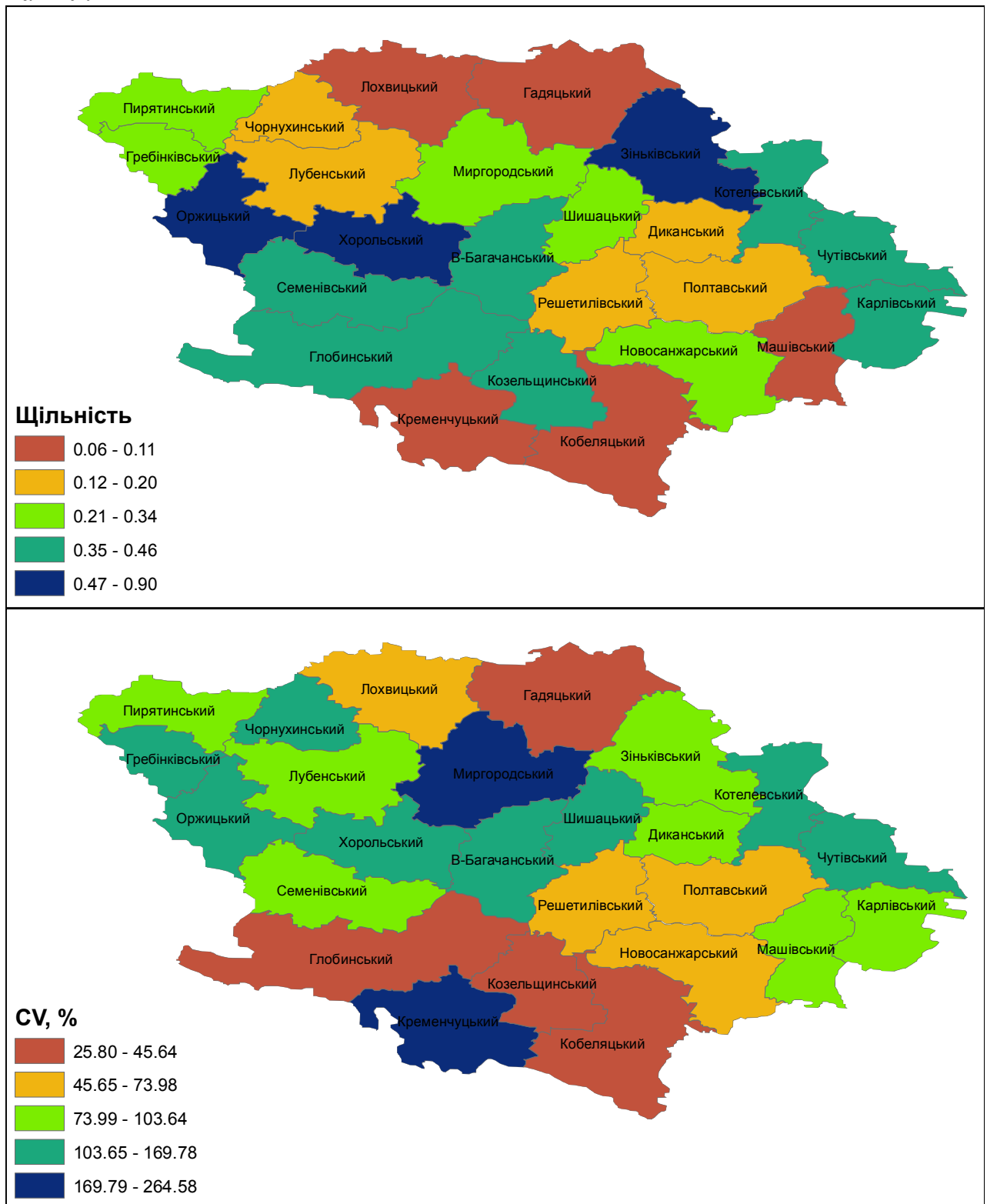


Рис. 4.32. Просторовий розподіл у межах Полтавської області середніх рівнів чисельності сірого бурякового довгоносика (в екз./м²) та коефіцієнтів варіації цього показника протягом 2008–2014 рр.

У результаті багатовимірної факторної аналізу даних про просторово-часову варіабельність чисельності сірого бурякового довгоносика по адміністративним районам Полтавської області було одержано три фактори, які разом описують 82,64 % дисперсії простору ознак (табл. 4.24).

Таблиця 4.24

Власні числа факторів та пояснена варіабельність

№	Власне число	% загальної варіації	Кумулятивні власні числа	Кумулятивний %
1	9,99	39,98	9,99	39,98
2	7,07	28,28	17,06	68,26
3	3,60	14,38	20,66	82,64

Фактор 1 описує 39,98 % дисперсії та відображає компоненту мінливості чисельності популяцій довгоносика, яка зв'язна зі зростанням чисельності протягом 2008–2010 рр., максимумом у 2010–2011 рр. та подальшим зниженням чисельності (рис. 4.33).

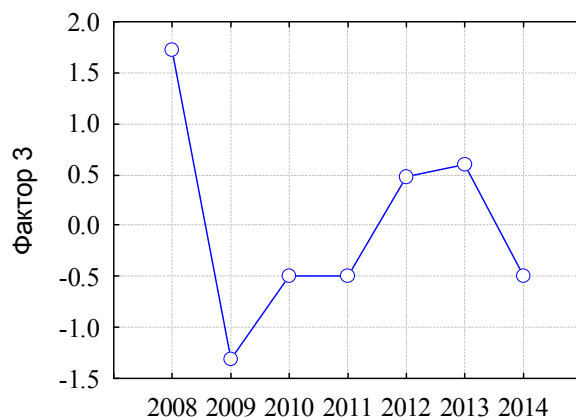
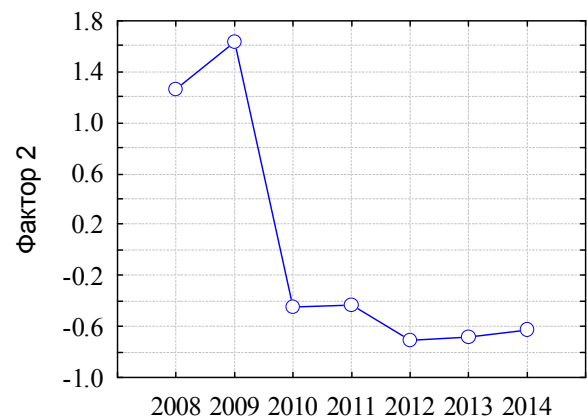
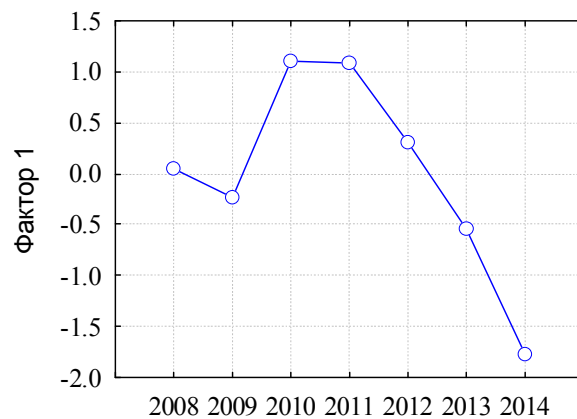


Рис. 4.33. Факторні ваги, виділені при аналізі динаміки чисельності сірого бурякового довгоносика (*Tanymecus palliatus*)

Фактор 2 описує 28,28 % дисперсії та пов'язаний з різким зростанням чисельності в 2009 р. та подальшим виходом на мінімальне плато в 2010–2014 рр. Фактор 3 описує 14,38 % та відображає різке зниження чисельності в 2009 р. після максимуму в 2008 р. та наявність локального максимуму в 2012–2013 рр.

Слід відзначити, що позитивні факторні навантаження вказують на закономірності динаміки, описані раніше. У випадку негативних навантажень динаміка змінюється на протилежну. При наближенні значень фактору до нуля динаміка, яка відбивається відповідним фактором, суттєво не впливає на спостережувану динаміку чисельності шкідника.

Просторове варіювання фактора відображено на рисунку 4.34.

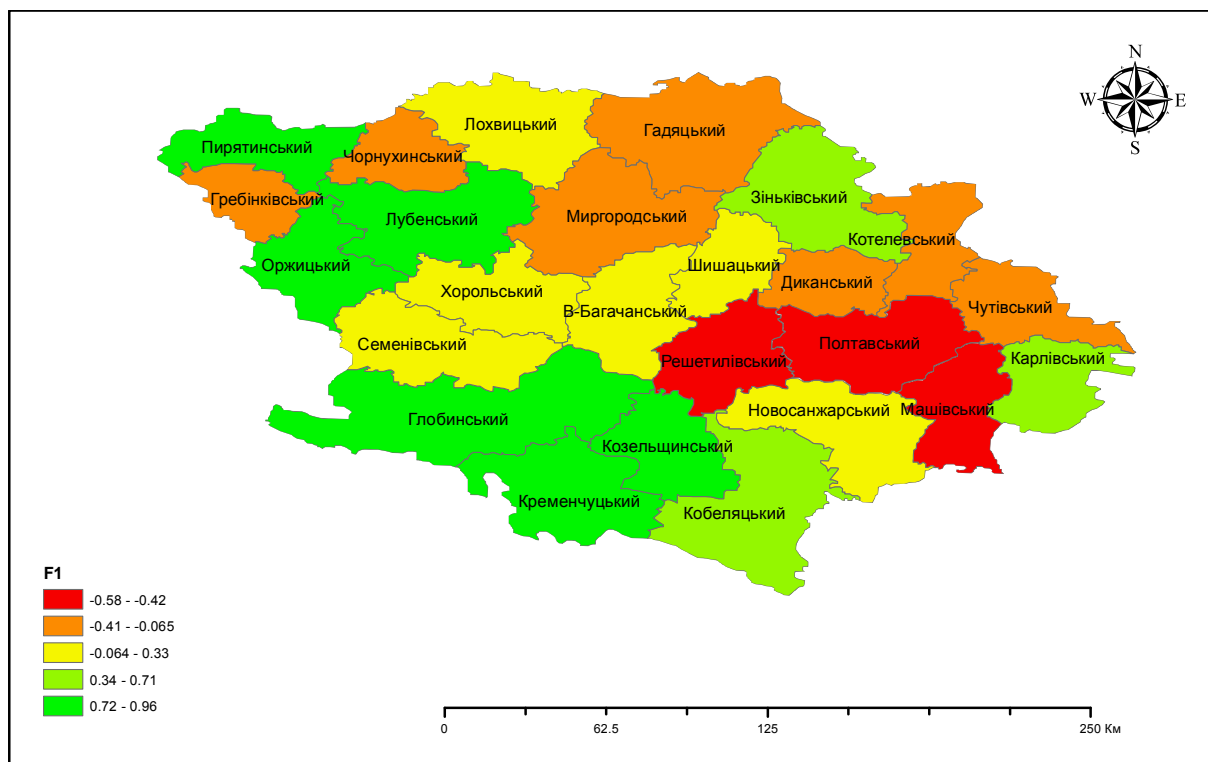


Рис. 4.34. Просторове варіювання значень фактору 1

Ми бачимо, що існує чітка просторова картина розподілу значень цього фактору. У північній та східній частинах області спостерігаються негативні значення фактору 1. Навпаки, у західній частині та на півдні значення фактору позитивні. Таким чином, динаміка чисельності сірого бурякового довгоносика, діаметрально протилежна в двох частинах Полтавської області. Регресійний аналіз дозволив встановити, що 92 % мінливості фактору 1 можна пояснити за допомогою змінних, які відображають ландшафтно-екологічне різноманіття регіону (табл. 4.25). Значення фактору 1 залежать від індексу ландшафтного різноманіття Шеннона. Між фактором та індексом існує протилежний зв'язок, про що свідчить відповідний регресійний коефіцієнт.

Фактор 2 також залежить від частки, яку займає прибережна букова рослинність, трав'яний покрив, розріджений рослинний покрив, заплави, мозаїка ріллі та лісу.

На сході області спостерігається переважання районів, у межах яких значення фактору 2 позитивне (рис. 4.35). На заході спостерігаються райони з від'ємними значеннями фактору 2. На сході вказану закономірність дещо порушують Решетилівський, Полтавський та Машівський райони, в яких

фактор 2 має від'ємні значення. На сході в оточенні районів з негативними значеннями фактору вкраплені Семенівський та Гребенківський райони з позитивними значеннями.

Таблиця 4.25

Регресійний аналіз залежності фактору 1 від показників ландшафтно-екологічного різноманіття ($R^2 = 0,92$)

Показники	Бета	Ст. помилка бета	<i>B</i>	Ст. помилка <i>B</i>	t(8)	<i>p</i> -рівень
Константа	–	–	–4,56	7,07	–0,64	0,54
9	0,86	0,20	0,86	0,20	4,31	0,00
10	0,13	1,19	3,45	31,05	0,11	0,91
12	0,21	0,13	0,52	0,32	1,61	0,15
13	1,00	0,41	0,17	0,07	2,47	0,04
14	1,06	0,27	0,27	0,07	3,89	0,00
15	–2,27	0,50	–2,52	0,56	–4,52	0,00
16	0,27	1,05	0,02	0,07	0,26	0,80
17	1,52	0,76	0,15	0,07	2,00	0,08
18	1,16	0,47	0,18	0,07	2,46	0,04
19	2,16	1,25	22,34	12,93	1,73	0,12
20	0,92	0,98	0,07	0,07	0,94	0,37
Sh	–0,49	0,15	–2,23	0,69	–3,23	0,01
STD_Sh	–0,06	0,14	–0,47	1,07	–0,44	0,67

Примітка: бета – стандартизовані регресійні коефіцієнти; показники 2, ..., 20 – типи ландшафтного покриття за даними GLC 2000 (див. рис. 3.5).

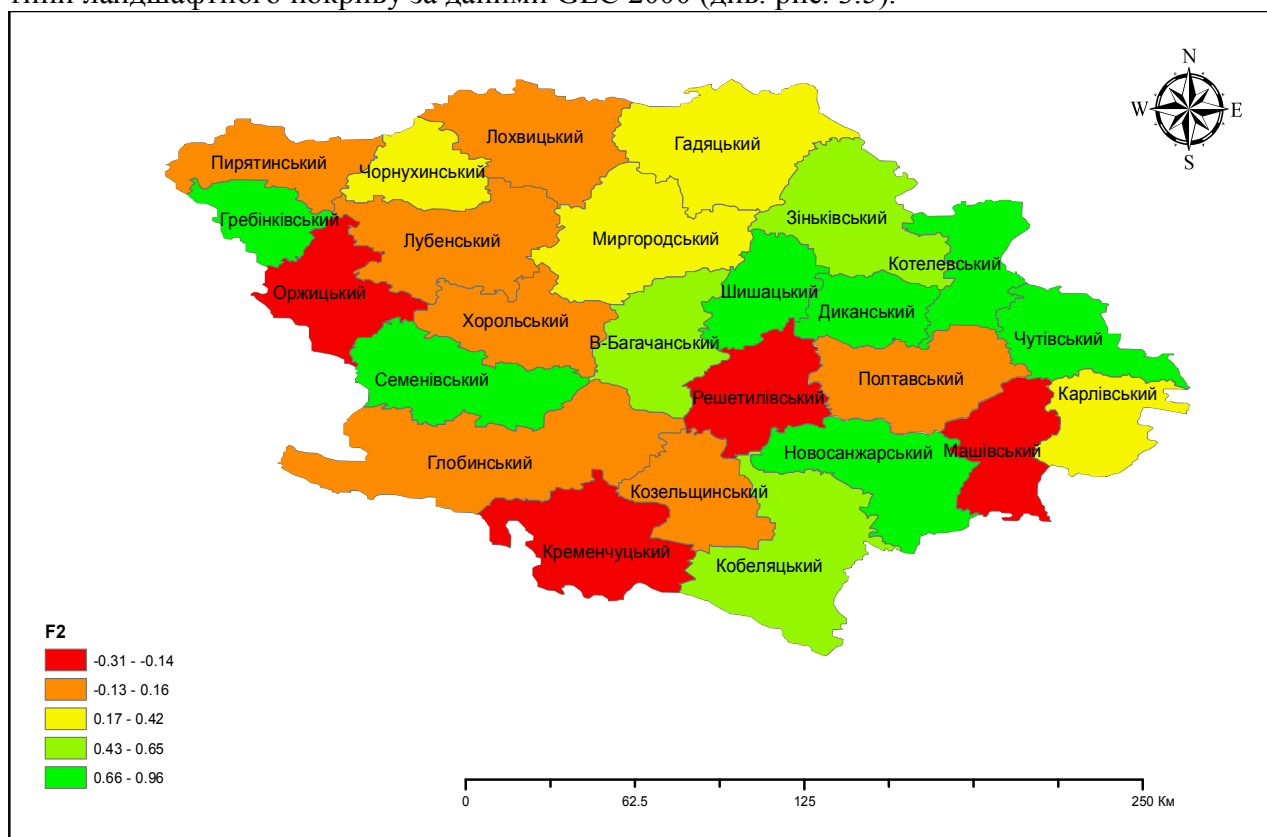


Рис. 4.35. Просторове варіювання значень фактору 2

За допомогою регресійного аналізу можна пояснити 91 % мінливості фактору 2 (табл. 4.26). Показники ландшафтно-екологічного різноманіття – індекс Шеннона та його стандартне відхилення статистично вірогідно визначають фактор 2. Також цей фактор залежить від частки, яку займає гумідний грасленд, трав'янистий покрив, заплави, агроекосистеми, мозаїка ріллі та лісу, мозаїка ріллі та трав'янистого покриву.

Таблиця 4.26

Регресійний аналіз залежності фактору 2 від показників ландшафтно-екологічного різноманіття ($R^2 = 0,91$)

Показники	Бета	Ст. помилка бета	<i>B</i>	Ст. помилка <i>B</i>	t(8)	<i>p</i> -рівень
Константа	–	–	–20,40	6,58	–3,10	0,01
2	–0,09	0,40	–0,02	0,09	–0,21	0,84
4	1,23	0,67	0,17	0,09	1,83	0,10
6	0,62	0,29	0,44	0,20	2,14	0,05
9	0,29	0,21	0,26	0,19	1,38	0,21
10	–1,92	1,27	–43,60	28,89	–1,51	0,17
12	–0,23	0,14	–0,49	0,30	–1,63	0,14
13	1,17	0,43	0,17	0,06	2,71	0,03
14	0,40	0,29	0,09	0,06	1,38	0,20
15	1,08	0,54	1,04	0,52	2,01	0,05
16	3,31	1,12	0,19	0,07	2,96	0,02
17	2,85	0,81	0,24	0,07	3,52	0,01
18	1,98	0,50	0,27	0,07	3,94	0,00
19	2,16	1,33	19,48	12,03	1,62	0,14
Sh	–0,52	0,16	–2,05	0,64	–3,18	0,01
STD_Sh	0,73	0,15	5,01	1,00	5,02	0,00

Примітка: бета – стандартизовані регресійні коефіцієнти; показники 2, ..., 20 – типи ландшафтного покриву за даними GLC 2000 (див. рис. 3.5).

Стосовно просторового варіювання фактору 3 можна відзначити, що центральна практично меридіональна частина області відзначається позитивними значеннями цього фактору (рис. 4.36). На сході та на заході області фактор 3 має негативні значення.

За допомогою регресійного аналізу можна пояснити 94 % мінливості фактору 3 (табл. 4.27). Цей фактор позитивно пов'язаний з індексом ландшафтного різноманіття Шеннона та негативно – з його просторовим стандартним відхиленням. Фактор 3 визначається часткою у загальній площі регіону таких типів землекористування, як трав'янистий покрив, розріджений рослинний покрив, мозаїки ріллі та лісу та мозаїки ріллі та трав'янистого покриву.

Дослідження просторово-часової динаміки популяцій сірого бурякового довгоносика дозволило встановити, що мінливість чисельності

популяцій цього шкідника є складовою трьох головних трендів. Ці тренди, які мають кількісне вираження у формі багатовимірних факторів, мають незалежну генезу.

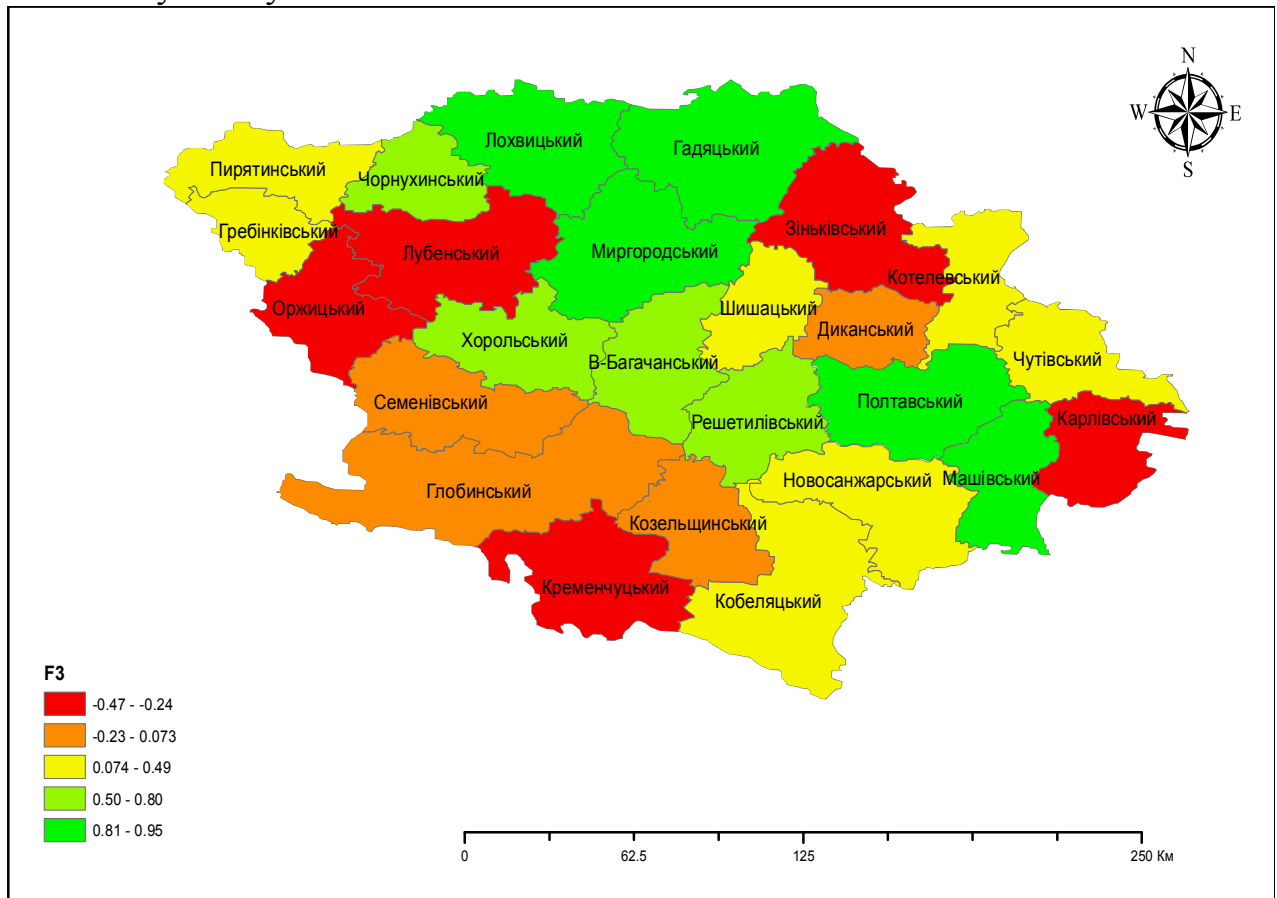


Рис. 4.36. Просторове варіювання значень фактору 3

Таблиця 4.27

**Регресійний аналіз залежності фактору 3
від показників ландшафтно-екологічного різноманіття ($R^2 = 0,94$)**

Показники	Бета	Ст. помилка бета	<i>B</i>	Ст. помилка <i>B</i>	t(8)	<i>p</i> -рівень
Константа	—	—	11,02	6,01	1,83	0,10
13	-1,40	0,37	-0,22	0,06	-3,79	0,01
14	-0,83	0,25	-0,20	0,06	-3,36	0,01
15	0,77	0,46	0,80	0,47	1,69	0,13
16	-1,17	0,95	-0,07	0,06	-1,23	0,25
17	-2,19	0,69	-0,20	0,06	-3,17	0,01
18	-1,76	0,43	-0,26	0,06	-4,11	0,00
19	-1,66	1,14	-16,07	10,99	-1,46	0,18
20	-1,30	0,89	-0,09	0,06	-1,47	0,18
Sh	0,68	0,14	2,90	0,59	4,93	0,00
STD_Sh	-0,36	0,12	-2,66	0,91	-2,92	0,02

Примітка: бета – стандартизовані регресійні коефіцієнти; показники 2, ..., 20 – типи ландшафтного покриття за даними GLC 2000 (див. рис. 3.5).

Висновок про незалежність генези є результатом визначення математичної незалежності спостережуваних просторово-часових патернів. Хід чисельності у часі у певній точці простору є результатом суперпозиції встановлених трендів. Таким чином, для прогнозування чисельності шкідника необхідним етапом є декомпозиція динаміки на ключові складові частини. Необхідно відмітити, що феноменологічно тренди мінливості чисельності шкідників (фактори) можуть бути пояснені за допомогою показників ландшафтно-екологічного різноманіття. Неможна виключати можливості функціонального (причино-наслідкового) зв'язку ландшафтної строкатості та динаміки популяцій комах.

Висновки до розділу

1. Ландшафтно-екологічна детермінованість динаміки та її складний композиційний характер робить сумнівною концепцію про регулюючий вплив такого зовнішнього чинника, як сонячна активність.

2. Динамка сонячної активності створює умови, за яких може виникнути спалах чисельності шкідників. Але де саме це відбудеться залежить вже від ландшафтно-екологічних особливостей регіону. Від останньої обставини також залежить географічна конфігурація розповсюдження осередку спалаху чисельності.

3. Складний процесійний блок, який утворений ландшафтным, а таким чином – біогеоценотичним покривом, значно трансформує зовнішні космічні впливи. У цьому і полягають гомеостатичні властивості живого покриву. Позицію, за якої вплив сонячної активності на стан популяцій живих організмів прямо чи опосередковано визначається як жорсткий, можна визначити як механістичний та такий, що суттєво спрощує наші уявлення про складні механізми та регуляції гомеостазу як природних, так і антропогенних біогеоценотичних систем.

РОЗДІЛ 5.

ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА ДИНАМІКА РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ЯК ФАКТОР ДИНАМІКИ ЧИСЕЛЬНОСТІ ШКІДЛИВИХ КОМАХ

5.1. Оцінка варіювання у просторі та часі рослинного покриву засобами дистанційного зондування Землі

У попередньому розділі була показана детермінуюча роль структури ландшафтного покриву в динаміці популяцій шкідників. Оцінка ландшафтно-екологічного різноманіття ґрунтується на встановленні дискретних просторових одиниць – типів землекористування, або у більш широкому вимірі – типів ландшафтного покриву. Ці утворення мають чіткі на певному масштабному рівні границі. Границі ландшафтних утворень константні протягом певного часу, або їх мінливість визнається не суттєвою для оцінювання динаміки чисельності комах.

Важливим аспектом дослідження ролі екологічного оточення в динаміці чисельності шкідників є визначення ролі річної мінливості фітомаси рослинного покриву. Характеристика просторово-часової динаміки фітомаси є складною методичною проблемою, яка одержала своє вирішення у рамках технології обробки результатів дистанційного зондування поверхні Землі з космосу.

Нами розроблені методичні підходи для застосування даних дистанційного зондування Землі з спекторадіометру MODIS штучного супутника Терра. Зонд MODIS фотографує поверхню Землі у 36 діапазонах спектру з довжиною хвилі від 0,4 до 14,4 мкм та роздільною здатністю від 250 м до 1 км. Призначений для спостереження за глобальною динамікою Землі – мінливість хмарності, радіаційний баланс та процеси, які відбуваються в океанах, на суходолі, у нижніх шарах атмосфери. На основі первинної інформації, яка одержується при фотографуванні поверхні Землі, у рамках проекту MODIS одержується значний перелік похідних продуктів. Одним з них є продукт MOD13Q1. Він містить інформацію про просторову мінливість вегетаційного індексу NDVI з періодичністю 16 діб з роздільною здатністю 250 м. Дані про вегетаційні індекси застосовуються для моделювання біогеохімічних та гідрологічних процесів, а також глобального та регіонального клімату. Ці дані також можуть бути використані для характеристики біофізичних властивостей поверхні Землі та таких процесів, як первина продукція екосистем та трансформація земного покриву. Продукт MOD13Q1 розміщений у колекторі <http://e4ftl01.cr.usgs.gov/MOTA/>, або може бути завантажений за допомогою сервісів *EarthExplorer* (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) або *USGS Global Visualization Viewer* (<http://glovis.usgs.gov/>).

Дані MODIS знаходяться у форматі HDF (*Hierarchical Data Format*) – ієрархічний формат даних. Цей формат розроблений для збереження значної кількості цифрової інформації. Конверсія файлів з формату HDF в формат TIFF була зроблена у середовищі R (<http://www.r-project.org/>) за допомогою бібліотеки gdalUtils (http://www.gdal.org/gdal_translate.html).

Територія Полтавської області знаходиться у межах двох сцен MODIS – h20v3 та h20v4, внаслідок цього необхідна операція мозаїчного об'єднання сцен в одне зображення. Це було зроблено в програмі ArcMap за допомогою функції Merge. За допомогою алгебри растрів зображення було обрізане за розмірами Полтавської області, яке було створене як векторний полігональний об'єкт. Векторна карта Полтавської області з картами адміністративних районів була завантажена з сервісу *DIVA-GIS* (<http://www.diva-gis.org/gdata>).

Періодичність знімання 16 діб дозволяє одержати 22 сцени на рік. Нами була одержана та опрацьована інформація по динаміці індексу NDVI у межах Полтавської області за три роки – 2012–2014 рр. Загалом опрацьовано 44 сцени MODIS. На рисунку 5.1 показана динаміка мінливості індексу NDVI в 2014 р. протягом перших восьми дат зйомки – з 19 січня по 11 травня.

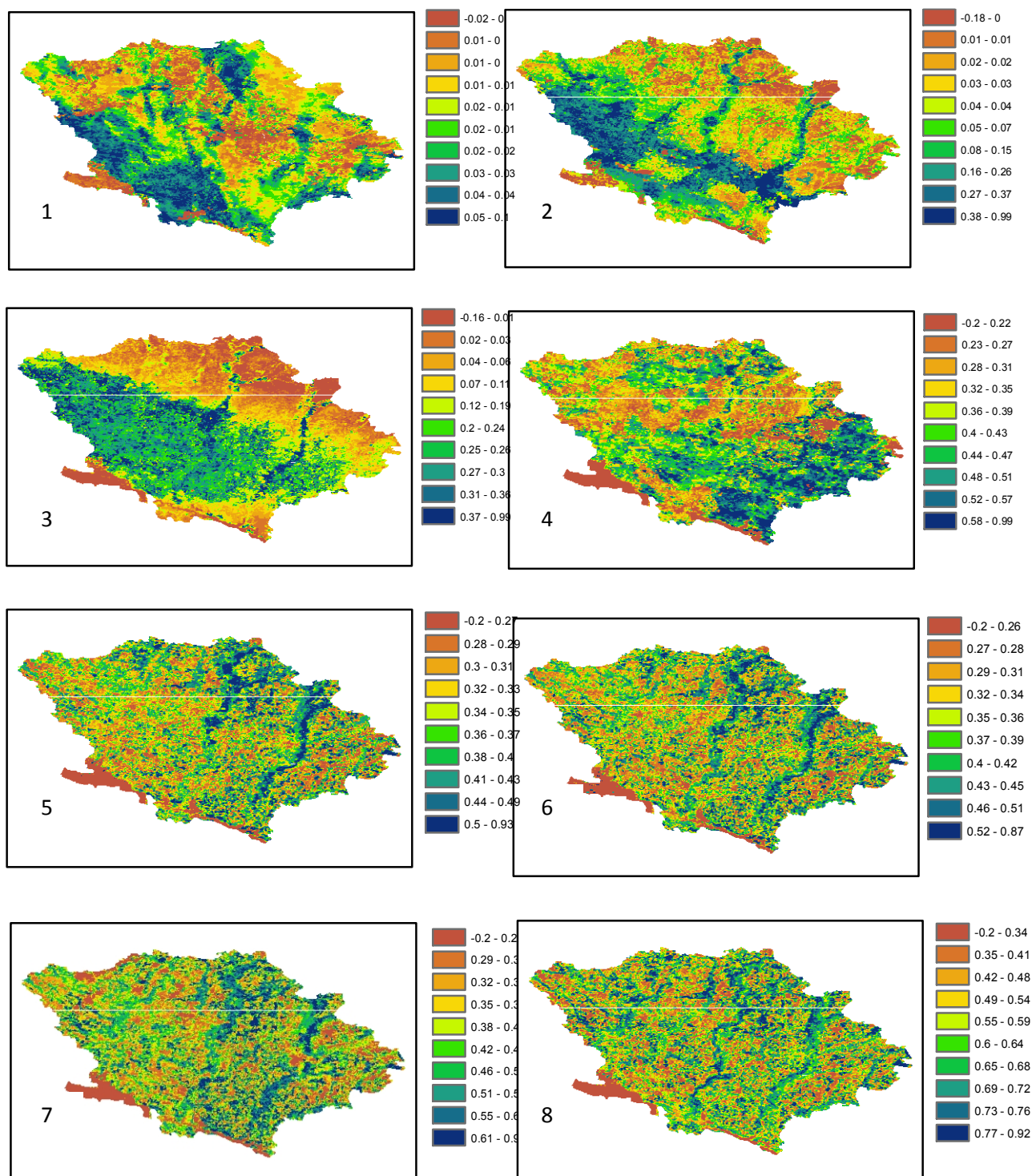


Рис. 5.1. Просторове варіювання індексу NDVI у межах Полтавської області в 2014 р.

Умовні позначки: 1 – 18 доба с початку року (19 січня); 2 – 38 доба (8 лютого); 3 – 50 доба (20 лютого); 4 – 66 доба (8 березня); 5 – 86 доба (28 березня); 6 – 98 доба (9 квітня); 7 – 114 доба (28 квітня); 8 – 130 доба (11 травня).

Наведені картографічні дані дають уявлення про можливості підходу та основні тренди варіювання фітомаси рослинного покриву, оціненого на основі індексу NDVI. Більшу інформацію за інші періоди тільки в ілюстративних цілях ми вважаємо наводити недоцільно.

Візуально можна оцінити закономірний тренд по збільшенню фітомаси протягом весняного періоду, а також закономірності просторового розподілення фронту нарощування біомаси рослин. Ми бачимо, що на півдні активізація росту рослин відбувається раніше, ніж на півночі. Також осередками активності рослинного покриву є долини річок. Наприкінці весни розподіл значення індексу NDVI стає більш вирівняним внаслідок початку вегетації на сільськогосподарських угіддях.

На рисунку 5.2 наведена річна динаміка індексу NDVI в різних типах рослинного покриву протягом 2012 р.

Застосована класифікація типів земного покриву РРТ. Для відображення динаміки індексу NDVI нами застосовано два підходи: це власне динаміка (варіант А на рисунку 5.2) та похідна, яка одержана внаслідок числового диференціювання попереднього ряду даних:

$$\frac{dNDVI_i}{dt} = \frac{NDVI_{i+1} - NDVI_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}},$$

де $\frac{dNDVI_i}{dt}$ – швидкість зміни індексу NDVI в момент часу i ; $NDVI_{i+1}$ та $NDVI_{i-1}$ – значення індексу в моменти часу t_{i+1} та t_{i-1} .

Аналіз наведених даних свідчить про те, що загальний тренд мінливості індексу NDVI подібний у різних типах рослинного покриву. Це мінімум значення індексу у другій половині зими, потім відбувається збільшення протягом всієї весни до першої половини літа, після чого відбувається поступове зменшення до кінця осені, коли швидкість зменшення стає більш інтенсивною. Аналіз похідної дозволяє більш чітко визначити критичні періоди в фенології рослинності. На графіку похідної максимум відповідає найбільшій локальній швидкості нарощування фітомаси, а мінімум – найбільшій швидкості зниження фітомаси. Точка перетину графіку з віссю абсцис відповідає екстремуму: максимуму, мінімуму або перегину. Розбіжності типів покриву стосуються загального рівня індексу, який є специфічним для типів покриву, а також деяких особливостей форми динаміки. Так, водна поверхня та деградовані землі (№ 0 та № 11 на рисунку 5.3) характеризуються найменшими рівнями індексу NDVI протягом року. За цією особливістю вказані типи покриву принципово відрізняються від інших типів. Серед сукупності інших типів урбанізовані землі (№ 9) мають низький рівень фітомаси, визначений в термінах індексу NDVI. Широколистяні (№ 4) та змішані (№ 2) ліси характеризуються найвищою фітомасою. Вузьколисті (№ 7) та широколисті (№ 8) (у тому числі й буряк цукровий) культури відрізняються порівняно малим рівнем індексом NDVI порівняно з природними екосистемами протягом всього року, за винятком середньої частини літа, коли відбувається значне зростання індексу NDVI. Динаміка індексу NDVI в цих типах сільгоспугідь дуже подібна, але спостерігається розбіжність у часі згаданого максимуму фітомаси. Пік фітомаси широколистяних культур спостерігається дещо раніше, ніж вузьколистяних.

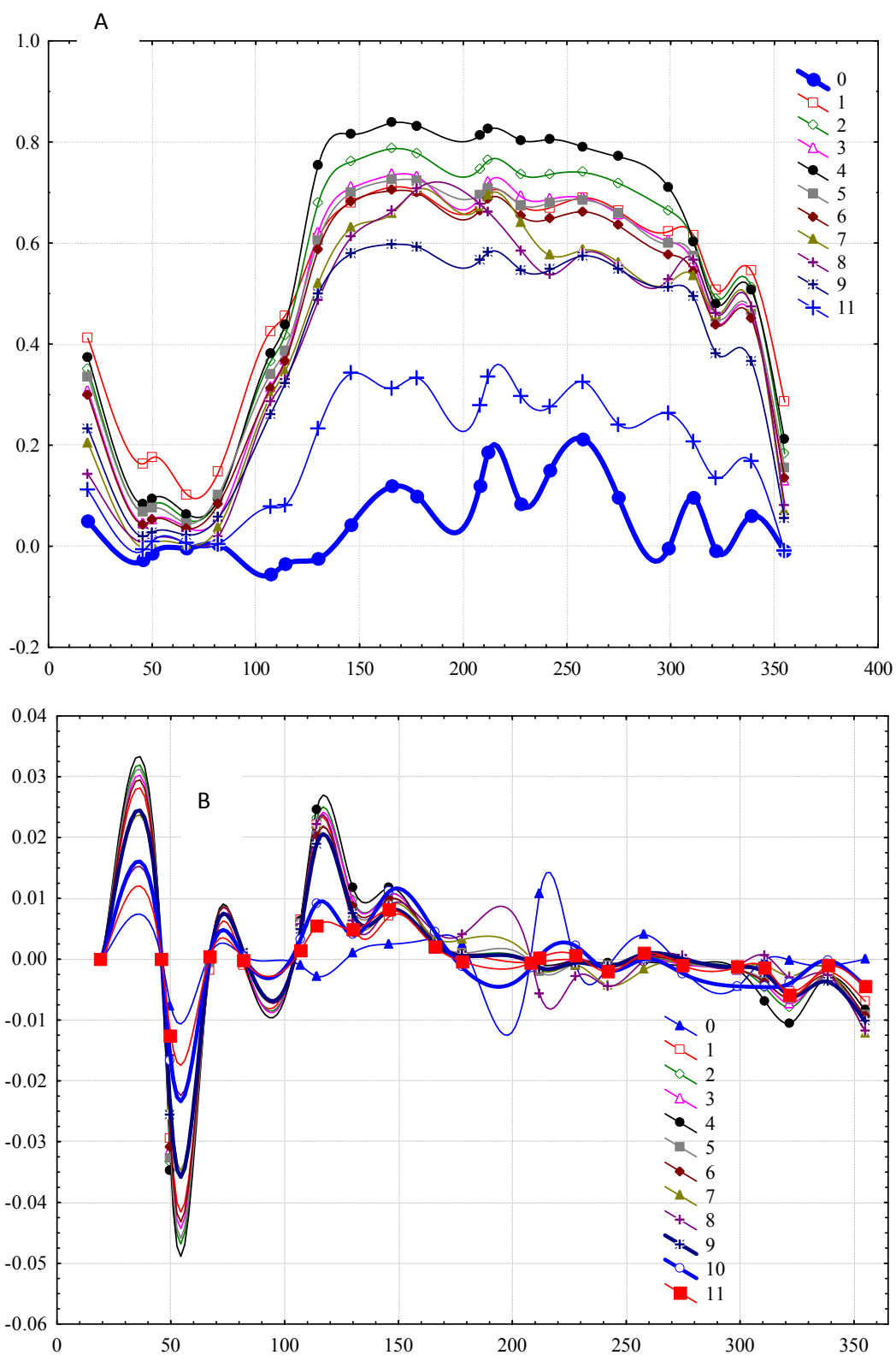
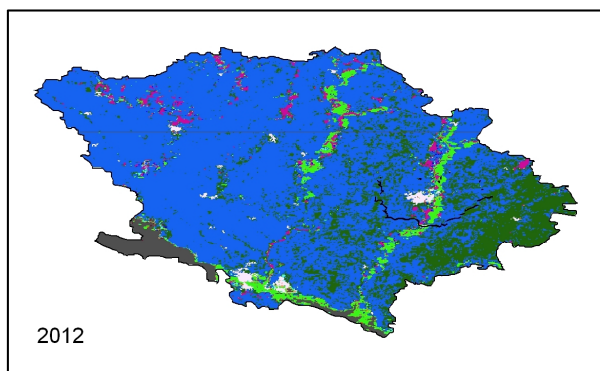
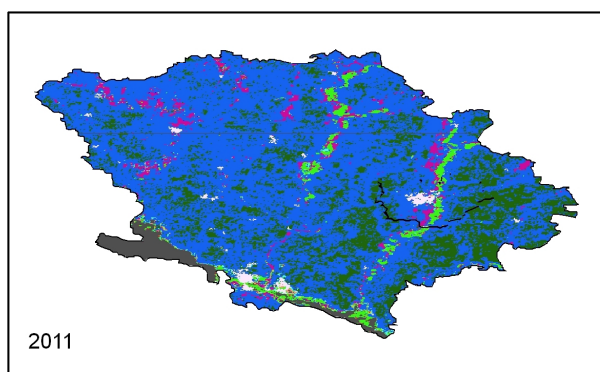
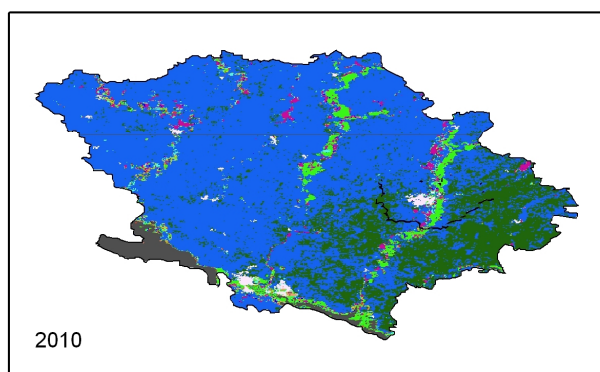
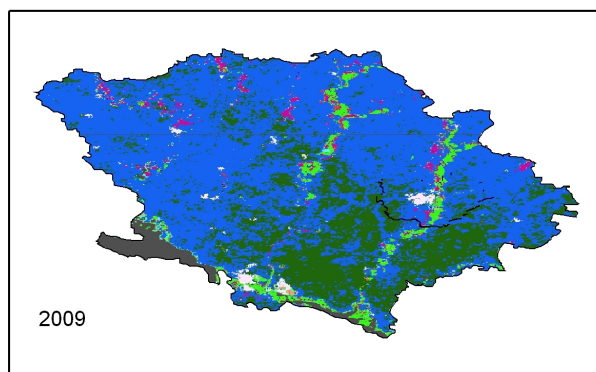
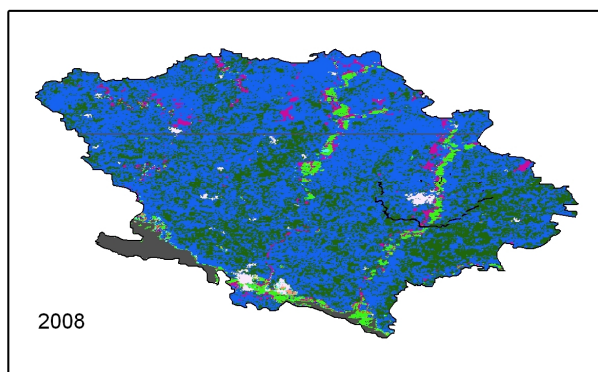


Рис. 5.2. Динаміка індексу NDVI (A) швидкість його приросту в одиницю часу (B) по типах покриття Землі (PFT) в межах Полтавської області у 2012 році

Умовні позначки: вісь абсцис – порядок доби з початку року; 1, ... 11 – тип покриття землі – див. рис. 5.3.



- 0 - Водна поверхня
- 1 - Хвойні ліси
- 2 - Змішані ліси (субір)
- 3 - Змішані ліси (судіброви)
- 4 - Широколистяні ілси
- 5 - Чагарник
- 6 - Луки
- 7 - Зернові
- 8 - Широколистяні культури
- 9 - Урбанізовані території
- 11 - Деградовані землі

Рис. 5.3. Динаміка типів покриву землі у межах Полтавської області в період 2008–2012 рр. за даними супутника MODIS (MCD12Q1) відповідно до схеми класифікації PFT (Plant Functional Types – функціональні типи рослинності)

Проведений аналіз свідчить про наступне. Ландшафтно-екологічне різноманіття території може бути інтерпретоване в термінах динаміки рослинного покриву. Кожен тип ландшафтного покриву формулює специфічний часовий патерн динаміки рослинності. Ця фенологічна динаміка при відносно константній ландшафтній обстановці у межах певного часового періоду може відрізнятися рік від року. «Дозволений діапазон» відхилень фенологічної динаміки визначається типом ландшафтно-екологічного покриву.

Конкретна реалізація залежить від характеру типологічно визначеного модусу реакції ландшафтної системи на кліматичну обстановку з плином часу протягом даного року. Біогеоценологія постулює наявність функціонального зв'язку зооценозу з фітоценозом та кліматом. Але загальна концепція про всебічний зв'язок всього зі всім потребує визначення конкретної форми цього зв'язку.

На рисунку 5.4 показана динаміка індексу NDVI по районах Полтавської області в 2012 р.

Аналіз одержаних даних свідчить про те, що на фоні загальної подоби динаміки фітомаси в межах адміністративних районів можна встановити періоди, коли спостерігаються найбільші відмінності між ними. Особливості динаміки найбільш чітко проявляються при графічному відображенні швидкості мінливості у часі (похідної) індексу NDVI. Так, швидкість зниження фітомаси в кінці зимового періоду суттєво відрізняється в адміністративних районах області. Відмінності спостерігаються також по термінам початку весняного періоду, який можна визначити по максимуму швидкості зростання фітомаси. Цей період чітко маркується піком на графіку похідної на 100–120 добу року. Другий пік маркує період «сільськогосподарської весни», коли активно сходять посіви. Цей період чітко позначений на графіках, але за ним райони мало відрізняються між собою. «Фенологічне літо» настає коли період активного накопичення фітомаси змінюється періодом її зниження. На графіку індексу NDVI важко точно визначити цей період, а на графіку похідної точно визначається відповідна точка перетину вісі абсцис. Цей момент відбувається в районах в різний період з діапазоном 180–240 діб з початку року. Відповідно, за показником фенологічного літа спостерігаються суттєві відмінності між районами.

Ми висловлюємо гіпотезу про те, що динаміку чисельності шкідливих комах можливо пояснити в термінах часової мінливості фітомаси рослинного покриву, охарактеризованого за допомогою індексу NDVI.

Відмінності між районами, які встановлені для динаміки індексу NDVI, можна застосувати для пояснення особливостей динаміки чисельності шкідливих комах. Вірогідно, різна динаміка фенологічних фаз в різних територіях області може бути маркером кліматичних змін, а також власне стан рослинного покриву, який відображається у тому числі фенологічною

динамікою, може безпосередньо впливати на популяції шкідників або хижих тварин, які контролюють чисельність фітофагів.

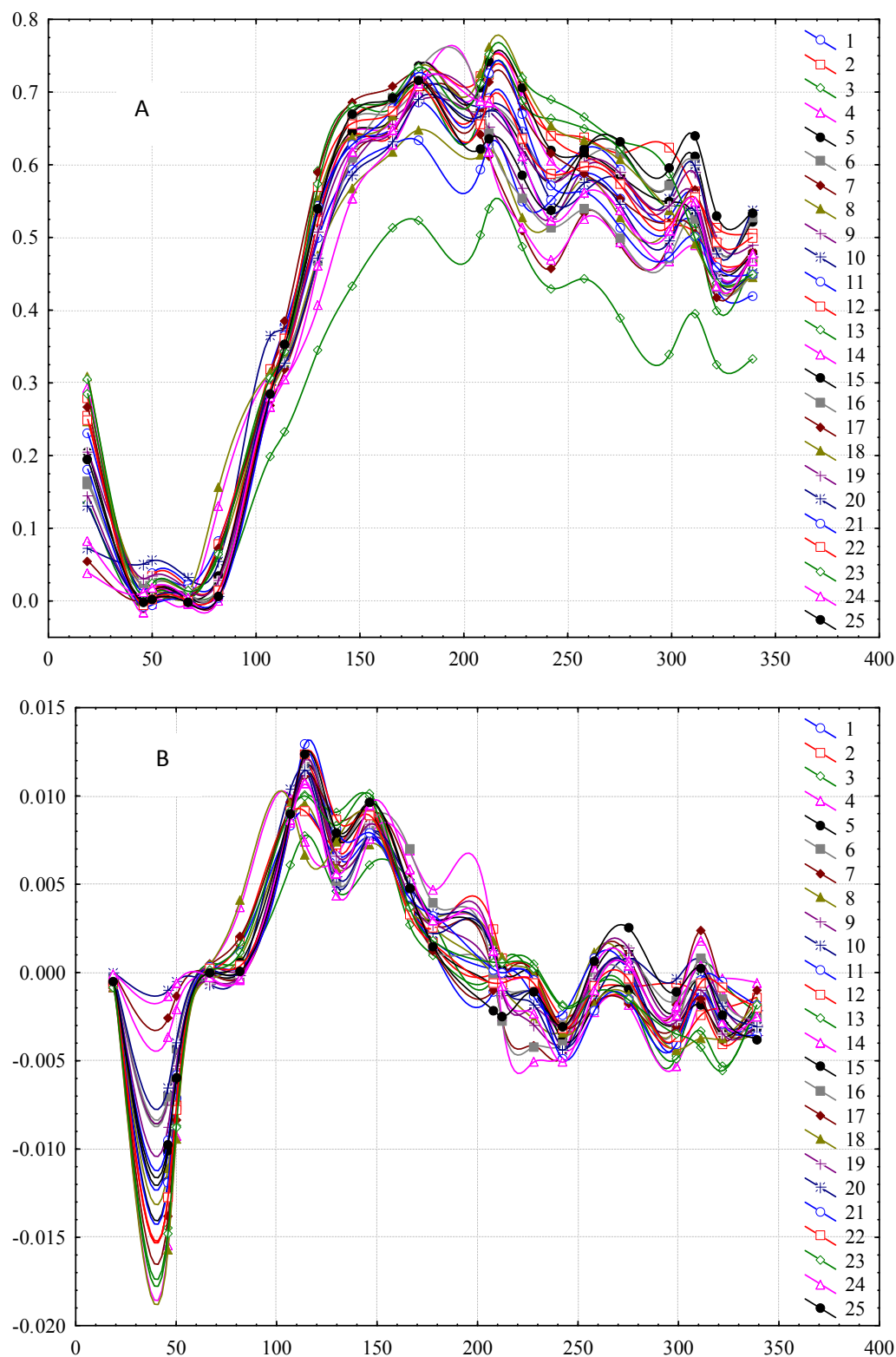


Рис. 5.4. Динаміка індексу NDVI (*A*) швидкість його приросту в одиницю часу (*B*) по районах Полтавської області у 2012 році

Умовні позначки: вісь абсцис – порядок доби з початку року; 1, ... 25 – райони області – див. табл. 3.1.

На рисунках 5.5 та 5.6 показана динаміка індексу NDVI по районах Полтавської області в 2013 та 2014 рр.

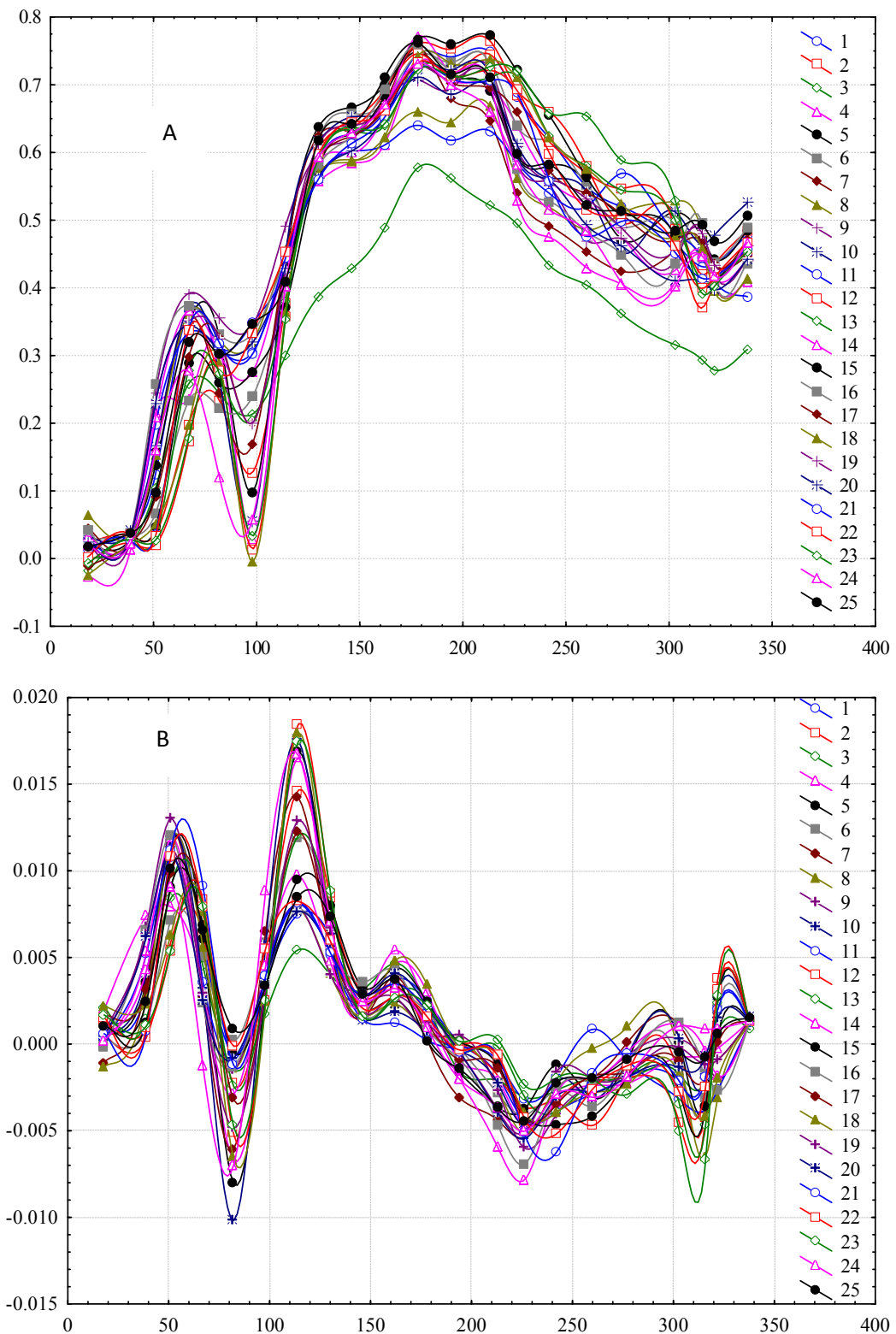


Рис. 5.5. Динаміка індексу NDVI (А) швидкість його приросту в одиницю часу (В) по районах Полтавської області у 2013 році

Умовні позначки: вісь абсцис – порядок доби з початку року; 1, ... 25 – райони області – див. табл. 3.1.

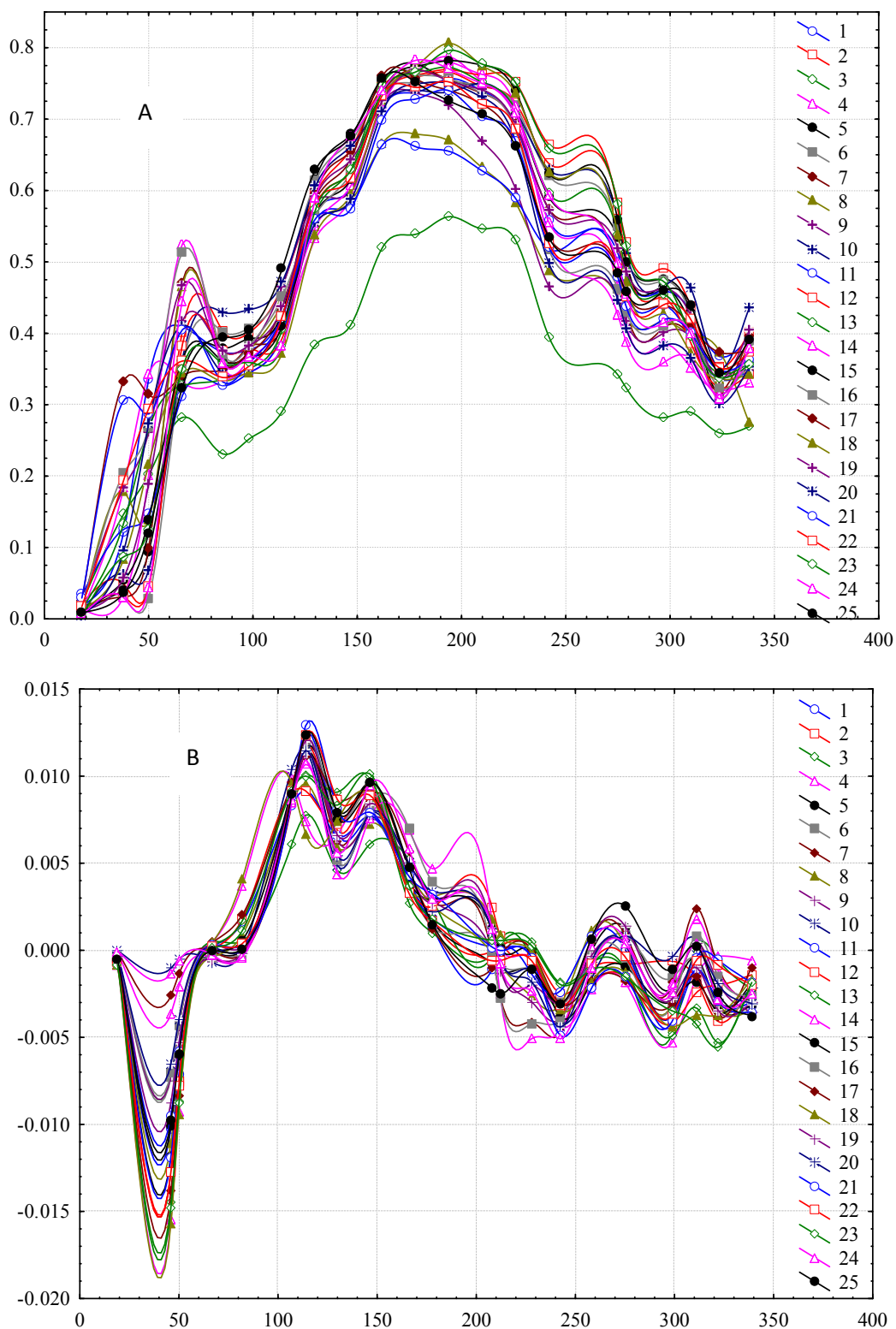


Рис. 5.6. Динаміка індексу NDVI (А) швидкість його приросту в одиницю часу (В) по районах Полтавської області у 2014 році

Умовні позначки: вісь абсцис – порядок доби з початку року; 1, ... 25 – райони області – див. табл. 3.1.

Наведені данні повністю підтверджують припущення, зроблені при аналізі динаміки рослинного покриття за 2012 р.

5.2. Динамічна карта *Aphis fabae*

Для оцінки впливу динаміки рослинного покриву, оціненого за допомогою індексу NDVI, на динаміку чисельності популяцій шкідників, нами розроблені наступні методичні інструменти.

Нами встановлена залежність між швидкістю зміни чисельності популяцій шкідливих комах та значеннями швидкості зміни індексу NDVI за відповідні дати, коли були одержані знімки поверхні Землі з космосу.

Швидкість зміни чисельності популяцій шкідливих комах ΔA була обчислена наступним чином:

$$\Delta A = A_i - A_{i-1},$$

де A_i – щільність популяції у поточному році (середнє значення по адміністративному району); A_{i-1} – чисельність популяції у попередньому році.

Таким чином, в наших моделях об'єктом прогнозу виступає не щільність популяцій як така, а приріст порівняно з попереднім роком. На цій підставі ми визначаємо таке прогнозування як **динамічне**.

Прогноз динаміки чисельності шкідливих комах нами проведений на основі моделей, створених за допомогою регресійного аналізу.

У якості предикторів в регресійній моделі нами використані дані по швидкості зміни індексу NDVI протягом року $\frac{dNDVI_i}{dt}$, які були розглянуті у попередньому розділі. Кількість предикторів відповідає кількості зйомки поверхні Землі протягом року.

Для побудови регресійної моделі нами застосовані дати зйомки 1–7 у поточному році та 8–22 – у попередньому році. У середньому, 7 дата зйомки відбувається на 120 добу року, що відповідає квітню. Таким чином, регресійна модель дозволяє зробити прогноз приросту чисельності шкідливих комах у поточному році на момент максимальної чисельності на основі даних дистанційного зондування поверхні Землі протягом року з травня минулого року по квітень поточного року. Як буде показано у наступних частинах розділу, обґрунтований прогноз можна скласти у більш ранній період.

Результати регресійної моделі для бурякової листкової попелиці (*Aphis fabae*) наведено у таблиці 5.1.

Регресійна модель дозволяє описати 85 % динаміки чисельності цього шкідника. Пошаговий регресійний алгоритм дозволив відібрати 8 змінних, які є найбільш інформативно важливими для прогнозування чисельності шкідника. Важливо відзначити, що динаміка рослинності у попередньому році виступає у якості предиктора динаміки чисельності бурякової листкової попелиці у поточному році. Так, дати попереднього року за номером 9 (кінець травня), 13, 14 (серпень), 16 (кінець вересня) виступають у якості інформаційно цінних предикторів. Процеси взимку, а саме дати 22 минулого року (кінець грудня) та 1 (січень) і 3 (лютий) впливають на чисельність комах. У поточному році важливим предиктором є дата 4, яка дає інформацію про стан рослинного покриву в середині березня.

Таблиця 5.1

Регресійний аналіз залежності швидкості зміни чисельності *Aphis fabae* від похідної індексу NDVI ($R^2 = 0,85$)

Порядок періоду	Бета	Ст. помилка бета	<i>B</i>	Ст. помилка <i>B</i>	t(8)	<i>p</i> -рівень
Константа	—	—	3,39	3,58	0,95	0,35
9	-0,20	0,07	-1191,59	405,99	-2,94	0,00
13	-0,08	0,06	-713,19	526,14	-1,36	0,18
14	-0,12	0,07	-748,96	444,78	-1,68	0,10
16	-0,14	0,06	-1261,71	552,51	-2,28	0,03
22	-0,30	0,16	-338,75	186,51	-1,82	0,07
1	-0,17	0,11	-5643,21	3588,16	-1,57	0,12
3	-0,24	0,08	-536,80	173,35	-3,10	0,00
4	-0,29	0,11	-502,40	186,18	-2,70	0,01

Примітка: бета – стандартизовані регресійні коефіцієнти

Для візуалізації впливу рослинності на чисельність шкідників нами запропоновані динамічні карти. Приклад карти для бурякової листкової попелиці наведений на рисунку 5.7.

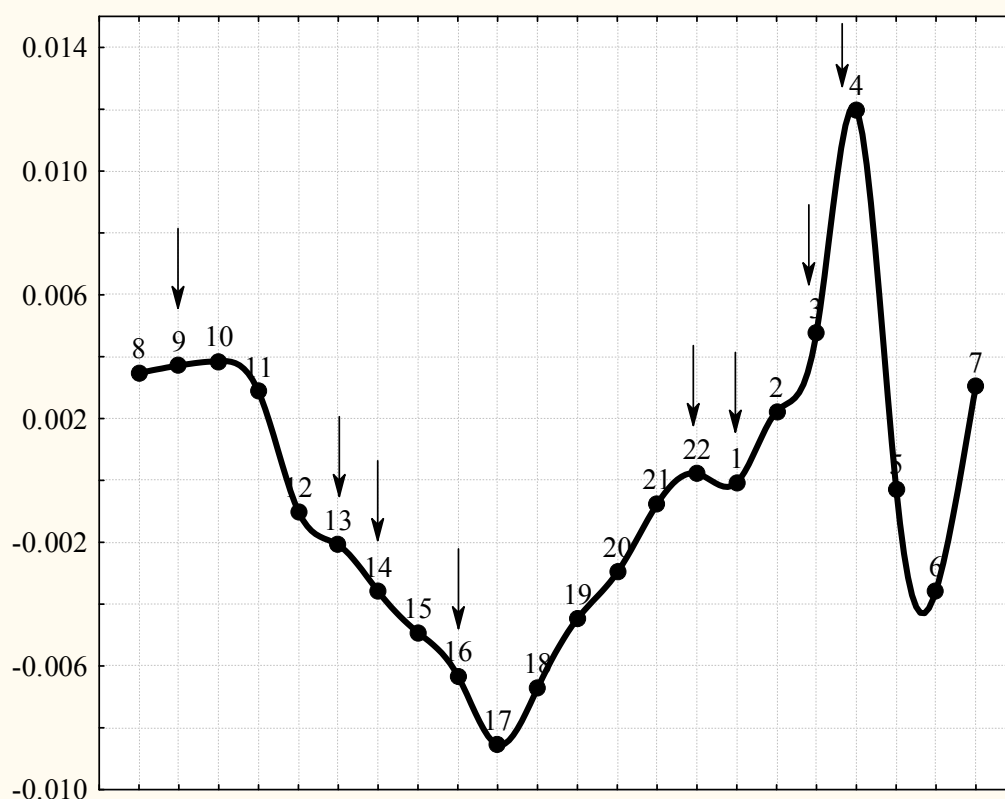


Рис. 5.7. Динамічна карта *Aphis fabae*

Умовні позначки: вісь абсцис – порядок сцен зйомки у минулому році (8–22) та у поточному році (1–7); лінією позначена усереднена за 3 роки похідна індексу NDVI; стрілками позначений знак статистично вірогідних регресійних коефіцієнтів впливу динаміки NDVI на динаміку популяцій комахи (стрілка, спрямована верх – позитивний знак, вниз – негативний знак).

На карті представлена крива, яка відповідає усередненим за період досліджень значенням похідної індексу NDVI. Ця крива відображає типові процеси зміни рослинного покриву протягом року в межах Полтавської області. У часі рік від року та у просторі (по адміністративним районам) відбуваються відхилення від типових значень динаміки рослинності. Це варіювання може або викликати зміни стану популяцій комах, або бути результатом впливу інших факторів, які також можуть впливати на популяції комах.

На карті показані стрілками знаки статистично вірогідних регресійних коефіцієнтів: позитивний знак відповідає висхідному напрямку, а негативний – низхідному напрямку. Такі позначки можна інтерпретувати так, що у випадку висхідної стрілки відхилення реальної кривої у бік підвищення спонукає до приросту швидкості зміни чисельності популяцій шкідників. Якщо у реальності буде спостерігатися відхилення у меншій бік кривої NDVI, то відповідно буде зменшуватися і швидкість приросту чисельності популяцій. У випадку низхідної стрілки зв'язок спостерігається з точністю до навпаки.

Аналіз наведених даних на рисунку 5.7 свідчить про те, що уповільнення динамічних процесів рослинного покриву спричиняє зростання чисельності популяцій бурякової листкової попелиці.

5.3. Динамічна карта *Asproparthenis punctiventris*

Результати регресійного аналізу впливу динаміки рослинного покриву на динаміку чисельності звичайного бурякового довгоноса наведено в таблиці 5.2. Встановлено, що регресійна модель здатна пояснити 57 % варіабельності швидкості мінливості чисельності цього шкідника. Пошаговий алгоритм дозволив залишити 11 предикторів, які володіють найбільшою інформаційною цінністю для пояснення динаміки чисельності даного шкідника. Ключовими періодами за результатами регресійної моделі є сцени минулого року – травень (сцени № 8 та № 9), літні місяці (№№ 10–14), листопад (№ 19) та сцени поточного року в лютому, березні та квітні (№ 2, № 5, № 7). З наведених предикторів деякі характеризуються регресійними коефіцієнтами, які вірогідно не відрізняються від нуля, про що свідчать рівні значущості p , які повинні бути менше за 0,05, для того, щоб визнати відповідний регресійний коефіцієнт вірогідним. Але слід відзначити, що у множинній регресійній моделі значення регресійного коефіцієнту та його вірогідність є контекстно залежними. Інакше кажучи, за умов різної композиції комплексу предикторів регресійні коефіцієнти при даному предикторі можуть суттєво відрізнятися. Тому, маючи на увазі той факт, що для деяких предикторів їх вплив на досліджувану змінну не є статистично вірогідним, ми включаємо їх у розгляд як такі, що характеризують певну тенденцію.

Таблиця 5.2

**Регресійний аналіз залежності швидкості зміни чисельності
Asproparthenis punctiventris від похідної індексу NDVI ($R^2 = 0,57$)
 (пошаговий алгоритм)**

Порядок періоду	Бета	Ст. помилка бета	<i>B</i>	Ст. помилка <i>B</i>	t(8)	<i>p</i> -рівень
Константа	–	–	–1,02	0,20	–5,21	0,00
8	0,13	0,11	12,93	10,32	1,25	0,22
9	–0,15	0,14	–23,55	22,67	–1,04	0,30
10	0,40	0,18	55,26	24,36	2,27	0,03
11	0,50	0,12	101,69	23,85	4,26	0,00
12	0,29	0,12	71,56	28,75	2,49	0,02
13	0,17	0,12	38,80	27,63	1,40	0,17
14	–0,19	0,11	–33,25	19,59	–1,70	0,09
19	–0,27	0,13	–27,46	13,46	–2,04	0,05
2	–0,16	0,17	–7,99	8,47	–0,94	0,35
5	0,08	0,12	8,65	13,42	0,64	0,52
7	0,47	0,13	27,11	7,37	3,68	0,00

Примітка: бета – стандартизовані регресійні коефіцієнти

Динамічна карта звичайного бурякового довгоносіка наведена на рисунку 5.8. Одержані дані свідчать про те, що активізація швидкості нарощування фітомаси протягом весни–літа минулого року призводить до створення умов, які сприятливі для збільшення чисельності шкідників. Це зростання фітомаси закономірно супроводжується різким трендом до зниження в кінці літа (сцена 14 характеризується від’ємним регресійним коефіцієнтом). Також на популяції звичайного бурякового довгоносіка впливають процеси, які відбуваються в період вегетаційного покою в кінці осені та взимку. Зниження інтенсивності динаміки рослинного покриву сприятиме ризикам збільшення чисельності цього шкідника. Тренди, які впливають на популяцію шкідника у минулому році залишаються актуальними і в поточному. Так, активне нарощування вегетативної маси рослинами на початку весни сприяє росту чисельності популяцій звичайного бурякового довгоносіка.

Таким чином, нами встановлено, що популяції звичайного бурякового довгоносіка реагують на динаміку рослинного покриву. Встановлений характер залежності за допомогою регресійного аналізу дає можливість прогнозувати динамічні процеси у популяціях цього шкідника у поточному році з урахуванням даних по динаміці варіювання рослинного покриву, встановлених за допомогою засобів дистанційного зондування Землі.

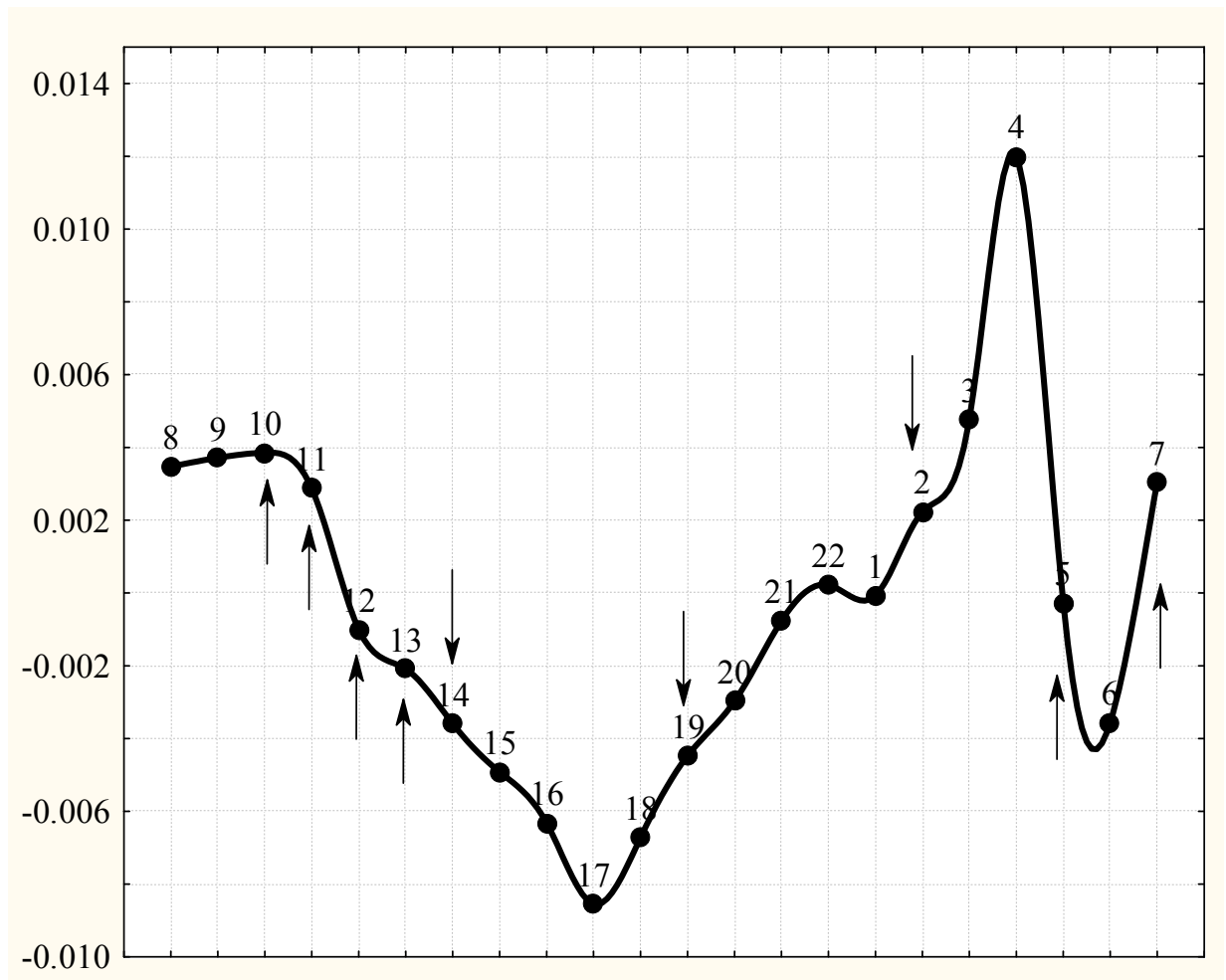


Рис. 5.8. Динамічна карта *Asproparthenis punctiventris*

Умовні позначки: див.рис. 5.7

5.4. Динамічна карта *Cassida nebulosa* та *Cassida nobilis*

Результати регресійного аналізу впливу динаміки рослинного покриву на динаміку чисельності бурякової та лободової щитоносок наведено в таблиці 5.3.

Встановлено, що регресійна модель здатна пояснити 78 % варіабельності швидкості мінливості чисельності цього шкідника. Пошаговий алгоритм дозволив залишити 15 предикторів, які володіють найбільшою інформаційною цінністю для пояснення динаміки чисельності шкідників. Ключовими періодами за результатами регресійної моделі є сцени минулого року – травень (сцена № 9), літні місяці (№ 12 та № 14), осінні місяці (№ 15, 17–20), зимовий період (№ 21 й № 22 минулого року та № 3 поточного року) та сцени поточного року навесні (№ 4–7).

Динамічна карта бурякової та лободової щитоносок наведена на рисунку 5.9.

Аналіз наведених даних свідчить про те, що зниження швидкості нарощування вегетативної маси рослинним покривом влітку минулого року сприяє росту чисельності цих шкідників у поточному.

Таблиця 5.3

Регресійний аналіз залежності швидкості зміни чисельності
Cassida nebulosa та *Cassida nobilis* від похідної індексу NDVI ($R^2 = 0,78$)

Порядок періоду	Бета	Ст. помилка бета	<i>B</i>	Ст. помилка <i>B</i>	t(8)	<i>p</i> -рівень
Константа	—	—	0,04	0,16	0,27	0,79
9	-0,25	0,12	-23,88	11,76	-2,03	0,05
12	-0,20	0,10	-29,04	15,53	-1,87	0,07
14	-0,29	0,14	-30,83	14,51	-2,12	0,04
15	-0,45	0,17	-37,23	14,48	-2,57	0,01
17	-0,21	0,10	-9,86	4,84	-2,04	0,05
18	0,25	0,09	36,79	13,64	2,70	0,01
19	-0,17	0,14	-10,34	8,57	-1,21	0,23
20	-0,11	0,16	-8,08	11,79	-0,69	0,50
21	0,12	0,08	12,77	9,03	1,41	0,16
22	0,81	0,32	15,29	6,05	2,53	0,01
3	-0,38	0,12	-14,00	4,44	-3,15	0,00
4	-0,53	0,19	-15,02	5,24	-2,87	0,01
5	-0,21	0,14	-14,82	9,56	-1,55	0,13
6	-0,87	0,39	-14,36	6,45	-2,23	0,03
7	-0,42	0,25	-14,54	8,66	-1,68	0,10

Примітка: бета – стандартизовані регресійні коефіцієнти

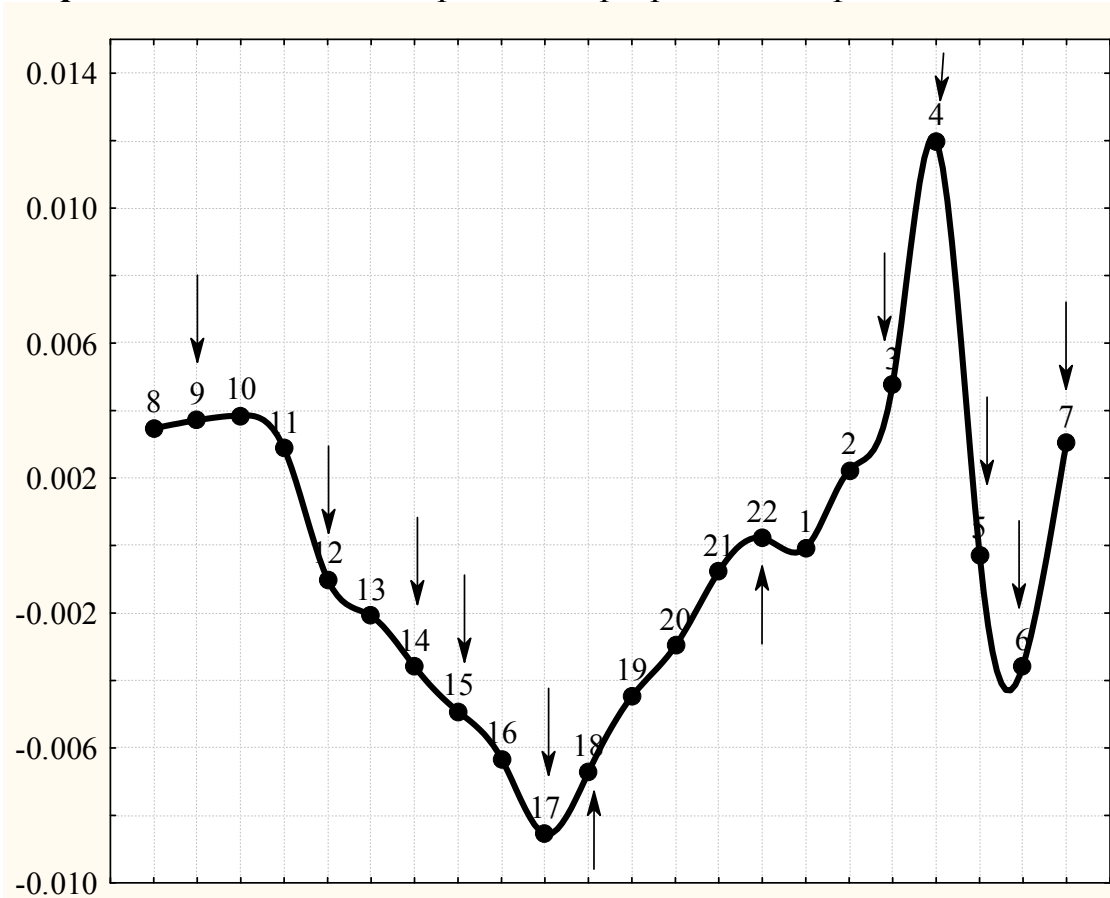


Рис. 5.9. Динамічна карта *Cassida nebulosa* та *Cassida nobilis*

Умовні позначки: див.рис. 5.7

Зменшення швидкості наростання фітомаси восени також підвищує ризики збільшення чисельності бурякової та лободової щитоносок. Навесні тренд минулого року повторюється: сповільнення нарощування фітомаси рослинного покриву може спричинити збільшення чисельності бурякової та лободової щитоносок.

5.5. Динамічна карта *Tanymecus palliatus*

Результати регресійного аналізу впливу динаміки рослинного покриву на динаміку чисельності сірого бурякового довгоносика наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Регресійний аналіз залежності швидкості зміни чисельності *Tanymecus palliatus* від похідної індексу NDVI ($R^2 = 0,67$) (пошаговий алгоритм)

Порядок періоду	Бета	Ст. помилка бета	<i>B</i>	Ст. помилка <i>B</i>	t(8)	<i>p</i> -рівень
Константа	—	—	−0,51	0,13	−3,87	0,00
8	0,21	0,11	8,00	4,23	1,89	0,06
10	0,20	0,20	10,96	10,94	1,00	0,32
11	0,94	0,15	76,25	11,94	6,39	0,00
12	0,21	0,13	20,44	12,47	1,64	0,11
13	0,30	0,13	27,29	12,11	2,25	0,03
14	0,38	0,17	25,85	11,65	2,22	0,03
20	−0,45	0,19	−22,45	9,47	−2,37	0,02
21	−0,02	0,10	−1,08	7,25	−0,15	0,88
22	−0,94	0,39	−11,54	4,86	−2,38	0,02
3	0,28	0,15	6,71	3,57	1,88	0,07
4	0,53	0,23	9,85	4,20	2,34	0,02
5	0,02	0,17	0,86	7,68	0,11	0,91
6	0,24	0,48	2,62	5,18	0,51	0,62
7	0,27	0,30	6,11	6,95	0,88	0,38

Примітка: бета – стандартизовані регресійні коефіцієнти

Встановлено, що регресійна модель здатна пояснити 67 % варіабельності швидкості мінливості чисельності цього шкідника. Пошаговий алгоритм дозволив залишити 14 предикторів, які володіють найбільшою інформаційною цінністю для пояснення динаміки чисельності шкідників. Ключовими періодами за результатами регресійної моделі є сцени минулого року – травень (сцена № 8), літні місяці (№№ 10–14), місяці кінця осені початку зими (№ 20–22), та сцени поточного року (№ 3–7).

Динамічна карта сірого бурякового довгоносика наведена на рисунку 5.10. Аналіз даних свідчить про те, що в період з кінця весни до кінця літа попереднього року збільшення швидкості зростання фітомаси рослинного покриву сприяє зростанню чисельності популяцій сірого

бурякового довгоносика. Напроти, прискорення динаміки процесів у кінці осені та на початку зими минулого року призводить до депресії популяцій. Тренд по прискоренню росту чисельності сірого бурякового довгоносика внаслідок прискорення ростових процесів рослинного покриву спостерігається в раньовесняному періоді.

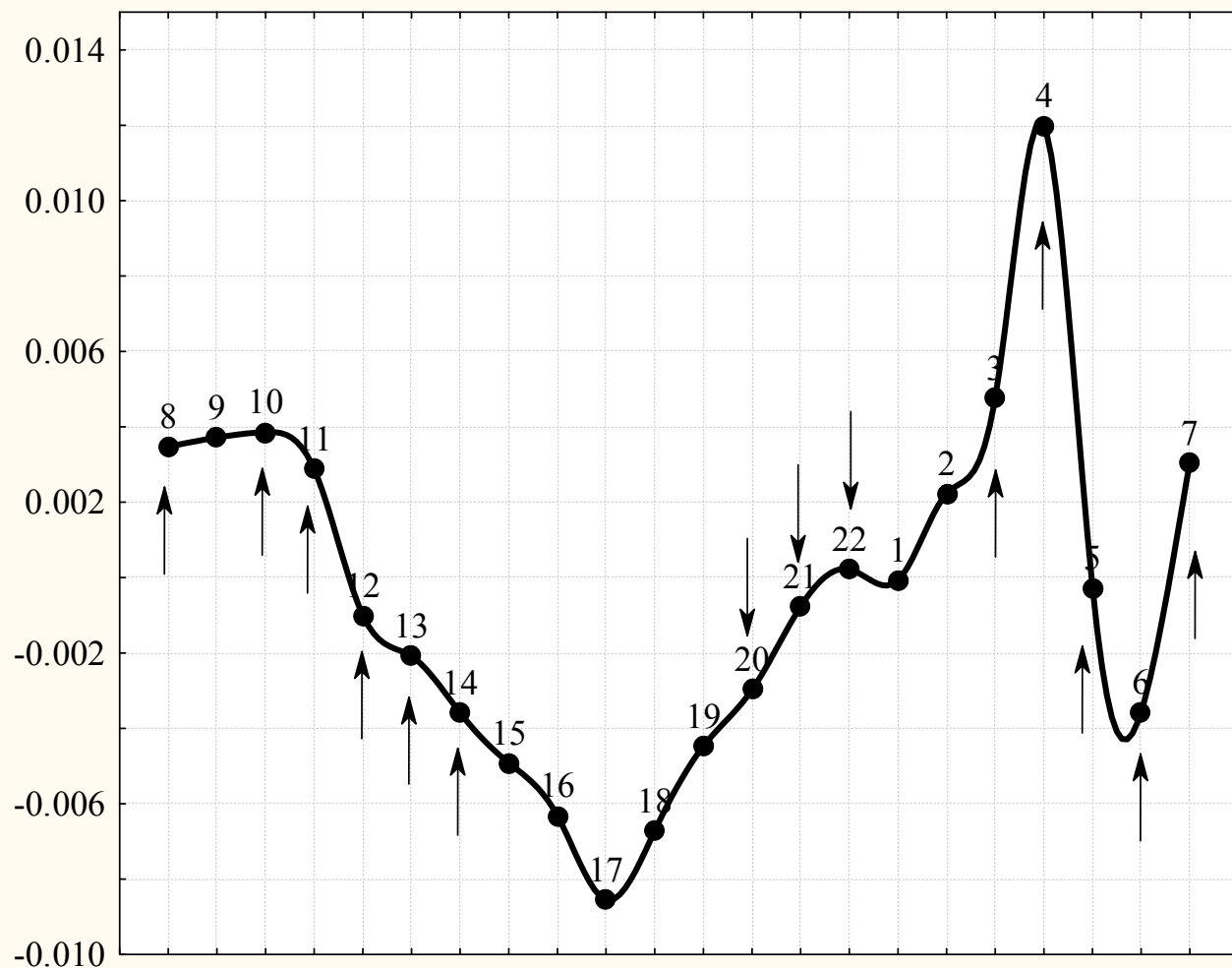


Рис. 5.10. Динамічна карта *Tanymecus palliatus*

Умовні позначки: вісь абсцис – порядок сцен зйомки у минулому році (8–22) та у поточному році (1–7); лінією позначена усереднена за 3 роки похідна індексу NDVI; стрілками позначений знак статистично вірогідних регресійних коефіцієнтів впливу динаміки NDVI на динаміку популяцій комах (стрілка, спрямована верх – позитивний знак, вниз – негативний знак).

Висновки до розділу

1. Динаміка рослинного покриву протягом попереднього та поточного років впливає на швидкість приросту чисельності популяцій шкідників у даному році порівняно з минулим. Кількісно цей вплив оцінено за допомогою регресійного аналізу, у якому в якості предикторів динаміки чисельності шкідливих комах застосовані похідні індексу NDVI, встановленого за допомогою інструменту дистанційного зондування Землі MODIS.

2. У кількісному аспекті результати регресійного аналізу можуть бути застосовані для щорічного прогнозу динаміки чисельності шкідників буряку

цукрового по адміністративним районах Полтавської області. Регресійні моделі дозволяють пояснити 57–85 % дисперсії динаміки чисельності досліджених видів шкідників буряку цукрового.

3. Для якісної оцінки характеру впливу динаміки рослинності на чисельність шкідників запропоновані динамічні карти. Цей інструмент дозволяє візуалізувати складний характер процесів, які визначають динаміку чисельності комах, у тому числі шкідливих.

ЗАКЛЮЧЕННЯ

Стрімкий розвиток технологій обробки просторово-координованих даних з концептуально нових позицій дозволив підійти для вирішення актуальних теоретичних проблем агроєкології та практичних завдань сільськогосподарського виробництва [7].

Агроєкологія є складовою частиною екології, а сам термін агроєкологія був одночасно запропонований німецьким зоологом Фрідеріксом [210] і американським фізіологом рослин Хансоном [211] для позначення застосування екології як науки в сільському господарстві [212].

Сільськогосподарське виробництво перебуває у тісній залежності від природних умов і екологічної обстановки. У свою чергу, аграрні комплекси впливають на стан навколишнього середовища, умови життя тварин, рослин, мікроорганізмів як у їх безпосередньому оточенні, так і на значному видаленні. Промислове виробництво через потрапляння відходів у навколишнє середовище здійснює вплив на якість сільськогосподарської продукції. Тому екологічна оцінка просторового аспекту міграції як техногенних полютантів, так і ксенобіотиків, які є необхідними учасниками традиційного сільськогосподарського виробництва (пестициди, токсичні домішки в добривах та ін.), має важливе значення. Порушення ґрунтового покриву в результаті технологічної діяльності людини призводить до необхідності вирішення складних екологічних проблем при рекультивації земель для їх повернення в цикл сільськогосподарського виробництва.

Глобальні зміни середовища існування викликані як постійним зростанням індустріалізації всесвітнього господарства, так і збільшенням масштабів традиційного інтенсивного сільськогосподарського виробництва. Дегуміфікація земель і як наслідок – підвищена емісія вуглекислого газу, що є агентом парникового ефекту – є однією з істотних причин зміни режимів метеоелементів. При цьому включається інший руйнуючий механізм – спустелення. У просторовому контексті спустелення можна розглядати як фронтальне явище, що полягає у збільшенні площі збіднених екосистем. Спустелення може бути локальним – ділянки території землі поза залежністю від їх положення стосовно природних пустель, де спостерігається різкий прояв ефектів зниження біорізноманіття, стійкості та продуктивності екосистем. Очевидним наслідком спустелення є зниження аграрного потенціалу значних територій, а в остаточному підсумку – ставиться під питання принципова можливість вирішення проблеми голоду на планеті [7].

Ієрархічний характер організації біосфери призводить до існування специфічних властивостей, явищ і процесів, якими характеризуються різні рівні біосфери. При виділенні рівнів організації біосфери (грунту, ґрунтового покриву, географічних утворень) ключовим критерієм є просторово-часовий вимір. Так, при розгляді природних явищ (на прикладі ґрунту як компонента біогеоценозу), виділяють такі масштаби: молекулярно-іонної, текстурний, ґрунтової структури, ґрунтового горизонту, педону, поліпедону, катени, ландшафту, регіону, континенту та глобальний рівень [213, 214, 215]. Системний підхід у якості постулату висовує положення про існування емерджентних властивостей у систем більш високого рівня. З іншого боку, фрактальні властивості складно організованих просторових структур призводять до самоподібності на різних рівнях [216, 217].

Просторова неоднорідність екологічних систем, у тому числі й агроєкосистем, є їх найважливішою властивістю, що визначає їхню стійкість, структурну та функціональну своєрідність.

Автотрофні фотосинтезуючі організми становлять основу функціонування екосистем. Просторова неоднорідність продукційного блоку визначає неоднорідність інших біотичних компонентів, а також об'єм і інтенсивність усього біологічного кругообігу речовин і потоку енергії. Саме активність біологічного круговороту є рушійним чинником, що визначає інтенсивність процесу відновлення екологічних функцій ґрунтів, що рекультивуються [218].

З погляду практичного застосування ідей просторової агроєкології в системі точного землеробства, першим кроком при впровадженні цієї системи, є побудова карт урожайності, які власне кажучи, описують інтенсивність продукційного процесу автотрофного блоку агроєкосистеми.

За результатами досліджень встановлена просторова неоднорідність біогеоценотичного покриву, що формується на техноземах ділянок рекультивації земель. Геостатистичні процедури показали свою ефективність для виявлення просторових патернів фітомаси та оцінки характеру впливу едафічних факторів на первинну продуктивність екосистем, сформованих на техноземах [219, 220].

Активне впровадження підходів, процедур і методів просторової агроєкології в практику наукових досліджень і для прикладного застосування неможливо без вирішення важливої проблеми одержання первинних просторово-координованих даних. Геоінформаційні системи за своїм призначенням мають здатність обробки колосального обсягу інформаційних масивів. Однак, одержання екологічних або ґрунтознавчих характеристик за допомогою традиційних методик для вирішення завдань просторового моделювання ускладнено внаслідок їх трудомісткості, витратності часу і фінансів. З іншого боку, традиційні показники мають значну теоретичну обґрунтованість, можуть бути змістовно інтерпретовані, по них накопичений великий обсяг експериментальних даних.

Розв'язання цієї дилеми бачиться у двох напрямках. Це розробка нових, або поліпшення існуючих, методів експрес-оцінки властивостей навколишнього середовища. До числа таких підходів можна віднести вимірювання електропровідності, твердості ґрунту, його акустичних, електричних і магнітних властивостей, аплікаційні методи вимірювання біологічної активності ґрунтів, візуальна оцінка проективного покриття рослинності та дешифрування цифрових знімків поверхні (локальні знімки, аерофотознімки, космічні знімки), вимірювання потужності підстилки або калдану, вібраційні процеси в екосистемах, дистанційне зондування Землі, які традиційно є важливим джерелом інформації про просторову динамічність екологічних явищ і процесів.

Другим напрямком можна вважати оптимізацію організації відбору проб за традиційними методиками, ґрунтуючись на даних експрес-оцінки просторової мінливості індикаторних показників. Так, у точному землеробстві для визначення місць відбору проб застосовується карта просторової мінливості електропровідності ґрунту. Індикаторні змінні також можуть використатися для просторової інтерполяції традиційних екологічних показників [221].

Аналіз даних дистанційного зондування Землі дозволив дослідити динаміку продукційного процесу в межах агроєкосистем у просторі та у часі. Наземний спосіб одержання даних про врожайність у рамках системи точного землеробства має високу розв'язну здатність, але не дозволяє одержати відомості про динамік формування врожаю в просторі та у часі. Установлено, що індикатор рослинної біомаси NDVI в агроєкосистемах перебуває в тісній залежності від геоморфологічних детермінант, які також є похідними геоінформаційними шарами при обробці одного із продуктів дистанційного зондування Землі – цифрової моделі рельєфу. Просторово-екологічний підхід дозволив знайти функціональний зв'язок між едафічними властивостями ґрунтового покриву, геоморфологією території, на якій перебуває агроєкосистема та її біологічною продуктивністю [222–224]. Фітоіндикаційні шкали рослинності можуть виступати як показники просторової неоднорідності екологічних умов [225].

Вивчення рослинних угруповань на відвалах при відкритому видобутку корисних копалин у Нікопольському марганцеворудному басейні розпочате М. Т. Масюком. Встановлено, що важливим джерелом екологічних відомостей про природу культур біогеоценозу, що формується в процесі рекультивації, можна одержати, ґрунтуючись на екоморфічному аналізі рослинності за О. Л. Бельгардом [226]. Необхідно відзначити, що досить результативним є поширення ідей екоморфічного аналізу на тваринне населення. Встановлений високий рівень біологічного різноманіття угруповань ґрунтових безхребетних територій, які рекультивуються та їх просторової неоднорідності [227].

Результативність відображення екологічних процесів у географічному та екологічному просторах може бути продемонстрована за допомогою

використання для картографування фітоіндикаційних оцінок, отриманих при вивченні рослинності ділянок рекультивації. Фітоіндикаційні шкали дали можливість відобразити просторову мінливість таких властивостей біогеоценозів, сформованих на техноземах, як термоклімат, трофність, забезпеченість азотом, кислотність, вологість і режим освітлення. Особливістю фітоіндикаційного картографування є одержання екологічно релевантних оцінок просторової мінливості едафічних властивостей. Таким чином, установлений зв'язок між просторовою організацією ґрунту та продукційним потенціалом рослинності.

Ґрунт, як основа наземних агроєкосистем, є багатовимірним тілом природи. Традиційно він вивчається у двовимірному просторі (вертикальний напрямок – класичний ґрунтовий профіль, у горизонтальному напрямку – структура ґрунтового покриву). Вивчення ґрунту в тривимірному просторі зіштовхується з певними методичними труднощами та поза парадигмою просторової екології не може бути виконано. Навіть приблизний підрахунок показує, що для кількісного опису ґрунтового профілю необхідно відібрати десятки проб, для опису горизонтальної мінливості властивостей ґрунту – сотні проб, а для тривимірного відображення навіть одного педону – тисячі. Очевидно, без принципового перегляду стратегії кількісного описання ґрунтового тіла неможливо його відображення як тривимірного об'єкта. Так, деякі методики, запозичені з геофізики, можна застосовувати для тривимірного відображення ґрунту. Наприклад, тривимірне електричне профілювання, що дозволяє одержати томограму ґрунту. Ця методика досить результативна для кількісного описання об'ємної динаміки міграційних процесів електrolітів у ґрунті.

Показано, що відбір даних по твердості ґрунту по регулярній сітці дозволяє одержати уявлення про її тривимірну організацію. Твердість ґрунту є найважливішою екологічно релевантною характеристикою ґрунту, тому об'ємне відображення організації ґрунтового тіла за даними про твердість дозволяє дати тривимірну оцінку ґрунту як середовища існування живих організмів. Виявлені патерни просторової організації дозволяють констатувати організацію ґрунтового тіла, що перебуває між рівнями $i-1$ (ґрунтовий горизонт) та i (педон). Як метафора, якщо ґрунт розглядати як мембрану, аналогічну клітинній мембрані, то у якості ліпідного бішару будуть виступати ґрунтові горизонти, а білковими глобулами, які виконують функціональну роль, будуть представлені просторові патерни – ґрунтові глобули. Ці структури існують як у межах, так і поза рамками ґрунтових горизонтів. Тривимірна мозаїка глобул складної геометрії та проміжглобулярної маси створюють ґрунтове тіло. Деякі з ґрунтових ознак через вертикальний напрямок переважного потоку речовин у ґрунті формують вертикально-орієнтовані патерни, які сприймаються як ґрунтові горизонти.

Двовимірна проекція ґрунтових глобул на горизонтальну поверхню ґрунту уявляється як границя педонів. Це дозволяє кількісно оцінити розмір,

форму та взаємне розташування педонів у межах поліпедоної організації. Ідея фрактальності дозволяє перенести інструментарій, створений для оцінки ландшафтного різноманіття, для кількісного опису педоної організації ґрунтового тіла. Такий підхід надав можливості продемонструвати організаційну своєрідність різних типів техноземів.

Важливим теоретичним узагальненням в екології є концепція екологічної ніші. Просторова екологія дає можливість конкретизувати це поняття та одержати його географічне відображення. Цей результат має важливе теоретичне і практичне значення, тому що дозволяє кількісно оцінити роль вимірюваних показників у формуванні екологічного простору окремих видів живих організмів та їх угруповань. Очевидними є прикладні переваги як для вирішення завдань збереження біорізноманіття в умовах агроєкосистем і техноєкосистем, так і для створення теорії натуралізації культур біогеоценозів у своєрідних екологічних умовах складних техноєкосистем.

Біологічне різноманіття розглядається як основа функціональної стабільності агроєкосистем, що дає відповідь на питання про принципові умови виконання завдання виробництва продуктів харчування на Землі. Біологічна розмаїтість на всіх просторових рівнях організації є надійним індикатором існування цілісної, збалансованої та стійкої агроєкосистеми – антропізованого біогеоценозу.

Географічна інформаційна система (ГІС) – це система обробки просторово-координованих даних, що має засоби збору, накопичення, збереження, пошуку, видачі та відображення даних, вона належить до категорії автоматизованих інформаційних систем, що використовують електронні обчислювальні машини на всіх етапах обробки інформації, та надає можливості аналізу просторової (просторово-розподіленої, або просторово-координованої) інформації. ГІС застосовують для ефективного використання просторово-координованих даних для вирішення складних наукових та прикладних завдань, пов'язаних з інвентаризацією, аналізом, моделюванням, прогнозуванням навколишнім середовищем і територіальною організацією суспільства. О. О. Світличний та С. В. Плотницький [228] вважають, що відмітною рисою географічних інформаційних систем є наявність у їхньому складі специфічних методів аналізу просторових даних, які в сукупності із засобами збору, введення, збереження, маніпулювання і представлення просторово-координованої інформації і складають основу ГІС-технологій.

Ландшафтно-екологічне різноманіття та його динаміка впливають на стан і динаміку чисельності шкідників буряку цукрового. Ландшафтно-екологічне різноманіття визначає умови, за яких найбільш вірогідне різке зростання чисельності шкідників. Низький рівень ландшафтно-екологічного різноманіття відображає екологічну обстановку, за якої ризики спалахів чисельності шкідників найбільші.

Рівень ландшафтно-екологічного різноманіття в умовах Полтавської області передусім визначається співвідношенням агроєкосистем до ландшафтних комплексів інших типів. Значні одноманітні території, які зайняті сільськогосподарськими угіддями, створюють умови для спалахів чисельності шкідників. Аналіз продуктів MODIS (MCD12Q1) дозволив встановити, що найбільше ландшафтно-екологічне різноманіття характерне для східних та центральних районів Полтавської області. Найбільший індекс ландшафтно-екологічного різноманіття Шеннона встановлений для Решетилівського (1,07) та Великобагачанського (1,06) районів. Найменше ландшафтне різноманіття характерне для Чорнухінського, Семенівського, Глобинського та Кобелянського районів.

Дослідження просторово-часової динаміки сірого та звичайного бурякових довгоносиків, бурякових листової та кореневої попелиць, бурякової та лободової щитоносок дозволило встановити, що мінливість чисельності популяцій цих шкідників є композицією декількох (двох або трьох) головних трендів. Ці тренди, які мають кількісне вираження у формі багатовимірних факторів, мають незалежну генезу та можуть бути описані у термінах ландшафтно-екологічного різноманіття.

Для прогнозування чисельності шкідників необхідним етапом є декомпозиція динаміки на ключові складові частини. Феноменологічно тренди мінливості чисельності шкідників (багатовимірні фактори) можуть бути пояснені за допомогою показників ландшафтно-екологічного різноманіття. Неможна виключати можливості функціонального (причино-наслідкового) зв'язку ландшафтно-екологічної строкатості та динаміки популяцій комах.

Складний процесійний блок, який утворений біогеоценотичним покривом, значно трансформує зовнішні космічні впливи. У цьому полягають гомеостатичні властивості живого покриву. Позицію, за якої вплив сонячної активності на стан популяцій живих організмів прямо чи опосередковано визначається як жорсткий, можна визначити як механістичний та такий, що суттєво спрощує наші уявлення про складні механізми та регуляції гомеостазу як природних, так і антропогенних біогеоценотичних систем.

Динаміка рослинного покриву протягом попереднього та поточного років впливає на швидкість приросту чисельності популяцій шкідників у даному році порівняно з минулим. Кількісно цей вплив оцінено за допомогою регресійного аналізу, в якому у якості предикторів динаміки чисельності шкідливих комах застосовані похідні індексу NDVI, встановленого за допомогою інструменту дистанційного зондування Землі MODIS. У кількісному аспекті результати регресійного аналізу можуть бути застосовані для щорічного прогнозу динаміки чисельності шкідників буряку цукрового по районах Полтавської області. Регресійні моделі дозволяють пояснити 57–85 % дисперсії динаміки чисельності досліджених видів шкідників буряку цукрового.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для прогнозу стану популяцій шкідливих видів комах посівів буряку цукрового в межах Полтавської області та розробки ефективних заходів екологічно обумовленого контролю їх чисельності застосовувати інформацію про динаміку ландшафтно-екологічного різноманіття, одержану за допомогою продуктів MODIS (MCD12Q1). Розроблені в дисертації алгоритми дозволяють на рівні регіону одержати інструмент моніторингу стану ландшафтно-екологічного різноманіття як фактору, який визначає ризики спалаху шкідників сільського господарства. Розроблений практичний інструментарій може бути поширений на інші регіони України.

Для запобігання суттєвим втратам урожаю в указані критичні періоди спеціалістам Державної ветеринарної та фітосанітарної служби України доцільно проводити ретельний цільовий моніторинг чисельності та поширення шкідників на посівах основних сільськогосподарських культур.

Результати дисертаційного дослідження рекомендується використовувати у наукових установах НААН України у процесі складання традиційних річних фітосанітарних прогнозів, також у навчальному процесі у вищих навчальних закладах сільськогосподарського профілю при викладенні дисциплін «Загальна екологія», «Екологія біологічних систем », «Екологія популяцій» та «Прогноз розвитку шкідливих організмів».

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Акимов М. П. Очередные задачи зооэкологического изучения искусственных лесов степной зоны Украины / М. П. Акимов // Сб. р-т биол. ф-та Днепропетр. госун-та. – Д.: 1960. – С. 251–257.
2. Апостолов Л. Г. Вредная энтомофауна лесных биогеоценозов Центрального Приднестровья / Л. Г. Апостолов. – К.: Вища школа, 1981. – 232 с.
3. Федоренко В.П. Энтомокомплекс на цукрових буряках / Федоренко В.П. – К.: Аграрна наука, 1998. – 464 с.
4. Барсов В. А. Сезонные, годовые и вызванные антропогенными факторами изменения структуры популяций почвенных и наземных беспозвоночных животных в некоторых биогеоценозах центрального степного Приднестровья / В. А. Барсов, А. Ф. Пилипенко, А. В. Жуков, Ю. Л. Кульбачко, Т. И. Кисенко // Вестн. Днепро-петр. ун-та. Днепропетровск. ДГУ. – 1996. – Вып. 2. – С. 24–30.
5. Масюк Н. Т. Введение в сельскохозяйственную экологию: Учеб. пособие / Н. Т. Масюк // Днепропетр. с.-х. ин-т. – Днепропетровск. – 1989. – 192 с.
6. Сумароков А. М. Восстановление биотического потенциала биогеоценозов при уменьшении пестицидной загрузки / А. М. Сумароков // До-нецк: изд-во «Вебер», 2009. – 193 с.
7. Демидов А. А. Пространственная агроэкология и рекультивация земель: моно-графия / Демидов А.А., Кобец А.С., Грицан Ю.И., Жуков А.В. – Днепропетровск: Изд-во «Свидлер А.Л.», 2013. – 560 с.
8. Саранові, Екологія популяцій, моніторинг, прогноз/ [Чайка В.М., Мельничук М.Д., Бакланова О.В., Сердюк І.С.]. – Київ, 2009. – 246 с.
9. Моніторинг фітосанітарного стану агробіоценозів/ під. ред. В.П. Федоренка. – К.:Альфа-стевія, 2012. –409-416.
10. Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции/ Шварц С.С. – М.: Наука, 1980. – 278 с.
11. Белецкий Е.Н. Эколого-генетические критерии прогноза появления вредной черепашки/ Е.Н. Белецкий, Т.Н. Гончарова// мат. конф. присвяч. 180-річчю ХДАУ ім. В.В. Докучаєва. –Х, ХДАУ, 1996 р. – Вип. 2. – с. 58-59.
12. Белецкий Е.Н. Цикличность – фундаментальное свойство развития функционирования природных систем/ Е.Н. Белецкий// Вісник Харківського національного аграрного університету. – Серія біологія. –2007. – Вип. 3 (12). – С. 100-116.
13. Кеппен Ф. О саранче и других прямокрылых из семейства Acridiodea, преимущественно по отношению к России/ Ф. Кеппен// Труды Русского энтомолог. об-ва. – 1870. – Т.5. – С. 1-352.
14. Граждаников Е.Д. Экстраполяционная прогностика/ Граждаников Е.Д. – Н.: Наука, 1988. – 144 с.
15. Білецький Є.М. Методологія прогнозу/ Є.М. Білецький, В.П. Туренко// Захист рослин. – 2002. – № 7. – С. 2-4.

16. Thom R. Stabilité structurelle et Morphogenese / R. Thom – Massachusets: Benjamin, Readling, 1972. – 362 p.
17. Максимов А.А. Многолетние колебания численности животных, их причины и прогноз / Максимов А.А. – Н.: Наука, 1984. – 250 с.
18. Рубанов Г.В. Предвидение и случайность (Статистическое предвидение и его роль в научном познании) / Рубанов Г.В. – Минск: Изд-во БГУ, 1974. – 208 с.
19. Філософія науки/ [Фірсова Л.В. та ін.]; під. ред. Л.В. Фірсова. – Харків: Нове слово, 2003. – 101 с.
20. Білецький Є.М. Харківські екологи – засновники фітосанітарного прогнозування/ Є.М. Білецький// Вісник ХНАУ. Серія «Фітопатологія та ентомологія». – 2013. – № 10. – С. 33-45.
21. Кеппен Ф. Вредные насекомые. Введение в энтомологию/ Кеппен Ф. – СПб., 1881. – Т. 1. – 240 с.
22. Аверин В.Г. «Волны жизни» важнейших вредителей Украины/ В.Г. Аверин// Захист рослин. – 1925. – № 1-2. – С. 62.
23. Гроссгейм Н.А. О массовых появлениях вредителей/ Гроссгейм Н.А. – Млеев, 1930. – 26 с.
24. Иванов С.П. Масові розмноження шкідників і методи їх прогнозу/ С.П. Иванов// Вісті АН УРСР. – 1936. – № 4. – С. 102-116.
25. Иванов С.П. Масові розмноження тварин і теорії градацій/ Иванов С.П., Левітт М.М., Ємчук М.М. – К.: Вид-во АН УРСР, 1938. – 252 с.
26. Белановский И.Д. О массовых размножениях насекомых/ И.Д. Белановский// Массовое размножение животных и их прогнозы: екол. конф., 1940 р.: тез. докл. – К.: Из-во АН УРСР, 1940. – С. 8-10.
27. Белановский И.Д. Особенности массовых размножений насекомых и принципы их прогнозирования// И.Д. Белановский// Массовое размножение животных и их прогнозы: екол. конф., 1950 р.: тез. докл. – К.: Из-во КГУ, 1950. – С. 10-11.П
28. Новиков Г.А. Сто лет экологии Эрнста Геккеля/ Г.А. Новиков// Очерки по истории экологии. – М.: Наука, 1970. – С. 22-76.
29. Поляков И.Я. Теоретическая сущность учения о периодичности массовых размножений мышей и полевок/ И.Я. Поляков// Журнал общей биологии. – 1949. – Т. 10. – № 3. – С. 246-260.
30. Поляков И.Я. Проблема численности вида в свете учения о жизненности/ И.Я. Поляков// Массовое размножение животных и их прогнозы: екол. конф., 1954 р.: тез. докл. – К.: Из-во АН УРСР, 1954. – С. 272-274.
31. Виктор Г.А. Проблемы динамики численности насекомых (на примере вредной черепашки)/ Виктор Г.А. – М.: Наука, 1967. – 271 с.
32. Виктор Г.А. Трофическая и синтетическая теории динамики численности насекомых/ Г.А. Виктор// Зоологический журнал. – 1971. – № 3. – С. 361-372.

33. Шмальгаузен И.И. Факторы эволюции/ Шмальгаузен И.И. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1968. – 396 с.
34. Руднев Д.Ф. О причинах массовых размножений вредителей леса/ Д.Ф. Руднев// Вопросы экологии. – 1962. – Т. 7. – С. 157-160.
35. Рафес П.М. Биогеоценотическая теория динамики популяций растительноядных лесных насекомых/ Рафес П.М. – М.: Наук, 1978. – С. 34-61.
36. Miyashita K. Outbreaks and population fluctuations of insects, with special reference to agricultural insect pest in Japan/ K. Miyashita// Bull. Nat., Agric. Sci. – 1963. – № 15. – P. 99-170.
37. Гиплин Майкл Е. Пространственная структура и жизнеспособность популяции/ Майкл Е. Гиплин; [пер. с англ.]; под. ред. М. Сумя. – М.: Мир, 1989. – С. 158-173.
38. Четвериков С.С. Проблемы общей биологии и генетики (воспоминания, статьи, лекции)/ Четвериков С.С. – Н.: Наука, 1983. – С. 77-78.
39. Тимофеев-Ресовский Н.В. Краткий очерк теории эволюции/ Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. – М.: Наука, 1977. – 300 с.
40. Одум Ю. Основы экологии/ Одум Ю. – М.: Мир, 1986. – Т.2. – 376 с.
41. Варли Дж.К. Экология популяций насекомых (аналитический подход)/ Варли Дж.К., Градуэлл Дж.Р., Халсел М.П. – М.: Мир, 1978. – 222 с.
42. Palmgren P. Some remarks on the shortterm fluctuations in the numbers of northern birds and mammals/ P. Palmgren// Oikos. – 1949. – № 1. – P. 114-121.
43. Cole L.C. Some features of random population cycles/ L.C. Cole// J. Wildl. Mgmt. – 1954. – № 18 (1). – P. 2-24.
44. Pitelka F.A. The nutrient-recovery hypothesis for arctic microtine cycles/ Pitelka F.A.// Introduction/ B.I. Crips (Ed. 6)// Brit. Ecol. Symposium. – 1964. – P. 55-56.
45. Schultz A.M. A study of ecosystem the arctic tundra/ A.M. Schultz// The Ecosystem Concept in Natural Resource Management. – New York: Acad. Press, 1969. – P. 77-93.
46. Дубинин Н.П. Генетико-автоматические процессы и их роль в процессе органической эволюции/ Н.П. Дубинин// Журнал экспед. биол. – 1931. – Т. 7. – Вып. 5-6. – С. 463-479.
47. Дубинин Н.П. Генетическое строение вида и его эволюция/ Н.П. Дубинин, Д.Д. Ромашов// Биол. Журн. – 1932. – Т. 1. – Вып. 5-6. – С. 52-95.
48. Чижевский А.Л. Космический пульс жизни. Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия / Чижевский А.Л. – М.: Мысль, 1995. – 768 с.

49. Владимирский Б.М. Космическая погода и наша жизнь/ Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А., Мартынюк В.С. – Фряно: Век. – 2004. – 224 с.
50. Рабочая книга по прогнозированию/ под. ред. И.В. Бестужева-Лады. – М.: Мысль, 1982. – 430 с.
51. Прогностика. Терминология. – М.: Наука, 1990. – 56 с.
52. Пригожин И. Время, хаос, квант/ И. Пригожин, И. Стенгерс. – М.: Изд-во Прогрес, 1999. – 268 с.
53. Моисеев Н.Н. Аглоритмы развития/ Моисеев Н.Н. – М.: Наука, 1984. – 250 с.
54. Пригожин И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой/ И. Пригожин, И. Стенгерс. – М.: Прогрес, 1986. – 432 с.
55. Драховская М. Прогноз в защите растений/ Драховская М. – М.: Изд-во Сельхоз. журналов и плакатов, 1962. – 352 с.
56. Заговора А.В. Солнечная активность и динамика популяций сельскохозяйственных вредителей/ А.В. Заговора, Е.Н. Белецкий, П.П. Литун// Материалы VII съезда ВЭО, 1974. – С. 61-62.
57. Белецкий Е.Н. Моделирование динамики численности вредной черепашки для целей прогноза/ Е.Н. Белецкий, А.В. Заговора// Исследования по энтомологии и акарологии на Украине. – К.: Изд-во АН УССР, 1980. – С.83-84.
58. Белецкий Е.Н. Методы прогнозирования численности вредной черепашки/ Е.Н. Белецкий, А.В. Заговора// Новейшие достижения сельскохозяйственной энтомологии. – Вильнюс, 1981. – С. 20-23.
59. Белецкий Е.Н. Цикличность массовых размножений вредителей/ Е.Н. Белецкий, А.В. Заговора, П.П. Литун// Защита растений. – 1983. – № 6. – С. 20-21.
60. Белецкий Е.Н. Методологические основы прогнозирования в защите растений/ Е.Н. Белецкий, П.П. Литун. – Харьков, 1985. – С. 83-85.
61. Белецкий Е.Н. Резкие изменения солнечной активности и массовые размножения вредных насекомых / Е.Н. Белецкий// Солнечные данные. – Л.: Наука, 1985. – № 4. – С. 91-94.
62. Белецкий Е.Н. Цикличность динамики популяций – теоретическая основа прогноза массового появления насекомых/ Е.Н. Белецкий// Защита растений. – 1986. – № 12. – С. 16-18.
63. Трибель С.А. Закономерности вспышек массового размножения лугового мотылька (*Loxosfera fictalis* L.)/ С.А. Трибель// Исследования по энтомологии и акарологии на Украине. – Киев, 1980. – С. 131-132.
64. Трибель С.А. Луговой мотылек/ Трибель С.А. – М.: Агропромиздат, 1989. – 68 с.
65. Кравченко В.П. Стан популяцій лучного метелика в Україні/ В.П. Кравченко, В.М. Чайка// Захист і карантин рослин. – 2002. – Вип. 48. – С. 17-25.

66. Мешкова В.Л. Екологічні основи прогнозування масових розмножень основних видів комах-хвоелистогризів лісових насаджень України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук/ В.Л. Мешкова. – Київ, 2003. – 40 с.
67. Стригун О.О. Екологічне обґрунтування методів прогнозу звичайного та сірого бурякового довгоносиків в умовах Центрального Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук/ О.О. Стригун. – Київ, 2004. – 20 с.
68. Кравченко В.П. Моніторинг, прогноз та контроль чисельності лучного метелика і комплексу саранових в Україні: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук/ В.П. Кравченко. – Київ, 2006. – 20 с.
69. Мешкова В.Л. Сезонное развитие хвоелистогрызущих вредителей леса/ Мешкова В.Л. – Харьков: Планета-принт, 2009. – 396 с.
70. Довгань С.В. Моделі прогнозу та розмноження фітофагів/ Довгань С.В. – Херсон: Айлант, 2009. – 208 с.
71. Фролов А.Н. Луговой мотылек: цикличность многолетней динамики численности/ А.Н. Фролов, М.И.Саулич, Ю.М. Малыш, Ю.С. Токарев// Защита и карантин растений. – 2010. – № 2. – С. 49-53.
72. Федоренко В.П. Увага – лучний метелик/ В.П. Федоренко// Пропозиція. – 2011. – № 11. – С. 88-91.
73. Трибель С. Увага – небезпека! Спалах масового розмноження лучного метелика/ С. Трибель, О. Стригун// Пропозиція. – 2012. – № 7. – С. 76-80 (початок).
74. Трибель С. Увага – небезпека! Спалах масового розмноження лучного метелика/ С. Трибель, О. Стригун// Пропозиція. – 2012. – № 9. – С. 68-71 (закінчення).
75. Фролов А.Н. Современные направления совершенствования прогнозов и мониторинга/ А.Н. Фролов// Защита и карантин растений. – 2011. – № 4. – С. 15-20.
76. Klimetzek D. Insekten vermehrungen and Sonnenflecken/ D. Klimetzek// Forst. Wissenschaft Cenbriff. – 1976. – D. 4. – S. 226-238.
77. Білецька Н.Є. Закономірності і прогноз масового розмноження локальних популяцій шкідливої черепашки/ Н.Є. Білецька// Захист рослин . – 2003. – № 1. – С. 6-8.
78. Чайка В.М. Еколого-фізіологічні аспекти динаміки популяцій комах-фітофагів/ В.М. Чайка// Захист і карантин рослин. – 2002. – Вип. 48. – С.3-10.
79. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь// Чижевский А.Л. – М.: Мысль, 1976. – 322 с.
80. Бреус Т.К. Магнитные бури: методико-биологические и геофизические аспекты/ Т.К. Бреус, С.И. Рапопорт. – М.: Советский спорт, 2003. – 192 с.
81. Беневоленский Б.Н. Гелиобиологические исследования. Современное состояние и перспективы// Б.Н. Беневоленский, А.А. Воскресенский// Вестник АН СССР. – 1980. – № 10. – С. 54-65.

82. Владимирский Б.В. Космические ритмы/ Владимирский Б.В., Нариманский В.Я., Темурьянц Н.А. – Симферополь, 1994. – 176 с.
83. Башкирцев В.С. Ожидает ли нас глобальное потепление в ближайшие годы/ В.С. Башкирцев, Г.П. Машнич// Геомагнетизм и аэрономия. – 2003. – Т.43, № 1. – С. 132-135.
84. Башкирцев В.С. Переменность Солнца и климат Земли/ В.С. Башкирцев, Г.П. Машнич// Солнечно-земная физика. – 2004. – № 6. – С.135-137.
85. Башкирцев В.С., Машнич Г.П. Солнечная активность и изменения климата Земли/ В.С. Башкирцев, Г.П. Машнич// Солнечно-земная физика. – 2005. – № 8. – С.179-181.
86. Башкирцев В.С., Машнич Г.П. Солнце и прогноз климата Земли/ В.С. Башкирцев, Г.П. Машнич// Труды Уссурийской астроном. обсерват. – 2007. – Вып. 10. – С. 12-18.
87. Владимирский Б.В. Космическая погода и наша жизнь/ Владимирский Б.В., Темурьянц П.А., Мартынюк В.С. – Фрязино:«Век2», 2004. – 224 с.
88. Голицин Г.С. Климат и здоровье / Г.С. Голицин// Экология и жизнь. – 2012. – № 7. – С.15-16.
89. Бреус Т.К. Космическая погода / Т.К. Бреус// Экология и жизнь. – 2011. – № 12. – С.81-85.
90. Бреус Т.К. Космическая погода / Т.К. Бреус// Экология и жизнь. – 2012. – № 1. – С.89-92.
92. Пустильник Л. Космическая погода и сельскохозяйственные цены – от Гершеля до наших дней / Л. Пустильник, И. Дин // Экология и жизнь. – 2012. – № 9 (130). – С. 58-64.
93. Пустильник Л. Космическая погода и сельскохозяйственные цены – от Гершеля до наших дней/ Л. Пустильник, И. Дин// Экология и жизнь. – 2012. – № 9 (131). – С. 48-53.
94. Трибель С.А. Методы прогноза и пути их совершенствования/ С.А. Трибель// Защита и карантин растений. – 1998. – № 10. – С. 34-35.
95. Природа моделей и модели природы/ под. ред. Д.М. Гвишнани, И.Б. Новика, С.А. Пегова. – М.: Мысль, 1986. – 270 с.
96. Павлов Б.К. Методология прогнозирования численности животных/ Б.К. Павлов// Прогнозирование экологических процессов. – Новосибирск: Наука, 1986. – С. 185-190.
97. Гиляров А.М. Методологические проблемы современной экологии. Смена ведущих концепций/ А.М. Гиляров// Природа. – 1982. – № 9. – С. 93-106.
98. Белецкий Е.Н. Методология прогноза массовых размножений вредных насекомых/ Е.Н. Белецкий, М.М. Хасан// Изд-во ХЭО. – 1999. – Т. 7. – Вып. 1. – С. 137-141.
99. Білецький Є.М. Методологія прогнозу/ Є.М. Білецький, В.П. Туренко// Захист рослин. – 2002. – № 7. – С. 2-4.

100. Жирмунский А.В. Критические уровни в развитии природных систем/ А.В. Жирмунский, В.И. Кузьмин. – Л.: Наука, 1990. – С. 15-16; С. 177-179; С. 190; С. 198-199.
101. Аверьянов А.Н. Системные познания мира: методологические проблемы/ Аверьянов А.Н. – М.: Политиздат, 1985. – 263 с.
102. Дружинин И.П. Долгосрочный прогноз и информация/ Дружинин И.П. – Новосибирск: Наука, 1987. – 356 с.
103. Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале/ Шиятов С.Г. – М: Наука, 1986. – 137 с.
104. Россиков К.Н. Луговой мотылек или метелица (*Phlyctaenodes (Eurycreon) sticticalis* L.)/ Россиков К.Н. – С.-Петербург, 1903. – 63 с.
105. Мокржецкий С.А. Луговой мотылек (*Phlyctaenodes sticticalis* L.) его жизнь меры борьбы с ним/ Мокржецкий С.А. – Симферополь, 1913. – 34 С.
106. Зверезомб-Зубовский Е.В. О периодичности появления лугового мотылька и о некоторых других его особенностях/ Е.В. Зверезомб-Зубовский// Луговой мотылек в 1929–1930 гг. – 1931. – Кн. 1. – С. 3-8.
107. Зверезомб-Зубовский Е.В. Вредители сахарной свеклы/ Зверезомб-Зубовский Е.В. – К.: Изд-во АН УССР, 1956. – 276 с.
108. Петруха О.И. Основные итоги исследования вредителей свеклы по зонам страны и задачи науки на ближайшие годы/ О.П. Петруха// Защита растений сахарной свеклы и других культур от вредителей: сб. науч. тр. ВНИС. – Киев. – 1971. – С. 3-24.
109. Петруха О.И. Основные итоги науки по разработке мер борьбы с вредителями сахарной свеклы за 50 лет и ее перспектива/ О.И. Петруха// Селекция, генетика, агротехника, механизация и экономика сахарной свеклы: сб. науч. тр. ВНИИС. – Киев. – 1972. – С. 138-141.
110. Луговой мотылек в 1929–1930 гг. / Сборник материалов и статей по биологии лугового мотылька и борьбе с ним. – Кн. 1. – Издание УНИИС, 1931. – 170 с.
111. Луговой мотылек в 1929–1930 гг. / Сборник материалов и статей по биологии лугового мотылька и борьбе с ним. – Кн. 2. – Издание УНИИС, 1932. – 476 с.
112. Градоевич Вспышки размножения *Loxoste sticticalis* L. В Восточной Югославии/ Градоевич// Acta societ. entom. Iugoslav, 1928–1929 гг. – Кн. 1-2. – Белград, 1930. –9 с.
113. Krasucki Adam Szkodniki owadzie na plantacijach burakow cukrowych w golud. – wsh. Polsce w pocu 1929/ Adam Krasucki// Pols. Pismo entom. – 1929. – p. 207-210.
114. Конаков Н.Н. Исторические сведения о размножениях лугового мотылька в Центрально-Черноземной области/ Конаков Н.Н. – Воронеж, 1930. – 38 с.
115. Camprag D. Stetocine Secerne repe/ D. Camprag. – Novi Sad, 1973.–363 p.

116. Стригун О.О. Вплив метеорологічних умов на багаторічну динаміку чисельності звичайного бурякового довгоноса/ О.О. Стригун// Захист і карантин рослин. – 2002. – Вип. 48. – С. 128-139.
117. Пятницкий Г.К. Погодные условия и прогноз развития лугового мотылька/ Пятницкий Г.К. – Л.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1936. – 68 с.
118. Бакланова О.В. Стан популяцій основних багатодічних шкідників в Україні/ О.В. Бакланова, В.П. Кравченко, В.М. Чайка// Інтегрований захист рослин а початку ХХІ століття: матер. міжнар. наук.-практич. конф. – К.: Колообіг. – 2004. – С. 115-119.
119. Пospelов С.М. Совки – вредители сельскохозяйственных культур/ Пospelов С.М. – М.: Агропромиздат, 1989. – 112 с.
120. Васильев В.П. О потерях урожая, причиняемых насекомыми/ В.П. Васильев, В.П. Омелюта//Вредители с.-г. культур и лесных насаждений. – К.: Урожай, 1987. – Т. 1, С. 33-38.
121. Гриб М.І. Агрокліматичні ресурси Полтавщини: Стан та шляхи використання/ М.І. Гриб// Вісник Полтавського державного сільськогосподарського інституту. – 1999. – №4. – С. 59-95.
122. Білецький Є.М. Міжсистемний метод прогнозу масового розмноження шкідливих комах/ Білецький Є.М. – Харків: ХНАУ, 2005. – 20 с.
123. Любарский Л.Н. Опыт восстановления характеристик атмосферной циркуляции за последние три столетия и прогноза их дальнейших изменений/ Л.Н. Любарский// Труды ГГО. – 1979. – вып. 429. – С. 87-101.
124. Бучинский И.Е. О климате прошлой Русской равнины/ Бучинский И.Е. – Л.: Гидрометеиздат, 1957. – 137.
125. Бучинский И.Е. Климат Украины в прошлом, настоящем и будущем/ Бучинский И.Е. – К.: Госсельхозиздат УССР, 1963. – 307 с.
126. Бучинский И.Е. Засухи, суховеи, пыльные бури на Украине и борьба с ними/ Бучинский И.Е. – К.: Урожай, 1970. – 234 с.
127. Дружинин И.П. Космос – Земля. Прогнозы/ Дружинин И.П., Сазонов Б.И., Ягодинский В.Н. – М.: Мысль, 1974. – 288 с.
128. Борисенков Е.П. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы/ Е.П. Борисенков, В.П. Пасецкий. – М.: Мысль, 1988. – С. 238-499.
129. Нуждина М.А. О возможности учета 11-ти летнего (солнечного) и квазидвухлетнего циклов в долгосрочных прогнозах погоды/ М.А. Нуждина// Солнечные данные. – 1982. – № 5. – С. 101-109.
130. Дроздов О.А. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР/ О.А. Дроздов, А.С. Григорьева. – Л.: Гидрометеиздат. – 1971. – 158 с.
131. Покровская Т.В. Синоптика – климатические и гелиогеофизические долгосрочные прогнозы погоды/ Покровская Т.В. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 254 с.
132. Дроздов О.А. Засухи и динамика увлажнения/ Дроздов О.А. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 94 с.

133. Росси́ков К. Озимая совка (озимый червь) (*Agrotis segetum* Schiff), ее жизнь, свойства и система борьбы/ Росси́ков К.–СБп., 1905. –120 с.
134. Фили́пьев И.Н. Озимая совка/ И.Н. Фили́пьев// Вредные насекомые и другие животные в СССР в 1921–1924 гг. – Вып. 4. – 1926. – С. 223-256.
135. Верхово́льский О.Л. Озимая совка та борьба с ней/ О.Л. Верхово́льский, О.П. Кришта́ль. – К.: Дертсільгоспвидав., 1953. – 40 с.
136. Худже́йри Х. Белецкий Е. Закономерности массового размножения и прогнозов появления озимой совки/ Х. Худже́йри, Е. Белецкий// Изв. ХЭО об-ва., 1997. – Т.5. – Вып. 2. 156-158.
137. Campraq D. Sovice (Lepidoptera: Noctuidae) Stetocine poejoprivrednin kultura/ D. Campraq, M. Jovanik. – Novi Sad, 2005. – 222 p.
138. Яворни́цкий Д.І. Історія запорізьких козаків/ Яворни́цкий Д.І. – Львів: Світ, 1990. – Т. 1. – 319 с.
139. Щерби́новський Н.С. Вредители сельского хозяйства/ Щерби́новський Н.С. – М.: Новая деревня, 1925. – 170 с.
140. Mattson W.I. The role of drought in outbreaks of plauteating insects/ W.I. Mattson, R.A. Naack// Biscieac. – 1987. – V.37. – №2. – P. 110-118.
141. Кравче́нко О.Н. Роль основных экологических факторов в развитии озимой совки и прогнозирование ее численности в УССР: автореф. дис. ... канд. биол. наук/ О.Н. Кравче́нко. – Харьков, 1977. – 22 с.
142. Грим О. Насекомые и их значение в сельском хозяйстве/ Грим О. – СПб, 1874. – 142.
143. Stormer K. Pflanzenpathologische Tagesfragen/ K. Stormer. – V. Landw. Wochenschrift f.d. Provinz Sachsen Jahr. – 13. –1911. – S. 248.
144. Фе́доренко В.П. Фитосанитарное состояние агроценозов Украины/ В.П. Фе́доренко, В.Н. Чайка// Защита и карантин растений. – 2012. – № 4. – С. 48-52.
145. Мельни́ченко А.М. Распространение лугового мотылька (*Loxostere sticticalis* L.) в Западной области и местные очаги его размножения/ А.М. Мельни́ченко// Луговой мотылек: труды по защите растений. – 1934. – I серия. – Вып. 8. – С. 3-82.
146. Обзор фитосанитарного состояния посевов с.-х. культур в Российской Федерации в 2011 году. – М., 2011. – 44 с.
147. Сахаров Н.Л. Энтомологический очерк Юго-Востока/ Сахаров Н.Л. – Саратов: Н.-Волж. обл. упр. по с.-х. опыт. делу, 1923. – 10 с.
148. Аверин В.Г. О луговом мотыльке (*Eurysceon sticticalis*)/ В.Г. Аверин// Бюллетень о вредителях сельского хозяйства и мерах борьбы с ними. – Харьков, 1914. – № 3. – С.15-16.
149. Калинина И.Г. «Непредсказуемый мотылек»/ И.Г. Калинина// Защита растений. – 1988. – № 2. – С. 13.
150. Шугрин С.М. Солнечная активность и биосфера/ С.М. Шугрин, А.М. Обут. – Новосибирск: Наука, 1986. – 128 с.

151. Kuklin G.V. Cyclical and secular variations of solar activity/ G.V. Kuklin// Basic Mechanisms of solar activity. – Dordrech, Reidel. – 1976. – P. 147–190.
152. Резников А.П. Предсказание естественных процессов обучающейся системой/ Резников А.П. – Новосибирск: Наука, 1982. – 287 с.
153. Рузавин Г.И. Научная теория. Логико-методологический анализ/ Рузавин Г.И. – М.: Мысль, 1978. – 244 с.
154. Поляков И.Я. Прогноз развития вредителей и болезней сельскохозяйственных культур (с практикумом)/ Поляков И.Я., Персов М.П., Смирнов В.А. – Л.: Колос, 1984. – 318 с.
155. Щербиновский Н.С. Солнечно-обусловленная цикличность массовых размножений вредных насекомых и других организмов (Астрономический сборник)/ Н.С. Щербиновский. – Львов: Изд-во Львовского института, 1960. – Вып. 3-4. – С. 165-169.
156. Щербиновский Н.С. Циклическая активность Солнца и обусловленные нею ритмы массовых размножений организмов/ Н.С. Щербиновский. – Земля во Вселенной. – М.: Мысль, 1964. – С.400-417.
157. Рекомендации по прогнозу развития, распространения и учета численности лугового мотылька/ под. ред. Е.О. Балан. – К.: Урожай, 1983. – 24 с.
158. Прогноз распространения главнейших вредителей, болезней и сорняков сельскохозяйственных культур. Рекомендации по борьбе с ними в хозяйствах Украинской ССР в 1988 году. – Киев, 1988. – 144 с.
159. Яковец Ю.В. Циклы. Кризисы. Прогнозы/ Яковец Ю.В. – М.: Наука, 1999. – 448 с.
160. Порчинский И.А. Очерк распространения в России Важнейших вредных животных в 1912 году/ И.А. Порчинский// Ежегодник Департамента земледелия. – СПб. – 1912. – С. 351-361.
161. Аверин В.Г. Обзор вредителей, наблюдавшихся в Харьковской Губернии за 1913 год/ В.Г. Аверин// Отчет энтомологического бюро за 1913 г. – Харьков, 1915. – С. 10-65.
162. Мокржецкий С.А. Вредители корнеплодов/ С.А. Мокржецкий// Оттиск из Полтавской энциклопедии Русского сельского хозяйства России. – Одесса, 1900. – № 2. – С. 48-52.
163. Федоренко В.П. Захист рослин – не боротьба, управління чисельністю шкідливих організмів/ В.П. Федоренко// Бібліографія аграрних наук України – Київ, 2010. – С. 45-49.
164. Заговора А.В. Массовое размножение лугового мотылька в Харьковской области в 1957 году/ А.В. Заговора// Обзор появления вредителей в Харьковской области в 1958 году. – Харьков, 1958. – С. 5-12.
165. Боброва В.О. Луговой мотылек/ В.О. Боброва// Распространение вредителей и болезней сельскохозяйственных культур в СССР в 1960 г. и прогноз их появления в 1961 г. – Л., 1961. – С. 71-72.

166. Боброва В.О. Фитосанитарное состояние посевов в 1988 году/ В.О. Боброва// Защита растений. – 1988. – № 4. – С. 43-44.
167. Уатт К. Экология и управление природными ресурсами. Количественный подход/ Уатт К. – М.: Мир, 1971. – 463 с.
168. Линдеман К.Э. Ржаной червь/ К.Э. Линдеман// Русский вестник. – 1884. – № 2. – С. 28-35.
169. Заговора А.В. Капустная совка в Харьковской области/ А.В. Заговора// Защита растений. – 1966. – № 7. – С. 45.
170. Прогноз фітосанітарного стану агроценозів України та рекомендації щодо захисту рослин у 2013 році. – Київ, 2013. – С. 14.
171. Трибель С.О. Лучний метелик: поширення у 2013 році та прогноз шкідливості у 2014 році/ С.О. Трибель, О.О. Стригун// Карантин і захист рослин. – 2014. – № 3. – С. 10-12.
172. Воронцов А.И. Основы синоптического метода прогнозов численности вредных лесных насекомых/ А.И. Воронцов// III совещание Всесоюзного энтомол. об-ва: Тезисы доклада. – Л.: Изд-во АН СССР, 1957. – Часть 1. – С. 129-131.
173. Воронцов А.И. Вспышки массового размножения насекомых на Русской равнине за 100 лет в связи с климатом и погодой/ А.И. Воронцов// Вопросы экологии. – 1962. – Т. 7. – С. 30-33.
174. Райк А.О применении косвенной характеристики рационального режима при типизации погод/ А. Райк // Ученые записки Тартуского Ун-та. – 1963. – Вып. 44. – С. 23-29.
175. Гойса Н.И. Сравнительная характеристика Радиационного режима у земной поверхности в период «спокойного» и «возмущенного» Солнца / Н.И. Гойса, В.И. Гришко // Труды Укр. НИИ гидрометеорологического ин-та. – 1971. – Вып. 120. – С. 67-74.
176. Щербиновский Н.С. Пустынная саранча/ Щербиновский Н.С. М.: Сельхозиздат, 1952. – 416 с.
177. Пэрна Н. Ритмы жизни и творчества / Пэрна Н. – Петроград, 1925. – 138 с.
178. Максимов А.А. Природные циклы: причины повторяемости экологических процессов/ Максимов А.А. – Л.: Наука, 1989. – 236 с.
179. Ягодинский В.Н. Ритм, ритм, ритм! Этюды хронобиологии/ Ягодинский В.Н. – М.: Знание, 1985. – 192 с.
180. Белецкий Е.Н. Прогнозирование в защите растений: история, методология и пути совершенствования/ Е.Н. Белецкий// Матер. міжнар. наук.-практ. конф. ФЗР ХНАУ ім. В.В. Докучаєва, 14 вер. 2012 р. – Харків, 2012. – С. 6-9.
181. Кнор И.Б. Луговой мотылёк в азиатской части СССР/ И.Б. Кнор// Защита растений. – 1990. – № 11. – С. 52-56.
182. Чайка В.М. Екологічне обґрунтування прогнозу розповсюдження основних шкідників польових культур в агроценозах України/ В.М. Чайка//

Інтегрований захист рослин на початку XX століття: матер. міжнар. наук.-практ. конф.. – Київ, 2004. – С. 119-125.

183. Петруха О.И. Обыкновенный свекловичный долгоносик/ О.И. Петруха, В.Л. Бистрова// Защита растений. – 1982. – № 11. – С. 44-45.

184. Прогноз фітосанітарного стану агроценозів України та рекомендації щодо захисту рослин у 2014 році. – Київ: Держветфітослужба, 2014. – С. 20-24.

185. Logan I.A. Nonlinear dynamics and chaos in insect populations/ I.A. Logan, I.S. Allen// Ann. Rev. Entomol. – 1992. – V.37. – P. 455-477.

186. Global Land Cover 2000 database. European Commission, Joint Research Centre, 2003. <http://bioval.jrc.ec.europa.eu/products/glc2000/-glc2000.php>.

187. Belward A. S. The IGBP-DIS Global 1-km Land-Cover Data Set DISCover: A Project Overview. / A. S. Belward, J. E. Estes, K. D. Kline // Photogrammetric, Engineering and Remote Sensing. – 1999. – 65. – P. 1013–1020.

188. Hansen, M. C. Global land cover classification at the 1km spatial resolution using a classification tree approach / M. C. Hansen, R. S. DeFries, J. R. G. Townshend, R. Sohlberg // International Journal of Remote Sensing. – 2000. – 21. – P. 1331–1364.

189. Running S. W. A vegetation classification logic based on remote sensing for use in global scale biogeochemical models / S. W. Running, T. R. Loveland, L. L. Pierce // Ambio – 1994. – 23. – P. 77–81.

190. Myneni R. B. Estimation of global leaf area index and absorbed PAR using radiative transfer model / R. B. Myneni, R. R. Nemani, S. W. Running // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 1997. – 35. – P. 1380–1393.

191. Bonan G. B. The land surface climatology of the community land model coupled to the NCAR community land model / G. B. Bonan, K. W. Oleson, M. Vertenstein, S. Levis, X. B. Zeng, Y. Dai // Journal of Climate. – 2002. – 15. – P. 3123–3149.

192. Friedl M. A. MODIS Collection 5 global land cover: Algorithm refinements and characterization of new datasets / M. A. Friedl, D. Sulla Menashe, B. Tan, A. Schneider, N. Ramankutty, A. Sibley, X. Huang// Remote Sensing of Environment. – 2010. – 114. – P. 168–182.

193. Пузаченко Ю. Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях / Ю. Г. Пузаченко. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 416 с.

194. Крамаренко С.С. Фрактальный анализ пространственной структуры популяций наземных моллюсков / С. С. Крамаренко, А. В. Жуков // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2014. – №1 (33). – С. 32–41.

195. Диченко О.Ю. Історія масових розмножень основних шкідників цукрових буряків / О.Ю. Диченко// Вісник ПДАА. – 2011. – № 3. – С. 185-187.

196. Диченко О.Ю. Циклічність масових розмножень комах-шкідників цукрових буряків в Україні/ О.Ю. Диченко// Вісник ПДАА. – 2012. – № 1. – С. 81-83.

197. Писаренко П.В. Одночасність (синхронність) зміни динаміки шкідників буряків цукрових у Центральному Лісостепу України/ П.В. Писаренко, О.Ю. Диченко// Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2014. – № 3. – С. 33-35. *(Особистий внесок – проведення досліджень, інтерпретація результатів, написання статті).*

198. Дыченко О.Ю. История массовых размножений мотылька лугового в ареале и Центральной Лесостепи Украины/ О.Ю. Дыченко// «Модернизация аграрного образования: интеграция науки и практики»: материалы II Международной научно-практической конференции. – Томск, 2014. – С.

199. Диченко О.Ю. Моделювання динаміки чисельності шкідливих комах/ О.Ю. Диченко// «Сучасний соціокультурний простір 2014»: матеріали XI Міжнародної наукової інтернет – конференції. – Київ, 2014. – С. 21-28.

200. Диченко О.Ю. Екологічні коливання або популяційні цикли комах/ О.Ю. Диченко// «Наука України. Перспективи та потенціал»: матеріали XI Всеукраїнської з міжнародною участю науково-практичної заочної конференції. – Київ, 2014. – С.

201. Інформаційне забезпечення щодо динаміки популяцій та її прогнозування / О.Ю. Диченко// Підсумки науково-дослідної роботи технологічних факультетів за 2009 рік: матер. наук.-практ. конф. професорсько-викладацького складу. – Полтава, 2010. – С. 25-26.

202. Дыченко О.Ю. Агроэкологическое обоснование прогноза массового размножения главных вредителей сахарной свеклы / О.Ю. Дыченко // «Экономические, экологические и социальные перспективы развития России, стран СНГ и ближнего зарубежья»: материалы Международной научно-практической конференции. – Новосибирск–Полтава–Семей, 2014. – С. 216-221.

203. Диченко О.Ю. Алгоритм прогнозування совки-гамма у Центральному Лісостепу України/ О.Ю. Диченко: матер. наук.-практ. конф. професорсько-викладацького складу. – Полтава, 2014. – С. 14-15.

204. Дыченко О.Ю. Закономерности массовых размножений главных вредителей свеклы сахарной / О.Ю. Дыченко// Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 3. – С. 22-24.

205. Диченко О.Ю. Екологічні закономірності популяційної динаміки совки-гамма/ О.Ю. Диченко// «Інноваційні технології та ідентифікація розвитку національного виробництва»: матеріали Міжнародної науково-практичної Інтернет конференції. – Тернопіль, 2014. – С.

206. Диченко О.Ю. Екологічне обґрунтування прогнозу масового розмноження довгоносика бурякового звичайного в Центральному Лісостепу України/ О.Ю. Диченко// «100 років на харківській землі»: матеріали

науково-практичної конференції присвяченої 100-річчю харківського періоду агроуніверситету імені В.В. Докучаєва. – Харків, 2014. – С. 47-48.

207. Диченко О.Ю. Міжсистемний метод прогнозування масових розмножень основних шкідників цукрових буряків / О.Ю. Диченко // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2012. – № 3. – С. 76-80.

208. Сумароков А. М. Показатель восстановления биотического потенциала агроэко-систем при уменьшении пестицидных нагрузок / А. М. Сумароков, А. В. Жуков // Біологічний вісник МДПУ ім. Б. Хмельницького – 2013. – Т. 9, № 4. – С. 83–108.

209. Сумароков А. М. Обоснование восстановления экологического потенциала агро-биоценозов при уменьшении пестицидных нагрузок в Украине / А. М. Сумароков, А. В. Жуков // Изв. Харьк. энтомол. о-ва. 2006 (2007). – Т. 14, вып. 1–2. – С. 145–154.

210. Friederichs K. Die Grundfragen und Gesetzmässigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie, insbesondere der Entomologie / K. Friederichs // Berlin: Parey, 1930. – Bd. 1. – 417 S.; Bd. 2 – 463 S.

211. Hanson H. C. Ecology in agriculture / H. C. Hanson // Ecology. – 1939. Vol. 20. – P. 111–117.

212. Dalgaard T. Agroecology, scaling and interdisciplinarity / T. Dalgaard, N.J. Hutchings, J.R. Porter // Agriculture Ecosystems and Environment. – 2003. – Vol. 100. – P. 39–51.

213. Воронин А.Д. Методологические принципы и методическое значение концепции иерархии структурных уровней организации почвы / А.Д. Воронин // Вестник МГУ, сер. 17, Почвоведение. – 1979, № 1. – С. 3–10.

214. Розанов Б.Г. Морфология почв / Б.Г. Розанов // М.: Академический Проект, 2004. – 432 с.

215. Hoosbeek M. R. Towards the quantitative modeling of pedogenesis – a review / M. R. Hoosbeek, R.B. Bryant // Geoderma. – 1992. – Vol. 55. – P. 183–210.

216. Иудин Д. И. Мультифрактальный анализ структуры биотических сообществ / Д. И. Иудин, Д. Б. Гелашвили, Г. С. Розенберг // Докл. АН. – 2003. – Т. 389. № 2. – С. 279–282.

217. Жуков О. В. Екоморфичний аналіз консорцій ґрунтових тварин / О. В. Жуков // Д.: Вид-во «Свідлер А. Л.». – 2009. – 239 с.

218. Забалуєв В.А. Формирование агроэкосистем рекультивированных земель в Степи Украины: эдафическое обоснование / В.А. Забалуєв – Киев, 2010. – 261с.

219. Жуков О. В., Лядская И. В. Целюлозолітична активність техноземів на експериментальній ділянці рекультивації земель, порушених гірничодобувною промисловістю // Вісник Донецького університету. – Серія А. Природничі науки. – 2009, № 2. – С. 286–290.

220. Жуков А. В., Лядская И. В. Первичная продуктивность агробиогеоценозов на экспериментальном участке рекультивации земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью // Вісник

Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2010. – Вип. 18, т. 1. – С. 29–36.

221. Жуков А. В. Оптимальная стратегия отбора почвенных образцов на основании данных об электрической проводимости техноземов / А. В. Жуков, Г. А. Задорожная, Е. В. Андрусевич // Біологічний вісник МДПУ ім. Б. Хмельницького – 2012. – № 4. – С. 64–80.

222. Жуков А. В. Ландшафтная экология как основа пространственного анализа продуктивности агроценозов / А. В. Жуков, О. Н. Кунах, Г. А. Задорожная, Е. В. Андрусевич // Екологія та ноосферологія, 2013. – Т. 24, № 1–2. – С. 68–80.

223. Жуков О. В. Роль ландшафтного різноманіття у динаміці чисельності популяцій шкідників цукрового буряку в Полтавській області / О. В. Жуков, П. В. Писаренко, О. М. Кунах, О. Ю. Диченко // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2015. – Вип. 23, т. 1. – С. 21–27.

224. Жуков О. В. Оцінка варіювання у просторі та часі рослинного покриву засобами дистанційного зондування Землі / О. В. Жуков, П. В. Писаренко, О. М. Кунах, О. Ю. Диченко // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2015. – №2 (36). – С. 105–112.

225. Жуков О. В. Фітоіндикаційне оцінювання вимірів, отриманих при багатовимірному шкалюванні структури рослинного угруповання / О. В. Жуков // Чорноморський ботанічний журнал. – 2015. – Т. 11. – С. 84–98.

226. Бондарь Г. А., Жуков А. В. Экологическая структура растительного покрова, сформированного в результате самозарастания дерново-литогенных почв на лессовидных суглинках // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2011, № 1. – С. 54–62.

227. Андрусевич К. В. Экоморфическая организация сообществ мезопедобионтов как основа зоологической диагностики антропогенных почв / К. В. Андрусевич, А. В. Жуков, О. Н. Кунах // Вестник Харьковского национального университета. – 2014.

228. Світличний О. О. Основи геоінформатики / О. О. Світличний, С. В. Плотницький. – За заг. ред. О. О. Світличного. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с.