

УЗАГАЛЬНЕНИЙ ЗВІТ

ПРОВЕДЕННЯ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ТА ВРАЗЛИВОСТІ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ

Опубліковано:

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) Ukraine

Опис проєкту: EU4ClimateResilience: Декарбонізація та кліматична стійкість у країнах Східного партнерства. Проєкт EU4ClimateResilience - це стратегічна ініціатива, спрямована на підтримку зеленого переходу, посилення декарбонізації та підвищення кліматичної стійкості в країнах Східного партнерства: Вірменії, Азербайджану, Грузії, Молдови та України. Виконавчі партнери: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH та Організація економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР)

Адреса

Київ, проспект Руставелі, 42, оф. / вул. Грибоедова, 31а
0108 Тбілісі, Грузія

E oliver.schoenweger@giz.de

I www.giz.de/en

Автори:

Світлана КРАКОВСЬКА, керівник групи, експерт щодо методологічних підходів до виявлення ризиків зміни клімату для сільськогосподарського сектору, Egis в Україні;

Олексій КРИВОБОК, ключовий експерт, щодо ризиків для рослинництва, пов'язані зі зміною клімату, Egis в Україні;

Людмила ПАЛАМАРЧУК, ключовий експерт, щодо ризиків для тваринництва, пов'язані зі зміною клімату, Egis в Україні;

Анастасія ЧИГАРЕВА, старша експертка з кліматичних даних та сценаріїв, Egis в Україні;

Лідія КРИШТОП, експертка з геоінформаційних систем та мапування даних, Egis в Україні.

Євгенія Засядько, Радниця з питань зміни клімату, EU4ClimateResilience, GIZ

Олівер Шонвегер, Керівник проєкту EU4ClimateResilience, GIZ

URL:

Цей звіт містить посилання на зовнішні веб-сайти. Відповідальність за зміст перелічених зовнішніх сайтів завжди лежить на їхніх відповідних видавцях. Коли посилання на ці сайти були вперше розміщені, GIZ перевірило сторонній контент на предмет того, чи може він спричинити цивільну або кримінальну відповідальність. Однак постійна перевірка посилань на зовнішні сайти не може здійснюватися без конкретної вказівки на порушення прав. Якщо GIZ дізнається або отримає повідомлення від третьої сторони про те, що зовнішній сайт, на який вона надала посилання, може призвести до цивільної або кримінальної відповідальності, вона негайно видалить посилання на цей сайт. GIZ категорично відмежовується від такого контенту.

Ця публікація була підготовлена за підтримки Європейського Союзу та Федерального міністерства навколишнього середовища, зміни клімату, охорони природи та ядерної безпеки Німеччини (BMUKN). Зміст цієї публікації є виключною відповідальністю GIZ і не обов'язково відображає погляди Європейського Союзу та BMUKN.

Implemented by



On behalf of:



ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА АБРЕВІАТУР	4
СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ ТА ПРИЗНАЧЕННЯ	5
1. ВСТУП	6
2. ВПЛИВ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО	14
2.1. Загальна оцінка клімату України	15
2.2. Теплий період ($t > 0^{\circ}\text{C}$)	17
2.3. Вегетаційний період ($t > 5^{\circ}\text{C}$)	18
2.4. Період активної вегетації ($t > 10^{\circ}\text{C}$)	24
2.5. Екстремальні температури	27
2.6. Посушливі явища	29
2.7 Вплив зміни клімату на деградаційні процеси ґрунтів	32
2.8. Вплив зміни клімату на рослинництво	39
2.9. Вплив зміни клімату на тваринництво	42
2.10. Майбутні загрози зміни клімату	45
3. ОЦІНКА ВРАЗЛИВОСТІ ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ ГАЛУЗІ РОСЛИННИЦТВА	68
3.1. Чутливість рослинництва до зміни ЧКВ	68
3.2. Вразливість	71
4. ОЦІНКА ВРАЗЛИВОСТІ ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ ГАЛУЗІ ТВАРИННИЦТВА	86
4.1. Чутливість тваринництва до зміни ЧКВ	86
4.2. Вразливість	90
5. РИЗИКИ ЗМІНИ КЛІМАТУ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА	103
5.1. Методика визначення кліматичних ризиків	103
5.2. Оцінки кліматичних ризиків для галузі рослинництва	109
5.3. Оцінки кліматичних ризиків для галузі тваринництва	122
6. ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	140
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	148
ДОДАТКОВІ ДЖЕРЕЛА	150
ДОДАТКИ	146
Додаток А. Чутливість (%) та максимальні значення вразливостей (%) галузі рослинництво за категоріями ЧКВ та регіонами	153
Додаток Б. Чутливість (%) та максимальні значення вразливостей (%) галузі тваринництво за категоріями ЧКВ та регіонами	162

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА АБРЕВІАТУР

АД – атмосферні депресії

AR5 – П'ятий звіт про оцінку IPCC (Assessment Report 5)

AR6 – Шостий звіт про оцінку IPCC (Assessment Report 6)

CMIP5 – Coupled Model Intercomparison Project Phase 5

CMIP6 – Coupled Model Intercomparison Project Phase 6

ЧКВ – Чинник кліматичного впливу (англ. CID – Climatic Impact Driver)

ETCCDI – Expert Team on Climate Change Detection and Indices

EURO-CORDEX – Європейський проєкт регіонального кліматичного моделювання

E-OBS – European Observational gridded dataset

ФАО – Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (англ. FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations)

GCM – Global Climate Model – глобальна кліматична модель

GSL – Growing Season Length – тривалість вегетаційного періоду

ГТКС – Гідротермічний коефіцієнт Селянінова

МГЕЗК – Міжурядова група експертів зі зміни клімату (англ. IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change)

КМУ – Кабінет Міністрів України

RCP – (англ. Representative Concentration Pathways) репрезентативні траєкторії концентрацій парникових газів

SU – (англ. Summer Days Index) кількість днів з $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$

УААН – Українська академія аграрних наук

ВМО – Всесвітня метеорологічна організація (англ. WMO – World Meteorological Organization)

ВВП – Валовий внутрішній продукт

ООН – Організація Об'єднаних Націй

ПГ – парниковий газ (GHG – Greenhouse Gases)

ЄС – Європейський Союз

АПЕНА 3 – проєкт міжнародної технічної допомоги «Посилення спроможності регіональних та місцевих органів влади для впровадження та застосування законодавства ЄС у сферах захисту навколишнього середовища, протидії кліматичним змінам та розвитку інфраструктурних проєктів» який впроваджує Представництво Європейського Союзу в Україні

РКМ – регіональна кліматична модель

NASA – National Aeronautics and Space Administration (Національне управління з аеронавтики і дослідження космічного простору – агентство уряду США)

ENSO – El Niño-Southern Oscillation (Ель-Ніньйо – Південне коливання)

FWI – Fire-Weather Index (індекс пожежонебезпечної погоди)

JRC – Joint Research Center (Об'єднаний дослідницький центр Єврокомісії)

LISCOAST – Large Scale Integrated Sea-level and Coastal Assessment Tool (<https://data.jrc.ec.europa.eu/collection/liscoast>) Інструмент великого масштабу для оцінки рівня моря та прибережних зон.

СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ ТА ПРИЗНАЧЕННЯ

Узагальнений звіт проведення оцінки ризиків та вразливості сільського господарства до зміни клімату (далі – Звіт) містить аналіз впливу зміни клімату на розвиток сільського господарства, оцінку загроз та ризиків на регіональному (зональному) та локальному рівнях, а також оцінку чутливості й вразливості, зокрема у галузях рослинництва та тваринництва. У межах галузей сільського господарства розкрито суть ризиків, їх потенційний вплив, а також представлено рекомендації та заходи адаптації.

Зазначені заходи є динамічними й можуть доповнюватися в разі повторного проведення оцінки ризиків і вразливості, а також за результатами виявлених змін, як позитивних, так і негативних – під час оцінювання впливу зміни клімату на сільське господарство України.

Проведення оцінки ризиків та вразливості сільського господарства до зміни клімату та підготовка узагальненого звіту здійснено на виконання пункту 1 частини другої статті 13 Закону України «Про основні засади державної кліматичної політики» та пункту 22 цілі 3 «Адаптація до зміни клімату, підвищення опірності та зниження ризиків, пов'язаних із зміною клімату» Операційного плану заходів з реалізації у 2024–2026 роках Стратегії формування та реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2035 року, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2024 року № 483-р.

Звіт містить ключові положення, що відображають результати аналізу впливу зміни клімату на сільське господарство, а також підходи до оцінки вразливості, ризиків та адаптаційних рішень:

- ідентифікація потенційних кліматичних загроз і ризиків, та їх можливі наслідки для процесу росту і розвитку рослин, врожайності, здоров'я тварин та доступність ресурсів;
- оцінка майбутніх кліматичних загроз на основі кліматичних сценаріїв з помірним (RCP 4.5) та інтенсивним (RCP 8.5) потепління;
- оцінки вразливості галузей рослинництва та тваринництва з урахуванням регіональних відмінностей у формуванні кліматичних ризиків та локальних екологічних та господарських чинників;
- підходи до кількісного аналізу впливу зміни клімату на продуктивність, стійкість та адаптаційний потенціал аграрного сектору;
- рекомендації та заходи з адаптації і пом'якшення негативного впливу, підвищення стійкості та посилення адаптаційної спроможності агропромислового виробництва до зміни клімату.

Терміни та визначення понять, що використовуються в Звіті, визначені законами України та нормативно-правовими актами у сфері зміни клімату

(державної кліматичної політики), охорони навколишнього природного середовища, екології та тваринництва.

1. ВСТУП

Сільське господарство України традиційно ґрунтується на двох провідних підсекторах – рослинництві та тваринництві. Офіційна статистика Держстату показує, що в 2023 році на продукцію рослинництва припадало 81,1% валової аграрної продукції (у постійних цінах 2021 року), тоді як на тваринництво – 18,9 %¹.

Глобальні та регіональні кліматичні зміни вже впливають на виробничі умови в сільському господарстві, оскільки за останні шість десятиліть середня температура в Україні зростала на 0,4–0,6 °С за десятиліття, а спекотні дні, посухи та перерозподіл сезонних опадів стають частішими, особливо на півдні та сході країни². В секторі сільського господарства це призводить до зниження продуктивності, погіршення водного балансу ґрунтів і зростання ризику ерозії, що зумовлює коливання урожайності і одразу відбивається на експортному потенціалі та доходах аграріїв. Саме тому *Стратегія формування та реалізації державної політики у сфері зміни клімату до 2035 року та її операційний план на 2024–2026 роках*, затверджені розпорядженням КМУ від 30 травня 2024 року № 483-р³, вимагають для всіх секторів економіки, і насамперед аграрного, почати з комплексної оцінки ризиків і вразливості як точки відліку для планування адаптаційних заходів до зміни клімату.

Перша ґрунтовна оцінка впливу зміни клімату на аграрний сектор була надана у звіті Світового банку «Ukraine: Building Climate Resilience in Agriculture and Forestry» (2021)⁴, в якому було використано ті самі регіональні кліматичні проєкції Euro-CORDEX/CMIP5, що й у даному дослідженні. Однак його фокус обмежувався біофізичним впливом температури та опадів на врожайність п'яти ключових культур. Зокрема, за сценарієм RCP 8.5 до 2050 року моделювалися середні падіння врожайності кукурудзи та соняшнику до -23% і -21%, тоді як пшениця демонструвала потенціал зростання. Біофізичне моделювання на основі добових даних про температуру і відносну вологість повітря, опади та швидкість вітру за двома сценаріями також показало, що за умови впровадження адаптаційних заходів, зокрема оптимального поливу,

¹ https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2023/zb/11/year_23_e.pdf

² <https://www.climatecentre.org/wp-content/uploads/RCCC-ICRC-Country-profiles-Ukraine.pdf>

³ <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-skhlavennia-strategii-formuvannia-ta-realizatsii-derzhavnoi-polityky-u-sferi-zminy-klimatu-na-period-t300524>

⁴ <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/893671643276478711/ukraine-building-climate-resilience-in-agriculture-and-forestry>

сумарна вартість продукції п'яти культур, що розглядалися, може зрости на 29% до 2030 і на 56% до 2050 порівняно з 2010 роком.

Водночас у звіті Світового банку не застосовувалися нещодавно опубліковані методологічні підходи Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (IPCC, 2022) до оцінки кліматичних ризиків та вразливості на основі Чинників Кліматичного Впливу (**ЧКВ**, Climatic Impact Drivers, CID), а отже не розглядалися комплексні категорії загроз та екстремальні показники (теплові хвилі, посухи, зливи, сильний вітер тощо) для того, щоб можна було спланувати конкретні види заходів з адаптації. Тому нинішній документ логічно продовжує попередню роботу, інтегруючи ЧКВ-методологію МГЕЗК та розширюючи аналіз до повної формули кліматичного ризику та індексу вразливості із врахуванням чутливості двох основних галузей сільського господарства, а саме рослинництва і тваринництва, до кожного з 32 ЧКВ у п'яти основних категоріях: спека та холод, зволоження та посушливість, сніг, вітер та прибережні.

Рослинництво є одним з основних елементів сільського господарства в Україні. Воно формує продовольчу, економічну, екологічну й енергетичну безпеку, забезпечує розвиток технологічно пов'язаних галузей, соціально-економічні основи розвитку країни та окремих територій. В Україні аграрний сектор забезпечує в середньому до 16% ВВП і близько 40% експортних надходжень. Наприклад, впродовж 2021 року в Україні було зібрано більше 100 млн т зернових, технічних та зернобобових культур. За результатами збору врожаю таких культур, як кукурудза, озима пшениця, соняшник, ячмінь і ріпак, Україна забезпечувала від 3,5% (кукурудза) до 30,5% (соняшник) загальносвітового обсягу виробництва, що дозволяло країні стабільно входити до топ-10 світових експортерів зазначеної продукції⁵.

Після повномасштабного вторгнення російських військ в Україну в лютому 2022 року було суттєво знижено об'єм вирощування основних сільськогосподарських культур. Так, внаслідок військових дій на півдні та сході України не були засіяні посівні площі в Донецькій, Херсонській, Луганській та Запорізькій областях. Майже у всіх областях були вимушено зменшені площі посівів порівняно з 2021 роком, найбільше в Миколаївській та Харківській областях, а саме в 1,5 та 2,15 разів відповідно. В той же час на заході країни зросла площа посівів майже на 30%. Тим не менш, оскільки ці площі порівняно незначні, таке зростання не вплинуло відчутно на загальний валовий збір.

⁵ <https://www.fas.usda.gov/sites/default/files/2022-04/Ukraine-Factsheet-April2022.pdf>

У 2023 році спостерігалась загальна тенденція до скорочення площ посівів ячменю від 3% до 34% у порівнянні з 2021 роком. Зазначена оцінка не враховує дані по Херсонській області, де внаслідок окупації відбулося скорочення посівних площ у 30 разів. Водночас на заході країни, переважно у Хмельницькій та Чернівецькій областях, було зафіксовано зростання посівних площ:

у порівнянні з 2021 роком, приріст склав від 12% до майже 40%. Проте їхня частка у валовому зборі залишається незначною. У 2024 році вдалося стабілізувати виробництво основних сільськогосподарських культур, а за окремими з них, зокрема соєю, досягнуто суттєвого приросту.

Не зважаючи на військові дії на півдні та сході країни, Україна залишається одним із ключових виробників сільськогосподарської продукції у світі.

За результатами 2024 року доля України в глобальному об'ємі виробництва соняшнику, рапсу, ячменю, пшениці та кукурудзи становила, відповідно, 24,7%, 4,2%, 3,7%, 2,8% та 2,2%⁶. Таким чином, українське сільське господарство, і рослинництво зокрема, відіграє значну роль як в забезпеченні економічної стабільності держави, так і в регіональній та глобальній продовольчій безпеці.

Структура продукції сільського господарства в Україні за видами культур станом на 2021 рік складала: 26,2% – зернові та зернобобові культури; технічні – 22,5 %; 1% – овочі; до 4% – плодові та кормові. Такий розподіл забезпечувався як наявністю природних ресурсів, так і попитом на міжнародному ринку. Провідне місце в рослинництві посідає вирощування зернових. Зернові культури в Україні займають 45–50% загальної посівної площі. По площам посівів основними зерновими культурами є пшениця, жито, тритикале, ячмінь, овес, просо, кукурудза, сорго.

В Україні найчастіше культивують *озиму пшеницю*, ярої вирощують значно менше. Основні райони вирощування знаходяться в степовій та лісостеповій зонах, в основному на чорноземних ґрунтах. У середньому засіваються приблизно 23% ріллі. Валовий збір у 2024 році склав 2,8% світового (8-ме місце у світі та 2-ге в Європі, після Франції).

Другою важливою злаковою культурою є *ячмінь*, який рахується однією з невибагливих культур, скоростиглий, посухостійкий, з невеликим вегетаційним періодом (60-90 днів). Завдяки цим особливостям посіви його розміщені в північних районах степу та лісостепу, в передгірських і гірських

⁶ <https://www.statista.com/statistics/1379651/ukraine-global-agricultural-production-share-by-product/>

районах Карпат. У роки вимерзання озимої пшениці ячмінь висівають замість пошкоджених посівів.

Лідером серед зернофуражних культур в Україні є *кукурудза*, яка потребує тепло та досить якісних ґрунтів. Кукурудза на зерно культивується у степовій зоні. У посівів кукурудзи досить висока врожайність > 60 ц/га і великі площі посівів, що дозволяє збирати значні обсяги валового збору, що склав в 2024 році 2,2% від світового (6-те місце у світі та 1-ше в Європі). Це забезпечує приблизно 23% експорту сільськогосподарських товарів.

До зернобобових культур відносяться квасоля, соя та горох, вони є важливими продовольчими і кормовими культурами. Їх посіви зосереджені на Поліссі та в лісостепу. Основною зернобобовою культурою є *соя*. Це вологолюбна, вимоглива до ґрунтів, нетерпима до посушливих умов культура. За останні 25 років площі її посівів збільшилися у 20 разів, і тільки за останні 3 роки в півтори рази. В степовій та лісостеповій зонах сою вирощують на зрошувальних ґрунтах, особливо у Черкаській і Вінницькій областях. Валовий збір складає приблизно 1% глобального збору у світі (9-те місце у світі та 1-ше в Європі). Основне використання сої – це для виготовлення олії та як заміник тваринного білка.

Основними технічними культурами в Україні є соняшник, ріпак та цукровий буряк, які переважно є сировиною для харчової та легкої промисловості. Посіви *соняшнику* займають приблизно 22% усіх посівних площ в Україні, його вирощують у степовій зоні та на півдні лісостепу, на чорноземних ґрунтах. Найбільші площі посівів знаходяться у Дніпропетровській, Запорізькій, Кіровоградській та Харківській областях. Україна забезпечує 28% світового виробництва (2-ге місце у світі).

Другою за важливістю технічною культурою є *ріпак*, його площі постійно зростають і становлять біля 1,7% ріллі. Це вологолюбна та теплолюбна рослина, яка вирощується у західній частині лісостепової зони: у Хмельницькій, Тернопільській, Львівській, Вінницькій областях. Ріпак використовується для виготовлення технологічної олії та відносно дешевого біопалива, а також у вигляді кормів для скотарства. Досить важливою технічною культурою є *цукровий буряк*. Внаслідок значної праце- та енергоємності виробництва, протягом останніх років спостерігається тенденція зменшення посівів цієї культури. Вона культивується, в основному, у лісостеповій зоні, її площі становлять приблизно 1,1% ріллі, половина цих площ припадає на Вінницьку, Хмельницьку, Харківську та Тернопільську області. В Україні спостерігається досить висока врожайність більше 450 ц/га

і за валовим збором країна посідає місце у другій десятці маючи 1,9 млн т (2024 р.) та 3-тє в Європі (після Франції та Німеччини).

Посіви *картоплі* за останні десятиліття майже не змінювалися і займають приблизно 5% ріллі, врожайність на даний час складає 161 ц/га. Це досить невибаглива рослина до умов вирощування, а тому культивується практично по всій території країни. Найбільші площі зосереджено на Поліссі та Прикарпатті. Валовий збір становить 6% світового (1-ше місце в Європі та 4-те у світі).

Вирощування овочів має здебільшого азонльний характер. Найбільша концентрація посівів овочевих культур характерна для господарств, розташованих навколо великих міст – для забезпечення населення свіжою продукцією. Найпоширенішими є помідори, огірки, цибуля, столові буряки тощо. До баштанних культур належать кавуни, дині, гарбузи. Так, на Поліссі вирощують переважно огірки, моркву, столовий буряк, капусту, у Лісостепу – огірки, помідори, цибулю, у Степу – помідори, перець, баклажани. За валовим виробництвом овочевої та баштанної продукції, рівнем урожайності Україна є одним зі світових лідерів.

Важливими галузями рослинництва є садівництво та виноградарство. Найбільші за площею насадження яблунь і груш розташовані в Лісостепу і в Поліссі, вишень, слив, абрикосів, черешень, персиків, горіхів – у степовій зоні. В центральних і південних областях України черешні, горіхи, абрикоси й інші плодові дерева ростуть у висаджених лісосмугах, уздовж автошляхів, у лісах. Останнім часом кількість насаджень плодових дерев зросла в господарствах населення, особливо навколо міст. Великі плантації винограду розташовані на півдні країни й на Закарпатті. Близько 80% площ виноградників зосереджено в Херсонській, Одеській області та окупованому Криму.

Перед повномасштабним вторгненням в Україну, станом на 01.01.2022 сільськогосподарські угіддя в Україні становили 41310,9 тис. га (68,5% від загальної площі земель), як правило, більше 90% сільськогосподарських посівів вирощуються в природних умовах завдяки тому, що в Україні зосереджено близько 25% найродючіших чорноземів у світі, які в умовах помірного клімату надали українським виробникам значні природні конкурентні переваги й унікальний сільськогосподарський потенціал. Однак, кліматичні зміни, що почалися наприкінці ХХ сторіччя, почали суттєво впливати на рослинництво в Україні. За останні 20–25 років кількість посушливий явищ значно збільшилась, причому не тільки в південних районах, а й в центральних і східних. З 2000 року внаслідок кліматичних змін спостерігалися тривалі посушливі періоди,

які були досить інтенсивними і, відповідно, мали негативні наслідки. Так, посуха 2003 року скоротила валовий збір зерна в Україні до 22 млн т і повністю унеможливила експорт (того року зерно навіть довелося імпортувати). Значних збитків агросектору завдала й посуха 2007 року, коли навесні нестачу вологи фіксували на $\frac{2}{3}$ території країни. Впродовж останніх років відмічалися значні посушливі явища, зокрема в 2010, 2015, 2017, 2019–2020. У зв'язку з підвищенням температури взимку зникає сніговий покрив, що привело, наприклад у 2020 році до загибелі 568,2 тисяч гектар озимих культур, внаслідок недостатньої вологи в ґрунті (Buono, 2021; Lazareva, 2021; Nalau & Verrall, 2021). Необхідно відмітити, що останніми роками майже кожний рік той чи інший регіон потерпає від посухи або інших кліматичних явищ. Наприклад, в 2024 році в центральних областях з липня по вересень були відсутні опади, що призвело до значного зниження врожайності, майже в два рази, кукурудзи та сої. Вважається, що ці природні явища на території України мають тенденцію до поширення на північні та західні райони, а враховуючи, що їх виникнення може бути в різні періоди вегетації рослин, то вплив може відбуватися на весь спектр сільськогосподарських культур, що вирощуються.

Тваринництво – це галузь сільського господарства, яка займається розведенням та використанням сільськогосподарських тварин. В Україні тваринництво представлено декількома напрямками, а саме: скотарством (розведення та використання великої рогатої худоби), свинарством, вівчарством, конярством, козівництвом та іншими, меншими за обсягами виробництва та значимістю напрямками. Тваринництво, і зокрема скотарство, виконують важливі соціально-економічні функції, а саме:

- забезпечують людей продуктами харчування;
- дають сировину для харчової, текстильної, фармацевтичної промисловості;
- надають органічні добрива для агропромислового комплексу;
- забезпечують при необхідності тяговою силою.

У структурі тваринництва в Україні домінує саме скотарство: вирощування великої рогатої худоби (10,6%) та виробництво молока (5,7%) разом формували левову частку тваринницьких продуктів за даними «Статистичного щорічника України – 2023»⁷, підтверджуючи його вагому роль у продовольчій безпеці країни. Зазначимо, що у зв'язку з російським вторгненням та воєнними діями, що тривають, агропромисловий сектор України зазнав прямих збитків, що складають 8,7 млрд доларів США, непрямі ж збитки оцінюються в 40,3 млрд доларів США. За даними ФАО через війну, зокрема у тваринництві відбувається зменшення

⁷ https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2023/zb/11/year_23_e.pdf

поголів'я та виробництва продукції, а збитки на кінець 2024 року оцінюються в 0,98 млрд доларів США⁸.

Поголів'я великої рогатої худоби в скотарстві у всіх категоріях господарств на січень 2024 року становило 2233,6 тис. голів, що на 3,3% менше, ніж у січні 2023 року. Розподіл поголів'я наступний: 71% зосереджено в господарствах населення, а 29% – в агропідприємствах⁹.

У зв'язку з домінуючою роллю скотарства у тваринницькій галузі України, саме для цієї підгалузі тваринництва потрібно у першу чергу провести оцінювання впливу зміни клімату. Крім того, при оцінюванні розглядався тільки стійлово-пасовищний тип утримання великої рогатої худоби, при якому вплив параметрів навколишнього середовища буде більш значимим і навіть вирішальним. У цьому звіті термін «тваринництво» використовується виключно у значенні вирощування великої рогатої худоби (скотарство), як найбільш репрезентативної та ресурсно чутливої підгалузі у контексті впливу зміни клімату. Інші напрями тваринництва у межах цього дослідження не розглядалися.

Відомо, що кліматичні зміни вже спричиняють і чинитимуть надалі досить інтенсивний вплив на природні та штучні екосистеми, населення та різні напрямки його діяльності. У зв'язку з цим необхідним є експертне оцінювання ступеню вразливості галузей господарства, з метою використання отриманих результатів для зменшення негативних впливів, зокрема і на сільське господарство.

Підходи до оцінювання впливу кліматичних змін у цьому дослідженні базувалися у цілому на методичних рекомендаціях затверджених Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України¹⁰ з певними доповненнями та оновленнями, які було застосовано під час розробки Стратегій адаптації до зміни клімату для трьох пілотних областей в проєкті ЄС АПЕНА 3, декілька разів презентовано, обговорено у фаховому середовищі і погоджено Міндовкілля перед початком виконання цього дослідження на першому вебінарі 08 січня 2025 року.

Суттєвим для оцінки **вразливості** будь-якого сектору економіки, екосистеми чи активу на початковому етапі є визначення **чутливості** цього об'єкту до впливу зміни клімату, тобто визначення ступеню, до якого система або об'єкт зазнає негативного (чи сприятливого) впливу зміни клімату. **Чутливість** є властивістю саме об'єкта і тому не залежить від географічного

⁸ https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/09/June_Damages_UKR_-Report.pdf

⁹ <https://avm-ua.org/uk/post/tendencia-skorocenna-pogoliva-vrh-v-grudni-2>

¹⁰ <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/06/386nd1.pdf>

розташування на відміну від **вразливості**, яка визначається конкретними змінами кліматичних параметрів в конкретній місцевості. В даній оцінці вразливостей і ризиків розглядалися лише негативні наслідки зміни клімату, а чутливість встановлювалася шляхом експертного оцінювання, через визначення вагових коефіцієнтів, що пропорційні саме негативній реакції основних культур і великої рогатої худоби на ті чи інші зміни кліматичних параметрів. Важливим моментом є те, що вагові коефіцієнти представлені числовими значеннями, що в подальшому надаватиме можливість більш точного розрахунку **ризиків**, які несе з собою зміна кліматичних умов для галузі. В експертній оцінці для галузей враховувався вплив зміни того чи іншого кліматичного показника на стан посівів основних сільськогосподарських культур, здоров'я тварин, можливості збереження поголів'я, приріст живої маси, продуктивності та відтворювальної здатності. Оцінювався також вплив зміни клімату на якість та кількість кормових ресурсів та питної води.

Зміни кліматичних чинників у дослідженні оцінювалися переважно за допомогою стандартизованих індексів, що були рекомендовані Експертною групою ETCCDI¹¹ (Expert Team on Climate Change Detection and Indices), яка працювала в рамках програми World Climate Research Program¹²

Значення кліматичних індексів для сучасного періоду та майбутніх кліматичних періодів визначалися на основі кліматичних проєкцій температури повітря та атмосферних опадів, характеристик вологості та швидкості вітру, які отримані з ансамблю регіональних кліматичних моделей (PKM) проєкту EURO-CORDEX для двох сценаріїв Репрезентативних Траєкторій Концентрацій (Representative Concentration Pathways) RCP 4.5 та RCP 8.5. Усі результати моделювання обов'язково проходили процедуру статистичного корегування з використанням даних спостережень і вважаються придатними для отримання проєкцій основних та спеціалізованих кліматичних показників та їхніх трендів.

¹¹ <https://www.wcrp-climate.org/etccdi>

¹² <https://www.wcrp-climate.org/>

2. ВПЛИВ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО

Зміна клімату є результатом поєднання цілої низки природних чинників та економічної діяльності людини і проявляється переважно у підвищенні середньої глобальної та регіональної температури приземного шару повітря, земної поверхні та океану. Наслідками такого підвищення температури є танення морської криги і льодовиків полярних регіонів та високогір'я, зменшення сезонного снігу і льодових явищ на внутрішніх водоймах, підняття рівня Світового Океану із його закисленням, нерівномірний розподіл опадів і значне зростання кількості та інтенсивності екстремальних погодних явищ: хвиль спеки і морозу, посух, повеней, паводків, ураганів, підтоплень тощо.

Кліматичній системі завжди були притаманні зміни та коливання стану, але в *індустріальний період* розвитку людства, коли в атмосферу надходять великі об'єми промислових викидів продуктів спалювання викопних палив та інші забруднюючі домішки, відбувається інтенсивне розорювання значних площ земель, значна вирубка лісових масивів, забруднення довкілля промисловими відходами та продуктами життєдіяльності людства, такі зміни прискорилися та збільшився їхній вплив на природні та штучні екосистеми.

У наукових дослідженнях та документах Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК, ІРСС) підкреслюється, що сучасна зміна клімату переважно обумовлена антропогенними чинниками, вплив яких останнім часом значно посилюється. На основі 6-го оціночного звіту МГЕЗК (2021): глобальна температура поверхні Землі була на 1,09 [0,95–1,20] °C вищою в 2011–2020 роках, ніж у 1850–1900 роках, при цьому над суходолом підвищенням температури оцінено в 1,59 [1,34–1,83]°C¹³. Достовірність зростання температури приземного шару повітря, земної поверхні та поверхні океанів підтверджена інструментальними вимірюваннями з використанням сертифікованих приладів та стандартних методик спостережень за останні принаймні півтора століття. У 6-му оціночному звіті МГЕЗК підкреслено, що окрім зміни термічного режиму, відбувається перебудова циркуляційних процесів, підвищується частота меридіонального перенесення повітряних мас, розвитку блокуючих процесів, що призводить до збільшення повторюваності стихійних та небезпечних гідрометеорологічних явищ. Так, наприклад, дослідники NASA дійшли висновку, що зі зміною клімату посухи, які раніше могли відбуватися

¹³ <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

лише раз на 10 років, тепер трапляються на 70% частіше; тоді як зливи, які раніше спостерігалися раз на 10 років, тепер трапляються на 30 % частіше¹⁴.

Напрямки і темпи зазначеної зміни клімату на сьогодні не змінюються. Відповідно до даних Всесвітньої Метеорологічної Організації (ВМО), глобальна середня температура повітря за 2024 рік була на 1,54°C (з максимальною похибкою у $\pm 0,13^\circ\text{C}$) вищою за доіндустріальний рівень 1850-1900. Глобальна середньорічна температура 2024 року склала +11,5°C, що на 2,4°C вище кліматичної норми та на 0,7°C вище за 2023 рік. Взагалі, 2024 рік визнаний найтеплішим за всю історію спостережень. При цьому у Європі інтенсивність зростання температури є вищою у порівнянні з глобальним значенням та середніми показниками інших регіонів¹⁵.

Останній 2024 рік у Києві, як і у більшості областей України, за даними за весь час проведення спостережень став також найтеплішим (за даними Центральної геофізичної обсерваторії¹⁶ та Українського гідрометеорологічного центру¹⁷). У 2024 році температура повітря перевищувала середні багаторічні показники у всі його місяці. Найбільші позитивні середні місячні аномалії спостерігались в Києві у лютому і вересні: 5,2°C та 5,7°C відповідно. Опадів у Києві випало 642 мм, що відповідає 104% кліматичної норми. Однак у часі вони розподілились дуже нерівномірно: майже по дві місячні норми у квітні та червні і лише 23% та 36% від середніх багаторічних показників у травні та вересні. Тобто, можна зробити висновок про те, що у сучасному кліматичному періоді фіксуються стійкі тренди до підвищення температури повітря та перерозподілу опадів у просторі та часі шляхом збільшення інтенсивності їх випадання, зменшення кількості днів з опадами з подовженням посушливих періодів.

2.1. Загальна оцінка клімату України

Сучасний клімат більшої частини України (85%) є помірно-континентальним, або «холодним», згідно з класифікацією клімату Коппена-Гейгера. У країні спостерігається декілька кліматичних зон, включно із зоною без посушливих умов з теплим літом (Dfb), що охоплює понад 70% території на заході, півночі та у центрі країни, а також у Гірському Криму, і відповідає лісовим і лісостеповим зонам. Зона вологого континентального клімату з

¹⁴ Rodell, M., Li, B. Changing intensity of hydroclimatic extreme events revealed by GRACE and GRACE-FO. *Nat Water* 1, 241–248 (2023). <https://doi.org/10.1038/s44221-023-00040-5>

¹⁵ <https://wmo.int/news/media-centre/wmo-confirms-2024-warmest-year-record-about-155degc-above-pre-industrial-level>

¹⁶ <http://cgo-sreznivskyi.kyiv.ua/uk/>

¹⁷ <https://www.meteo.gov.ua>

жарким літом (Dfa) охоплює понад 14% території країни, на південному сході та північному степу. Зона холодного напівпосушливого клімату (BSk) відповідає південному степу і займає понад 14% півдня, включаючи більшу частину Кримського півострова.

Клімат України суттєво змінився за останні 60 років, і температура зростає все швидше в останні десятиріччя. З кінця 1990-х років середня річна температура повітря стабільно вища, ніж у період кліматичної норми 1961–1990. З 2007 року вона перевищила норму на 1,5°C. Останнє десятиліття, особливо роки з 2015 року, були найтеплішими за всю історію в Україні та в Північній півкулі загалом. В окремі роки підвищення середньої річної температури повітря перевищувало 2,0°C (2,2°C у 2007, 2,3°C у 2015, 2,7°C у 2019).

Відмічається загальна тенденція підвищення мінімальної добової температури найбільше в холодну пору року, а максимальної – влітку. Такі зміни призвели до зменшення тривалості холодної пори року, кількості морозних днів і суворості зим. Водночас зміни призвели до більш тривалого та спекотного вегетаційного періоду, збільшення кількості літніх днів. Змінився і режим випадання опадів в Україні: річна кількість опадів практично не змінилася, але відбувся перерозподіл кількості опадів між сезонами. Збільшення кількості опадів спостерігається восени, зменшення взимку, ще більше зменшення влітку. Крім того, збільшилася нерівномірність опадів та їх інтенсивність у добових значеннях, що спричинило подовження тривалості посушливих періодів. Підвищення температури повітря та нерівномірне випадання опадів призвели до зниження накопичення вологи в ґрунті, що призвело до збільшення частоти та інтенсивності посушливих явищ. За останні двадцять років виникнення посух зросло майже вдвічі майже по всій території країни, з небезпечною тенденцією до збільшення повторення посушливих умов у Поліському регіоні, а також виникнення посушливих умов у північних районах Лісостепу, тобто в тих регіонах, які раніше відносилися до перезволожених за гідротермічними показниками, де кількість опадів перевищує випаровування.

Для визначення впливу сучасної зміни клімату на сільське господарство були проаналізовані наступні показники, що пов'язані з фенологічним розвитком рослин: зміни початку, закінчення та тривалості періодів з середніми температурами вищими за 0°C (теплій період), 5°C (вегетаційний період), 10°C (період активної вегетації рослин) і більше 25°C (екстремальні температури),

а також суми ефективних температур вище за 5°C /10°C і гідротермічний

коефіцієнт Селянінова (ГТКС). Для визначення цих показників використовувалися дані європейської бази E-OBS версії 20.0 за період 1991–2010, які порівнювалися з показниками у попередній кліматичний період ВМО 1961–1990 для оцінки фактичної зміни показників за останні 60 років.

2.2. Теплий період ($t > 0^{\circ}\text{C}$)

Тривалість теплового періоду в Україні в період 1961–1990 зростає з північного сходу (220–240 днів) на південь та південний захід (320–340 днів), що відповідає просторовому розподілу середньої за рік температури повітря та прямої сонячної радіації (рис. 2.1.). Широтний розподіл порушувався на заході країни, де відмічається зростання тривалості теплового періоду на значній території, за винятком Українських Карпат. На Закарпатті теплий сезон тривав 320–340 днів, стільки ж, як і в південних областях України. Порушення широтного розподілу зумовлені впливом Атлантики та особливостями атмосферних процесів у цих регіонах. Такі закономірності просторового розподілу показника характерні для минулого та сучасного кліматичних періодів. Тривалість теплового періоду в Україні протягом 1991–2010 змінилась відносно кліматичної норми (1961–1990). Ці зміни були неоднакові на території країни: у лісостеповій та лісовій зоні відмічається зростання тривалості теплового періоду, до 20 днів, найінтенсивніше у Прикарпатті та на півночі Житомирського і Волинського Полісся. Проте в Українських Карпатах та степовій частині країни зміни були незначними, а в окремих районах Одеської області та АР Крим відмічалось зменшення тривалості теплового сезону (рис. 2.1).

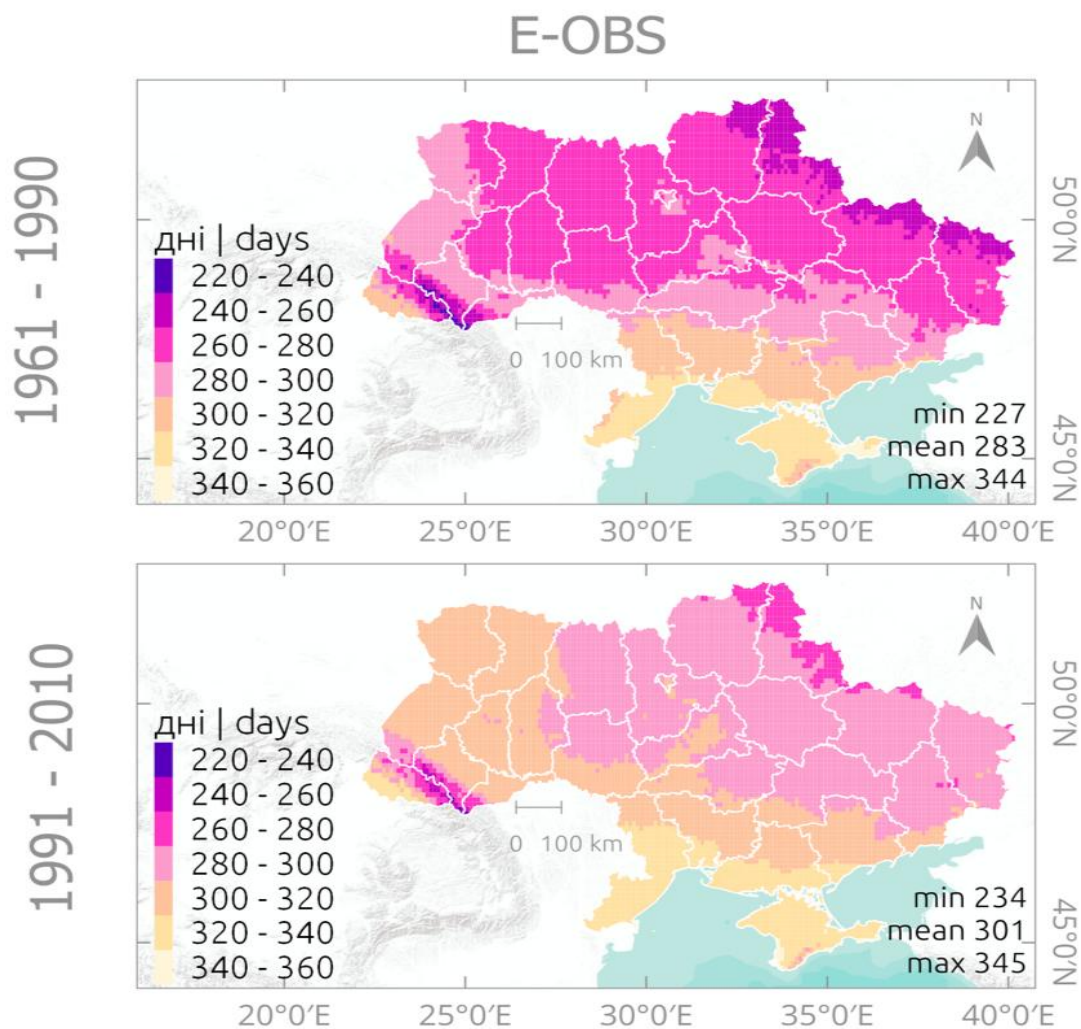


Рисунок 2.1. – Тривалість теплового періоду за даними E-OBS

Такі зміни сприяють вирощуванню основних сільськогосподарських культур майже по всій території України в промислових масштабах за рахунок теплозабезпеченості та зменшення періоду від'ємних температур, особливо для озимих культур.

2.3. Вегетаційний період ($t > 5^{\circ}\text{C}$)

Тривалість вегетаційного періоду (англ. growing season length, GSL) є найбільш важливим чинником для таких секторів як сільське та лісове господарства, оскільки він визначає тривалість росту та розвитку рослин. Цей показник розраховується у днях за даними про середню добову приземну температуру повітря. Вегетаційний період починається/закінчується до/після 1 липня для північної/південної півкулі, коли температура принаймні 6 послідовних днів дорівнює або вище за 5°C , а закінчується/починається відповідно коли середня добова температура 6 днів і більше

Київ, Україна 2025

знижується/зростає за це порогове значення після/до 1 липня для північної/південної півкулі.

Для вегетаційного періоду в минулому характерні такі ж просторово-часові закономірності, що й для теплого періоду: збільшення тривалості з північного сходу на південь і південний захід від 200 до 290 днів і більше (рис. 2.2). Ранній початок теплого періоду зумовлює раннє відновлення вегетації рослин, що призводить до збільшення тривалості вегетаційного періоду, зростання його теплозабезпеченості. Зростання тривалості вегетаційного сезону протягом останніх десятиріч спостерігались майже на всій території України, а найбільш значними вони були у південних, південно-східних та північно-західних регіонах країни, де сягали від 7 до 14 днів, порівняно з кліматичною нормою (1961–1990).

Раннє відновлення вегетації особливо важливо для озимих культур, коли ще залишається достатньо вологи в ґрунті після зимового періоду і це закладає значний потенціал формування врожаю. Характерний приклад, умови, що були у 2024 році, коли відбулося інтенсивне відновлення вегетації озимих культур на початок-середину квітня, коли температури сягали 20°C і це сприяло формуванню значної кількості біомаси рослин, за рахунок чого не відбулося значного зниження врожайності озимих культур, хоча попередні прогнози давали зниження майже на 20%.

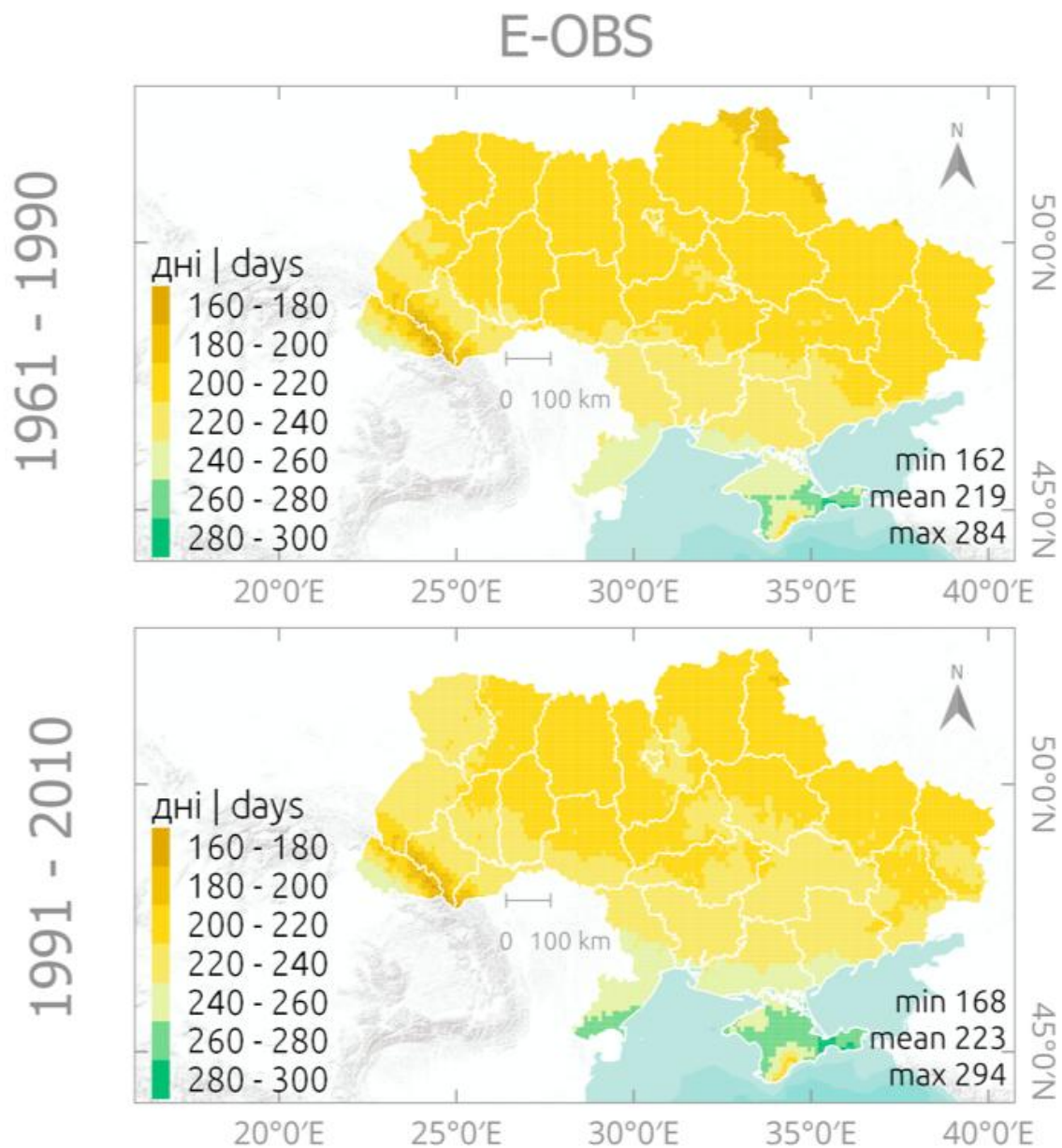


Рисунок 2.2. – Тривалість вегетаційного періоду за даними E-OBS

Ранній початок вегетаційного періоду сприяє збільшенню суми ефективних температур вище 5°C . За минулий кліматичний період (1961–1990) цей показник має значний розкид значень по території України та варіює в межах $857\text{--}2915^{\circ}\text{C}$ (рис. 2.3). Мінімальні накопичені значення відмічаються у високогір'ї Карпат, де вони становлять 857°C . Ця сума у горах значно змінюється внаслідок висотної поясності та характеризується нерівномірним розподілом: від 900 до 1900 на вершинах та схилах гір, тоді як перед Карпатами сума ефективних температур складає до 2000°C (частково Львівська, Івано-Франківська області). На Закарпатті сума ефективних температур вище 5°C більша і сягала 2400°C .

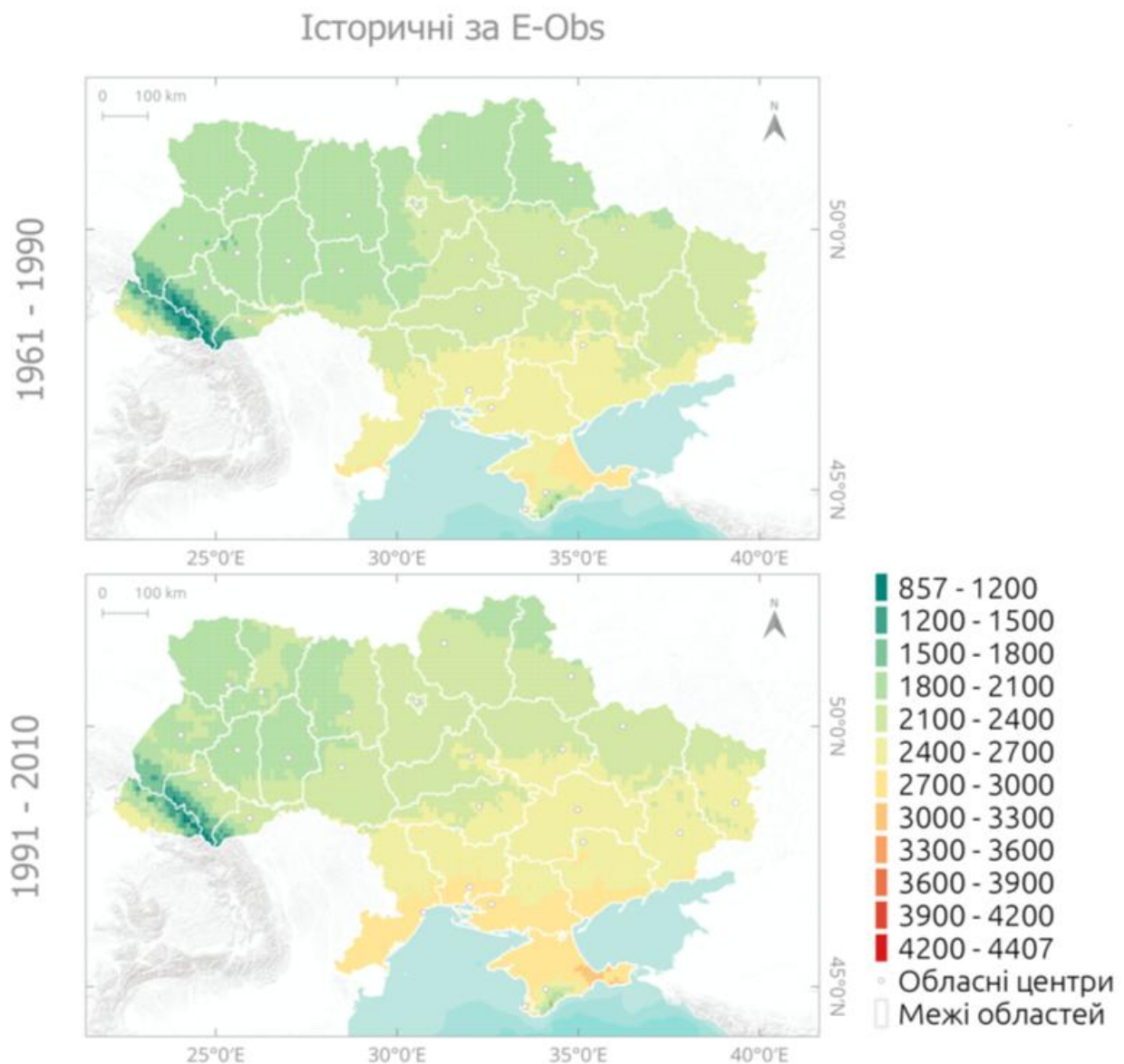


Рисунок 2.3. – Просторово-часовий розподіл сум ефективних температур повітря вище 5°C за даними E-OBS

В рівнинній частині заходу та півночі України значення ефективних температур вище 5°C у цілому складають у межах 1900–2000°C. Нижчі значення будуть характерні для Волинської, частково Тернопільської, Хмельницької та Вінницької областей, тоді як вищі для Рівненської і Житомирської областей. Також подібні значення суми ефективних температур вище 5°C з сумою приблизно 1900–2000°C охоплюють північ Чернігівської та Сумської областей, тобто, Полісся. При просуванні на південь зі зростанням кількості сонячної радіації сумарні значення ефективних температур зростають. Переважно у лісостепу ці значення зростають з 2000°C на півночі до 2300°C на півдні. Сюди належить Вінницька, південь Київської, Чернігівської, Сумської областей, Черкаська, Полтавська, Харківська області. Тоді як у степу значення підвищуються від

2300°C на північній межі та становлять на переважній частині території 2300–2600°C (Кіровоградська, Дніпропетровська, переважна частина Одеської, Миколаївської, Херсонської, Запорізької областей) за винятком сходу та північного сходу степу, де мінімальні значення становлять 2200°C і вище, куди входить південь Харківської та Луганська, Донецька області. На узбережжі морів ці значення становлять 2500–2600°C і вище. Сюди належить південь Одеської, Миколаївської, Херсонської, Запорізької, Донецької областей та вся АР Крим. Сума ефективних температур сягає найбільших значень вище 2800°C з максимумом 2915°C у районі Ак-Монайського перешийку та Керченського півострова. Лише у високогір'ї Кримських гір сума ефективних температур вище 5°C складала 1500–1600°C.

За сучасний базовий період двадцяти років (1991–2010), у порівнянні з попереднім кліматичним (1961–1990), значення накопичених сум ефективних температур вище 5°C зросли та варіюють у межах 1028°C у високогір'ї Карпат до 3074°C на крайньому півдні, у районі Ак-Монайського перешийку та Керченського півострова (рис. 2.3). Тобто, суми накопичених температур зросли на 83,5–223,5°C. Найбільшими зміни характерні для південного заходу та півдня степу (Одеська, Херсонська області, Керченський півострів АР Крим), а також Полісся – Волинської, Рівненської, Житомирської, Чернігівської областей. За базовий кліматичний період (1991–2010) найнижчі значення накопичених ефективних температур характерні для гірського регіону Карпат, де мінімум становить 1028°C. У цілому через складність рельєфу та різну висоту, значення сум ефективних температур вище 5°C значно варіюють від 1028°C до 2100°C на схилах та у межах 2200°C перед східними (Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька області) та західними схилами Карпат (Закарпатська область). Тоді як на рівнинному Закарпатті такі суми становлять 2500°C і вище.

На заході України та у Поліссі сума ефективних температур в цілому становить у межах 2000–2200°C. Сюди входять рівнинна частина Львівської, Івано-Франківської, Тернопільська, Волинська, Рівненська, Житомирська, а також північ Чернігівської та Сумської областей. Чернівецька область характеризується нерівномірним рельєфом, тому на заході, у горах, значення варіюють від 1100°C до 2300°C і вище на рівнинній східній частині.

При просуванні на схід та південний схід, південь сума ефективних температур зростає. На півночі лісостепу вона складає 2200–2300°C, що характерно для півночі Вінницької та Київської, півдня Чернігівської та Сумської областей. Тоді як при просуванні на південь 2300–2500°C, що охоплює південь Вінницької, Черкаську, Полтавську, Харківську області. Тоді як у степу нижчі значення акумульованих сум ефективних температур

відмічаються на сході, де вони становлять 2300°C і вище (південь Харківської, Донецька, Луганська області).

В той же час південному заході та півдні степу значення ефективних температур вище 5°C становлять 2500–2700°C і вище на узбережжі морів, зокрема, для Одеської, Миколаївської, Херсонської, Запорізької, Донецької областей, а в окремих ділянках 2800°C і вище. Найвищі значення сум накопичених температур відмічаються в районі Керченського півострова та сягатимуть максимальних 3074°C. Лише у високогір'ї Кримських гір сума ефективних температур вище 5°C складає 1700°C.

Значне збільшення ефективної температури майже по всій території України дозволяє вирощувати по два врожаї на одному полі, це стосується, як зернових, олійних культур, так і овочів. Успішне вирощування сільськогосподарських культур у проміжних посівах, що дає можливість отримувати два врожаї за рік на одній площі, насамперед залежить від тривалості безморозного вегетаційного періоду, умов зволоження, теплового і світлового режимів року. Тривалість вегетаційного періоду і потік енергії сонячної радіації збільшуються з півночі на південь, аналогічно зростає і тривалість невикористаного сприятливого вегетаційного часу основними культурами сівозмін, оскільки з переміщенням на південь більшість рослин прискорює вегетацію, тобто швидше досягає кормової чи повної стиглості. Це дає змогу вирощувати два врожаї за рік у південних регіонах. Є достатньо таких прикладів на півдні та в Криму (до 2014 року): багато сільськогосподарських підприємств АР Крим після озимого ячменю, вирощеного на зерно, висівали сою, урожай першої культури становив 45–60 ц/га, а насіння другої культури – 15–25 ц/га.

У досліджах Інституту кукурудзи УААН після озимої пшениці на зерно з урожайністю близько 60 ц/га вирощували гречку, урожай насіння якої становив

15–20 ц/га. Сумарний урожай зерна озимого ячменю і післяжнивного проса на поливних землях Республіки Крим перевищував 100 ц/га. Хороші результати на півдні України одержують при поєднанні озимого ячменю і післяжнивної кукурудзи, сумарний урожай становить 87,5 ц/га зерна. Агрокліматичні ресурси півдня України дають можливість одержувати на одній площі два врожаї олійних і овочевих культур. На практиці добре зарекомендувало себе поєднання озимого ріпака на насіння і соняшника, озимого ріпака і сої. Урожай озимого ріпака досягав 35, а соняшника – понад 25 ц/га; урожай сої – 20–25 ц/га.

2.4. Період активної вегетації ($t > 10^{\circ}\text{C}$)

Тривалість періоду активної вегетації у 1991–2010 роках на значній території України становила переважно 160–180 днів. На півдні країни – 180–200,

а на південному узбережжі та в окремих східних районах Кримського півострова 200–220 днів. Винятком були лише крайні північно-східні райони та Українські Карпати, де тривалість змінювалась від 140 до 70 днів (з мінімумом на високогір'ї). Протягом 1991–2010 років тривалість активної вегетації в Україні змінилась, порівняно з 1961–1990, особливо на північному заході країни, де зросла на 10 днів і більше. Початок періоду з температурами більше 10°C є важливою характеристикою для визначення дат сівби ярових культур, більш ранні дати сівби дозволяє рослинам збільшити період вегетації і підвищити продуктивність посівів.

За рахунок ранніх строків сівби збільшується ефективна температура вище 10°C , яка розраховується у період активної вегетації сільськогосподарських культур та є також важливою для теплолюбних рослин. Базовий історичний кліматичний період 1961–1990 характеризується сумою ефективних температур вище 10°C , що варіює в межах $228\text{--}1724^{\circ}\text{C}$ по території України. Мінімальні значення характерні для високогір'я Карпат, тоді як максимальні на крайньому півдні, а саме Ак-Монайському перешийку та Керченському півострові АР Крим (рис. 2.4).

У гірському регіоні Карпат значення суми ефективних температур вище 10°C змінюються від 228°C до 900°C на схилах. У Передкарпатті та в цілому на заході, а також Поліссі значення характеризується відносно рівномірним розподілом

$900\text{--}1000^{\circ}\text{C}$. Такі значення характерні для рівнинної частини Львівської, Івано-Франківської, а також всієї Тернопільської, Хмельницької, Волинської, Рівненської, Житомирської, а також крайньої півночі Сумської областей. На рівнинній частині Закарпаття ці значення становлять $1100\text{--}1400^{\circ}\text{C}$, а в Чернівецькій $1000\text{--}1200^{\circ}\text{C}$. Тоді як при просуванні на схід та південь відбувається зростання сум активних температур вище 10°C . У цій частині Полісся, для Київської та переважної території Чернігівської та Сумської областей значення становитимуть $1000\text{--}1200^{\circ}\text{C}$.

У лісостепу ці значення зростають та коливаються у межах $1100\text{--}1200^{\circ}\text{C}$ на півночі та 1300°C на півдні. Сюди належить Вінницька, південь Київської, Чернігівської, Сумської областей, Черкаська, Полтавська, частково Кіровоградська, північ Харківської області. Для степу сума ефективних температур вище 10°C значно варіює від 1300°C до 1600°C і вище на східному

узбережжі

Криму.

У степу, переважно на сході, для значень сум ефективних температур вище 10°C характерні варіації від 1300°C до 1400°C (схід Дніпропетровської, південь Харківської, вся Донецька та Луганська області), тобто, є більш однорідною у порівнянні з західним. Тоді як при просуванні до морського узбережжя вони зростають до 1400-1500°C і вище та сягають максимальних значень 1724°C. Лише у високогір'ї Кримських гір мінімальна сума ефективних температур вище 10°C складає близько 800°C (рис. 2.4.).

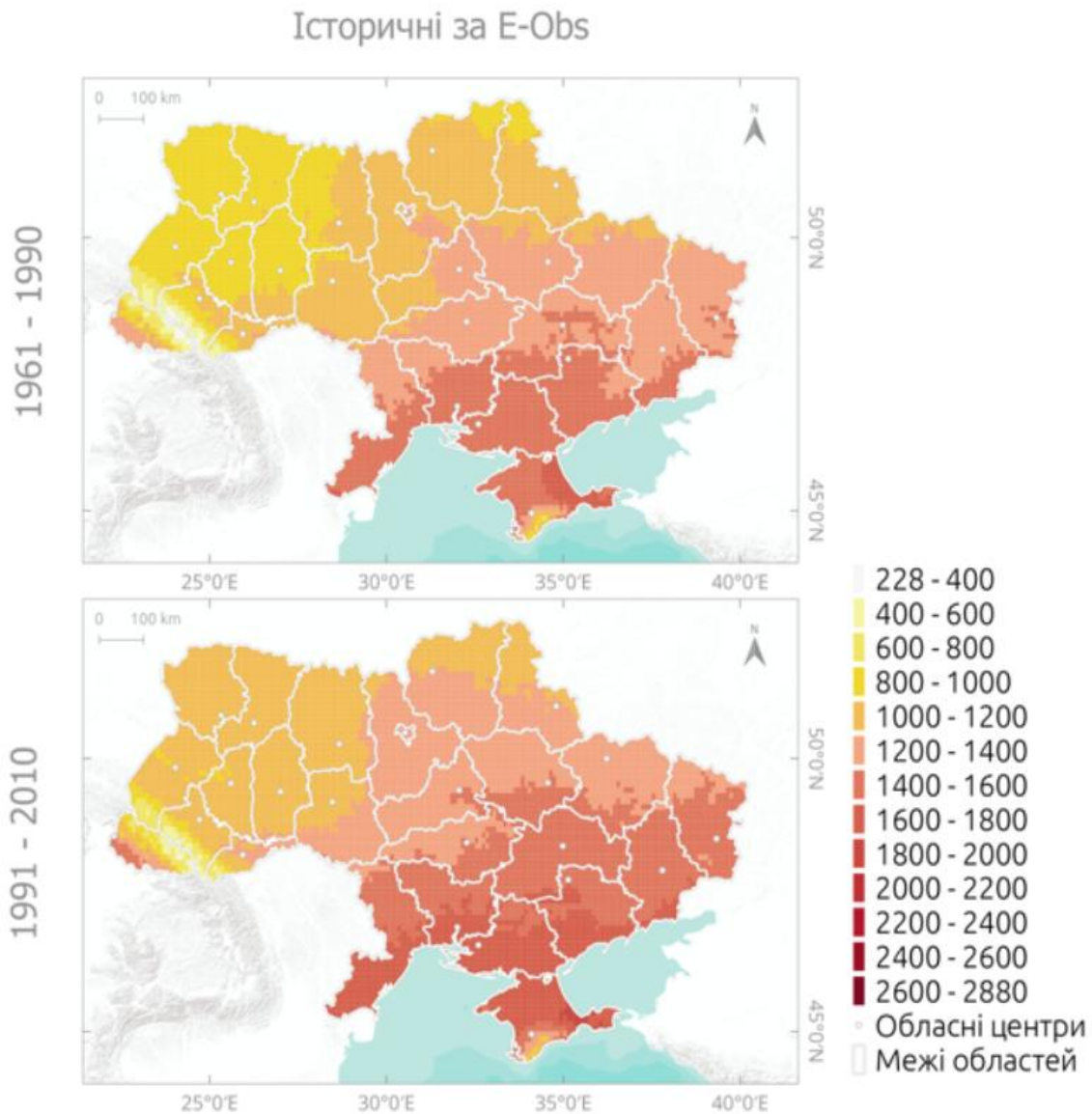


Рисунок 2.4. – Просторово-часовий розподіл сум ефективних температур повітря вище 10°C за даними E-OBS.

За сучасний базовий період двадцяти років (1991–2010), у порівнянні з попереднім кліматичним (1961–1990), значення накопичених сум ефективних температур вище 10°C зросли на 70,0–182,3°C. Найбільше зростання характерне для південного заходу та півдня степу (Одеська, Херсонська області,

Ак-Монайський перешийок, Керченський півострів АР Крим), а також Поліссі – Волинської, Рівненської, Житомирської, Чернігівської областей. За базовий кліматичний період (1991–2010) мінімальні значення накопичених ефективних температур вище 10°C становлять 347°C у високогір'ї Карпат, а максимум 1858°C на півдні Криму. Нерівномірність гірського рельєфу та перепади висот зумовлюють значне коливання сум ефективних температур вище 10°C, що становить мінімально 347°C та до 1000°C як на західних, так і східних схилах Карпат. Тоді як на рівнинній частині Закарпаття такі суми становлять 1400–1500°C і вище. У цілому на рівнинній частині заходу України (рівнинна частина Львівської, Івано-Франківської, вся Тернопільська, Хмельницька, Чернівецька області), а також Полісся (Волинська, Рівненська, Житомирська, північ Чернігівської та Сумської областей) сума ефективних температур в цілому становить у межах 1100–1200°C.

У напрямку на південь сума ефективних температур зростає. На північній межі лісостепу вона становить 1200°C, що характерно для півночі Вінницької, півночі Київської та півдня Чернігівської та Сумської областей. Тоді як максимальні значення на півдні сягали до 1500°C. Такі суми ефективних температур у межах охоплюють південь Вінницької, Черкаську, Полтавську, частково Кіровоградську та Харківську область. Для степу значення варіюють від 1400°C до 1600°C і вище на крайньому півдні. На сході відмічаються дещо нижчі значення для Донецької, Луганської областей. Значення 1600°C і вище відмічаються на крайньому півдні та вздовж морської берегової лінії. Найвищі значення сум накопичених температур вище 10°C відмічаються у Криму з максимальними значеннями 1858°C. Тоді як у Кримських горах мінімальна сума ефективних температур складає 800°C.

Суттєве збільшення суми температур вище 10°C дозволило значно розширити площі та ареал вирощування в Україні таких теплолюбних рослин як кукурудза та соя. На рис. 2.5 представлено графік зміни площ посівів кукурудзи по всіх областях з 2000 року. Майже по всіх областях спостерігається тренд на збільшення площ посівів з 2000 року, особливо це помітно по північних і західних областях.

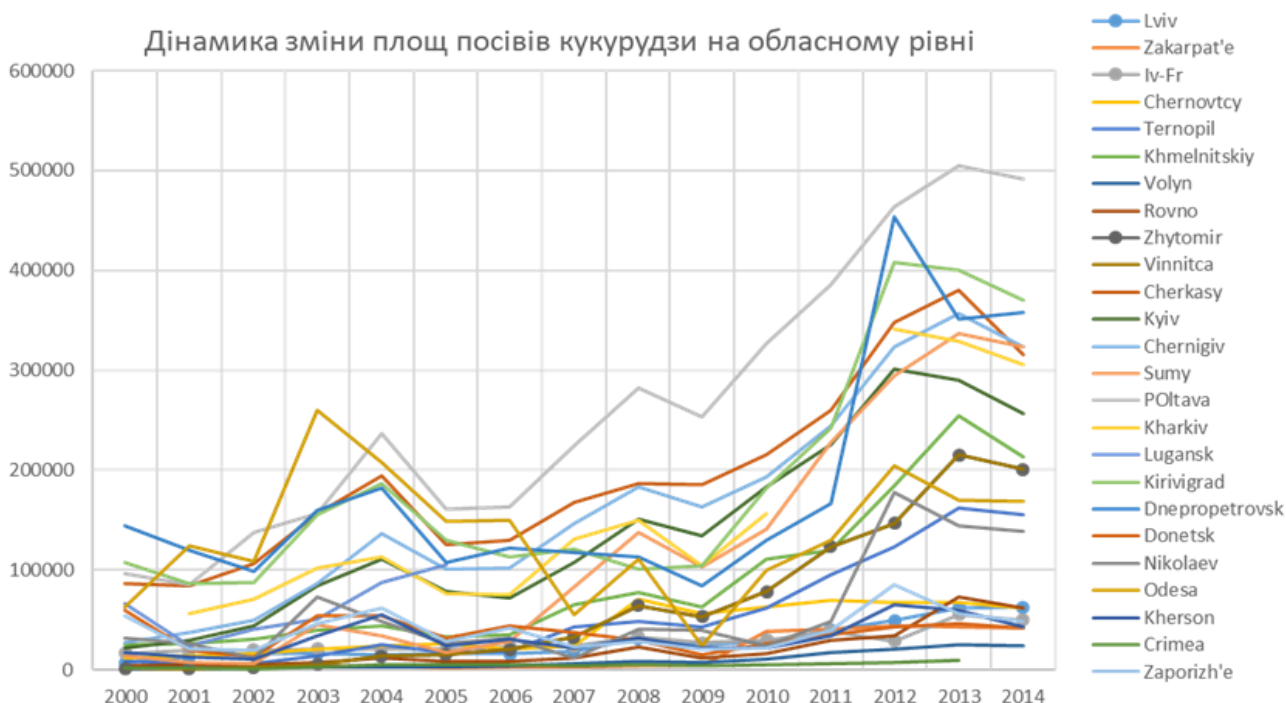


Рисунок 2.5. – Динаміка змін площ посівів кукурудзи на обласному рівні з 2000 року

Аналогічна тенденція спостерігається і по посівах сої, коли з 2000 року площі по країні збільшилися майже в 40 разів. Вважається, що одним із головних факторів збільшення площ посівів є кліматичні зміни, суттєве потепління в різних регіонах України та збільшення ефективної температури більше 10°C, що сприяє розвитку цих рослин.

2.5. Екстремальні температури

Одним з головних наслідків зміни клімату є потепління, і якщо мова йде про загальне підвищення температури, то це може мати позитивний ефект на рослинництво, але воно також впливає на екстремальне підвищення температури влітку, що негативно впливає на розвиток рослин. Для оцінки можна використати зміну кількості літніх днів, тобто днів з максимальною температурою більше 25°C (SU). Переважна більшість території України має додатні статистично значущі тренди кількості літніх днів. Аналіз показав, що просторовий розподіл трендів SU має виражений характер із зонами знижених значень на сході та південному сході та мінімумами у Карпатах. Середнє значення трендів кількості літніх днів складає 2,84 днів/10 років та варіюється у межах від 2,38 до 5,00 днів/10 років.

У північному регіоні спостерігаються найвищі тренди, в середньому 3,13 днів/10 років. Найвищі значення трендів індексу SU виявлено у Житомирській області – 3,37 днів/10 років. У Київській та Чернігівській

областях, в середньому по 3,14 та 3,09 днів/10 років відповідно. Мінімальні значення у 2,86 днів/10 років спостерігаються у Сумській області.

У східному регіоні середні значення трендів становлять 2,07 днів/10 років, що є найнижчим показником за регіонами. Найвищі значення трендів – у Донецькій області, де середнє значення трендів становить 2,35 днів/10 років. У Харківській та у Луганській областях середні значення нижчі: 1,99 та 1,88 днів/10 років відповідно. Для південного регіону середні тренди SU становлять 2,85 днів/10 років. Найбільші значення спостерігаються в Одеській області – 3,46 днів/10 років та у Криму – 3,33 днів/10 років. У Миколаївській області середні тренди SU дорівнюють 2,94 днів/10 років, а у Херсонській та Запорізькій областях: 2,50 та 2,25 днів/10 років. У західному регіоні середні значення трендів індексу SU становлять 3,08 днів/10 років.

Найбільші величини трендів – у Волинській, Львівській та Чернівецькій областях: 3,24, 3,14 та 3,18 днів/10 років відповідно. У Рівненській, Тернопільській, Хмельницькій та Закарпатській областях середні значення індексу менші й знаходяться в межах від 3,02 до 3,09 днів/10 років. Мінімальні значення індексу SU – в Івано-Франківській області – 2,85 днів/10 років. У центральному регіоні спостерігаються середні значення трендів 2,80 днів/10 років.

Найбільші значення трендів – у Вінницькій та Черкаській областях: 3,30 та 3,15 днів/10 років. У Кіровоградській та Полтавській областях середні тренди становлять 3,40 та 2,73 днів/10 років. Найменші значення у Дніпропетровській області – 2,06 днів/10 років.

Виходячи з даного аналізу можна констатувати, що за останні 60 років в середньому по Україні кількість днів з максимальними температурами повітря більше 25 градусів збільшилось приблизно на 20. Можна вважати, що таке збільшення впливає і на кількість днів з екстремальними температурами. Причому важливо відмітити, що найбільший негативний вплив на рослини екстремальних температур відбувається тоді, коли вони знаходяться в критичних фазах розвитку. Наприклад, коли посіви кукурудзи проходять основні фізіологічні стадії розвитку (цвітіння, запилення), то підвищення температури повітря до 30–35°C суттєво знижує життєздатність пилку кукурудзи, розмір зерна та, зрештою, врожайність. Для посівів сої екстремальні температури зменшують кількість сформованих стручків і відповідно продуктивність, а для посівів соняшника – зменшується вага зерна, аж до 10% при температурі > 35°C, та олійність.

В якості прикладу можна навести ситуацію, що виникла в липні-серпні 2010 року, коли за даними Гідрометцентру України (рис. 2.6) в деяких регіонах України спостерігалися температури більше 30°C до 51 доби. За статистичними даними особливо постраждали посіви пізніх культур на сході та півдні країни.



Рисунок 2.6. – Максимальна температура повітря в липні-серпні 2010 року (зверху) і кількість днів з температурою вище 30 °С (червоним). Дані Гідрометцентру України

2.6. Посушливі явища

Підвищення температури повітря та нерівномірне випадання опадів призвели до зниження накопичення вологи в ґрунті, що призвело до збільшення частоти та інтенсивності посушливих явищ на території України. Для визначення ступені посушливих явищ використовується гідротермічний коефіцієнт Селянінова (ГТКС). Цій коефіцієнт є показником зволоження території за період активної вегетації, тобто між стійкими датами переходу температури повітря вище 10°C, є важливим для росту і розвитку сільськогосподарських культур та має декілька градацій. Він розраховується за наступною формулою та включає в себе наступні показники:

$$\text{ГТКС} = \frac{10 \times \sum P_{T \geq 10}}{\sum T_{T_{av} \geq 10}},$$

де у числівнику збільшена у 10 разів сума добових опадів у мм розрахована за період активної вегетації, а у знаменнику – сума ефективних температур для періоду активної вегетації, тобто з температурами повітря вище 10°C, підсумована між датами стійкого переходу через 10°C навесні та восени. Виділяється наступні градації ГТКС за характеристиками зволоження:

- від 1,8 до 6,0 – надмірного зволоження;
- від 1,2 до 1,8 – вологі;
- від 1,0 до 1,2 – достатнього зволоження;
- від 0,7 до 1,0 – недостатнього зволоження або посушливі;
- від 0,4 до 0,7 – дуже посушливі.

За історичний базовий кліматичний період 1961–1990 за базою спостережень E-OBS територія України має різні коефіцієнти зволоження при просуванні з північного заходу на південний схід (рис. 2.7). До зони надмірного зволоження, де ГТКС 1,8–6,0, входить весь регіон Карпат. До вологої зони, де ГТКС 1,2–1,8, входить рівнинна частина Закарпаття, Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька області, а також переважна частина Полісся, куди входить Волинська, Рівненська, Житомирська, частково Київська області, а також північ Чернігівської та Сумської областей. До цієї зони входить також захід лісостепу, а саме Тернопільська, Хмельницька, Вінницька області. Тоді як зона достатнього зволоження з ГТКС 1,0–1,2 розташована переважно у лісостепу та на півдні Полісся. До цієї зони входять такі території як південь Вінницької, практично вся Київська, південь Чернігівської, Сумської областей, Черкаська та північ Полтавської областей.

Тоді як при просуванні на південь, для частково лісостепу та степу значення коефіцієнту продовжують зменшуватися, що відповідно вказує на зростання посушливості. Для переважної території Полтавської області, всієї Кіровоградської, Харківської, Луганської, переважної частини Одеської, Миколаївської, Дніпропетровської, Донецької областей ГТКС становить 0,7–1,0, що вказує на недостатнє зволоження або посушливу зону. ГТКС 0,4–0,7, що відповідає дуже посушливій зоні, характерний уздовж морського узбережжя. Тобто, вона розповсюджується на південь Одеської, Миколаївської областей та охоплює всю Херсонську область та АР Крим, окрім високогір'я, південь Дніпропетровської, переважну частину Запорозької та південь Донецької області. Тоді як у високогір'ї Кримських гір даний коефіцієнт змінюється від недостатнього зволоження до вологих при зростанні висоти рельєфу.

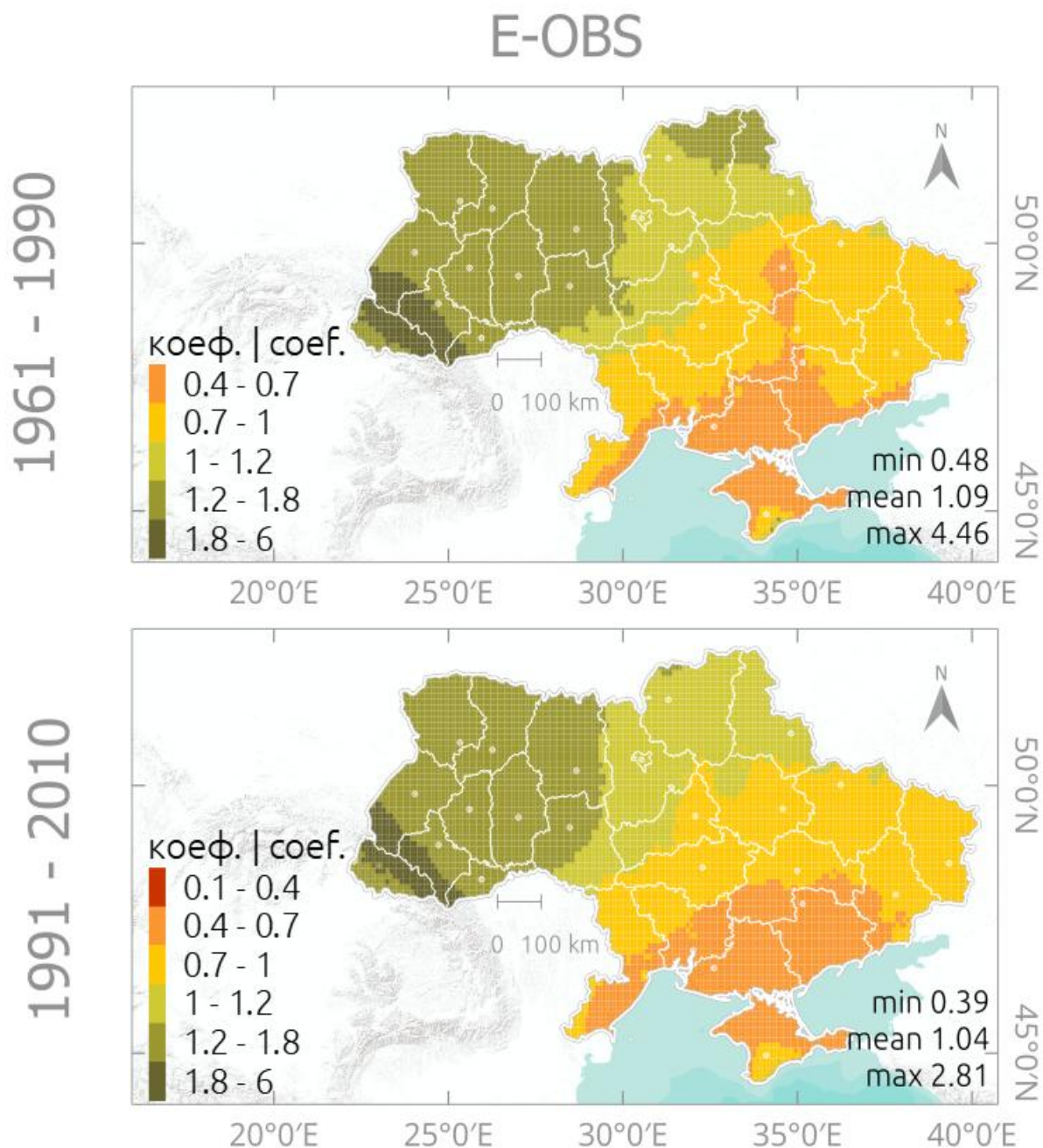


Рисунок 2.7. – Просторово-часовий розподіл гідротермічного коефіцієнта Селянінова за даними E-OBS

Тоді як при просуванні на південь, для частково лісостепу та степу значення коефіцієнту продовжують зменшуватися, що відповідно вказує на зростання посушливості. Для переважної території Полтавської області, всієї Кіровоградської, Харківської, Луганської, переважної частини Одеської, Миколаївської, Дніпропетровської, Донецької областей ГТКС становить 0,7–1,0, що вказує на недостатнє зволоження або посушливу зону. ГТКС 0,4–0,7, що відповідає дуже посушливій зоні, характерний уздовж морського узбережжя. Тобто, вона розповсюджується на південь Одеської, Миколаївської областей та охоплює всю Херсонську область та АР Крим, окрім високогір'я, південь Дніпропетровської, переважну частину Запорозької

та південь Донецької області. Тоді як у високогір'ї Кримських гір даний коефіцієнт змінюється від недостатнього зволоження до вологих при зростанні висоти рельєфу.

В наступний історичний кліматичний період 1991–2010 у порівнянні з попереднім 1961–1990 відбулися деякі зміни (рис. 2.8). На півночі Чернігівської та Сумської областей зникла волога зона (ГТКС 1,2–1,8) і на її місці наявна зона достатнього зволоження (ГТКС 1,0–1,2). Дещо змістилася волога зона з заходу Київської області та півдня Вінницької на захід. Також на півдні розширилася дуже посушлива зона (ГТКС 0,4–0,7), яка розширилася на північ Одеської області, половину Миколаївської, також на південь Дніпропетровської та всю Запорізьку.

За останні 60 років кількість посушливий явищ значно збільшилось, причому не тільки в південних районах, а й в центральних і східних. Значні посухи відбувалися як в другій половині 20 сторіччя, так і з початку 2000 років. За останні 20–25 років внаслідок кліматичних змін спостерігалися тривалі посушливі періоди, які були досить інтенсивними і, відповідно, мали негативні наслідки. Так, посуха 2003 року скоротила валовий збір зерна в Україні до 22 млн т і повністю унеможливила експорт (того року зерно навіть довелося імпортувати).

Значних збитків агросектору завдала й посуха 2007 року, коли навесні нестачу вологи фіксували на $\frac{2}{3}$ території країни. За останні роки відмічалися значні посушливі явища в 2010, 2015, 2017 роках. Необхідно відмітити, що майже кожен рік той чи інший регіон України потерпає від посухи, наприклад, в 2024 році в центральних областях з липня по вересень були відсутні опади, що призвело до значного падіння врожайності, майже в два рази, кукурудзи та сої. Ці природні явища на території України мають тенденцію до поширення на північні та західні райони, а враховуючи, що їх виникнення може бути в різні періоди вегетації рослин, то вплив може відбуватися на весь спектр сільськогосподарських культур, що вирощуються.

2.7 Вплив зміни клімату на деградаційні процеси ґрунтів

Зміна клімату має серйозний і багатогранний вплив на стан ґрунтів в Україні. Цей вплив проявляється у фізичних, хімічних та біологічних властивостях ґрунтів, а також у зміні їх екосистемних функцій. Оскільки Україна має потужний аграрний сектор і значні площі родючих ґрунтів, зокрема чорноземів, проблема деградації ґрунтів внаслідок кліматичних змін є вкрай актуальною.

Згідно з численними дослідженнями вітчизняних та міжнародних науковців, зміна клімату є ключовим чинником, що посилює деградаційні процеси у ґрунтовому покриві. В Україні ці процеси набувають особливої гостроти через поєднання кліматичних, антропогенних і військових факторів.

Слід зауважити, що за останні 60 років в Україні спостерігається: підвищення середньорічних температур на 1,2–1,5°C (в окремі роки підвищення середньої річної температури повітря перевищувало 2,0°C), зменшення кількості опадів у вегетаційний період, особливо в південних і центральних регіонах, почастищення екстремальних погодних явищ – посух, злив, градобойв, весняних заморозків. Усі ці чинники комплексно та негативно впливають на стан ґрунтового покриву, спричиняючи прискорення процесів його деградації, зниження родючості, втрату екосистемних функцій та стійкості до антропогенних і природних навантажень.

Серед основних деградаційних процесів ґрунту можна виділити:

1. Прискорена втрата гумусу та зростання викидів парникових газів.

Підвищення температури повітря та зниження вологості істотно впливають на вміст гумусу в ґрунтах, сприяючи його прискореним втратам. За умов зростання температур і дефіциту вологи активізується мікробіологічна діяльність у верхніх горизонтах ґрунту, що веде до інтенсивної мінералізації органічної речовини. У результаті цього гумус розкладається швидше, а органічний вуглець вивільняється у вигляді вуглекислого газу (CO₂), що знижує загальний запас вуглецю в ґрунтовій екосистемі. Деградовані ґрунти втрачають здатність зв'язувати вуглець, що робить їх джерелом, а не поглиначем CO₂. Це створює додатковий зворотний зв'язок, який підсилює глобальне потепління.

Підвищена температура сприяє тому, що процеси мінералізації переважають над гумусоутворенням, що призводить до стійкого зменшення вмісту гумусу. Згідно з дослідженнями Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», щорічна втрата гумусу в чорноземах може перевищувати 0,1%, що є критичним показником для підтримання родючості ґрунтів.

Як наслідок, в умовах посухи знижується біологічна продуктивність рослин, зокрема суттєво зменшується маса кореневих залишків – основного джерела органічної речовини для ґрунту. Це, у свою чергу, обмежує надходження субстрату для процесів гумусоутворення, що призводить до подальшого виснаження ґрунтового органічного вуглецю.

У свою чергу, втрата гумусу знижує агрегатну стійкість ґрунту, що робить його більш вразливим до ерозії. А зменшення вологості ще більше

поглиблює деградаційні процеси: виникає ущільнення, тріщини, зменшується вологоутримувальна здатність. Також, внаслідок втрат гумусу ґрунти втрачають здатність утримувати вуглець, що не лише знижує їх родючість, а й сприяє посиленню глобального потепління.

2. Погіршення водного режиму. Зміна клімату справляє суттєвий негативний вплив на водний режим ґрунтів, що проявляється у низці деградаційних процесів. Серед них – зниження вологоутримувальної здатності, поглиблення водного дефіциту, порушення капілярного підйому вологи, розвиток ерозійних та ущільнюючих явищ.

Скорочення кількості опадів спричиняє хронічний дефіцит вологи в ґрунтовому середовищі та знижує інфільтрацію атмосферної вологи у глибші шари. Це ускладнює водопостачання кореневої зони та погіршує водозабезпечення рослин. Одночасно з цим спостерігається ущільнення ґрунтів, що додатково обмежує водообмін. Варто відзначити, що навіть за умов збереження річної кількості опадів змінюється їх структура: рівномірні дощі все частіше замінюються короткочасними, але інтенсивними зливами. Такі опади мають низьку інфільтраційну здатність – вода швидко стікає поверхнею, не проникаючи у глибокі горизонти, що обмежує накопичення вологи в ґрунті, особливо в критичні періоди вегетації сільськогосподарських культур.

Зменшення обсягів атмосферних опадів і зниження рівня ґрунтових вод призводять до порушення капілярного підйому вологи з нижніх шарів до кореневої зони. Це особливо відчутно на легких малогумусних ґрунтах, де волога і так не затримується тривалий час. Вологодефіцит негативно впливає на структурно-агрегатний стан ґрунту: формуються тріщини, ущільнення, знижується водопроникність. Як наслідок, ґрунт втрачає здатність ефективно акумулювати й утримувати вологу, що обмежує продуктивність агроєкосистем.

Інтенсивні короткочасні опади після тривалого періоду засухи викликають поверхневий стік води, що сприяє розвитку водної ерозії. Зниження вологості також підвищує ризик вітрової ерозії, оскільки волога, яка зв'язує ґрунтові частинки, зникає, роблячи верхній шар більш вразливим до вітрового перенесення.

Додатково, підвищення температури повітря значно посилює випаровування вологи з поверхні ґрунту, що призводить до зменшення його водозабезпеченості. Це, у свою чергу, ускладнює вирощування сільськогосподарських культур, особливо в умовах дефіциту опадів і відсутності ефективних зрошувальних систем. Цей процес найбільш

виражений у південних, центральних та східних регіонах України, що сприяє висушуванню ґрунтового профілю в період активної вегетації.

3. Розвиток ерозійних процесів. Зміна клімату суттєво впливає на інтенсивність і просторове поширення ерозійних процесів, зокрема водної та вітрової ерозії, які є одними з ключових форм деградації ґрунтів. Посилення цих процесів зумовлене низкою взаємопов'язаних кліматичних і екологічних чинників.

Зростання частоти й інтенсивності опадів, зокрема у вигляді короткочасних злив із грозами, веде до формування потужного поверхневого стоку, особливо після тривалих посушливих періодів. Такі зливи мають високу кінетичну енергію, що сприяє руйнуванню ґрунтової структури та вимиванню найродючішого, гумусового шару. У результаті формується мікро- та макрорельєф ерозійного типу (борозни, яри), що ще більше погіршує умови для рослин.

З іншого боку, зниження кількості атмосферних опадів у поєднанні з підвищенням температури повітря викликає тривалі періоди посухи. Поверхневі горизонти ґрунту пересихають і стають легше вразливими до вітрової ерозії. Це особливо помітно на відкритих, незахищених ділянках (зокрема стерня, рілля без мульчі), де ґрунтові частинки легко піднімаються в повітря і переносяться на значні відстані.

Погіршення структурного стану ґрунтів – внаслідок дегуміфікації, зниження вмісту органічної речовини, ущільнення та утворення тріщин – знижує їхню здатність до водоутримання і самостійного протистояння ерозії. Такий ґрунт швидко втрачає зв'язність і стає вразливим до механічного руйнування як водою, так і вітром.

Особливе значення має зменшення рослинного покриву, яке часто є наслідком зниження продуктивності сільськогосподарських культур або деградації природної рослинності. Відсутність вегетаційного шару позбавляє ґрунт природного біологічного захисту – коренева система й рослинні залишки відіграють ключову роль у фіксації ґрунтових частинок і зменшенні сили водного чи вітрового впливу.

За оцінками Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», за умов зростання кліматичних ризиків площі, уражені водною та вітровою ерозією, можуть зрости на 10–15% у найближчі десятиліття, насамперед у степових і лісостепових регіонах України.

Наслідки ерозії ґрунтів виходять за межі сільськогосподарських втрат. Вони охоплюють зниження родючості, деградацію ґрунтової біоти, втрату поживних речовин, порушення водного балансу та вторинне забруднення водойм суспензіями та агрохімікатами. Відтак, моніторинг, попередження та контроль ерозійних процесів у контексті зміни клімату мають стати пріоритетними напрямками сучасної політики управління земельними ресурсами.

4. Підвищення ризику засолення та осолонцювання. Зміна клімату, зокрема підвищення середньорічних температур, зменшення кількості атмосферних опадів та зниження рівня ґрунтових вод, сприяє активізації процесів засолення та осолонцювання ґрунтів, особливо в південних та східних регіонах України.

Одним із ключових факторів є інтенсифікація випаровування: за умов високих температур вода активно випаровується з поверхні ґрунту, спричиняючи підняття капілярного потоку, який транспортує розчинені солі з нижчих горизонтів до верхніх. У разі відсутності ефективного природного чи штучного дренажу, солі накопичуються у верхніх шарах, зокрема в кореневій зоні.

Зміна водного балансу та напрямку водного потоку у ґрунтовому профілі, спричинене зниженням рівня ґрунтових вод, погіршують умови для вимивання солей та сприяють їх нагромадженню. У степових зонах ці процеси є особливо інтенсивними через природну посушливість та дефіцит вологи.

Обмежене зволоження внаслідок скорочення кількості опадів знижує здатність природних процесів очищення ґрунту (зокрема вимивання солей), що призводить до подальшого накопичення солей у профілі. У результаті погіршуються умови водо- та повітрообміну, порушується структура ґрунту.

Окрему загрозу становить нераціональне зрошення, особливо за використання вод із підвищеною мінералізацією. В умовах кліматичних змін такі практики можуть значно пришвидшити розвиток вторинного засолення, насамперед на зрошуваних землях південних регіонів.

Осолонцювання ґрунтів супроводжується підвищенням лужності, деградацією структури, зменшенням проникності, порушенням водного і повітряного режимів та значним зниженням біологічної активності. Це призводить до зменшення доступності поживних речовин для рослин і утворення токсичних умов для їх розвитку.

За оцінками Інституту водних проблем і меліорації НААН України, у разі відсутності адаптаційних заходів, площі ґрунтів із потенційним ризиком засолення можуть зрости на 15–20% до 2050 року.

Таким чином, зміни клімату значно підвищують ризики ґрунтової деградації внаслідок засолення та осолонцювання. Це вимагає системного моніторингу, удосконалення систем управління зрошенням, впровадження меліоративних заходів та адаптивного землекористування, спрямованого на збереження ґрунтової родючості.

5. Погіршення агрофізичних властивостей. Агрофізичні властивості ґрунтів – структура, щільність, водопроникність, пористість і вологоємність – є ключовими показниками, що визначають їхню родючість і здатність забезпечувати рослини оптимальними умовами для росту. У контексті зміни клімату ці властивості зазнають суттєвого погіршення через підвищення температур, зменшення кількості опадів, збільшення частоти екстремальних погодних явищ та порушення водного режиму.

Зміни структури ґрунту: Високі температури та низька вологість сприяють утворенню твердої кірки на поверхні ґрунту, що погіршує водопроникність та аерацію, ускладнюючи розвиток кореневої системи. Часті чергування зволоження і пересихання призводять до руйнування ґрунтових агрегатів, погіршення гранулометричної структури та зменшення водо- і повітропроникності.

Ущільнення ґрунту: Тривала відсутність опадів у поєднанні з використанням важкої техніки на пересушених ґрунтах спричиняє ущільнення ґрунтового профілю, зменшення пористості та застій води після інтенсивних дощів. Це негативно позначається на доступності кисню для кореневої системи та розвитку ґрунтової біоти.

Зниження вологоутримувальної здатності: Погіршення структури ґрунту й втрата органічної речовини в умовах дефіциту вологи знижують здатність ґрунту накопичувати та утримувати вологу, що критично в періоди вегетації сільськогосподарських культур.

Порушення природного зволоження: Зниження рівня ґрунтових вод і деградація ґрунтової структури внаслідок кліматичних змін ускладнюють капілярний підйом вологи до кореневої зони, особливо на легких та піщаних ґрунтах.

Зміна терморегіму ґрунту: Підвищення температурного фону сприяє швидкому прогріванню поверхневого шару ґрунту, але також пришвидшує

випаровування вологи. Це може призводити до перегріву кореневої системи, що негативно впливає на розвиток рослин.

Такі процеси особливо виражені в південних і центральних регіонах України, де кліматичні екстремуми загрожують фізичному стану ґрунтів. Системне погіршення агрофізичних властивостей ґрунтів знижує їх продуктивність і вимагає впровадження адаптивних агротехнологій, таких як: безпліцевий обробіток, мульчування, застосування органічних добрив, агролісомеліорація та технології збереження вологи.

6. Погіршення якісних показників. Кліматичні зміни істотно впливають не лише на фізичні параметри ґрунту, а й на його якісні характеристики, що безпосередньо відображається на рівні родючості, екологічній функціональності та здатності до самовідновлення.

Серед основних змін якісного складу ґрунтів, спричинених змінами клімату, варто виокремити:

- зниження біологічної активності: високі температури та дефіцит вологи негативно впливають на мікробіологічну активність, змінюють структуру ґрунтових біоценозів, зменшують чисельність корисної мікрофлори, дощових черв'яків та інших компонентів ґрунтової біоти;
- погіршення хімічного складу: внаслідок зневоднення та інтенсивного випаровування підвищується концентрація солей у ґрунтовому розчині, зростає ризик вторинного засолення, змінюється кислотно-лужний баланс і підвищується токсичність ґрунтового середовища;
- порушення буферної здатності: дегуміфікація та зменшення вмісту органічної речовини знижують здатність ґрунту нейтралізувати шкідливі речовини. Це підвищує ризик забруднення і погіршує екологічну стабільність агроландшафтів;
- ослаблення сорбційних властивостей: руйнування органічної частини та зменшення колоїдної фракції призводить до зниження здатності ґрунтів утримувати поживні речовини. Як наслідок, зростають втрати елементів живлення через вилугування або ерозійні процеси;
- зміна доступності поживних речовин: через нерівномірне зволоження, вилугування та окисно-відновні коливання змінюється доступність як основних елементів (азоту, фосфору, калію), так і мікроелементів (бору, цинку, марганцю тощо), що ускладнює живлення рослин.

7. Зміна біологічної активності. Біологічна активність є одним із ключових показників ґрунтової родючості, оскільки забезпечує трансформацію органічної речовини, кругообіг поживних елементів, структуроутворення та детоксикацію. Зміна клімату, зокрема підвищення

температури повітря та зменшення кількості опадів, справляє істотний негативний вплив на біологічні процеси в ґрунтовому середовищі.

Деградація ґрунтів супроводжується скороченням чисельності та активності ґрунтової біоти. За даними Національної академії аграрних наук України, зменшення мікробного різноманіття послаблює ґрунтову родючість і знижує стійкість екосистем до стресових факторів. Високі температури та дефіцит вологи обмежують життєдіяльність основних мікроорганізмів – бактерій, грибів, актиноміцетів – особливо у поверхневих горизонтах. Порушення гідротермічного режиму спричиняє дисбаланс у ґрунтовій мікробіоті: зростає частка умовно-патогенних або стресостійких форм, що пригнічують розвиток симбіотичних мікроорганізмів (зокрема, азотфіксуючих бактерій і мікоризних грибів).

Процеси дегідратації та дегуміфікації ґрунтів негативно позначаються на ферментативній активності: знижується дія гідролаз, оксидаз та інших ферментів, які відповідають за мінералізацію органічної речовини та трансформацію поживних сполук. Дефіцит вологи також негативно впливає на ґрунтову мезо- і макрофауну (дощові черв'яки, кліщі, ногохвістки), що сприяє погіршенню структури, аерації й загальної біологічної активності ґрунту.

Внаслідок зниження інтенсивності мікробного розкладу рослинних решток сповільнюються процеси гумусоутворення, зменшується вміст гумусу, що в довгостроковій перспективі погіршує родючість ґрунтів.

За результатами досліджень Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», в окремих регіонах України, зокрема в південному степу, біологічна активність ґрунтів за останні два десятиліття зменшилася на 25–40%.

2.8. Вплив зміни клімату на рослинництво

Відповідно до рекомендацій ФАО за значеннями оптимальної температури майже всі культури, розвиток яких відбувається при оптимальних температурах 15–20°C, 25–30°C, 20–30°C, можуть вже вирощуватися на території країни (Табл. 2.1), за виключенням багаторічних культур, які не витримують довгого періоду низьких температур, що спостерігаються у осінній та зимовий період в Україні.

Таблиця 2.1. Оптимальні значення температури для вирощування різного типу сільськогосподарських культур¹⁸

¹⁸ <https://www.fao.org/4/x5648e/x5648e0e.htm>

Оптимальна температура для фотосинтезу (°C)				
15–20	25–30	30–35	20–30	25–35
Цукровий буряк Квасоля Пшениця Ячмінь Овес Картопля Боби	Соя Рис Кассава Солодка картопля Ямс Земляний горіх Бавовна Тютюн Банан Кокос	Сорго Просо Сетарія Цукрова тростина	Кукурудза	Сизаль Ананас

На даний час є узгоджена оцінка серед експертів, що основні кліматичні зміни відбуваються внаслідок підвищення температури і єдиним інструментом оцінки впливу температури на врожайність сільськогосподарських культур є біофізичні моделювання. Результати моделювання підтверджують важливість відомих ключових фізіологічних процесів, таких як скорочення часу дозрівання культури з підвищенням середньої температури (Iqbal та ін., 2009), зниження формування продуктивних органів рослин, коли високі температури спостерігаються під час цвітіння (Morigiondo та ін., 2011), а також підвищений стрес через нестачу води за високих температур протягом періоду вегетації (Lobell et al., 2013a). Загально відома реакція рослин на оптимальні температури для розвитку культури та формування продуктивних органів, а вплив тривалих періодів температур, що перевищують оптимальну для розвитку рослин, не так добре вивчено (Craufurd and Wheeler, 2009).

Наприклад, припускають, що температури вище 32–34°C після цвітіння, швидко прискорюють старіння пшениці (Asseng et al., 2011; Lobell et al., 2012). Проте не так багато експериментальних даних, що підтверджують такий ефект. Відповідно, потрібен більш досконалий аналіз цих даних, щоб відділити ефект старіння пшениці від, наприклад, посухи, тому що, як правило, екстремальні температури супроводжуються тривалим бездошовим періодом. Біофізичні моделі сільськогосподарських культур можна використовувати для кількісної оцінки таких абіотичних стресів на рівні окремих полів або фермерських господарств, але не зовсім зрозуміла якість результату в регіональних масштабах. Незважаючи на відсутність конкретного розуміння в цьому питанні, дані регіонального статистичного аналізу (Schlenker and Roberts, 2009) і моделі демонструють явний негативний вплив температур вище 30°C до 34°C на врожайність незалежно від культури (рис. 2.8).

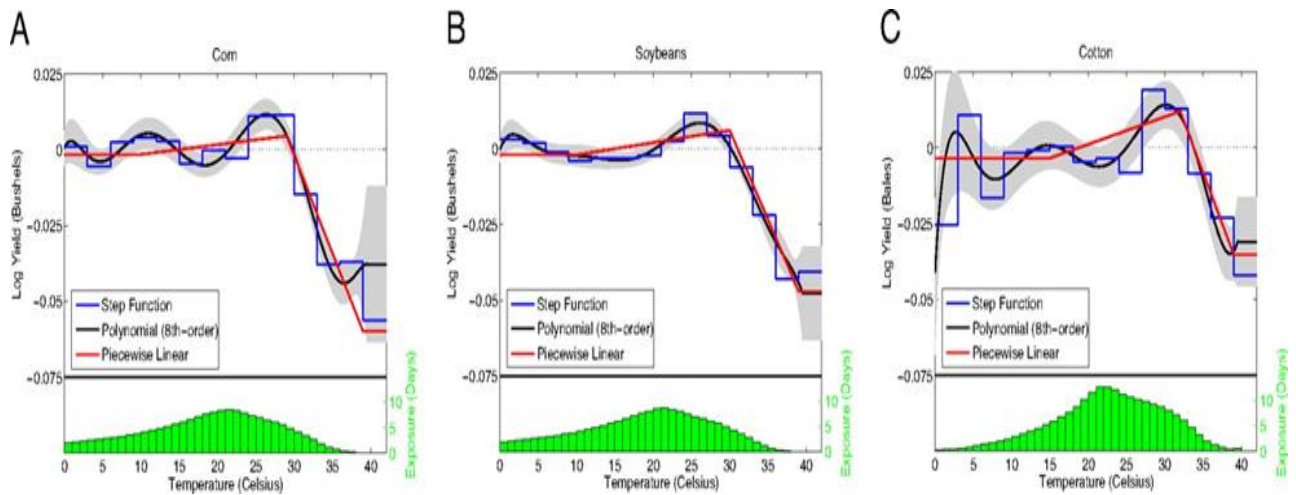


Рисунок 2.8. Нелінійна залежність між температурою та врожайністю, кукурудзи, сої та бавовни (Schlenker and Roberts, 2009)

Загальний зв'язок між погодою та врожайністю часто залежить від культури та регіону, від відмінностей у базових кліматичних умовах, способах управління (агро менеджменту) та якості ґрунтів, а також від тривалості та часу впливу екстремальних погодних умов на культуру. Інший фактор впливу на урожайність, також залежний від зміни клімату, є шкідники, тварини та (невірусні) патогени.

У середньому в усьому світі втрата врожаю основних видів сільськогосподарських культур через це, за відсутності будь-якого фізичного, біологічного чи хімічного захисту рослин, оцінюється в 18% і 16% відповідно (Oerke, 2006), але найбільші потенційні втрати завдають бур'яни (34%).

Зміна клімату змінить потенційні втрати від багатьох шкідників і хвороб, оскільки підвищення температури можуть призвести до географічних зсувів через зміни екстремальних сезонів і, таким чином, наприклад, до перезимівлі та виживання влітку. Рідкість тривалих досліджень хвороб і шкідників рослин є проблемою для оцінки наслідків зміни клімату, але є кілька прикладів потенціалу для такого аналізу. Експерименти з пшеницею, що тривають на дослідницькій станції Ротамстеда у Великобританії, які проводяться понад 160 років, виявили зміни в листяних патогенах пшениці, пов'язані з опадами, температурою та викидами діоксиду сірки (SO_2) (Bearechell та ін., 2005; Shaw та ін., 2008). Було виявлено, що ризик іржі пшениці реагує на El Ніньо та Південне коливання (ENSO; Scherm and Yang, 1995). Протягом майже 7 десятиліть у Фінляндії спостерігалися більш ранні та більш часті епідемії фітофторозу картоплі та більш часте використання пестицидів, пов'язане зі зміною кліматичних умов і відсутністю сівозміни (Hannukkala et al., 2007).

Очікується, що зміна клімату вплине на географічний ареал певних видів комах і хвороб для різних регіонів вирощування сільськогосподарських

культур. Наприклад, Cannon (1998) припустив, що мігруючі комахи можуть колонізувати більше сільськогосподарських культур внаслідок підвищення температури з подальшим зниженням урожайності. Зміна клімату також може бути фактором розширення міграції на північ агрономічних та інвазивних бур'янів (Ziska та ін., 2011). Загалом, здатність прогнозувати вплив CO₂/зміни клімату на біологію патогенів і наступні зміни врожайності обмежена, оскільки, за деякими винятками (Savary et al., 2011), експериментальні дані недоступні, а аналіз зосереджується на окремих захворюваннях, а не на повному наборі важливих захворювань. Підвищений вміст CO₂ може зменшити втрати врожаю через бур'яни для культур групи C₃ (соя, пшениця та рис). Однак у сільському господарстві зустрічаються як рослини виду C₃, так і C₄ види бур'янів, і існує широкий діапазон реакцій цих видів на сучасні та прогнозовані рівні CO₂ (Ziska, 2010).

2.9. Вплив зміни клімату на тваринництво

Останні дослідження висвітлюють складну картину поточних і майбутніх наслідків зміни клімату, вказуючи на повсюдне погіршення стану екосистем і зниження здатності планети адаптуватися до цих впливів, а також окреслюючи відповідні негативні соціально-економічні наслідки, серед яких: втрата видів і масова загибель наземних та морських екосистем, деякі з тих, що відбулися, є незворотними. Також, негативний вплив зміни клімату на сільське господарство, як рослинництво, так і тваринництво, відчутний в усіх регіонах планети.

Тваринництво, через викиди парникових газів внаслідок використання гною, кишкової ферментації великої рогатої худоби та використання викопного палива, є однією з причин зміни клімату, а з іншого боку, воно саме страждає від зміни клімату і тому потребує адаптації до неї¹⁹.

Зміна клімату вже вплинула на тваринництво, як безпосередньо через тепловий стрес, що впливає на смертність і продуктивність тварин, так і опосередковано через вплив на пасовища, поширення хвороб і шкідників рослин.

У період з 1961 по 2006 рік втрати врожаю через посухи та зміни в кількості опадів і посух оцінюються на рівні 25%. Спостережувані і прогнозовані майбутні впливи на продовольчі системи представлено у 5-му розділі звіту Робочої групи II МГЕЗК (2022). Дослідження, процитовані у звіті робочої групи, прогнозують, що до кінця століття ризик екстремального теплового стресу зросте для всіх видів тварин у багатьох регіонах світу. Цей вплив буде

¹⁹ <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b596217c-a6c9-47ad-ab4b-83bd760d291c/content>
Київ, Україна 2025

зростати в міру того, як глобальна температура продовжуватиме підвищуватися, і МГЕЗК попереджає, що з підвищенням температури тварини в середньому їдять на 3–5% менше на кожен додатковий градус потепління, що шкодить їхній продуктивності та плодючості.

Худоба також може бути вразливою до більшої кількості захворювань. МГЕЗК зазначає, що зоонози – хвороби, які можуть передаватися від людини до тварини – є більш чутливими до зміни клімату, ніж патогени, характерні лише для людини або тварин. Ареали комах-переносників хвороб та інших членистоногих розширюватимуться з потеплінням клімату, тоді як більш екстремальні погодні явища, спричинені зміною клімату, також сприятимуть поширенню хвороб.

В сучасних кліматичних умовах тваринництво та виробництво кормів в Україні зазнають негативних впливів, що залежать від таких чинників:

- зростання середньої річної температури повітря та середніх температур повітря за місяці, особливо навесні та влітку;
- зростання кількості днів з аномально високими температурами, що негативно впливає на стан рослин і тварин;
- збільшення повторюваності посушливих явищ, зокрема в поєднанні з екстремально високими температурами;
- різкі температурні коливання між сезонами та впродовж окремих місяців та днів, що спричиняють зниження стійкості багатьох кормових культур;
- збільшення повторюваності стихійних погодних явищ у теплий період року (сильні дощі, грози, смерчі, шквали, град);
- зменшення частоти випадання та збільшення інтенсивності опадів, що перешкоджає накопиченню ґрунтової вологи та погіршує умови збирання врожаю та випасу і утриманню тварин;
- зростання нерівномірності випадання атмосферних опадів за окремі періоди року, що впливає на забезпечення поголів'я питною водою;
- відсутність стійкого снігового покриву, що при значному зниженні температури перешкоджає накопиченню вологи у ґрунті та знижує врожайність кормових культур;
- сприятливість погодних умов (високої температури та вологості повітря) для поширення шкідників, хвороб та інвазійних видів рослин, що може знизити продуктивність, вирощування кормових культур та вплине на стан здоров'я поголів'я;
- збільшення ймовірності виникнення пожеж, що порушує стійкість екосистем, спричиняє втрати врожаїв, знижує адаптаційний потенціал галузі до кліматичних змін та підвищує ступені впливу кожного кліматичного чинника.

Відповідно до сучасних оцінок зміни клімату очікується, що у всьому світі галузь тваринництва зіткнеться з додатковим тепловим стресом (навантаженням) на велику рогату худобу, який посилюватиметься з потеплінням клімату.

У 5-му розділі звіту Робочої групи II МГЕЗК (2022) також підкреслюється, що при потеплінні лише на 2°C поголів'я худоби скоротиться на 7–10% до 2050 року, що може призвести до економічних втрат від 10 до 13 мільярдів доларів США. Дослідження показали, що до 34% існуючих площ для вирощування сільськогосподарських культур і кормів для тваринництва стануть непридатними до кінця століття за верхньої межі прогнозованого підвищення температури. Найбільшому ризику піддаються регіони, де розташовані найбільші у світі країни-виробники тваринницької продукції, такі як Бразилія, Китай та Індія.

За найбільш екстремальним зі сценаріїв МГЕЗК, що відповідає підвищенню глобальної температури на 4,3°C, третина світового виробництва продовольства може бути витіснена за межі безпечного кліматичного простору (БКП) до 2081–2100 років. В останньому звіті Робочої групи II МГЕЗК (2022) прогнозується, що до середини століття 10% земель, які нині використовуються для вирощування основних сільськогосподарських культур і ведення тваринництва, стануть непридатними для цього. Наслідки зміни клімату для виробництва продовольства будуть ще більш серйозними у разі підвищення глобальної температури понад 2°C. За поточними політичними тенденціями світ рухається до потепління приблизно на 2,7°C.

Зростання температури також спричинить виснаження водних ресурсів. Тваринництво, зокрема виробництво кормів для худоби, нині споживає 30% усієї води в сільському господарстві. За прогнозами при потеплінні на 2,7°C споживання води великою рогатою худобою зросте на 13%, що може загострити конкуренцію між потребами людей та сільськогосподарським виробництвом. Зазначимо також, що високопродуктивні системи тваринництва можуть споживати більше води, ніж пасовищні або змішані системи.

Згідно зі звітом, у тропічних і субтропічних регіонах втрати у виробництві яловичини та молока можуть бути ще значнішими, що до кінця століття призведе до щорічних економічних збитків у розмірі близько 9 млрд доларів США для молочної продукції та 31 млрд доларів США для виробництва яловичини.

Це становить приблизно 7% і 20% світової вартості виробництва цих товарів (у постійних цінах 2005 року).

2.10. Майбутні загрози зміни клімату

У представленому звіті майбутні загрози зміни клімату для сільського господарства аналізувались із використанням сучасних методичних підходів, представлених зокрема в Шостому звіті Першої робочої групи МГЕЗК (IPCC AR6 WGI, 2021) і апробованих в проєкті АПЕНА 3. Зокрема розраховувалися і оцінювалися чинники кліматичного впливу, які згідно з глосарієм МГЕЗК (авт. переклад) - «фізичні умови кліматичної системи (наприклад, усереднені показники, події, екстремуми), які впливають на елемент суспільства або екосистеми. Залежно від вразливості та стійкості системи, чинники та їхні зміни можуть бути шкідливими, корисними, нейтральними або сумішню кожного з взаємодіючих системних елементів і регіонів».

У цілому розглядалося 32 чинники (табл. 2.2), що розподілялися на 5 типів, в яких було обрано 14 категорій, які відповідають клімату України, згідно до класифікації МГЕЗК (Tabl.12.2 WGI AR6, 2021²⁰).

У першу чергу це такі типи:

- спека та холод (середні та екстремальні показники температурного режиму);
- зволоження та посушливість (середні та екстремальні чинники);
- сніг з сніговим покривом (середні показники та екстремальні снігопади);
- вітер (середня швидкість та пориви);
- прибережні (висота рівня моря і нагонних хвиль).

Тобто, кожен з типів включає категорії, які характеризують зміни як усереднених, так і екстремальних чинників кліматичного впливу.

Таким чином всього проаналізовано 32 показники, майже половина з яких характеризує температурний режим. А саме п'ять чинників характеризують негативний вплив від підвищення усереднених температур повітря: за рік і у центральні місяці всіх сезонів (січень, квітень, липень і жовтень), а також передбачається негативний вплив від зменшення тривалості вегетаційного періоду. Також чотири чинники, які характеризують негативний вплив від підвищення показників спеки, базуються на добових максимальних та мінімальних температурах повітря. Для оцінки негативного впливу зміни клімату також виділено дві категорії з 4 показниками, які стосуються можливого збільшення хвиль холоду і відповідно підвищення градусоднів опалювального періоду, та кількості морозних днів та днів із заморозками, що

²⁰ <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-12/>

не можна виключати навіть при загальному потеплінні, особливо в поточний період 2021–2040.

В категорії зволоження та посушливості також входять чинники, що базуються на усередненні кількості опадів за рік та у центральні місяці сезонів, при цьому негативний вплив очікується від зменшення цих усереднених показників, у той час як для чинників, які характеризують екстремальність режиму опадів, негативний вплив відповідає їхньому підвищенню. Для оцінки ступеня впливу посилення посушливості використовувався індекс, який характеризує максимальну тривалість посушливого періоду. Також до цієї категорії віднесено індекс підвищення кількості днів з пожежонебезпечними погодними умовами, які визнаються перевищенням значення 30 для індексу Fire Weather Index (FWI).

В категорію чинників, які характеризують сніговий покрив, включено два, що базуються на усереднених показниках (річна сума опадів у вигляді снігу і кількість днів із сніговим покривом більше за 30% території), зменшення яких вказує на негативний вплив, і також для оцінки впливу зміни екстремальності включено збільшення кількості днів із снігопадами понад 10 мм на добу.

Негативний вплив від зміни вітрового режиму оцінювався за збільшенням середньої швидкості вітру, а також кількості днів на рік із поривами вітру, що перевищували 6 балів за шкалою Бофорта (10,8 м/с).

Прибережні показники підняття рівня моря та висоти нагонних хвиль визначалися за даними глобальної моделі Joint Research Center (JRC) LISCOAST для всіх узбережь Світового океану. Негативний вплив відповідав збільшенню значень обох чинників.

Таблиця 2.2. Категорії чинників кліматичного впливу (ЧКВ) і межі для визначення ступенів впливу їхніх змін (від 0 до 1)

ЧКВ за МГЕЗК	Категорії ЧКВ за МГЕЗК	Назва ЧКВ	Одиниці	Незначний		Низький		Середній		Високий		Дуже високий
				0		0,25		0,50		0,75		1
СПЕКА ТА ХОЛОД	☑ СЕРЕДНЯ ТЕМПЕРАТУРА ПОВІТРЯ	☑ Середня температура повітря за рік	°C		0,5		1,0		2,0		4,0	
		☑ Середня температура повітря за січень	°C		0,5		1,0		2,0		4,0	
		☑ Середня температура повітря за квітень	°C		0,5		1,0		2,0		4,0	
		☑ Середня температура повітря за липень	°C		0,5		1,0		2,0		4,0	
		☑ Середня температура повітря за жовтень	°C		0,5		1,0		2,0		4,0	
		☑ Тривалість вегетаційного періоду	день/рік		-2		-5		-10		-15	
	☑ ЕКСТРЕМАЛЬНА СПЕКА	☑ Середня за літо максимальна добова температура повітря	°C		0,5		1,0		2,0		4,0	

		↗ Кількість днів з дуже сильною та екстремальною спекою	день/рік		5		10		20		30	
		↗ Тропічні ночі	день/рік		10		20		30		50	
		↗ Індекс Гумідекс для середніх максимальних температур повітря влітку	у.о.		25		30		35		40	
		↗ Градусодні періоду кондиціонування повітря	градусодні/рік		50		100		200		300	
	↗ ХВИЛІ ХОЛОДУ	↘ Температура дуже холодних днів у зимові місяці	°C		-0,5		-1,0		-2,0		-4,0	
		↗ Градусодні опалювального періоду	градусодні/рік		50		100		200		300	
	↗ МОРОЗИ	↗ Дні з морозом	день/рік		0		5		10		20	
		↗ Морозні дні	день/рік		5		10		20		30	
	ЗВОЛОЖЕННЯ ТА ПОСУШЛИВІСТЬ	↘ Кількість опадів за рік	%		-5		-10		-15		-20	
		↘ Кількість опадів за січень	%		-5		-10		-15		-20	
		↘ Кількість опадів за квітень	%		-5		-10		-15		-20	
		↘ Кількість опадів за липень	%		-5		-10		-15		-20	

		☒ Кількість опадів за жовтень	%		-5		-10		-15		-20	
	☒ ЗЛИВИ ТА ДОЩОВІ ПАВОДКИ	☒ Максимальна кількість опадів за 5 днів	мм		5		10		15		20	
		☒ Максимальна кількість опадів за добу	мм		2,5		5,0		7,5		10,0	
		☒ Щорічна кількість дуже сильних опадів	%		0		10		20		30	
	☒ ПОСУХИ	☒ Максимальна тривалість посухи за 20-річчя	день/рік		30		40		50		60	
	☒ КІЛЬКІСТЬ ДНІВ З ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНОЮ ПОГОДОЮ	☒ Індекс пожежонебезпеки > 30	день/рік		5		10		15		20	
СНІГ	☒ СНІГОПАДИ ТА СНІГОВИЙ ПОКРИВ	☒ РІЧНА СУМА ОПАДІВ У ВИГЛЯДІ СНІГУ	мм		-3		-10		-20		-30	
		☒ КІЛЬКІСТЬ ДНІВ З ЧАСТКОЮ СНІГОВОГО ПОКРИВУ $\geq 30\%$	день/рік		0		-20		-40		-60	
	☒ КІЛЬКІСТЬ ДНІВ ЗІ СНІГОПАДОМ ≥ 10 ММ ЗА ДОБУ		день/рік		0,1		0,3		0,5		1,0	
ВІТЕР	☒ СЕРЕДНЯ ШВИДКІСТЬ ВІТРУ		м/с		0,01		0,10		0,20		0,30	
	☒ ПОРИВИ ВІТРУ ≥ 10.8 М/С (6 БОФОРТ)		день/рік		0,1		2,0		3,0		4,0	
ПРИБЕРЕЖНІ	☒ ВІДНОСНИЙ РІВЕНЬ ПІДНЯТТЯ МОРЯ		м		0,05		0,15		0,30		0,45	

	☒ ЕКСТРЕМАЛЬНА ВИСОТА НАГОННИХ ХВИЛЬ (ПРИБЕРЕЖНЕ ПІДТОПЛЕННЯ)	м		2,0		2,5		3,0		3,5	
--	--	---	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--

Зміна клімату в Україні на періоди найближчого та віддаленого майбутнього встановлювалася на основі даних 34 регіональних кліматичних моделей (РКМ) проекту EURO CORDEX для сценаріїв репрезентативних траєкторій концентрацій (Representative Concentration Pathways) RCP 4.5 та RCP 8.5, де числа відповідають додатковому радіаційному нагріву у Вт на квадратний метр до кінця ХХІ сторіччя. Моделі мають детальне просторове (0,11°) і часове (доба) розділення, що дало змогу сформувати якісні часові ряди основних кліматичних показників та на їх основі розрахувати кліматичні індекси. Саме значення кліматичних індексів виступає мірою інтенсивності впливу зміни клімату на природні та штучні екосистеми.

Для оцінок зміни клімату, а також вразливості та ризиків для сільського господарства, територія України була поділена на 5 основних географічних регіонів із врахуванням адміністративного поділу, однотипності прояву кліматоутворювальних чинників та відповідно подібності кліматичних умов (рис. 2.9):

- в регіон **Захід** увійшли Рівненська, Волинська, Львівська, Закарпатська, Тернопільська, Хмельницька, Чернівецька та Івано-Франківська області;
- у **Північ** увійшли Житомирська, Київська, Чернігівська і Сумська області;
- в регіоні **Схід** Харківська, Луганська і Донецька області;
- в **Центрі** Полтавська, Дніпропетровська, Кіровоградська, Черкаська і Вінницька області;
- і у регіоні **Південь** – Запорізька, Миколаївська, Херсонська, Одеська області та АР Крим

Також на території України виділяються три специфічні географічні зони, а саме дві гірські території **Карпатських** і **Кримських** гір, які визначаються за висотою більше за 400 м над рівнем моря, а також **Прибережна** територія Чорного і Азовського морів як території вздовж узбережь та лиманів з буфером 0,1° від берегової лінії.

Згідно отриманих розрахунків, зміни, які очікуються у поточному періоді 2021–2040 співставні за обома сценаріями і найбільш виражені будуть у Західному, Північному і Південному регіонах. На середину сторіччя у період 2041–2060 за сценарієм RCP 4.5 очікується подальше зростання температури повітря в Україні. Середня річна температура зростатиме зі швидкістю 0,27°/10 років, і у зв'язку з цим відбудеться збільшення значень індексів, що базуються на високих температурах. Так збільшиться кількість літніх днів із швидкостями 3,0/10 років та тропічних ночей 2,5/10 років. Кліматичні індекси, що базуються на низьких температурах будуть зменшуватися, наприклад кількість морозних днів на -3,2/10 років. Індекси опадів для цього періоду мають переважно додатні тенденції +2,39мм/10 років. Відповідно до сценарію RCP 8.5 зростання температури повітря буде

інтенсивнішим зі швидкістю 0,68/10 років. Очевидно, що збільшиться кількість екстремальних явищ, що обумовлені високими температурами. Так наприклад, кількість тропічних ночей збільшуватиметься на 7,9/10 років. Різко зменшаться значення індексів, що базуються на низьких температурах, кількість морозних днів на -6,9/10 років. Для цього періоду прогнозується незначне зростання кількості днів з сильними опадами 0,16/10 років.

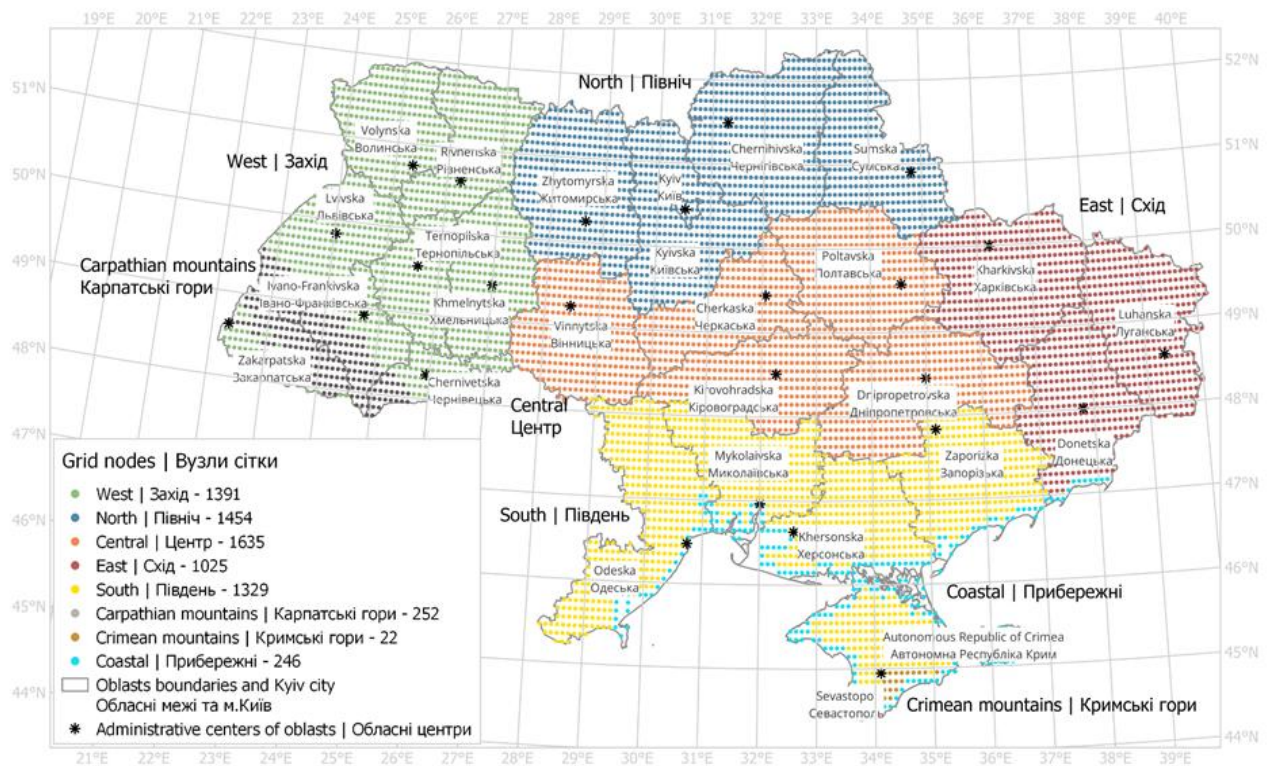


Рисунок 2.9. – Районування території України за регіонами

Для періоду віддаленого майбутнього на кінець сторіччя у період 2081–2100 за даними моделювання слід очікувати більш інтенсивних змін у порівнянні з серединою століття, особливо в швидкості збільшення температури повітря в Південному, Східному та Центральному регіонах. Слід також звернути увагу на те, що для цього періоду очікується значна різниця у швидкості зміни температури повітря та значень індексів, що базуються на високих температурах, для сценарію RCP 8.5 фонові значення і швидкості змін будуть найвищими. Для сценарію RCP 4.5 отримано більше зростання річних сум опадів, ніж для RCP 8.5, а кількість днів з сильними опадами співставні.

Окрім усереднених значень негативного впливу по категоріях, очевидно, що для оцінки ризиків потрібно визначити також ті чинники, від зміни яких очікується найбільший ступінь негативного впливу. Тому у визначених категоріях у кожному вузлі розрахункової сітки знаходили і аналізували також і максимальний ступінь впливу в категорії, де було більше одного чинника.

Для зручності і можливості порівнювати вплив загроз як у самому регіоні за сценаріями і категоріями чинників, так і з іншими регіонами, для кожного регіону були побудовані 6 гістограм для двох сценаріїв і трьох періодів до кінця XXI ст., де кольорами з числами позначено внесок зміни кожної категорії чинників у загальну загрозу від зміни кліматичних умов (рис. 2.10 – 2.17).

Для цього в кожному регіоні визначалися максимальні ступені впливу по кожній із загроз у долях одиниці (табл. 2.2), які множенням на 10 трансформувалися в оцінки в межах 10 балів, які потім підсумовувалися для усіх 10-и категорій окрім двох прибережних. Таким чином для усіх регіонів окрім прибережного для 10-и категорій загроз максимально можлива оцінка відповідатиме 100%, а для прибережних вона також буде 100% за рахунок об'єднання і визначення максимальної загрози серед пари чинників вітру (середня швидкість і пориви) і пари прибережних чинників (підняття рівня моря і підвищення екстремальної висоти нагонних хвиль). При цьому для кожної категорії можна ідентифікувати отриманий рівень максимальної загрози за балами, які наведено на стовпчиках. Відсутність кольору свідчить про відсутність загрози від зміни чинників у відповідній категорії; 2,5 відповідає незначній загрозі; 5 - це середній рівень загрози; 7.5 і 10 – високий і дуже високий рівні загрози відповідно (рис. 2.10 – 2.17).

Для **Західного** регіону впродовж XXI ст. для усіх періодів та обох сценаріїв залишається дуже високою загроза збільшення екстремальних опадів, які можуть призводити до злив і дощових паводків (10 балів на рис. 2. 10). Також для сценарію RCP 4.5 дуже висока загроза від збільшення днів із снігопадами понад 10 мм, хоча за сценарієм RCP 8.5 вона поступово зменшується, вочевидь через стрімкіше потепління і все менше опадів у вигляді снігу. Це підтверджує отримане наростання загрози зменшення снігового покриву і опадів у вигляді снігу від високої у поточний період до дуже високої надалі для обох сценаріїв.

Загроза підвищення середньої температури та спеки дуже висока лише на кінець сторіччя за сценарієм RCP 8.5, в попередні періоди вона висока, а для сценарію RCP 4.5 лише середня. Також для обох сценаріїв загроза середня і від збільшення посухи, лише на середину сторіччя за сценарієм RCP 8.5 отримано високу загрозу підвищення цього чинника. Посухи безпосередньо пов'язані із зменшенням кількості опадів, але в західному регіоні лише низький рівень загрози зміни цього чинника отримано для всіх періодів за сценарієм RCP 8.5, а для RCP 4.5 тільки у поточний період.

Максимальна загроза впливу зміни кліматичних чинників, % Maximum Hazard from Impact of Climatic Drivers' Change, %

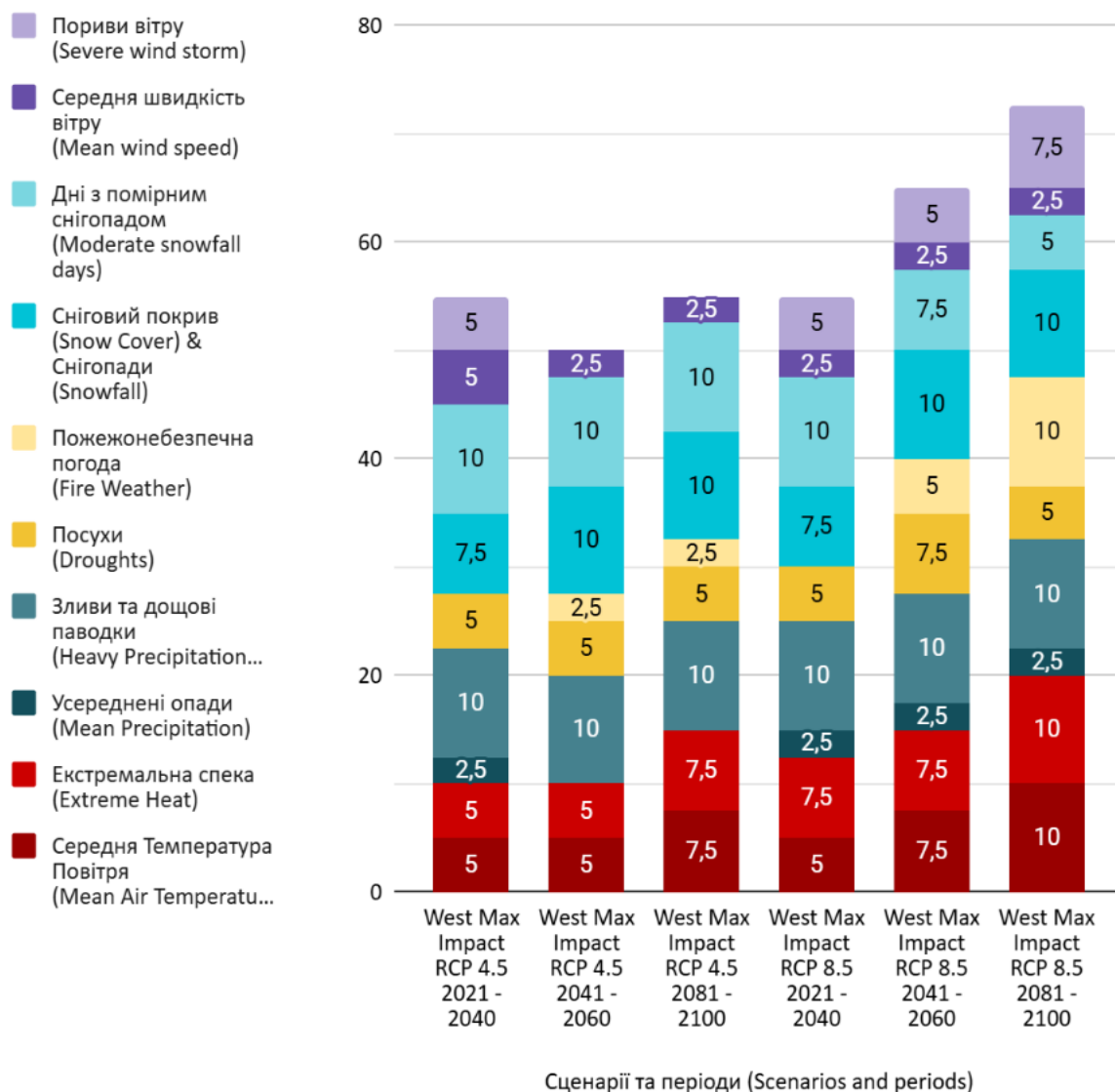


Рисунок 2.10. – Максимальні по категоріях та сумарні рівні загроз для Західного регіону за сценаріями і періодами до кінця XXI ст. відносно періоду 1991–2010

Натомість від пожежонебезпечної погоди отримано дуже високу загрозу на кінець і високу на середину сторіччя за сценарієм високих концентрацій RCP 8.5, хоча для сценарію помірних концентрацій RCP 4.5 отримано відсутність загрози у поточний період і низький рівень із середини до кінця сторіччя. Для показників підвищення швидкості і поривів вітру у поточний період найбільшу загрозу середнього рівня отримано для обох сценаріїв для поривів і для помірного сценарію для збільшення швидкості вітру. Загроза підвищення швидкості вітру стає низькою з середини до кінця сторіччя для помірного сценарію і лишається низькою для усіх періодів за сценарієм високих концентрацій, для якого загроза збільшення поривів вітру вже на рівні середньої зберігається впродовж всього століття. Таким чином, сумарна загроза зміни усіх категорій чинників кліматичного впливу у західному

регіоні складає від 50 до 72,5% впродовж XXI сторіччя. При цьому у поточний період сумарна загроза однакова для обох сценаріїв і складає 55%, але надалі знижується до 50% і на кінець сторіччя знову сягає 55% для сценарію помірних концентрацій RCP 4.5, але значно зростає для сценарію високих концентрацій RCP 8.5 на середину сторіччя до 65% і до 72,5% на кінець.

Максимальна загроза впливу зміни кліматичних чинників, % Maximum Hazard from Impact of Climatic Drivers' Change, %

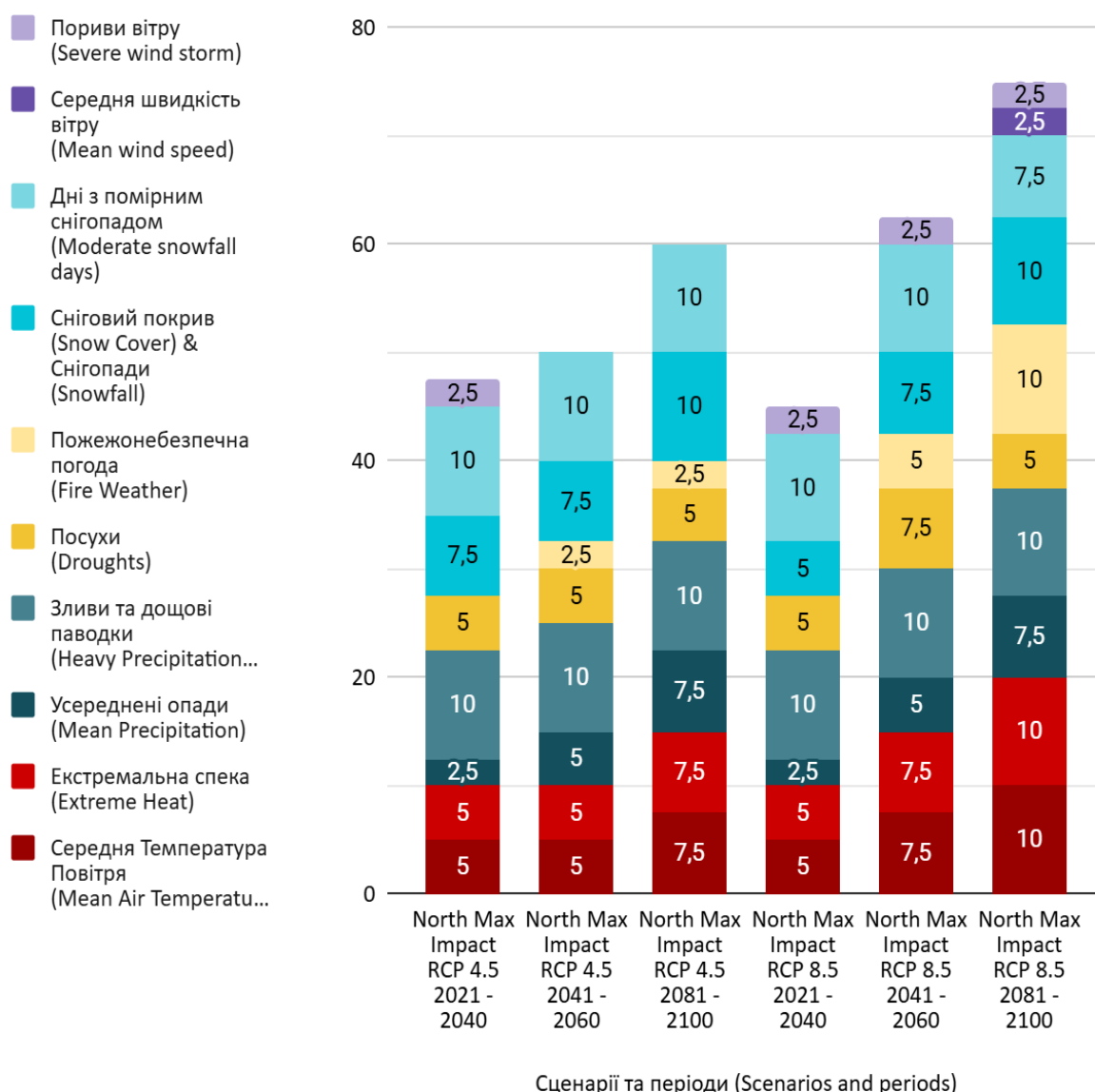


Рисунок 2.11. – Максимальні по категоріях та сумарні рівні загроз для Північного регіону за сценаріями і періодами до кінця XXI ст. відносно періоду 1991–2010

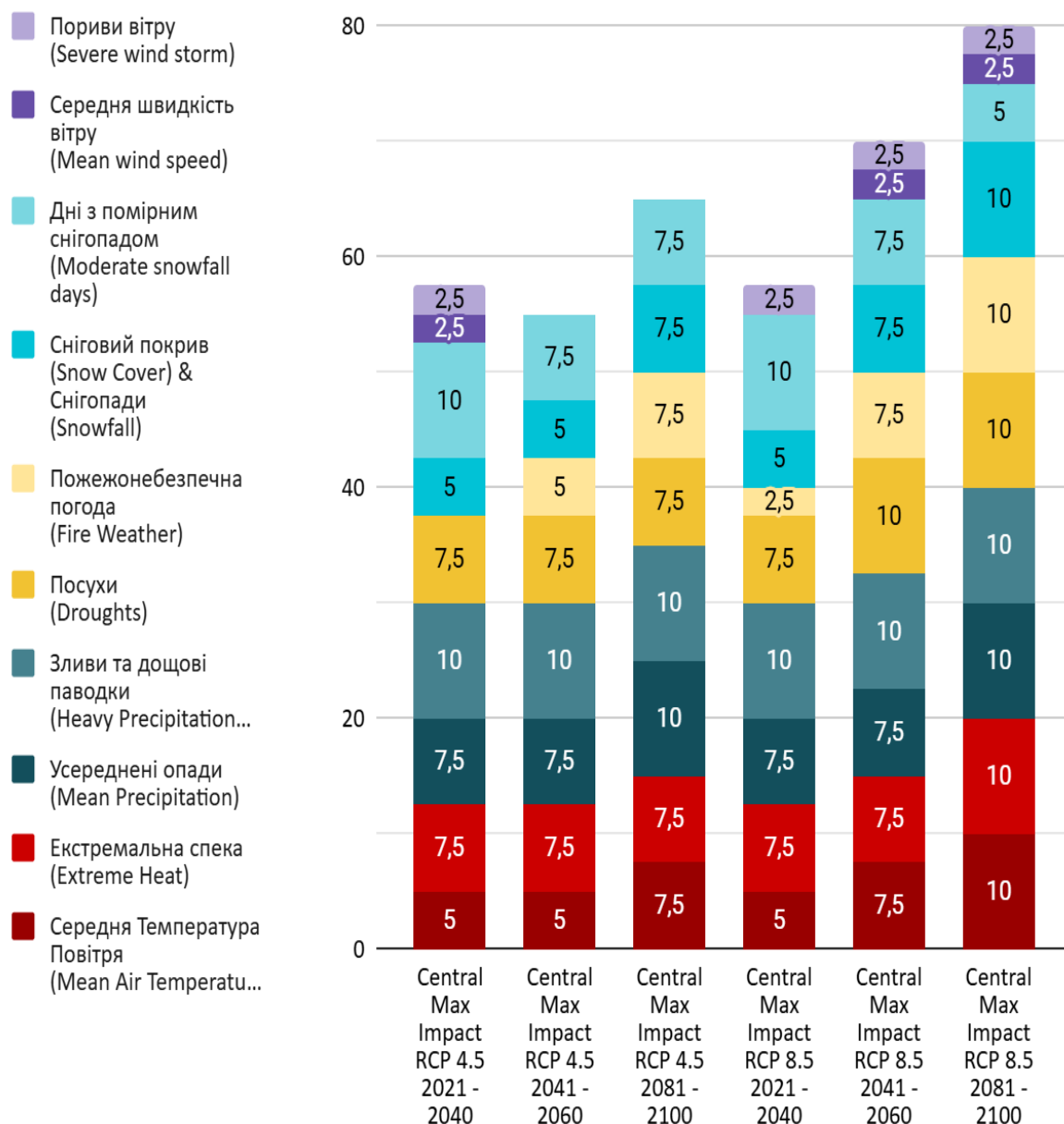
Для **Північного** регіону отримано схожі із західним оцінки максимальних загроз від зміни чинників кліматичного впливу. Так впродовж XXI ст. для усіх періодів та обох сценаріїв отримано дуже високу загрозу збільшення екстремальних опадів, які можуть спричинити сильні зливи і дощові паводки (10 балів на рис. 2.11).

Також для обох сценаріїв дуже висока загроза від збільшення днів із снігопадами понад 10 мм, хоча за сценарієм RCP 8.5 вона зменшується до високої на кінець сторіччя, вочевидь через стрімкіше потепління і все менше опадів у вигляді снігу. Це підтверджує отримане наростання загрози зменшення снігового покриву і опадів у вигляді снігу від високої і середньої для сценаріїв помірної і високої концентрації відповідно у поточний період до високої на середину і дуже високої до кінця сторіччя для обох сценаріїв. Загроза підвищення середньої температури та спеки дуже висока лише на кінець сторіччя за сценарієм RCP 8.5, в попередні періоди вона висока, а для сценарію RCP 4.5 лише середня до середини сторіччя. Також для обох сценаріїв загроза середня і від збільшення посухи, лише на середину сторіччя за сценарієм RCP 8.5 отримано високу загрозу підвищення цього чинника аналогічно до західного регіону.

Посухи безпосередньо пов'язані із зменшенням кількості опадів, і в північному регіоні рівень загрози цього чинника зростає від низького для поточного, середнього на середину до високого рівня на кінець сторіччя за обома сценаріями. Натомість так само, як і у західному регіоні від пожежонебезпечної погоди отримано дуже високу загрозу на кінець і високу на середину сторіччя з відсутністю загрози у поточний період за сценарієм високих концентрацій RCP 8.5, хоча для сценарію помірних концентрацій RCP 4.5 отримано також відсутність загрози у поточний період і низький рівень із середини до кінця сторіччя. Для показників підвищення швидкості і поривів вітру для північного регіону отримано у цілому менші рівні загрози порівняно із західним. Так для обох сценаріїв у поточний період отримано низький рівень загрози від збільшення поривів вітру.

Низький рівень загрози поривів вітру зберігається для сценарію RCP 8.5 впродовж сторіччя і на кінець додається також низький рівень загрози для збільшення швидкості вітру. Таким чином, сумарна загроза зміни усіх категорій чинників кліматичного впливу у північному регіоні має більший розкид значень, ніж у західному, і складає від 45% до 75% впродовж XXI сторіччя за обома сценаріями. При цьому у поточний період сумарна загроза менша для сценарію RCP 8.5 (45%) і більша (47,5%) для сценарію RCP 4.5. Але надалі темпи зростання загроз за сценарієм RCP 8.5 збільшуються і вже із середини сторіччя значно перевищують сумарну загрозу за сценарієм RCP 4.5: 50% на середину і 60% на кінець сторіччя проти 62,5% і 75% для сценарію високих концентрацій RCP 8.5 на середину і кінець сторіччя відповідно.

Максимальна загроза впливу зміни кліматичних чинників, % Maximum Hazard from Impact of Climatic Drivers' Change, %



Сценарії та періоди (Scenarios and periods)

Рисунок 2.12. – Максимальні по категоріях та сумарні рівні загроз для Центрального регіону за сценаріями і періодами до кінця XXI ст. відносно періоду 1991–2010

Для **Центрального** регіону у цілому отримано схожі оцінки із західним та північним регіонами, але з посиленням загроз, що пов'язані із зменшенням зволоження. При цьому так само впродовж XXI ст. для усіх періодів та обох сценаріїв зберігається дуже висока загроза збільшення екстремальних опадів, які можуть спричинити сильні зливи і дощові паводки (10 балів на рис. 2.12). Разом із тим в центрі отримано дещо менші загрози від збільшення днів із снігопадами понад

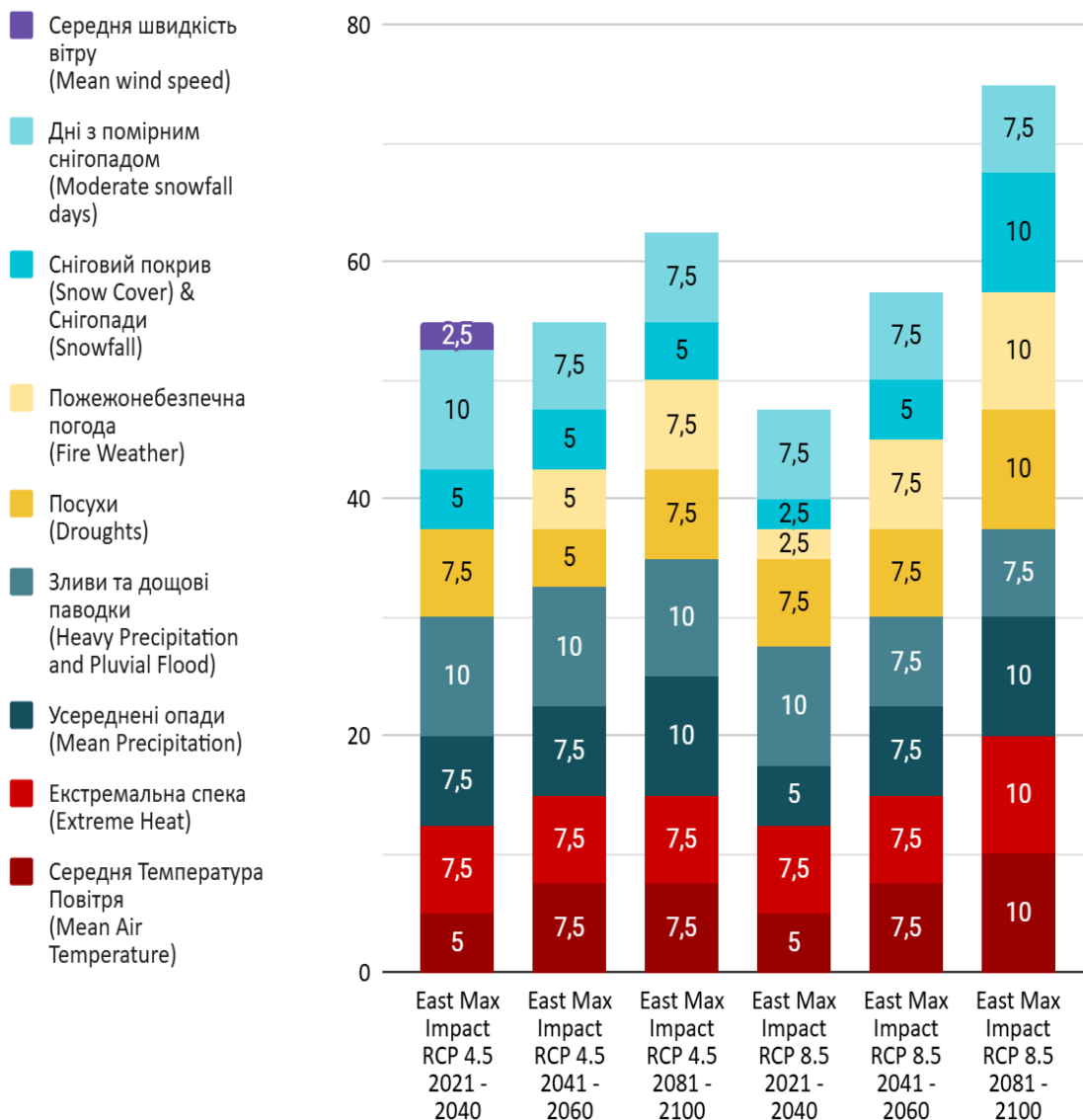
10 мм, хоча для обох сценаріїв дуже висока загроза залишається у поточний період із зменшенням рівня загрози до високої на середину та до кінця сторіччя за сценарієм помірних концентрацій RCP 4.5. Але за сценарієм RCP 8.5 загроза зменшується до середньої на кінець сторіччя, вочевидь через стрімкіше потепління і все менше опадів у вигляді снігу. Це підтверджує отримане наростання загрози зменшення снігового покриву і опадів у вигляді снігу від середньої для обох сценаріїв у поточний період до високої на середину і дуже високої до кінця сторіччя для сценарію RCP 8.5 та середньої і високої для RCP 4.5 відповідно.

На відміну від західного і північного регіонів, для центру отримано високий рівень загрози від збільшення посухи впродовж всього сторіччя для RCP 4.5. Також високий рівень загрози у поточний період за сценарієм RCP 8.5, але з середини сторіччя отримано дуже високу загрозу підвищення цього чинника на відміну від вказаних регіонів. Посухи безпосередньо пов'язані із зменшенням кількості опадів, і в центрі рівень загрози цього чинника зростає від високого у поточний період і на середину сторіччя до дуже високого рівня на кінець сторіччя за обома сценаріями. Схожий до північного і західного регіону розподіл загроз від пожежонебезпечної погоди отримано і в центральному. Так дуже високу загрозу на кінець, високу на середину сторіччя і низьку у поточний період отримано за сценарієм високих концентрацій RCP 8.5, хоча для сценарію помірних концентрацій RCP 4.5 отримано відсутність загрози у поточний період і надалі середній і високий рівень на середину і кінець сторіччя відповідно.

Загрози підвищення середньої температури повітря та спеки дуже високі лише на кінець сторіччя за сценарієм RCP 8.5, в попередні періоди загроза підвищення спеки висока для обох сценаріїв, а для середньої температури повітря загроза середня для сценарію RCP 4.5 до середини сторіччя і для RCP 8.5 лише у поточний період із збільшенням до високої на середину сторіччя. Для показників підвищення швидкості і поривів вітру для центрального регіону отримано проміжні рівні загрози між західним і північним. Так для обох сценаріїв у поточний період отримано низький рівень загрози від збільшення поривів вітру, але для сценарію RCP 4.5 також додається низький рівень загрози від підвищення швидкості вітру. Низький рівень загрози поривів вітру зберігається для сценарію RCP 8.5 впродовж сторіччя і з середини до кінця сторіччя додається також низький рівень загрози від збільшення швидкості вітру. Таким чином, сумарна загроза зміни усіх категорій чинників кліматичного впливу у центральному регіоні має найбільше значення 80% серед усіх регіонів за виключенням прибережного, де до загроз десяти категорій представлених чинників до сумарної загрози додаються ще прибережні чинники. У центральному регіоні у поточний період сумарна загроза однакова для обох сценаріїв так само, як і в західному регіоні, але значення вище - 57.5%, і так само до

середини сторіччя рівень загрози зменшується до 55% для сценарію RCP 4.5 за рахунок відсутності загрози від чинників категорії вітер. Але за сценарієм RCP 8.5 темпи зростання загроз значно збільшуються, і вже із середини сторіччя значно перевищують сумарну загрозу за сценарієм RCP 4.5 на кінець сторіччя (60%) проти 70% і 80% для сценарію високих концентрацій RCP 8.5 на середину і кінець сторіччя відповідно.

Максимальна загроза впливу зміни кліматичних чинників, % Maximum Hazard from Impact of Climatic Drivers' Change, %



Сценарії та періоди (Scenarios and periods)

Рисунок 2.13. – Максимальні по категоріях та сумарні рівні загроз для Східного регіону за сценаріями і періодами до кінця XXI ст. відносно періоду 1991–2010

Для **Східного** регіону отримані оцінки максимальних загроз дещо відрізняються від попередніх регіонів, оскільки саме для сценарію високих

концентрацій RCP 8.5 отримано найнижче просумоване значення (47,5%) у поточний період, тоді як за сценарієм RCP 4.5 сумарне значення загрози у цей період значно більше і складає 55% (рис. 2.13). Це значення зберігається до середини сторіччя із зростанням до 62,5% на кінець сторіччя за цим сценарієм помірних концентрацій. Як і в інших регіонах, сумарне значення загроз досить швидко зростає за сценарієм RCP 8.5 впродовж століття: 57,5% на середину і 75% до кінця сторіччя, коли 6 із 10 загроз на рівні дуже високий, дві, що стосуються збільшення екстремальності опадів у тому числі і у вигляді снігу, на високому рівні, а ще дві, які пов'язані із збільшенням швидкості вітру та його поривів, відсутні.

У східному регіоні загроза підвищення середньої температури повітря та спеки дуже висока лише на кінець сторіччя за сценарієм RCP 8.5, в попередні періоди загроза підвищення спеки висока для обох сценаріїв, а для середньої температури повітря загроза на середньому рівні для обох сценаріїв лише у поточний період із збільшенням до високої на середину сторіччя. Значний внесок у загальну загрозу у східному регіоні вносять чинники, що пов'язані із зменшенням зволоження для обох сценаріїв. При цьому так само впродовж XXI ст. для усіх періодів та обох сценаріїв зберігається дуже висока і з середини сторіччя для RCP 8.5 висока загроза збільшення екстремальних опадів, які можуть спричиняти сильні зливи і дощові паводки.

Разом із тим на сході отримано також дуже високу у поточний період для RCP 4.5 і високі рівні загрози від збільшення днів із снігопадами понад 10 мм в інші періоди. І на відміну від інших регіонів за сценарієм RCP 8.5 загроза збільшення цього чинника впродовж сторіччя залишається на високому рівні. Але разом із тим за цим сценарієм отримано наростання загрози зменшення снігового покриву і опадів у вигляді снігу від низького у поточний період до середнього на середину і дуже високого до кінця сторіччя. Загроза зменшення снігового покриву для сценарію RCP 4.5 залишається на середньому рівні впродовж усіх розглянутих періодів. На відміну від західного і північного регіонів, на сході так само як і у центрі отримано високий рівень загрози від збільшення посухи на початку і у кінці сторіччя і середній на середину для RCP 4.5. Натомість високий рівень загрози отримано у поточний період і на середину сторіччя із зростанням до дуже високого на кінець за сценарієм RCP 8.5. Посухи безпосередньо пов'язані із зменшенням кількості опадів, і на сході рівень загрози цього чинника зростає схоже до центру від високого (середнього за RCP 8.5) у поточний період і на середину сторіччя до дуже високого рівня на кінець сторіччя за обома сценаріями.

Аналогічний до центрального регіону розподіл загроз від пожежонебезпечної погоди отримано і на сході. Так дуже високу загрозу на кінець, високу на середину сторіччя і низьку у поточний період отримано за сценарієм високих концентрацій

RCP 8.5, хоча для сценарію помірних концентрацій RCP 4.5 отримано відсутність загрози у поточний період і надалі середній і високий рівень на середину і кінець сторіччя відповідно. Для показників вітру для східного регіону отримано лише низький рівень загрози у поточний період від підвищення швидкості вітру для сценарію RCP 4.5, а для інших періодів та сценарію загрози відсутні.

Серед розглянутих, **Південний** регіон має найвищі сумарні максимальні загрози, при цьому як на сході і півночі (а також наступних регіонах) саме для сценарію високих концентрацій RCP 8.5 отримано найнижче просумоване значення (55%) у поточний період, тоді як за сценарієм RCP 4.5 сумарне значення загрози у цей період значно більше і складає 62,5% (рис. 2.14).

Максимальна загроза впливу зміни кліматичних чинників, % Maximum Hazard from Impact of Climatic Drivers' Change, %

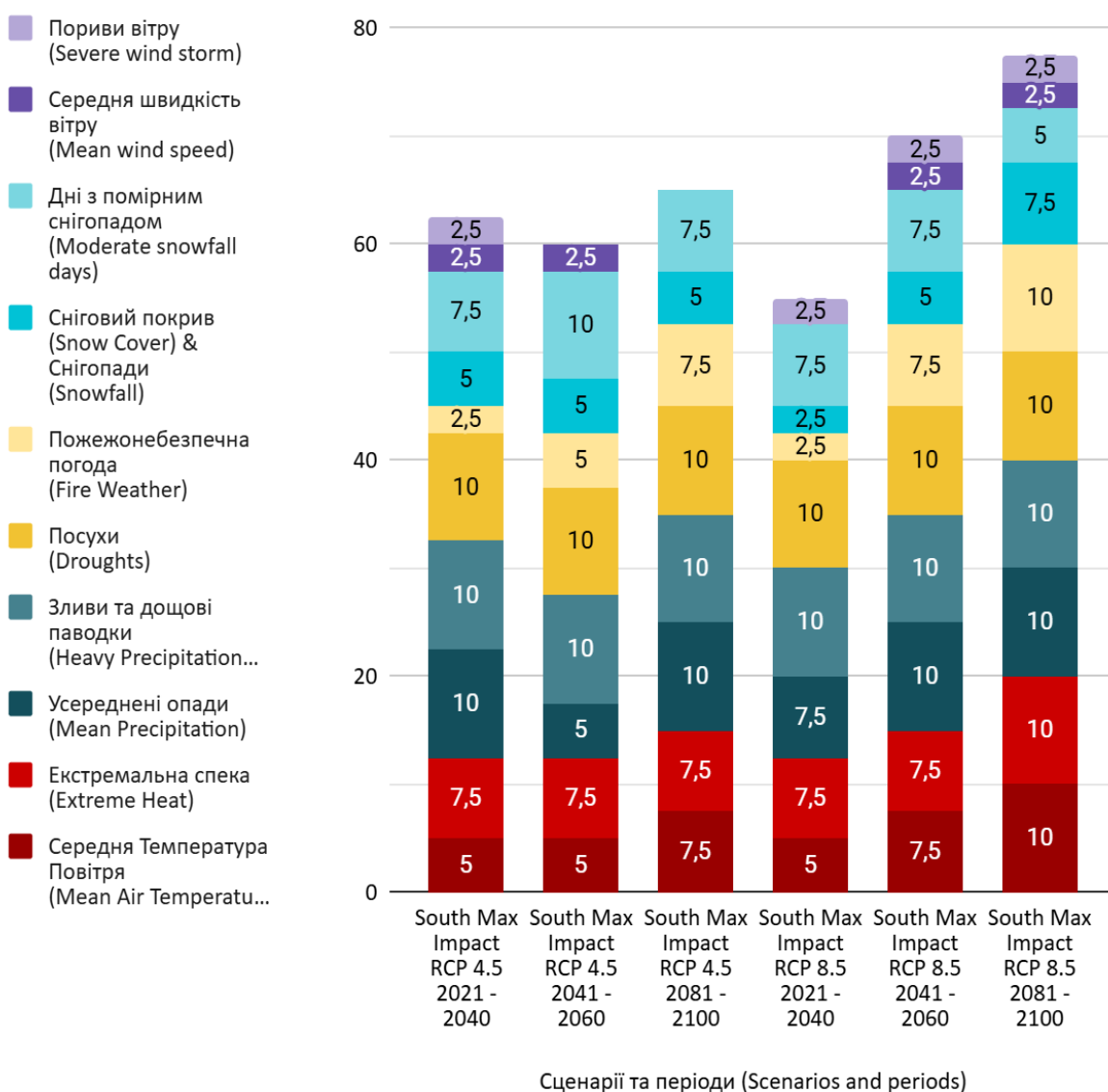


Рисунок 2.14. – Максимальні по категоріях та сумарні рівні загроз для Південного регіону за сценаріями і періодами до кінця XXI ст. відносно періоду 1991–2010

Це значення дещо знижується до 60% на середину сторіччя із зростанням до 65% на кінець сторіччя за цим сценарієм помірних концентрацій. Як і в інших регіонах, сумарне значення загроз досить швидко зростає за сценарієм RCP 8.5 особливо до середини століття, коли воно становить 70%, і до кінця сторіччя сягає 77,5%, коли 6 із 10 загроз на рівні дуже високий, а інші на дещо нижчому: дві, що стосуються збільшення екстремальності снігопадів (високий рівень) і зменшення снігового покриву (середній), і ще дві на низькому рівні, які пов'язані із збільшенням швидкості вітру та його поривів.

У південному регіоні дві загрози впродовж XXI ст. для усіх періодів та обох сценаріїв залишаються на дуже високому рівні (10 балів на рис. 2.14): збільшення екстремальних опадів, які можуть спричиняти сильні зливи і дощові паводки, і збільшення посух. Комбінація цих двох загроз може спричинити каскадні ризики, особливо для таких секторів економіки як сільське та лісове господарства, біорізноманіття, будівлі, управління ризиками стихійних лих тощо.

Загрози підвищення середньої температури повітря та спеки схожі до отриманих у центральному регіоні і дуже високі лише на кінець сторіччя за сценарієм RCP 8.5. В попередні періоди загроза підвищення спеки висока для обох сценаріїв, а для середньої температури повітря загроза середня для сценарію RCP 4.5 до середини сторіччя і для RCP 8.5 лише у поточний період із збільшенням до високої на середину сторіччя. Значний внесок у загальну загрозу в південному регіоні вносять чинники, що пов'язані із зменшенням зволоження для обох сценаріїв. Разом із тим на півдні на середину сторіччя для RCP 4.5 отримано також дуже високий рівень загрози від збільшення днів із снігопадами понад 10 мм і високі загрози в інші періоди. І схоже до інших за виключенням східного регіонів за сценарієм RCP 8.5 загроза збільшення цього чинника до середини сторіччя залишається на високому рівні, а на кінець стає середньою вочевидь через підвищення температури.

Але разом із тим за цим сценарієм отримано наростання загрози зменшення снігового покриву і опадів у вигляді снігу від низького у поточний період до середнього на середину і високого рівня до кінця сторіччя. Загроза зменшення снігового покриву для сценарію RCP 4.5 залишається на середньому рівні впродовж усіх розглянутих періодів як і на сході. Отримана дуже висока загроза від посухи безпосередньо пов'язана не тільки із зменшенням снігового покриву, але із зменшенням кількості опадів. І на півдні рівень загрози цього чинника також дуже високий для двох періодів із трьох для обох сценаріїв. Лише у поточний період він високий для RCP 8.5 і на середину сторіччя середній за сценарієм RCP 4.5.

Посухи і зменшення опадів та снігового покриву на півдні вочевидь сприяють збільшенню загроз від пожежонебезпечної погоди, які зростають від низької у

поточний період для обох сценаріїв до високої і дуже високої на середину і кінець сторіччя за сценарієм високих концентрацій RCP 8.5, хоча для сценарію помірних концентрацій RCP 4.5 отримано дещо нижчі загрози: середній і високий рівень на середину і кінець сторіччя відповідно. У південному регіоні для показників вітру отримано хоча і низький рівень загрози, але майже у всі періоди і для обох чинників, коли у сумі вони вносять до 5% у загальну загрозу у регіоні. Вочевидь, наявність загрози від збільшення швидкості та поривів вітру свідчить про близькість до морів, де ці вітри стають сильнішими із зміною клімату. Лише на кінець сторіччя для сценарію RCP 4.5 загрози підвищення швидкості вітру відсутні.

Максимальна загроза впливу зміни кліматичних чинників, % Maximum Hazard from Impact of Climatic Drivers' Change, %

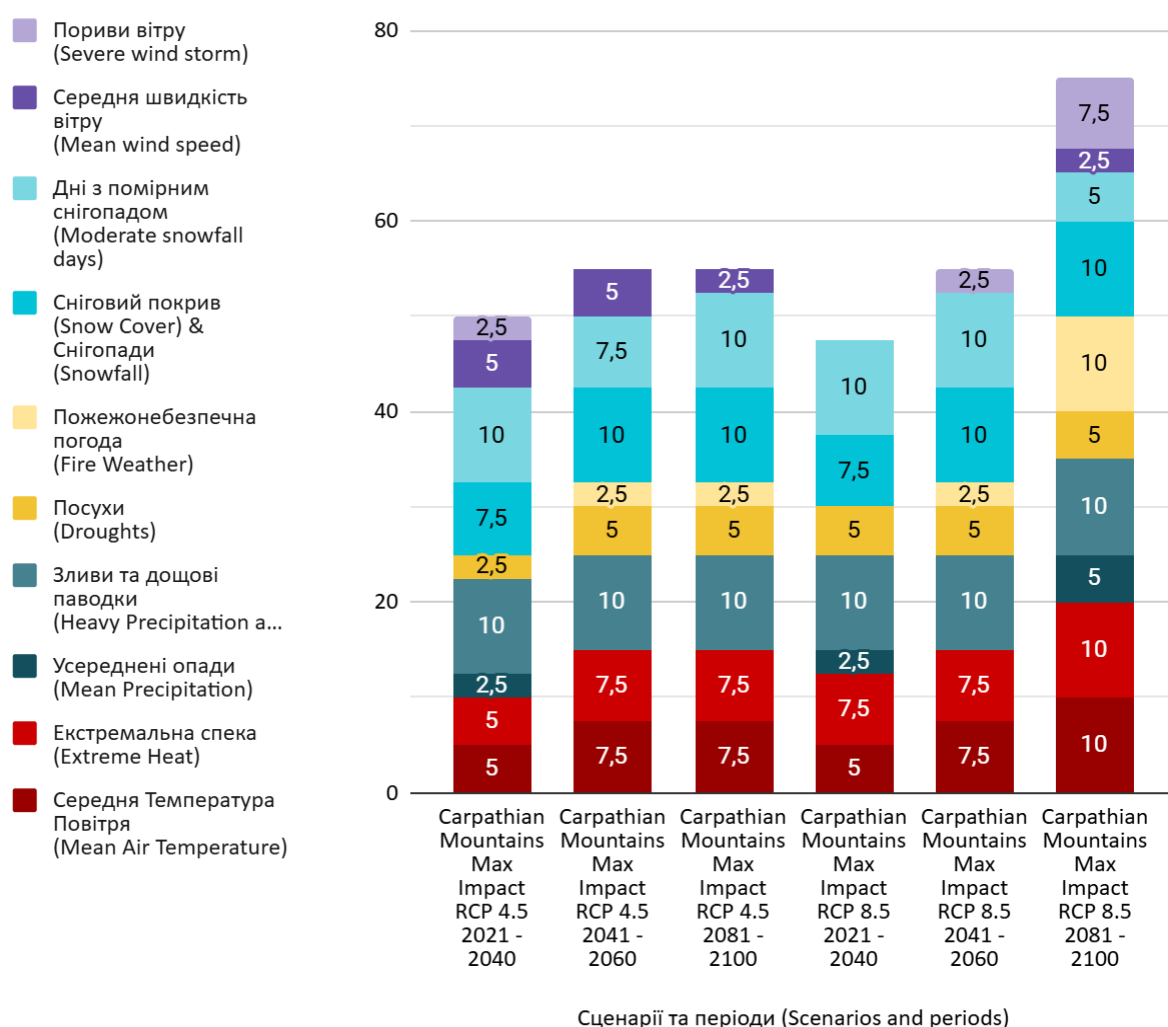


Рисунок 2.15. – Максимальні по категоріях та сумарні рівні загроз для Карпатських гір за сценаріями і періодами до кінця XXI ст. відносно періоду 1991–2010

У цілому для **Карпатських гір** (рис. 2.15) у всі періоди за обома сценаріями зберігається дуже високий рівень загрози збільшення екстремальних опадів, що може призводити до дощових паводків. Загроза збільшення днів із помірними

снігопадами, які можуть викликати лавини та інші небезпечні явища у горах, коливається від дуже високої у поточний період для обох сценаріїв до високої на середину сторіччя із подальшим збільшенням знову до дуже високого рівня за RCP 4.5, і для RCP 8.5 загроза залишається дуже високою на середину сторіччя і зменшується до середньої на кінець сторіччя вочевидь через значне потепління за цим сценарієм, яке сягає рівня дуже високого для температурних чинників. Також зменшення снігового покриву для обох сценаріїв з високого рівня у поточний період зростає до дуже високого на середину і кінець сторіччя, що також може бути впливом від збільшення спеки і температури повітря, загроза яких на високому рівні з середини сторіччя за обома сценаріями і у поточний період для спеки за сценарієм RCP 8.5.

Максимальна загроза впливу зміни кліматичних чинників, % Maximum Hazard from Impact of Climatic Drivers' Change, %

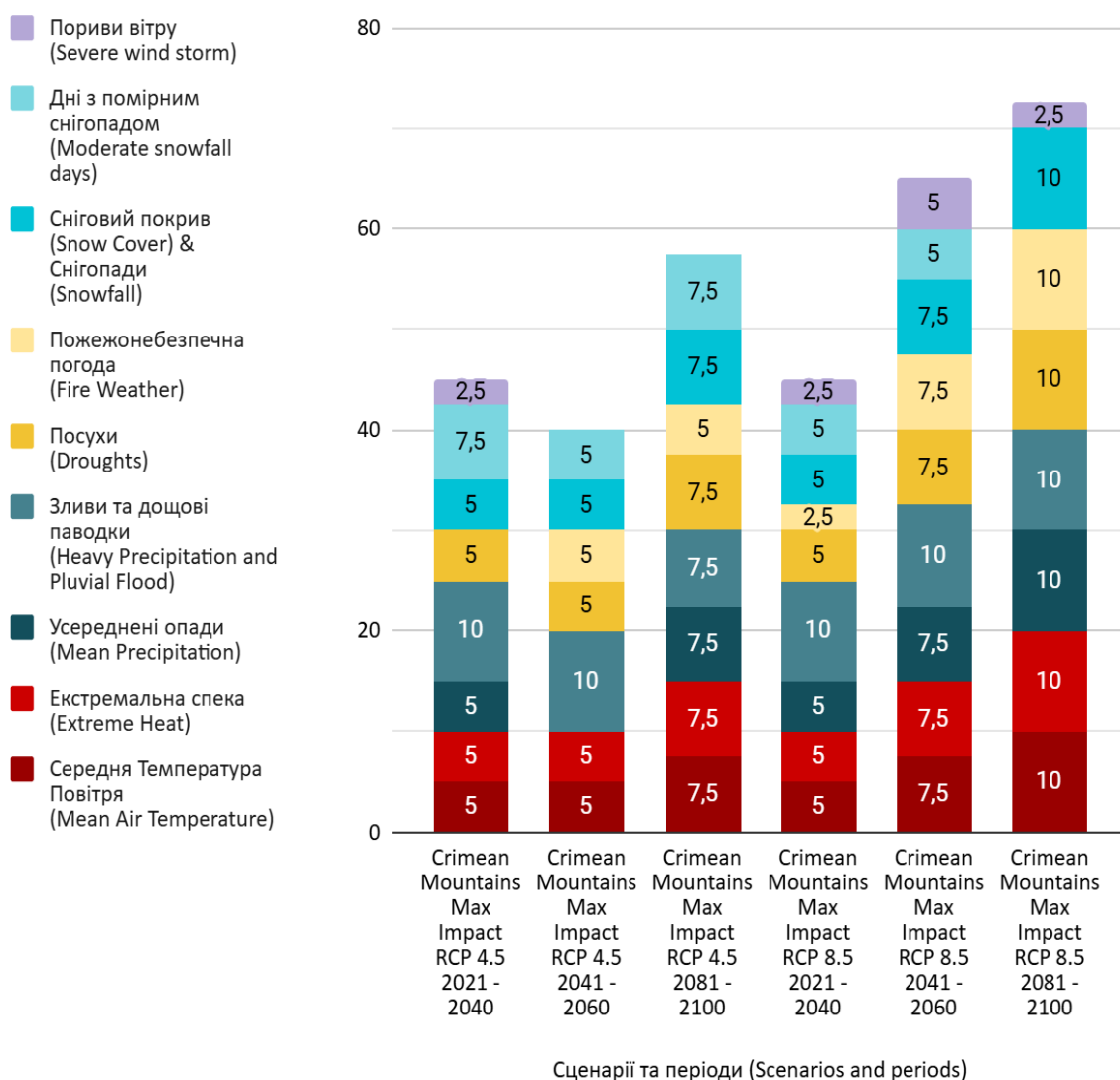


Рисунок 2.16. – Максимальні по категоріях та сумарні рівні загроз для Кримських гір регіону за сценаріями і періодами до кінця XXI ст. відносно періоду 1991–2010

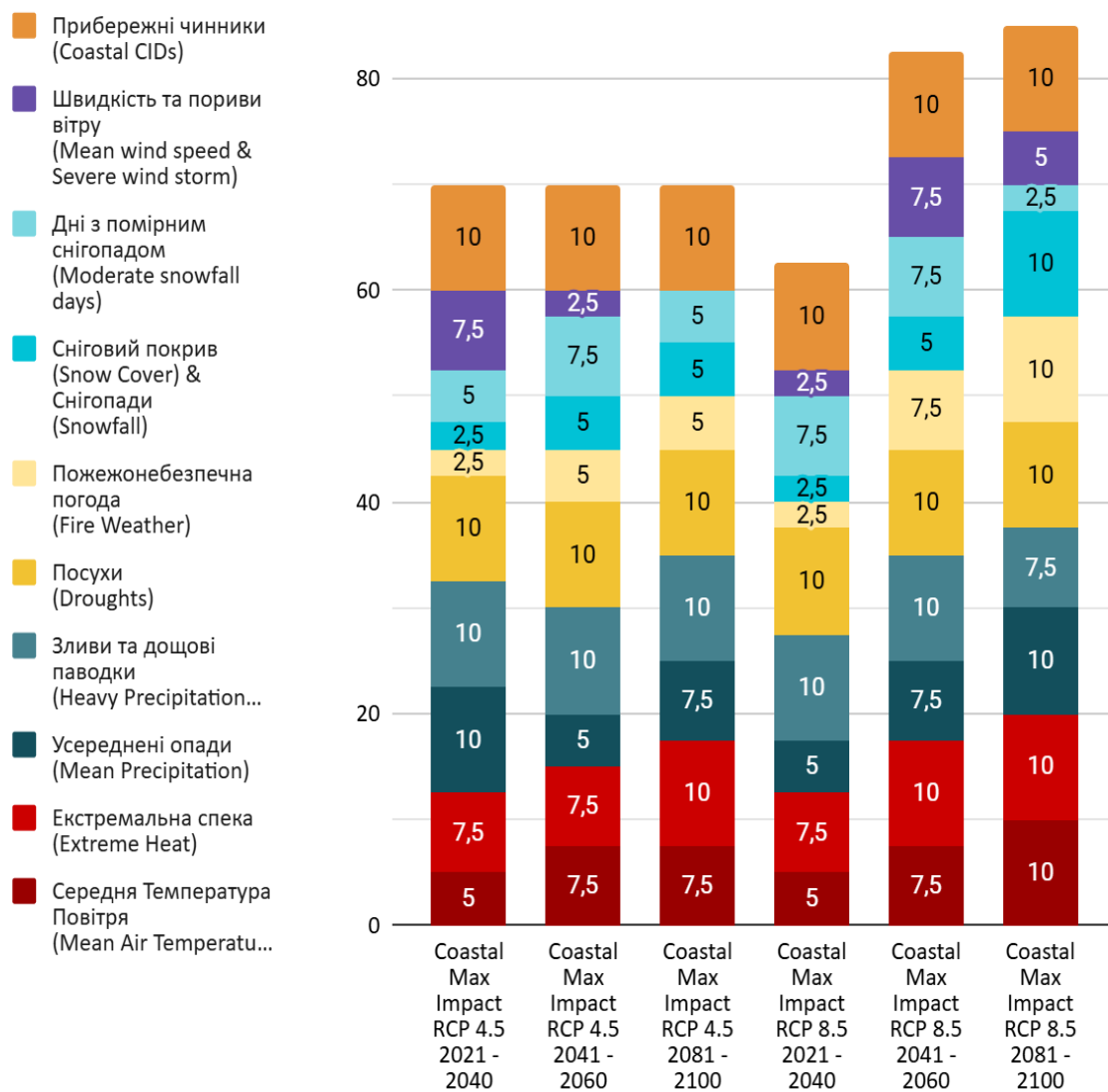
Хоча загроза зменшення опадів у Карпатських горах для обох сценаріїв на низькому рівні у поточний період, відсутня на середину сторіччя і має середній рівень на кінець сторіччя за RCP 8.5, для збільшення посухи отримано середній рівень загрози для усіх періодів і сценаріїв за виключенням поточного періоду з низьким рівнем загрози для RCP 4.5. Збільшенню посушливості як і пожежонебезпечності можу сприяти збільшення швидкості вітру, яке має середній рівень загрози на початок і середину сторіччя із зменшенням до низького рівня на кінець сторіччя за RCP 4.5. Для сценарію RCP 8.5 характерно збільшення загрози поривів вітру від низького рівня на середину сторіччя до високого на його кінець, тобто збільшення у цілому екстремальності погодних умов у Карпатських горах.

На відміну від більшості вже розглянутих регіонів найнижче просумоване значення рівня загрози (40%) отримано для сценарію RCP 4.5 на середину сторіччя у **Кримських горах** (рис.2. 16). Це значення найнижче серед усіх регіонів, періодів та сценаріїв і складається з дуже високої загрози збільшення екстремальних опадів та з середніх рівнів загроз для 6 категорій: підвищення середньої температури повітря і спеки, посух і пожежонебезпечної погоди та обох чинників типу сніг.

У поточний період для обох сценаріїв залишається дуже високою загроза збільшення екстремальних опадів, середні загрози підвищення середньої температури повітря і спеки, посух та зменшення снігового покриву, з'являється середня загроза зменшення опадів і низька від збільшення поривів вітру, а різниця сценаріїв полягає у високій зазрозі збільшення помірних снігопадів і відсутності загрози від пожежонебезпечної погоди для сценарію RCP 4.5, у той час як для сценарію високих концентрацій RCP 8.5 цим категоріям відповідають середній та низький рівні загроз. Як і в інших регіонах, сумарне значення загроз досить швидко зростає за сценарієм RCP 8.5 особливо до середини століття, коли воно підвищується до 65% за рахунок того, що середні рівні загроз чинників у попередньому періоді зростають до високого рівня, а для поривів вітру до середнього, на середньому рівні залишається загроза збільшення помірних снігопадів.

Для **Прибережного регіону** (рис. 2.17) загрози підвищення середньої температури повітря та спеки більші за отримані у інших регіонах, оскільки дуже високі рівні отримані не лише на кінець сторіччя за сценарієм RCP 8.5, але й спека має максимальну загрозу у цей період і за іншим сценарієм з середини сторіччя.

Максимальна загроза впливу зміни кліматичних чинників, % Maximum Hazard from Impact of Climatic Drivers' Change, %



Сценарії та періоди (Scenarios and periods)

Рисунок 2.17. – Максимальні по категоріях та сумарні рівні загроз для Прибережного регіону за сценаріями і періодами до кінця XXI ст. відносно періоду 1991–2010

В інші періоди загроза підвищення спеки висока для обох сценаріїв. Через підвищення середньої температури повітря загроза середня у поточний період і висока на середину сторіччя для обох сценаріїв, залишаючись високою за RCP 4.5 і підвищується до дуже високої для RCP 8.5 до кінця сторіччя. Значний внесок у сумарну загрозу в прибережній зоні вносять чинники, що пов'язані із зменшенням зволоження для обох сценаріїв, а саме кількості опадів, у тому числі у вигляді снігу та снігового покриву. Так за обома сценаріями отримано наростання загрози зменшення снігового покриву і опадів у вигляді снігу від низького у поточний період до середнього на середину сторіччя. Загроза зменшення снігового покриву до кінця сторіччя залишається на середньому рівні для сценарію RCP 4.5, а за сценарієм

RCP 8.5 сягає дуже високого. Посухи і зменшення опадів та снігового покриву на прибережних територіях вочевидь сприяють збільшенню загроз від пожежонебезпечної погоди, які зростають від низької у поточний період для обох сценаріїв до високої і дуже високої на середину і кінець сторіччя за сценарієм високих концентрацій RCP 8.5, хоча для сценарію помірних концентрацій RCP 4.5 отримано середній рівень на середину і кінець сторіччя. Разом із тим на узбережжях отримано високі загрози від збільшення днів із снігопадами понад 10 мм на поточний період і середину сторіччя, але низький на кінець сторіччя для RCP 8.5 через вочевидь значне потепління. За сценарієм RCP 4.5 загроза збільшення цього чинника має високий рівень на середину сторіччя і середній в інші два періоди. Для прибережної зони отримані найбільші загрози від збільшення показників вітру. Високий рівень загрози отримано на середину, середній на кінець сторіччя і низький у поточний період для сценарію RCP 8.5. За сценарієм RCP 4.5 у поточний період загроза підвищення швидкості вітру і поривів також висока, але зменшується до низької на середину і зникає на кінець сторіччя. У всі періоди загроза підвищення рівня моря максимальна за обома сценаріями.

3. ОЦІНКА ВРАЗЛИВОСТІ ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ ГАЛУЗІ РОСЛИННИЦТВА

3.1. Чутливість рослинництва до зміни ЧКВ

Чутливість – це ступінь, до якого система або об’єкт зазнає негативного чи сприятливого впливу зміни клімату, і вона НЕ залежить від його географічного розташування. У своїх оцінках ми визначали негативний вплив зміни клімату. Тому поряд із ваговими коефіцієнтами чутливості до зміни чинників кліматичного впливу (ЧКВ), який відповідає саме негативному, вказуються напрями змін, а саме збільшення або зменшення з відповідним позначенням стрілками вгору і вниз (табл. 3.1). Наприклад, негативним вважається скорочення вегетаційного періоду як для рослинництва, так і для тваринництва. Тому подовження періоду вегетації рослин у зв’язку із прогнозованим потеплінням не чинитиме негативного впливу на ці галузі сільського господарства.

За оцінками експертів, які представлені в таблиці 3.1, очікувано найбільший коефіцієнт чутливості рослинництва до посух (1,3). У цій же категорії ЧКВ, які характеризують зволоження та посушливість, висока чутливість рослинництва до збільшення дуже сильних опадів і максимальної кількості опадів за 1 і 5 діб (0,6, 0,5 і 0,4 відповідно). Рослинництво значно чутливо до зменшення кількості опадів у квітні та липні (по 0,5), менше у жовтні, січні і річної кількості (0,3, 0,2 і 0,1 відповідно). Досить висока також чутливість рослинництва до збільшення днів із пожежонебезпечною погодою (0,3).

В категорії спека та холод висока чутливість сектору рослинництва до підвищення максимальної добової та екстремальних температур повітря влітку (по 0,6), тропічних ночей і середньої температури повітря липня (по 0,4), але також і до збільшення днів із морозами та морозних днів (0,5 і 0,4 відповідно). Менша чутливість до зменшення вегетаційного періоду і температури дуже холодних днів (по 0,3). У цій категорії чутливість до підвищення температури у квітні 0,2, а зміна решти ЧКВ по 0,1.

Серед інших категорій чутливість рослинництва до зменшення снігового покриву та збільшення поривів вітру також досить висока (по 0,4). Зміна інших ЧКВ в категоріях сніг, вітер та прибережні - до 0,2 (збільшення снігопадів понад 10 мм/добу).

Таблиця 3.1.Чутливість галузі рослинництва до зміни чинників кліматичного впливу із агрегованими за категоріями значеннями вагових коефіцієнтів

ЧКВ за МГЕЗК	Категорії ЧКВ за МГЕЗК	Назва ЧКВ	Одиниці	Рослинництво	
				Оцінка	Сума за категорією
СПЕКА ТА ХОЛОД	☑ СЕРЕДНЯ ТЕМПЕРАТУРА ПОВІТРЯ	☑ Середня температура повітря за рік	°C	0,0	1,1
		☑ Середня температура повітря за січень	°C	0,1	
		☑ Середня температура повітря за квітень	°C	0,2	
		☑ Середня температура повітря за липень	°C	0,4	
		☑ Середня температура повітря за жовтень	°C	0,1	
		☑ Тривалість вегетаційного періоду	D/y	0,3	
	☑ ЕКСТРЕМАЛЬНА СПЕКА	☑ Середня за літо максимальна добова температура повітря	°C	0,6	1,7
		☑ Кількість днів з дуже сильною та екстремальною спекою	Д/р	0,6	
		☑ Тропічні ночі	Д/р	0,4	
		☑ Індекс Гумідекс для середніх максимальних температур повітря влітку	У.о.	0,1	
		☑ Градусодні періоду кондиціонування повітря	Градусодні/рік	0,0	
	☑ ХВИЛІ ХОЛОДУ	☑ Температура дуже холодних днів у зимові місяці	°C	0,3	0,3
		☑ Градусодні опалювального періоду	Градусодні/рік	0,0	
	☑ МОРОЗИ	☑ Дні з морозом	Д/р	0,5	0,9
		☑ Морозні дні	Д/р	0,4	

ЗВОЛОЖЕННЯ ТА ПОСУШЛИВІСТЬ	☑ УСЕРЕДНЕНІ ОПАДИ	☑ Кількість опадів за рік	%	0,1	1,6
		☑ Кількість опадів за січень	%	0,2	
		☑ Кількість опадів за квітень	%	0,5	
		☑ Кількість опадів за липень	%	0,5	
		☑ Кількість опадів за жовтень	%	0,3	
ЗВОЛОЖЕННЯ ТА ПОСУШЛИВІСТЬ	☑ ЗЛИВИ ТА ДОЩОВІ ПАВОДКИ	☑ Максимальна кількість опадів за 5 днів	Мм	0,4	1,5
		☑ Максимальна кількість опадів за добу	Мм	0,5	
		☑ Щорічна кількість дуже сильних опадів	%	0,6	
	☑ ПОСУХИ	☑ Максимальна тривалість посухи за 20-річчя	Д/р	1,3	1,3
	☑ КІЛЬКІСТЬ ДНІВ З ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНОЮ ПОГОДОЮ	☑ Індекс пожежонебезпеки > 30	Д/р	0,3	0,3
СНІГ	☑ СНІГОПАДИ ТА СНІГОВИЙ ПОКРИВ	☑ Річна сума опадів у вигляді снігу	Мм	0,2	0,6
		☑ Кількість днів з часткою снігового покриву ≥30%	Д/р	0,4	
	☑ Кількість днів зі снігопадом ≥ 10 мм за добу	Д/р	0,1	0,1	
ВІТЕР	☑ Середня швидкість вітру		М/с	0,1	0,1
	☑ Пориви вітру ≥ 10.8 м/с (6 бофорт)		Д/р	0,4	0,4
ПРИБЕРЕЖНІ	☑ Відносний рівень підняття моря		М	0,1	0,1
	☑ Екстремальна висота нагонних хвиль (прибережне підтоплення)		М	0,0	0,0
Сума				10,0	10,0

Найбільша чутливість рослинництва за агрегованими оцінками до збільшення екстремальної спеки (1,7) і далі за спаданням значень: зменшення усереднених опадів (1,6), збільшення злив та дощових паводків (1,5), посухи (1,3), підвищення середньої температури повітря (1,1). Менша, але все ще значна чутливість до збільшення морозів (0,9) і зменшення снігового покриву із снігопадами (0,6). До зміни усіх інших категорій ЧКВ чутливість галузі низька.

3.2. Вразливість

Вразливість галузі (системи) – це її схильність до негативного впливу. Уразливість пропорційна ступеню зміни різноманітних чинників кліматичного впливу (ЧКВ) та елементів, включаючи чутливість, або сприйнятливість до шкоди, та відсутність здатності впоратися та адаптуватися. Згідно глосарію у Другій робочій групі МГЕЗК, **індекс вразливості** – це «метрика, що характеризує вразливість системи. Індекс вразливості до клімату зазвичай розраховується шляхом комбінування, з або без зважування, кількох індикаторів, які, як припускається, представляють вразливість.»

У цьому дослідженні ми розраховували вразливість як суму добутків ступенів впливу кожного ЧКВ на чутливість до його негативного впливу. Оскільки сума вагових коефіцієнтів чутливостей до 32 ЧКВ для усіх галузей складає 10 умовних одиниць (табл. 3.1), а максимальний ступень впливу ЧКВ визначається за 10 основними категоріями МГЕЗК також у межах 10 (рис. 2.10 – 2.17), то вразливість можна представити у відсотках (%), де 100% означатиме повну деградацію чи значні пошкодження та збитки для галузі (системи):

$$\text{Вразливість (\%)} = \sum (32 \text{ ЧКВ}) \text{ Ступінь впливу ЧКВ} \times \text{Чутливість до ЧКВ}$$

Аналізуються переважно негативні реакції системи на зовнішні впливи, які потребують певних адаптаційних заходів, в результаті яких можна знижувати чутливість до певних ЧКВ чи взагалі перевести галузь рослинництва на лише парниковий спосіб вирощування із повним кліматичним контролем. Це не зможе повністю виключити вплив зміни клімату, наприклад через підтоплення, відсутність питної води через посуху та інше, але принаймні значно зменшити збитки, хоч такі заходи напевно потребуватимуть значних капіталовкладень.

Для оцінки ступеню вразливості галузі рослинництва до впливу зміни клімату у різних регіонах України були побудовані відповідні карти за періоди 2021–2040, 2041–2060, 2081–2100 для двох сценаріїв RCP 4.5 (помірні концентрації ПГ) та RCP 8.5 (бізнес як зазвичай, високі концентрації ПГ) (рис. 3.1).

Аналіз статистичних даних про вразливість рослинництва, отриманих в розрахунках із застосуванням агрегації усіх ЧКВ (табл. 3.2), показав, що найбільші значення показника по території України будуть спостерігатися наприкінці XXI сторіччя: для сценарію RCP 4.5 у межах від 22% до 46%, а для сценарію RCP 8.5 від 33% до 59% в залежності від регіону. У поточний часовий період 2021–2040 в обох сценаріях значення вразливості просторово майже не відрізняються один від одного і знаходяться у межах низької і середньої до 30%. Лише в Південному, Прибережному, на Сході і в Центрі вразливість рослинництва подекуди перевищує 30% і стає високою. Для періоду 2041–2060 поступово починає збільшуватися різниця у вразливості рослинництва між двома сценаріями.

Далі розглянемо отримані результати за регіонами.

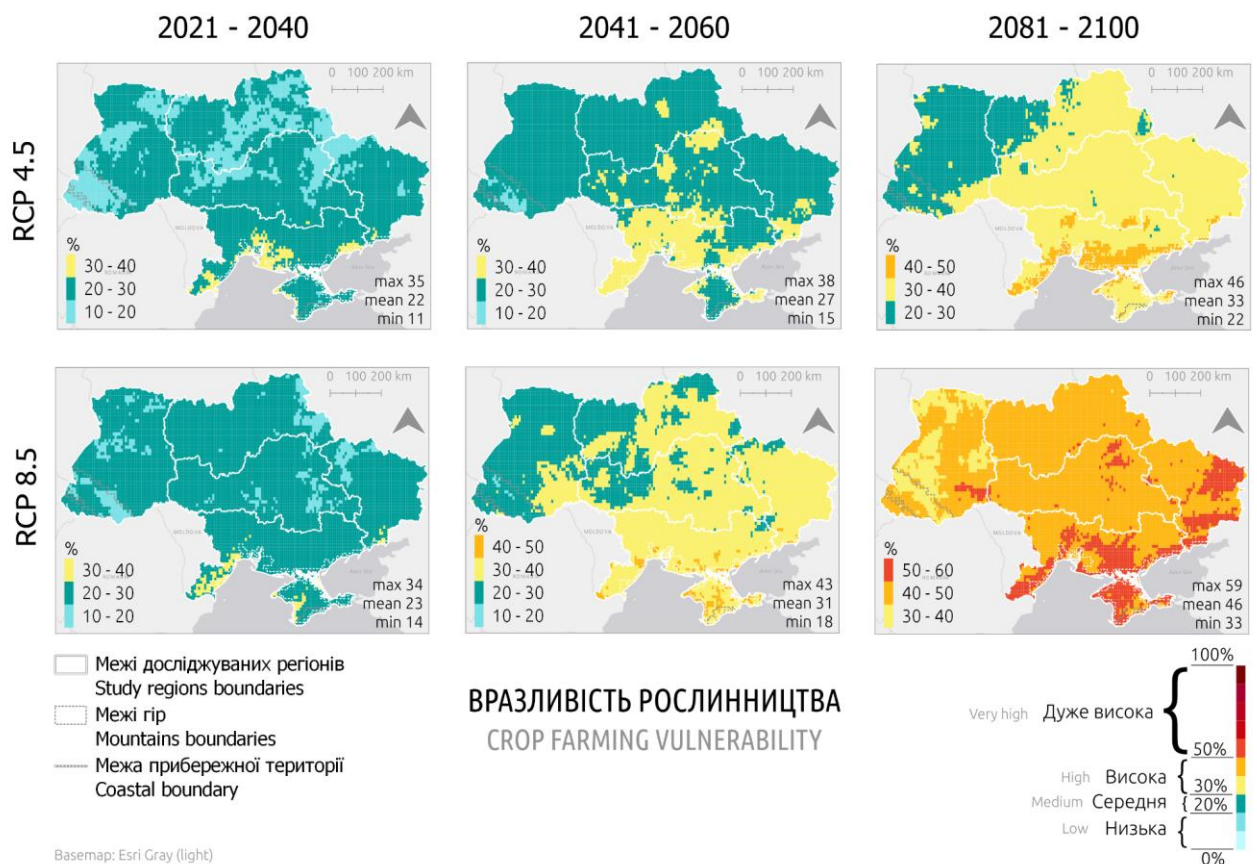


Рисунок 3.1. – Вразливість рослинності до зміни усіх чинників кліматичного впливу (ЧКВ) для сценаріїв і періодів до кінця XXI ст.

Таблиця 3.2. Статистичні оцінки вразливості рослинництва до зміни клімату за регіонами, сценаріями та періодами (%)

Рослинництво										
Регіон	Сценарій	2021 – 2040			2041 – 2060			2081 – 2100		
		min	mean	max	min	mean	max	min	mean	max
Захід	RCP 4.5	13	20	28	17	25	31	22	27	33
	RCP 8.5	15	22	29	21	27	37	34	41	50
Північ	RCP 4.5	14	20	25	21	26	32	22	31	37
	RCP 8.5	16	23	27	24	30	35	39	45	51
Центр	RCP 4.5	16	21	30	22	28	34	26	33	43
	RCP 8.5	18	22	29	26	31	39	39	47	53
Схід	RCP 4.5	16	22	31	21	26	34	29	33	43
	RCP 8.5	18	23	31	27	33	40	43	49	54
Південь	RCP 4.5	19	26	35	21	30	38	29	38	46
	RCP 8.5	19	26	33	26	35	43	41	49	59
Карпатські гори	RCP 4.5	11	18	24	15	21	27	22	27	33
	RCP 8.5	14	20	26	18	25	30	33	39	46
Кримські гори	RCP 4.5	16	23	28	22	26	30	31	35	41
	RCP 8.5	21	25	29	32	37	43	44	50	58
Прибережний	RCP 4.5	21	29	35	24	32	37	31	40	45
	RCP 8.5	21	27	34	33	38	43	44	51	58

3.2.1. Південь

Серед розглянутих Південний регіон має найвищі максимальні значення вразливості 59% на кінець сторіччя (табл. 3.2), при цьому як на сході і півночі (а також інших регіонах) саме для сценарію високих концентрацій RCP 8.5 отримано найнижче просумоване значення (40,25%) у поточний період, тоді як за сценарієм RCP 4.5 значення вразливості у цей період більше і складає 42,5% (Додаток А.1.1). Значення максимальної вразливості дещо збільшується до 38% на середину сторіччя із зростанням до 46% на кінець сторіччя за сценарієм помірних концентрацій (табл. 3.3). Як і в інших регіонах, сумарне значення вразливості досить швидко зростає за сценарієм RCP 8.5 особливо до середини століття, коли воно становить 43%, і до кінця сторіччя сягає 59%, коли 6 із 10 впливів ЧКВ на рівні дуже високий, а інші на дещо нижчому: дві, що стосуються збільшення екстремальності снігопадів (високий рівень) і зменшення снігового покриву (середній), і ще дві на низькому рівні, які пов'язані із збільшенням швидкості вітру та його поривів (рис. 2.14).

У південному регіоні вразливість до посух впродовж ХХІ ст. для усіх періодів та обох сценаріїв залишається на дуже високому рівні (рис. 3.2). Вразливість галузі рослинництва від збільшення екстремальних опадів, які можуть спричиняти сильні зливи і дощові паводки, спеки і середніх температур повітря, а також зменшення снігового покриву наростає з часом. Комбінація усіх цих факторів може спричинити каскадні ризики в регіоні, зокрема і для рослинництва.

Вразливість за рахунок зменшення снігового покриву для сценарію RCP 4.5 залишається на середньому рівні впродовж усіх розглянутих періодів як і на сході. Отримані дуже високі внески у значення вразливості від посухи безпосередньо пов'язані не тільки із зменшенням снігового покриву, але із зменшенням кількості опадів. І на півдні значення вразливості галузі до зміни цього чинника також дуже високі для двох періодів із трьох для обох сценаріїв. Через це максимальна вразливість у поточний період дещо вище для RCP 4.5 ніж за сценарієм RCP 8.5: 35% проти 33%. Посухи і зменшення опадів та снігового покриву на півдні вочевидь сприяють збільшенню вразливості рослинництва від пожежонебезпечної погоди, які зростають від низької у поточний період для обох сценаріїв до високої і дуже високої на середину і кінець сторіччя за сценарієм високих концентрацій RCP 8.5 (рис. 3.2).

Таблиця 3.3. – Статистичні оцінки вразливості рослинництва до зміни клімату за сценаріями та періодами (%) для південного регіону

Південь			
RCP4.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
Max	35	38	46
mean	26	30	38
min	19	21	29
RCP8.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	33	43	59
mean	26	35	49
min	19	26	41

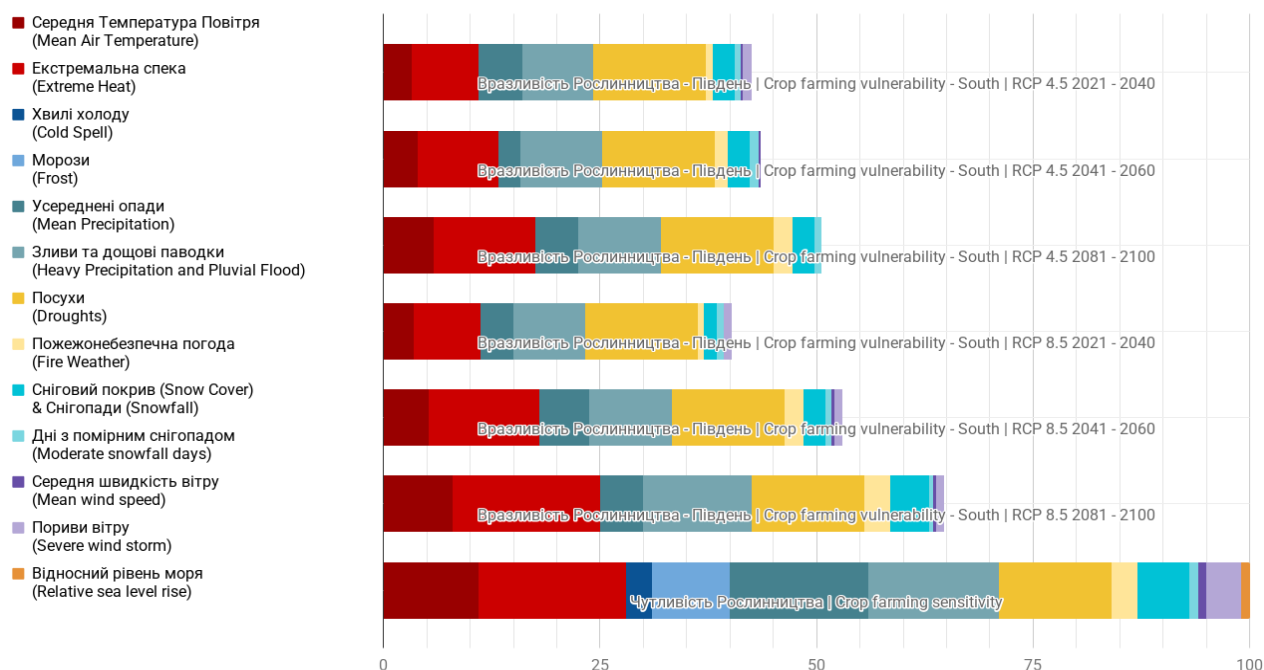


Рисунок 3.2. – Максимальна вразливість рослинництва у південному регіоні у три періоди за двома сценаріями у порівнянні з чутливістю (нижня планка) із поділом на категорії ЧКВ (кольори)

3.2.2. Центр

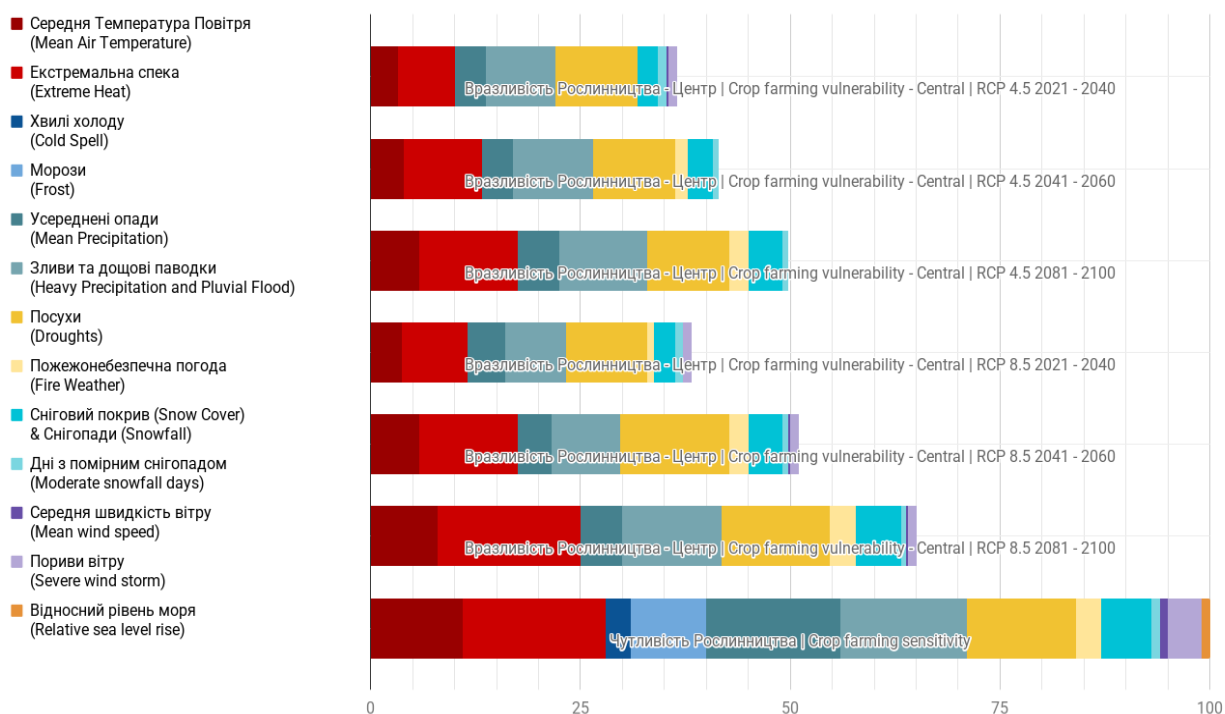
Для центрального регіону у цілому отримано схожі оцінки вразливості рослинництва із західним та північним регіонами, але з посиленням вразливості, що пов'язані із зменшенням зволоження. При цьому так само впродовж ХХІ ст. для усіх періодів та обох сценаріїв нарастають внески у максимальну вразливість від збільшення екстремальних опадів, які можуть спричиняти сильні зливи і дощові паводки, та посух (рис. 3.3). В центрі нарастають внески до значення вразливості від збільшення днів із снігопадами понад 10 мм, але за сценарієм RCP 8.5 вони зменшуються на кінець сторіччя, вочевидь через стрімкіше потепління і все менше опадів у вигляді снігу. Це підтверджує отримане наростання ступеню вразливості від зменшення снігового покриву і опадів у вигляді снігу (рис. 3.3).

У центральному регіоні у поточний період вразливість майже однакова для обох сценаріїв, але максимальне значення 30% отримано для сценарію RCP 4.5, і воно відповідає категорії високої вразливості. До середини і на кінець сторіччя максимальні значення вразливості збільшується до 34% і 43% відповідно для сценарію RCP 4.5 за рахунок відсутності загрози від чинників категорії вітер (рис. 3.3, табл. А.1.2). Але за сценарієм RCP 8.5 темпи зростання вразливості значно збільшуються, і вже на середину сторіччя статистичні значення вразливості рослинництва у цьому регіоні практично відповідають показникам за сценарієм RCP 4.5 на кінець сторіччя (табл. 3.4). На кінець сторіччя за сценарієм RCP 8.5

переважно на півночі регіону з'являються території (Полтавська область) із дуже високою вразливістю до 53%.

Таблиця 3.4. Статистичні оцінки вразливості рослинництва до зміни клімату за сценаріями та періодами (%) для центрального регіону

Центр			
RCP4.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	30	34	43
mean	21	28	33
min	16	22	26
RCP8.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	29	39	53
mean	22	31	47
min	18	26	39



3.2.3. Захід

Галузь рослинництва у західному регіоні впродовж ХХІ ст. залишається найменш вразливою серед усіх регіонів і для обох сценаріїв (рис.3.1). Навіть на кінець сторіччя за сценарієм RCP 4.5 усереднена вразливість галузі залишається на середньому рівні (27%) так само, як і в Карпатських горах, високі значення вразливості отримано лише на півдні західного регіону в Чернівецькій області і точково у Закарпатті. Натомість за сценарієм високих концентрацій RCP 8.5 навіть у цьому регіоні вразливість рослинництва на кінець сторіччя зростає до високої і дуже високої (табл. 3.5) у Чернівецькій та на півдні Тернопільської і Хмельницької областей (рис. 3.1).

Найбільші внески у вразливість рослинництва у регіоні отримано від збільшення сильних злив, а також спеки, посушливості і днів із снігопадами понад 10 мм, хоча за сценарієм RCP 8.5 вона поступово зменшується, вочевидь через стрімкіше потепління і все менше опадів у вигляді снігу (рис. 3.4). Це підтверджує отримане наростання вразливості від зменшення снігового покриву і опадів у вигляді снігу для обох сценаріїв. Підвищення швидкості і поривів вітру у поточний період також має досить вагомий внесок для обох сценаріїв, але лише для сценарію RCP 8.5 він зберігається впродовж сторіччя і наростає до максимального. Так само вразливість рослинництва наростає за цим сценарієм високих концентрацій від збільшення днів із пожежонебезпечною погодою, хоча для сценарію помірних концентрацій RCP 4.5 отримано відсутність вразливості у поточний період і низький рівень із середини до кінця сторіччя.

Таблиця 3.5. Статистичні оцінки вразливості рослинництва до зміни клімату за сценаріями та періодами (%) для західного регіону

Захід			
RCP4.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	28	31	33
mean	20	25	27
min	13	17	22
RCP8.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	29	37	50
mean	22	27	41
min	15	21	34

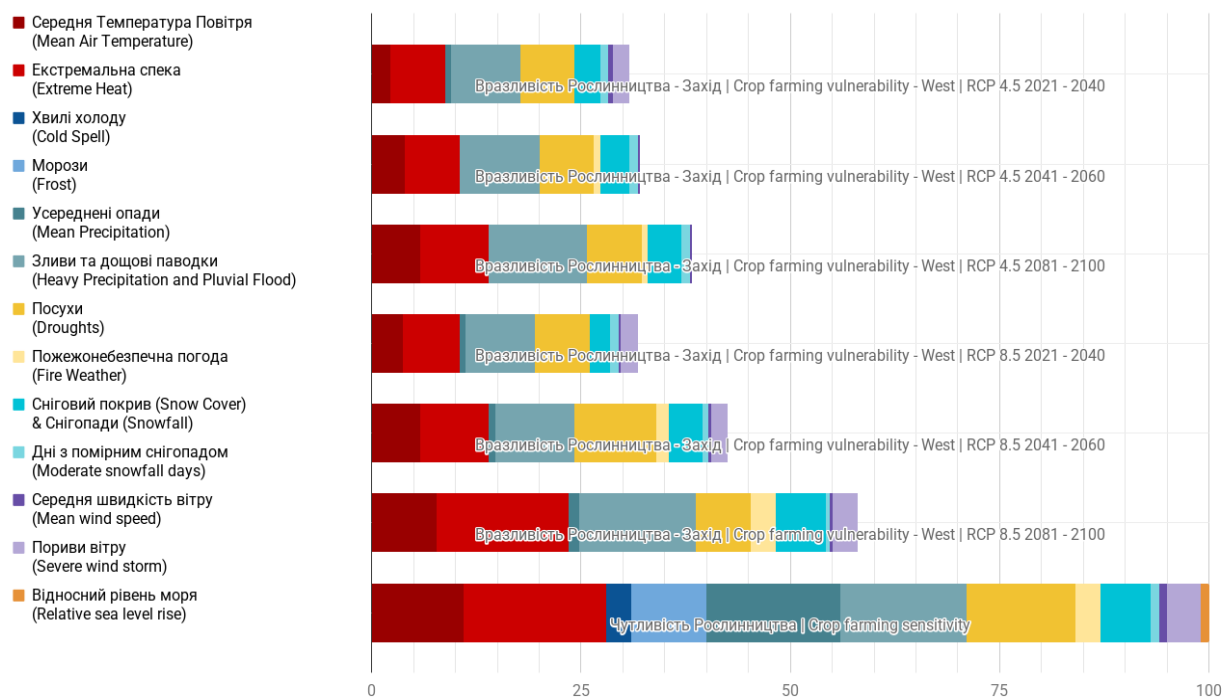


Рисунок 3.4. – Максимальна вразливість рослинництва у західному регіоні у три періоди за двома сценаріями у порівнянні з чутливістю (нижня планка) із поділом на категорії ЧКВ (кольори)

3.2.4. Схід

Для східного регіону отримані оцінки вразливості рослинництва у поточний період переважно середні і майже однакові для обох сценаріїв (від 16% до 31%), але починають значно відрізнятися із середини сторіччя і на кінець сторіччя сягають значень дуже високої вразливості у 54% за сценарієм RCP 8.5 високих концентрацій (рис. 3.1, табл. 3.6).

У східному регіоні вразливість рослинництва переважно формується через посухи, зменшення опадів, підвищення середньої температури повітря та спеки, а також збільшення екстремальних опадів, які можуть спричиняти сильні зливи і дощові паводки. Разом із тим на сході у поточний період для RCP 4.5 отримано також досить значні внески у вразливість від збільшення днів із снігопадами понад 10 мм, і на відміну від інших регіонів за сценарієм RCP 8.5 вразливість рослинництва від збільшення цього чинника впродовж сторіччя залишається на високому рівні. Також за цим сценарієм отримано наростання вразливості через зменшення снігового покриву і опадів у вигляді снігу. Вразливість від зменшення снігового покриву для сценарію RCP 4.5 залишається на середньому рівні впродовж усіх розглянутих періодів (рис. 3.5).

Таблиця 3.6. Статистичні оцінки вразливості рослинництва до зміни клімату за сценаріями та періодами (%) для східного регіону

Схід			
RCP4.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	31	34	43
mean	22	26	33
min	16	21	29
RCP8.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	31	40	54
mean	23	33	49
min	18	27	43

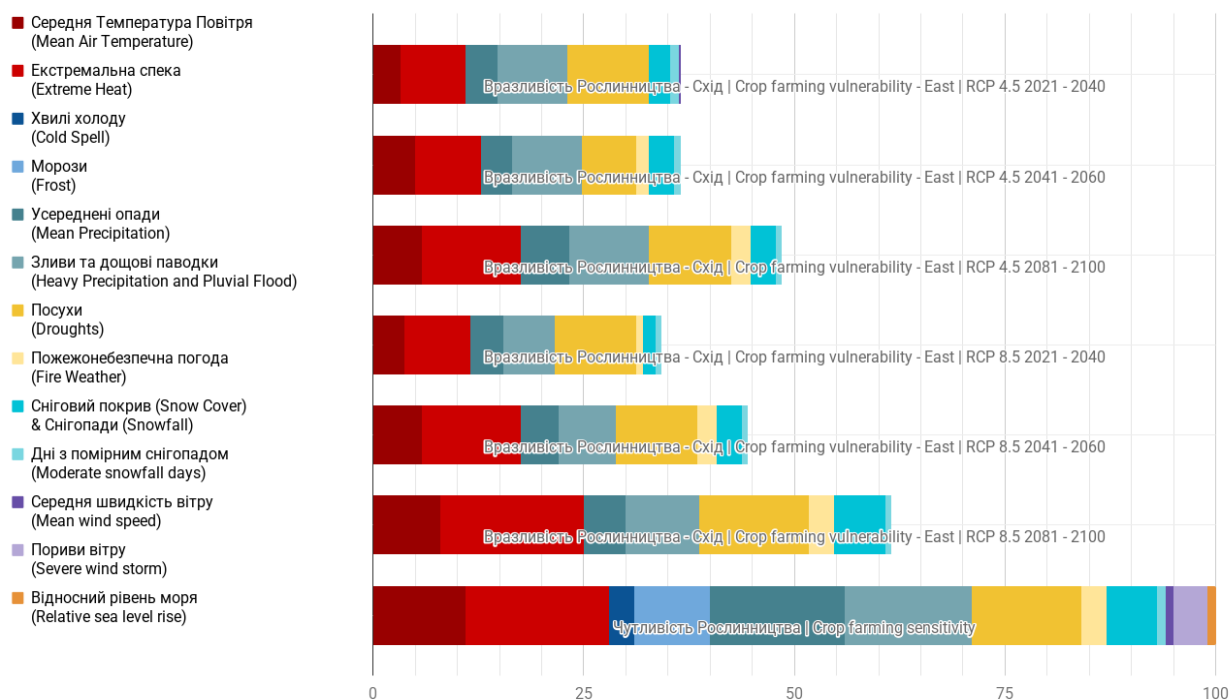


Рисунок 3.5. – Максимальна вразливість тваринництва у східному регіоні у три періоди за двома сценаріями у порівнянні з чутливістю (нижня планка) із поділом на категорії ЧКВ (кольори)

3.2.5. Північ

Для північного регіону отримано схожі із західним оцінки максимальної вразливості від зміни чинників кліматичного впливу. Так впродовж XXI ст. для усіх періодів та обох сценаріїв отримано високі внески у вразливість від збільшення екстремальних опадів, які можуть спричиняти сильні зливи і дощові паводки (рис. 3.6). Також для обох сценаріїв значні внески до вразливості від збільшення днів із снігопадами понад 10 мм, хоча за сценарієм RCP 8.5 вона зменшується до на кінець сторіччя, вочевидь через стрімкіше потепління і все менше опадів у вигляді снігу.

Це підтверджує отримане наростання вразливості від зменшення снігового покриву і опадів у вигляді снігу до кінця сторіччя для обох сценаріїв (рис. 3.6).

Вразливість рослинництва у регіоні від підвищення середньої температури та спеки досить значна лише на кінець сторіччя за сценарієм RCP 8.5, в попередні періоди і для сценарію RCP 4.5 внески зміни цієї категорії ЧКВ менші. Так само вразливість для обох сценаріїв від збільшення посухи має досить вагомий внесок, а на середину сторіччя за сценарієм RCP 8.5 він найбільший (рис. 3.6). Вразливість у регіоні від пожежонебезпечної погоди зростає впродовж сторіччя до максимальної за сценарієм високих концентрацій RCP 8.5, хоча для сценарію помірних концентрацій RCP 4.5 отримано також відсутність вразливості у поточний період і низький рівень із середини до кінця сторіччя.

Підвищення швидкості і поривів вітру у північному регіоні має невисокі внески до вразливості порівняно із західним. Так для обох сценаріїв у поточний період отримано низький внесок до вразливості від збільшення поривів вітру. Низький рівень вразливості від поривів вітру зберігається для сценарію RCP 8.5 впродовж сторіччя і на кінець додається також низький рівень вразливості від збільшення швидкості вітру (рис. 3.6).

Таким чином, у поточний період вразливість галузі рослинництва для сценарію RCP 8.5 складає у середньому 20% і 23% для сценарію RCP 4.5 (табл. 3.7). Але надалі темпи зростання вразливості за сценарієм RCP 8.5 збільшуються, і вже із середини сторіччя значно перевищують сумарну вразливість за сценарієм RCP 4.5: усереднені значення 26% на середину і 31% на кінець сторіччя проти 30% і 45% із максимумом 51%, що вже потрапляє до дуже високого рівня вразливості, для сценарію високих концентрацій RCP 8.5 на середину і кінець сторіччя відповідно.

Таблиця 3.7. Статистичні оцінки вразливості рослинництва до зміни клімату за сценаріями та періодами (%) для північного регіону

Північ			
RCP4.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	25	32	37
mean	20	26	31
min	14	21	22
RCP8.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	27	35	51
mean	23	30	45
min	16	24	39

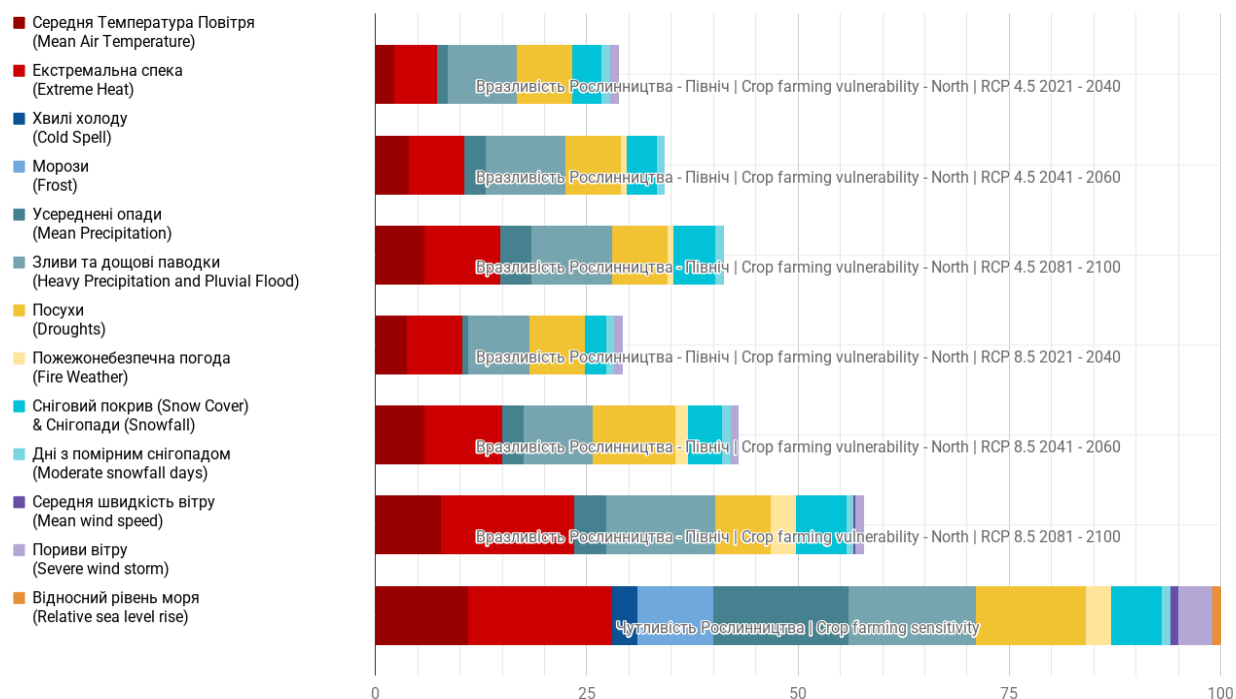


Рисунок 3.6. – Максимальна вразливість рослинництва у північному регіоні у три періоди за двома сценаріями у порівнянні з чутливістю (нижня планка) із поділом на категорії ЧКВ (кольори)

3.2.6. Карпатські гори

Регіон Карпатських гір знаходиться посередині західного регіону, але має висоту над рівнем моря понад 400 метрів, і на його території знаходяться 252 вузли сітки РКМ (рис. 2.9). Отримані значення вразливості у поточний період складають від 11% до 24% за обома сценаріями, що відповідає найменшій вразливості галузі серед усіх регіонів (табл. 3.2).

На середину сторіччя рівні вразливості в обох сценаріях майже однакові, але різниці між сценарієм помірних і високих концентрацій у вищому внеску до вразливості від збільшення помірних снігопадів і підвищення швидкості вітру за RCP 4.5 проти вищого від спеки і збільшення поривів вітру за RCP 8.5 (рис. 3.7).

До кінця сторіччя із зміною клімату вразливість галузі рослинництва зростає також за обома сценаріями, але так і залишається найменшою в межах території України: від 22% до 33% за сценарієм RCP 4.5 і від 33% до 46% за сценарієм RCP 8.5, тобто не досягає рівня дуже високої (табл. 3.8). В складі вразливості зменшується частка впливу від підвищення середньої швидкості вітру, проте зростає частка через збільшення помірних снігопадів. На кінець сторіччя за сценарієм RCP 8.5 рівень вразливості галузі рослинництва зростає до середньої з максимальним значенням 46%, яке вже означає високу вразливість. Вона складається з вразливостей від усіх категорій чинників кліматичного впливу,

з яких найбільший внесок очікується від збільшення спеки і екстремальних опадів, менше від підвищення середньої температури, посух і снігопадів понад 10 мм/добу. Але й збільшення днів із пожежонебезпечною погодою і поривами вітру, а також зменшення кількості опадів і снігового покриву вносять відчутну частку до загальної вразливості (рис. 3.7).

Таблиця 3.8. Статистичні оцінки вразливості рослинництва до зміни клімату за сценаріями та періодами (%) для регіону Карпатських гір

Карпати			
RCP4.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	24	27	33
mean	18	21	27
min	11	15	22
RCP8.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	26	30	46
mean	20	25	39
min	14	18	33

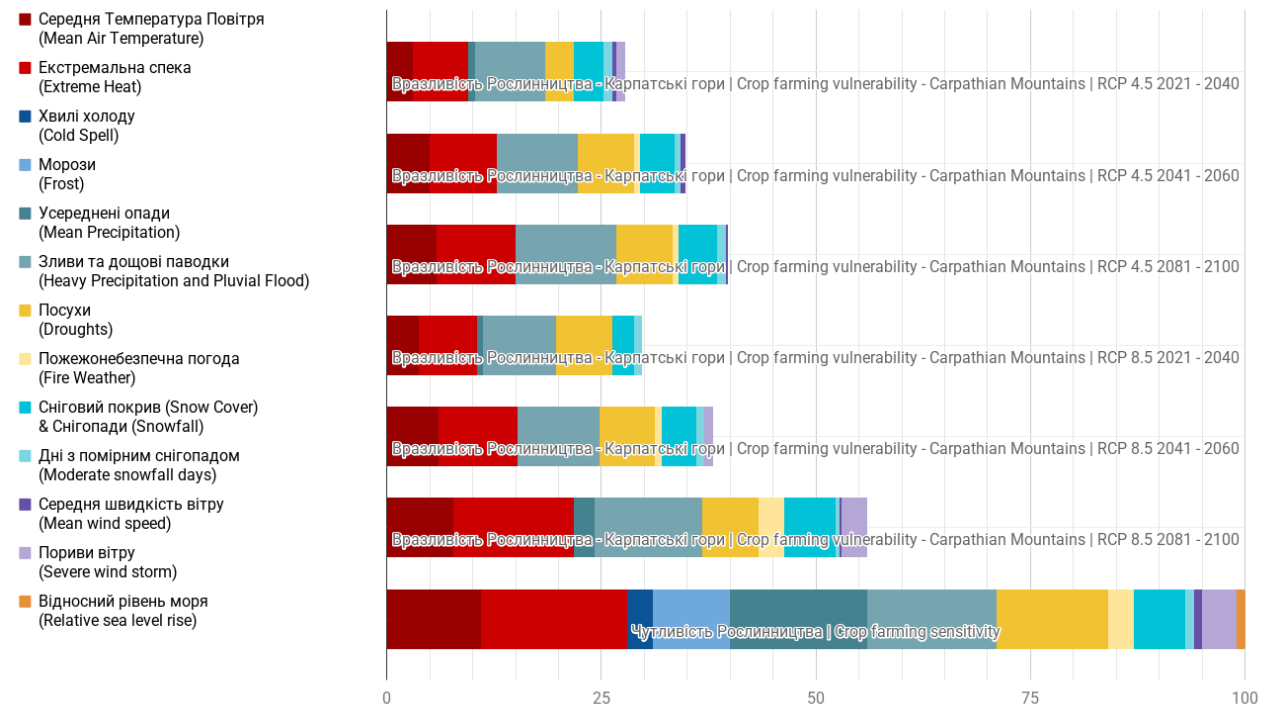


Рисунок 3.7. – Максимальна вразливість рослинництва у Карпатських горах у три періоди за двома сценаріями у порівнянні з чутливістю (нижня планка) із поділом на категорії ЧКВ (кольори)

3.2.7. Кримські гори

Регіон Кримських гір безпосередньо прилягає до прибережної зони на південному березі Криму, він найменший із розглянутих і вміщує лише 22 вузли координатної сітки РКМ, висота яких більше за 400 м над рівнем моря (рис. 2.9).

У поточний період отримано майже однакові значення сумарної максимальної у регіоні вразливості: від 16% до 28% і від 21% до 29% для обох сценаріїв (табл. 3.9). При цьому лише мінімальне значення вразливості в регіоні 16% за сценарієм RCP 4.5 залишається в категорії низької, тоді як усі інші статистичні значення в категорії середньої вразливості до максимальних 28% і 29% відповідно до сценаріїв помірної і високої концентрації ПГ (табл. 3.9).

Таблиця 3.9. Статистичні оцінки вразливості рослинництва до зміни клімату за сценаріями та періодами (%) для регіону Кримських гір

Кримські гори			
RCP4.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	28	30	41
mean	23	26	35
min	16	22	31
RCP8.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	29	43	58
mean	25	37	50
min	21	32	44

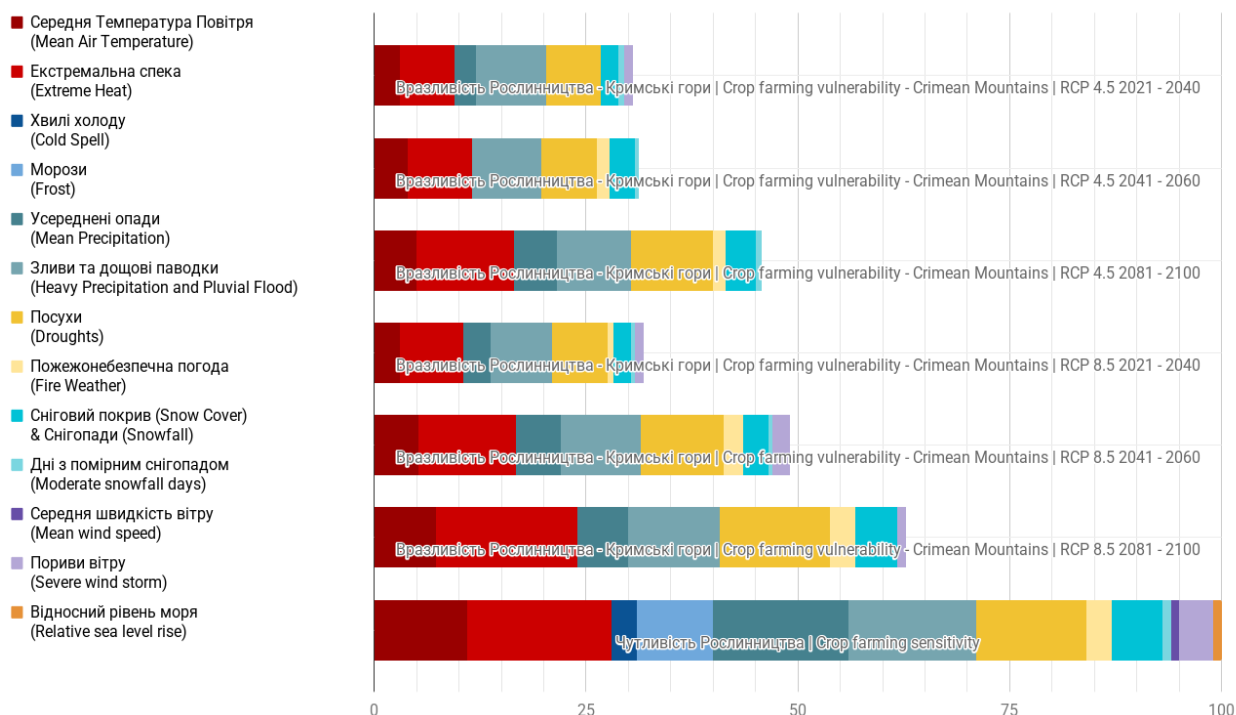


Рисунок 3.8. – Максимальна вразливість рослинництва у Кримських горах у три періоди за двома сценаріями у порівнянні з чутливістю (нижня планка) із поділом на категорії ЧКВ (кольори)

На середину сторіччя вразливість за сценарієм високих концентрацій RCP 8.5 має найбільше перевищення над сценарієм помірних концентрацій RCP 4.5 (на 11% середнє значення) серед усіх регіонів (табл. 3.2) і сягає високого рівня до 43%.

До кінця сторіччя вразливість за сценарієм RCP 8.5 сягає максимальних у Кримських горах 58% із середнім значенням 50% також в категорії дуже високої і мінімальним 44%, яке перевищує максимальне 41%, тобто високий рівень вразливості галузі, для сценарію RCP 4.5, для якого показник у Кримських горах у межах від 31% (табл. 3.9). Різниця значень вразливостей між сценаріями в основному спричинена більшими внесками від спеки та посушливості за сценарієм RCP 8.5 в цьому регіоні.

3.2.8. Прибережний

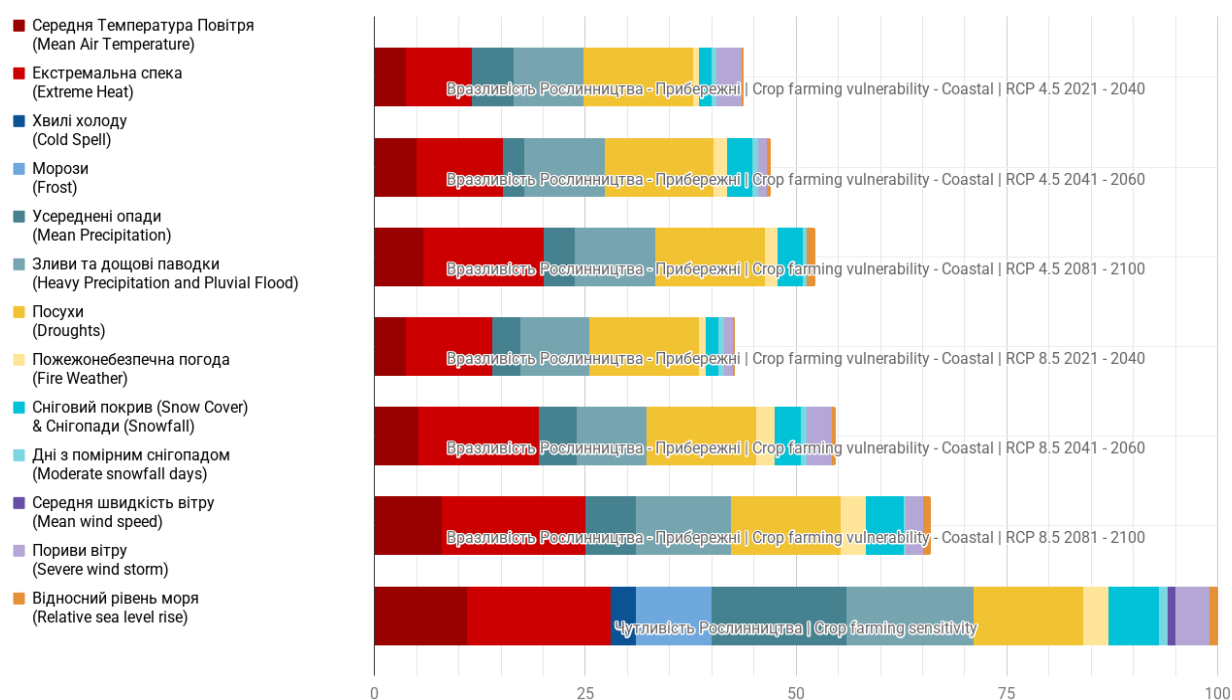
Серед розглянутих регіонів для прибережної зони використовували трохи модифіковані методологічні підходи, оскільки для узгодження оцінки з іншими географічними регіонами кількість категорій чинників кліматичного впливу мала бути однаковою. Тому для цього регіону були об'єднані два чинники для вітру в одну і два прибережних чинників також в одну шляхом визначення максимальної загрози не тільки за територією регіону, але і серед пар цих чинників. Очевидно, що саме для цієї прибережної зони максимальна загроза від збільшення прибережних чинників (рівня моря і нагонних хвиль) в усі періоди буде дуже високою (10 балів на рис. 2.15), що, очевидно, могло б вплинути на вразливість галузі в прибережному регіоні. Але оскільки для рослинництва чутливість до зміни прибережних чинників визначена на рівні 0,1 для підняття рівня моря (табл. 3.1), то і внесок до вразливості галузі від зміни цього чинника мінімальний у всі періоди.

У цілому для сценарію RCP 4.5 значення вразливості складається із багатьох чинників, з яких окрім прибережних в усі періоди високі рівні загроз від збільшення екстремальних опадів, які можуть спричиняти сильні зливи і дощові паводки, і збільшення посух, так само, як і у сусідньому південному регіоні, для якого зазначалося, що комбінація наразі вже трьох дуже високих загроз може спричинити каскадні ризики для рослинництва.

Як і в інших регіонах серед розглянутих оцінок значення вразливості у поточний період отримано для сценарію високих концентрацій RCP 8.5 складає 34%, і воно менше, хоч близьке, за отримані оцінки за сценарієм RCP 4.5 (табл. 3.10).

Таблиця 3.10. Статистичні оцінки вразливості рослинництва до зміни клімату за сценаріями та періодами (%) для прибережного регіону

Прибережжя			
RCP4.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	35	37	45
mean	29	32	40
min	21	24	31
RCP8.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	34	43	58
mean	27	38	51
min	21	33	44



Як і в інших регіонах, значення вразливості досить швидко зростає за сценарієм RCP 8.5 особливо до середини століття, коли воно підвищується до 38% у середньому і максимально 43%, і до кінця сторіччя сягає максимальних 58%, коли 7 із 10 загроз на рівні дуже високий (рис. 2.15), а інші на дещо нижчому: високий рівень загрози від збільшення екстремальності опадів, але низький для помірних снігопадів, і середній рівень загрози від збільшення швидкості вітру та його поривів.

4. ОЦІНКА ВРАЗЛИВОСТІ ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ ГАЛУЗІ ТВАРИННИЦТВА

4.1. Чутливість тваринництва до зміни ЧКВ

Слід звернути увагу на те, що отримані вагові коефіцієнти чутливості тваринництва НЕ залежать від географічного регіону розташування, а представляють собою тільки реакцію досліджуваної галузі на зміни параметрів зовнішнього середовища, вираженого числовими показниками (табл. 4.1). З досліджень, опублікованих ФАО, відомо, що на тваринництво найбільше впливають високі температури повітря, зміна значень вологості та показників теплового випромінювання.

Експертне оцінювання чутливості тваринництва до кліматичних змін показало найбільший вплив на галузь збільшення тривалості посух. Для цього кліматичного індексу встановлений найвищий ваговий коефіцієнт – 1,1. Відомо, що посухи – це атмосферне явище, що супроводжується тривалим періодом високих температур повітря, його низької вологості, відсутністю атмосферних опадів, що негативно впливатиме як безпосередньо на стан поголів'я, так і на стан урожайності кормових угідь, а також на кількість та доступність питної води.

Наступною групою критеріїв, до змін яких тваринництво має високу чутливість, є показники термічного режиму. Найвищі вагові коефіцієнти тут становлять 0,6 для таких кліматичних індексів як кількість днів з дуже сильною та екстремальною спекою. Зростання показника, очевидно, вказуватиме на період, коли можливим буде погіршення стану тварин, зниження їхньої продуктивності та погіршення стану кормових угідь та природних випасів із зменшенням їхньої врожайності. Значну чутливість (0,6) галузь також має до підвищення максимальної добової температури за літо, що у цілому вказуватиме на підвищений температурний фон з тими негативними наслідками, які наведені вище. Такий ЧКВ як тропічні ночі визначається як кількість днів, коли мінімальна (переважно нічна) температура повітря вища за 20⁰С. Чутливість галузі до цього показника також 0,6. Якщо значення показника зростатиме, то це буде призводити до того, що високі нічні температури унеможливлуватимуть фізіологічне відновлення стану поголів'я та кормових угідь після денного теплового стресу. Високою (0,6) є також чутливість і до зниження температури дуже холодних днів у зимові місяці (хвилі холоду). Збільшення кількості таких періодів може призвести до збільшення витрат на утримання поголів'я у приміщеннях та до загального погіршення стану тварин.

Трохи нижчою (0,5) визначено чутливість галузі до зміни таких індексів як зменшення тривалості вегетаційного періоду та збільшення індексу Гумідекс, що

базується на врахуванні середніх максимальних температур у літні місяці та показниках вологості повітря, та градусо-днів опалювального періоду. Тенденції сучасних кліматичних змін показують, що вегетаційний період ймовірно збільшуватиметься і це може мати позитивний вплив на галузь у зв'язку з можливістю покращення кормової бази за рахунок вирощування другого врожаю кормових культур. Індекс Гумідекс також ймовірно збільшуватиметься і це створюватиме несприятливий вплив на галузь, як і усі зміни, викликані підвищенням літніх температур і відповідним зниженням відносної вологості повітря. Показник градусо-днів опалювального періоду ймовірно знижуватиметься, що покращить умови утримання поголів'я у приміщеннях взимку. Тваринництво має помірну чутливість до підвищення середніх температур повітря (від 0,1 до 0,4). Найбільш високою (0,4) визначено чутливість до підвищення середньої температури у липні.

Чутливість галузі до кількості та режиму випадання опадів також помірна. Найвищий ваговий коефіцієнт чутливості (0,5) має індекс максимальної кількості опадів за 5 діб. Значні суми опадів, що випадають за відносно короткий період часу часто мають зливовий характер і можуть негативно впливати на стан кормових угідь, провокуючи ерозію ґрунтів, пошкодження насаджень, затрудняти випас на природних пасовищах.

По відношенню до значень середніх місячних сум опадів галузь має показники чутливості 0,1–0,4. Найбільший вплив матимуть зниження сум опадів за квітень та липень (0,4) і трохи нижчий за жовтень (0,3). Зниження сум опадів у весняно – літній період очевидно створить умови для зменшення урожаю кормових культур і запасів кормів, що негативно впливатиме на розвиток галузі.

Відмітимо помірну чутливість (0,3) до режиму випадання опадів, що представлена такими індексами як максимальна кількість опадів за добу та щорічна кількість дуже сильних опадів. Меншою є чутливість галузі до вітрового режиму (0,1–0,2) та наявності снігового покриву і режиму випадання опадів у вигляді снігу (0,1–0,2).

Найбільша чутливість тваринництва за агрегованими оцінками (останній стовпчик табл. 4.1) до збільшення екстремальної спеки (2,3). Досить значна чутливість галузі до підвищення середньої температури повітря (1,7) і зменшення усереднених опадів (1,4). Також значення чутливості високі по 1,1 для збільшення злив та дощових паводків, посух, а також хвиль холоду і відповідно градусо-днів опалювального періоду. Середня чутливість у тваринництва до збільшення морозів (0,4), а до зміни усіх інших категорій ЧКВ чутливість галузі низька або відсутня (прибережні).

Таблиця 4.1. Чутливість тваринництва до зміни чинників кліматичного впливу (ЧКВ) із агрегованими за категоріями значеннями вагових коефіцієнтів

ЧКВ за МГЕЗК	Категорії ЧКВ за МГЕЗК	Назва ЧКВ	Одиниці	Тваринництво	
				Оцінка	Сума за категорією
СПЕКА ТА ХОЛОД	☑ СЕРЕДНЯ ТЕМПЕРАТУРА ПОВІТРЯ	☑ Середня температура повітря за рік	°C	0,1	1,7
		☑ Середня температура повітря за січень	°C	0,2	
		☑ Середня температура повітря за квітень	°C	0,3	
		☑ Середня температура повітря за липень	°C	0,4	
		☑ Середня температура повітря за жовтень	°C	0,2	
		☑ Тривалість вегетаційного періоду	d/y	0,5	
	☑ ЕКСТРЕМАЛЬНА СПЕКА	☑ Середня за літо максимальна добова температура повітря	°C	0,6	2,3
		☑ Кількість днів з дуже сильною та екстремальною спекою	d/y	0,6	
		☑ Тропічні ночі	d/y	0,6	
		☑ Індекс Гумідекс для середніх максимальних температур повітря влітку	index	0,5	
		☑ Градусодні періоду кондиціонування повітря	dd/y	0,0	
	☑ ХВИЛІ ХОЛОДУ	☑ Температура дуже холодних днів у зимові місяці	°C	0,6	1,1
		☑ Градусодні опалювального періоду	dd/y	0,5	
	☑ МОРОЗИ	☑ Дні з морозом	d/y	0,2	0,4
		☑ Морозні дні	d/y	0,2	

ЗВОЛОЖЕННЯ ТА ПОСУШЛИВІСТЬ	📌 УСЕРЕДНЕНІ ОПАДИ	📌 Кількість опадів за рік	%	1,1	2,2
		📌 Кількість опадів за січень	%	0,1	
		📌 Кількість опадів за квітень	%	0,2	
		📌 Кількість опадів за липень	%	0,4	
		📌 Кількість опадів за жовтень	%	0,4	
	📌 ЗЛИВИ ТА ДОЩОВІ ПАВОДКИ	📌 Максимальна кількість опадів за 5 днів	mm	0,3	1,1
		📌 Максимальна кількість опадів за добу	mm	0,5	
		📌 Щорічна кількість дуже сильних опадів	%	0,3	
📌 ПОСУХИ	📌 Максимальна тривалість посухи за 20-річчя	d/y	0,3	0,3	
📌 КІЛЬКІСТЬ ДНІВ З ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНОЮ ПОГОДОЮ	📌 Індекс пожежонебезпеки > 30	d/y	0,3	0,3	
СНІГ	📌 СНІГОПАДИ ТА СНІГОВИЙ ПОКРИВ	📌 РІЧНА СУМА ОПАДІВ У ВИГЛЯДІ СНІГУ	mm	0,1	0,2
		📌 КІЛЬКІСТЬ ДНІВ З ЧАСТКОЮ СНІГОВОГО ПОКРИВУ ≥30%	d/y	0,1	
	📌 КІЛЬКІСТЬ ДНІВ ЗІ СНІГОПАДОМ ≥ 10 ММ ЗА ДОБУ		d/y	0,1	0,1
ВІТЕР	📌 СЕРЕДНЯ ШВИДКІСТЬ ВІТРУ		m/s	0,1	0,1
	📌 ПОРИВИ ВІТРУ ≥ 10.8 М/С (6 БОФОРТ)		d/y	0,2	0,2
ПРИБЕРЕЖНІ	📌 ВІДНОСНИЙ РІВЕНЬ ПІДНЯТТЯ МОРЯ		m	0,0	0,0
	📌 ЕКСТРЕМАЛЬНА ВИСОТА НАГОННИХ ХВИЛЬ (ПРИБЕРЕЖНЕ ПІДТОПЛЕННЯ)		m	0,0	0,0
Сума				10,0	10,0

4.2. Вразливість

Вразливість галузі (системи) – це її схильність до негативного впливу. Уразливість пропорційна ступеню зміни різноманітних чинників кліматичного впливу (ЧКВ) та елементів, включаючи чутливість, або сприйнятливість до шкоди, та відсутність здатності впоратися та адаптуватися. Згідно глосарію у Другій робочій групі МГЕЗК, **індекс вразливості** – це «метрика, що характеризує вразливість системи. Індекс вразливості до клімату зазвичай розраховується шляхом комбінування, з або без зважування, кількох індикаторів, які, як припускається, представляють вразливість.»

У цьому дослідженні ми розраховували вразливість як суму добутків ступенів впливу кожного ЧКВ на чутливість до його негативного впливу. Оскільки сума вагових коефіцієнтів чутливостей до 32 ЧКВ для усіх галузей складає 10 умовних одиниць (табл. 4.1), а максимальний ступень впливу ЧКВ визначається за 10 основними категоріями МГЕЗК також у межах 10 (рис. 2.10 – 2.17), то вразливість можна представити у відсотках (%), де 100% означатиме повне чи значне пошкодження та збитки галузі (системи):

$$\text{Вразливість (\%)} = \sum (32 \text{ ЧКВ}) \text{ Ступінь впливу ЧКВ} \times \text{Чутливість до ЧКВ}$$

Аналізуються переважно негативні реакції системи на зовнішні впливи, які у зв'язку з відсутністю / неповною / неможливістю адаптації можуть привести до погіршення її стану або деградації. Кількісне оцінювання ступеню вразливості проводиться з використанням вагових коефіцієнтів чутливості системи (галузі) до інтенсивності прояву чинників зовнішнього впливу, у даному випадку до чинників кліматичного впливу (ЧКВ). Ступень впливу ЧКВ наведено у Табл. 2.2.

Далі розглянемо отримані оцінки вразливості галузі тваринництва до зміни клімату за регіонами, використовуючи карти (рис. 4.1) та статистичні характеристики (табл. 4.2) для трьох періодів (2021–2040, 2041–2060 і 2081–2100) та двох сценаріїв репрезентативних концентрацій RCP 4.5 і RCP 8.5.

На середину сторіччя у період 2041–2060 очікується, що регіон зазнає суттєвих змін термічного режиму: зростання температури повітря, висока ймовірність спеки у літній період, зміна режиму випадання опадів та виникнення тривалих посушливих періодів (рис. 4.2).

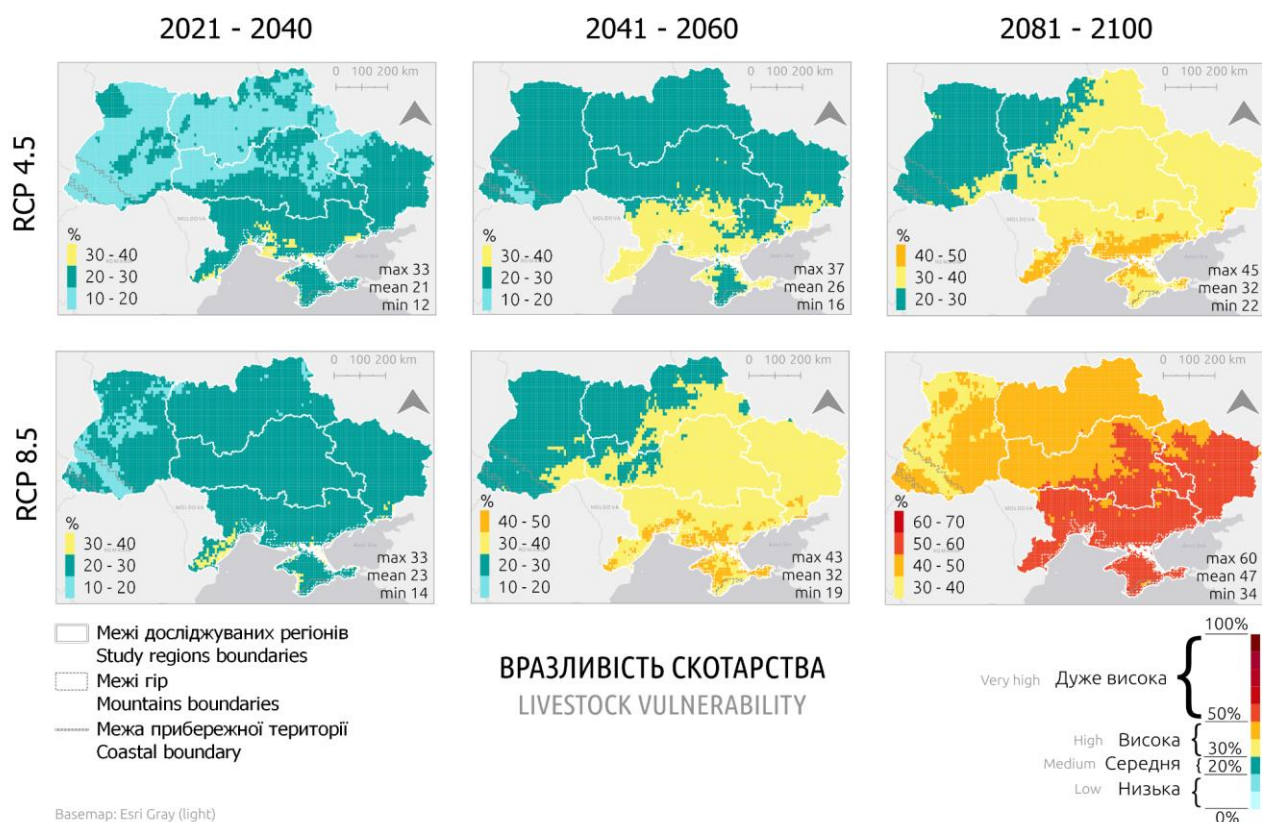


Рисунок 4.1. – Вразливість тваринництва до зміни усіх чинників кліматичного впливу (ЧКВ) для сценаріїв і періодів до кінця XXI ст.

Таблиця 4.2. Статистичні оцінки вразливості тваринництва до зміни клімату за регіонами, сценаріями та періодами (%)

Тваринництво										
Регіон	Сценарій	2021 – 2040			2041 – 2060			2081 – 2100		
		mean	max	min	mean	max	min	mean	max	
Захід	RCP 4.5	14	19	24	18	24	28	23	26	32
	RCP 8.5	16	21	28	22	26	35	35	41	49
Північ	RCP 4.5	15	18	23	21	25	29	23	30	35
	RCP 8.5	18	23	25	23	29	34	39	45	50
Центр	RCP 4.5	16	20	28	23	27	33	25	33	41
	RCP 8.5	20	23	29	26	32	40	40	49	55
Схід	RCP 4.5	17	21	29	23	26	33	30	35	43
	RCP 8.5	20	24	30	29	35	42	46	51	57
Південь	RCP 4.5	20	26	32	24	31	37	32	38	44
	RCP 8.5	21	26	32	30	37	43	45	53	60
Карпати	RCP 4.5	12	16	21	16	20	25	22	26	31
	RCP 8.5	14	19	24	19	24	29	34	39	45
Кримські гори	RCP 4.5	17	22	25	24	26	29	31	35	40
	RCP 8.5	21	24	26	32	36	42	47	52	58
Прибережжя	RCP 4.5	20	28	33	25	32	37	30	40	45
	RCP 8.5	21	28	33	32	40	43	49	54	58

4.2.1. Південь

Чисельні розрахунки показників вразливості тваринництва до зміни клімату у поточний період 2021–2040 показують приблизно однакові за значеннями середні величини вразливості галузі до кліматичних змін за обома сценаріями (табл. 4.3). Тільки в окремих незначних за площею районах західної частини Миколаївської області та північно-східної частини Одеської, південно-східної частини Запорізької області для RCP 4.5 та південно-західної частини Одеської області та західної частини АР Крим для RCP 8.5 (рис. 4.1) показники переходять у градацію високої вразливості із максимальним значенням 32% (табл. 4.3).

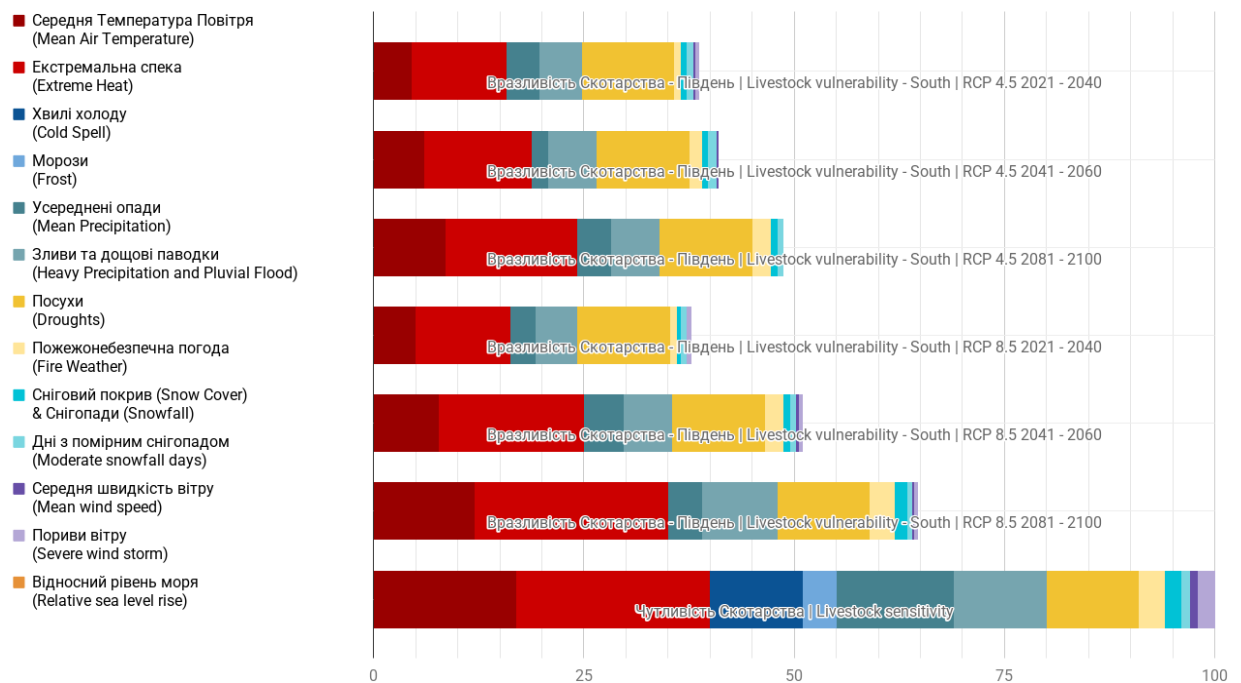


Рисунок 4.2. – Максимальна вразливість тваринництва у південному регіоні у три періоди за двома сценаріями у порівнянні з чутливістю (нижня планка) із поділом на категорії ЧКВ (кольори)

Вразливість тваринництва до таких змін оцінюється як висока за обома сценаріями. Відмінність полягає в тому, що за сценарієм RCP 4.5 на переважній частині території вразливість висока, але на півночі Запорізької області та у центральному Криму вона оцінюється як середня (рис. 4.1). За сценарієм RCP 8.5 вразливість тваринництва висока в усьому Південному регіоні зі збільшенням показників на півдні Миколаївської, південному заході і півдні Одеської областей, а також у центрі та на заході Криму. Максимальні значення для сценаріїв 37% і 43% відповідно.

У віддаленому майбутньому (2081–2100) різниця в показниках вразливості тваринництва між сценаріями стає суттєвою. У випадку реалізації RCP 4.5 вразливість галузі залишиться середньою з деяким збільшенням оціночних

показників, при більш жорсткому сценарії RCP 8.5 – вразливість буде дуже високою з відносно однорідним у регіоні розподілом оціночних величин. Для цього періоду *у регіоні отримані найвищі показники вразливості у межах всієї України для обох сценаріїв – 44% і 60% відповідно (табл. 4.2 і 4.3).*

Таблиця 4.3. Статистичні вразливості тваринництва до зміни клімату за сценаріями та періодами (%) для південного регіону

Південь			
RCP4.5	2021–2040	2041–2060	2081–2100
max	32	37	44
mean	26	31	38
min	20	24	32
RCP8.5	2021–2040	2041–2060	2081–2100
max	32	43	60
mean	26	37	53
min	21	30	45

4.2.2. Центр

У поточному кліматичному періоді 2021–2040 для центрального регіону отримані низькі (північно-західні та північно-східні райони) і середні показники вразливості галузі тваринництва для сценарію RCP 4.5. Для сценарію RCP 8.5 отримано однорідний розподіл показників, що оцінюють вразливість галузі як середню (табл. 4.4).

На середину сторіччя у період 2041–2060 показники вразливості збільшуються, а також проявляється різниця між сценаріями. Якщо для RCP 4.5 практично для усіх областей центру вразливість зростає до рівня середньої з точковими вкрапленнями високої, то для сценарію RCP 8.5 отримано показники, які вказують на можливу високу вразливість, за виключенням окремих районів Вінницької області, де вразливість збережеться на середньому рівні. Максимальні значення для цього періоду 33% і 40% відповідно (рис. 4.1, табл. 4.4).

У віддаленому майбутньому (2081–2100), коли очікуються суттєві зміни термічного режиму і режиму зволоження, вразливість галузі до цих змін зросте (рис. 4.3). У випадку сценарію RCP 4.5 отримано практично однорідний розподіл показників високої вразливості з окремими точковими значеннями середньої вразливості на заході Вінницької області (рис. 4.1). Для сценарію RCP 8.5 на заході регіону (Вінницька, Черкаська, захід Полтавської областей) отримано високу, а на південному сході – дуже високу вразливість. Максимальні показники вразливості для цього періоду за обома сценаріями – 41% та 55% відповідно (табл. 4.4).

Таблиця 4.4. Статистичні оцінки вразливості тваринництва до зміни клімату за сценаріями та періодами (%) для центрального регіону

Центр			
RCP4.5	2021–2040	2041–2060	2081–2100
max	28	33	41
mean	20	27	33
min	16	23	25
RCP8.5	2021–2040	2041–2060	2081–2100
max	29	40	55
mean	23	32	49
min	20	26	40

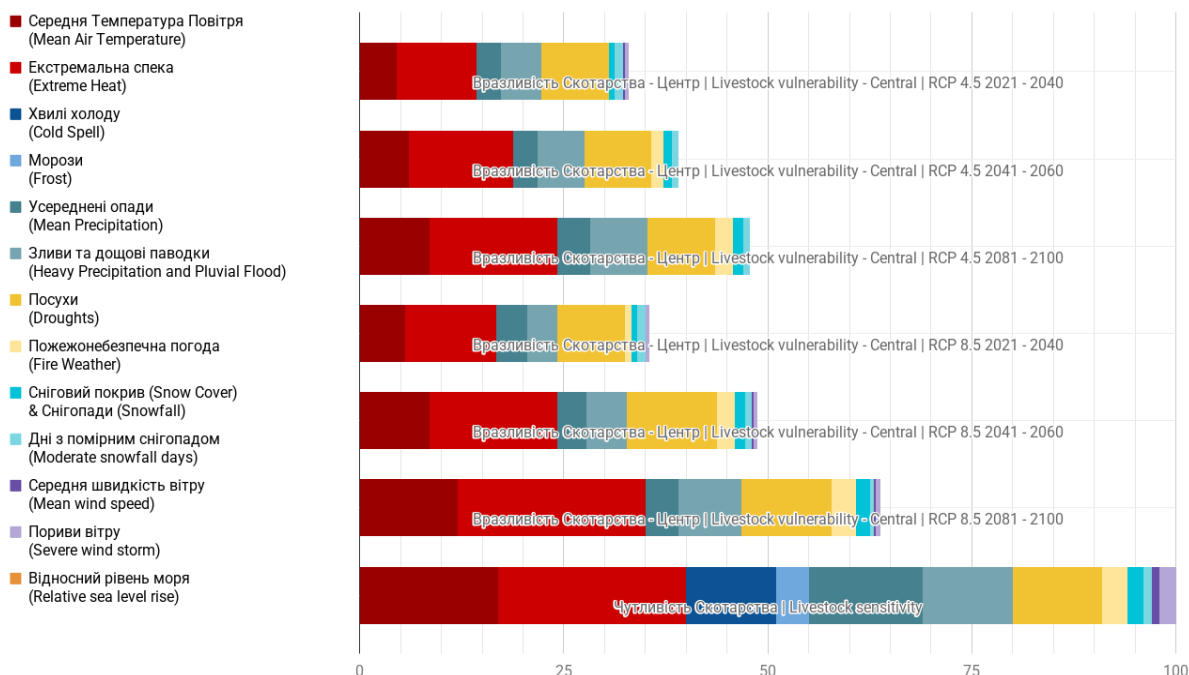


Рисунок 4.3. – Максимальна вразливість тваринництва у центральному регіоні у три періоди за двома сценаріями у порівнянні з чутливістю (нижня планка) із поділом на категорії ЧКВ (кольори)

4.2.3 Захід

Зауважимо, що цей регіон з точки зору стану і перспектив розвитку тваринництва в умовах зміни клімату є найбільш благополучним в Україні (рис. 4.4). У поточному періоді маємо переважно низьку для RCP 4.5 та переважно середню з вкрапленнями низької вразливості для RCP 8.5 (рис. 4.1).

На середину сторіччя у період 2041–2060 за обома сценаріями у регіоні переважають показники середньої вразливості галузі за обома сценаріями (табл. 4.5). Єдина відмінність – на крайньому південному сході Хмельницької області за сценарієм RCP 8.5 виявляються райони з високою вразливістю галузі

(рис. 4.1). Як результат, саме там отримані максимальні показники вразливості: 28% і 35% відповідно до сценарію.

Таблиця 4.5. Статистичні оцінки вразливості тваринництва до зміни клімату за сценаріями та періодами (%) для західного регіону

Захід			
RCP4.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	24	28	32
mean	19	24	26
min	14	18	23
RCP8.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	28	35	49
mean	21	26	41
min	16	22	35

У віддаленому майбутньому (2081–2100) відповідно до сценарію RCP 4.5 практично весь регіон зберігає показники вразливості (крім невеликого району крайнього південного сходу) на рівні середніх. У межах рівнинної частини західного регіону України (крім Карпат) це єдиний цілісний регіон з такими відносно низькими показниками вразливості галузі у цей період. Максимальна величина показника 32%. Для сценарію RCP 8.5 вразливість галузі до зміни клімату оцінюється як висока з максимальним показником 49%.

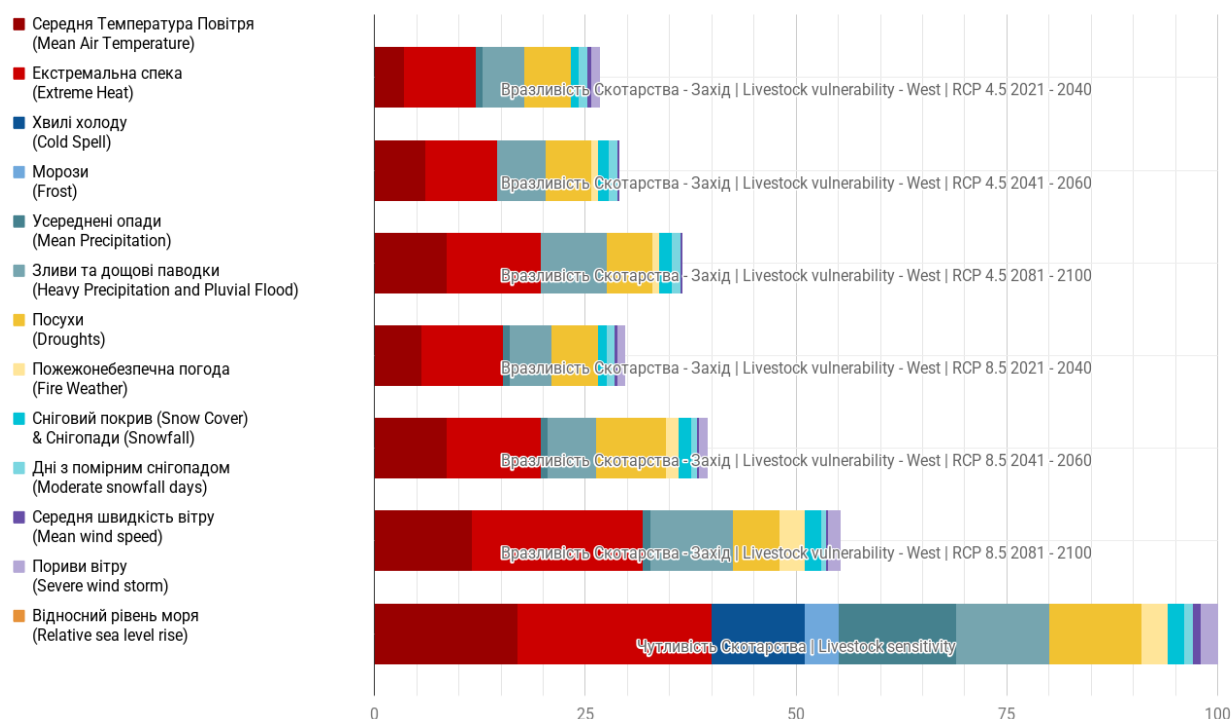


Рисунок 4.4. – Максимальна вразливість тваринництва у західному регіоні у три періоди за двома сценаріями у порівнянні з чутливістю (нижня планка) із поділом на категорії ЧКВ (кольори)

4.2.4. Схід

На сході України, як і на півдні, очікуються значимі зміни температури та режиму випадання опадів, і тому з високою ймовірністю відбудеться суттєва зміна показників вразливості тваринництва до зміни клімату (рис. 4.5). У поточному періоді 2021–2040 за обома сценаріями отримано показники вразливості середніх значень. Відмінність полягає в тому, що для сценарію RCP 4.5 є окремі точкові вкраплення на півночі регіону показників низької градації вразливості, а для RCP 8.5 також точкові вкраплення на південний схід показників середньої градації вразливості (рис. 4.1).

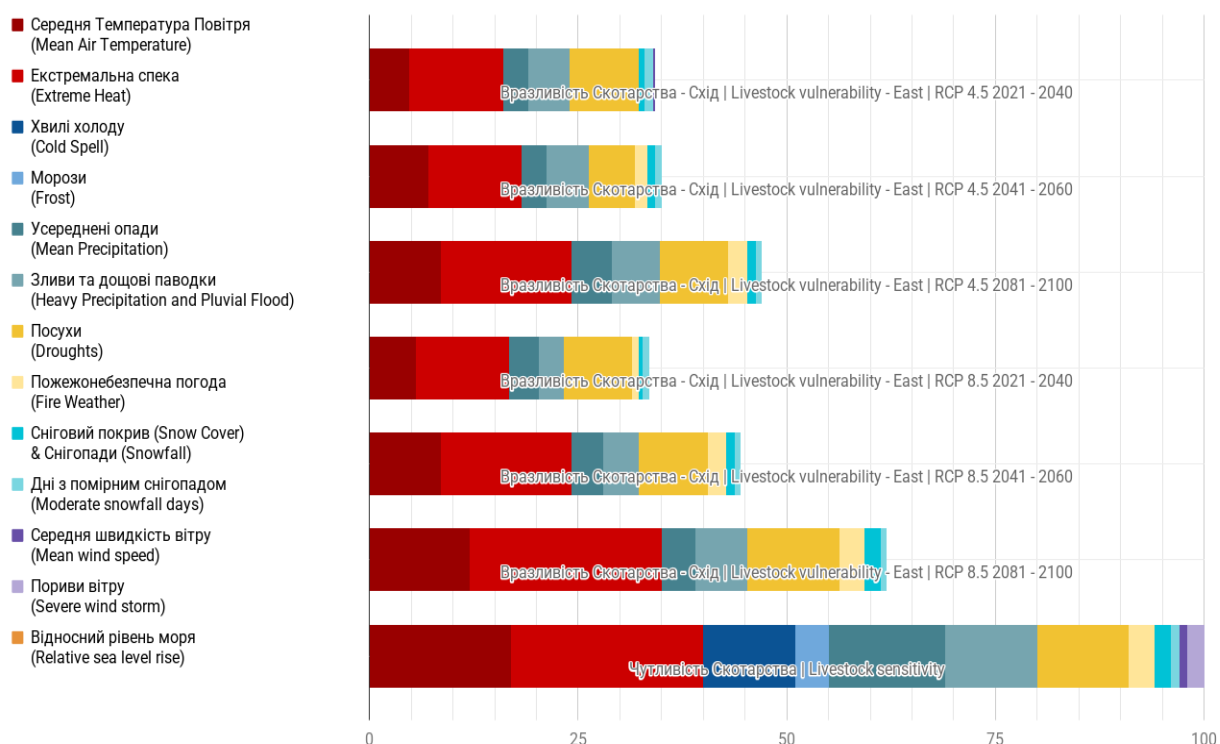


Рисунок 4.5. – Максимальна вразливість тваринництва у східному регіоні у три періоди за двома сценаріями у порівнянні з чутливістю (нижня планка) із поділом на категорії ЧКВ (кольори)

На середину сторіччя у період 2041–2060 (табл. 4.6) очікується суттєва різниця у разі реалізації того чи іншого сценарію. Для RCP 4.5 вразливість галузі залишиться практично на попередньому рівні (середня) за виключенням півдня Донецької області, де показники вразливості підвищаться до високої (рис. 4.5). Але для RCP 8.5 рівень вразливості тваринництва збільшиться до високого.

У віддаленому майбутньому 2081–2100 (табл. 4.6) у східному регіоні, як і у південному, рівень вразливості тваринництва зростатиме згідно розрахунків для RCP 4.5 до високого, а для RCP 8.5 – до дуже високого. Максимальні отримані значення 43% і 57% відповідно до сценаріїв.

Таблиця 4.6. Статистичні оцінки вразливості тваринництва до зміни клімату за сценаріями та періодами (%) для східного регіону

Схід			
RCP4.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	29	33	43
mean	21	26	35
min	17	23	30
RCP8.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	30	42	57
mean	24	35	51
min	20	29	46

4.2.5. Північ

Північний регіон України з точки зору вразливості тваринництва до зміни клімату та перспектив зміни цього показника близький до сценарію, що очікується у Центральному регіоні (табл. 4.7). У поточному періоді для сценарію RCP 4.5 рівень вразливості оцінюється як низький з включенням окремих районів на півночі та північному сході Чернігівської та Сумської областей, де отримано середні показники вразливості (рис. 4.1). Для RCP 8.5 отримано більш рівномірний розподіл показників, що відносяться до градації середніх значень вразливості, відмічаються тільки окремі точкові показники низької вразливості.

Таблиця 4.7. Статистичні оцінки вразливості тваринництва до зміни клімату за сценаріями та періодами (%) для північного регіону

Північ			
RCP4.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	23	29	35
mean	18	25	30
min	15	21	23
RCP8.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	25	34	50
mean	23	29	45
min	18	23	39

На середину сторіччя у період 2041–2060 реакція галузі на зміни клімату очікується більш відчутною (рис. 4.6). За умов сценарію RCP 4.5 вразливість тваринництва очікується на рівні середніх показників, при їх однорідному розподілі, а для умов RCP 8.5 середні показники вразливості залишаються тільки на більшій частині території Житомирської області (за виключенням південного сходу), на півночі Київської та північному сході Чернігівської областей (рис. 4.1). Максимальні показники – 29% та 34% відповідно до сценарію (табл. 4.7).

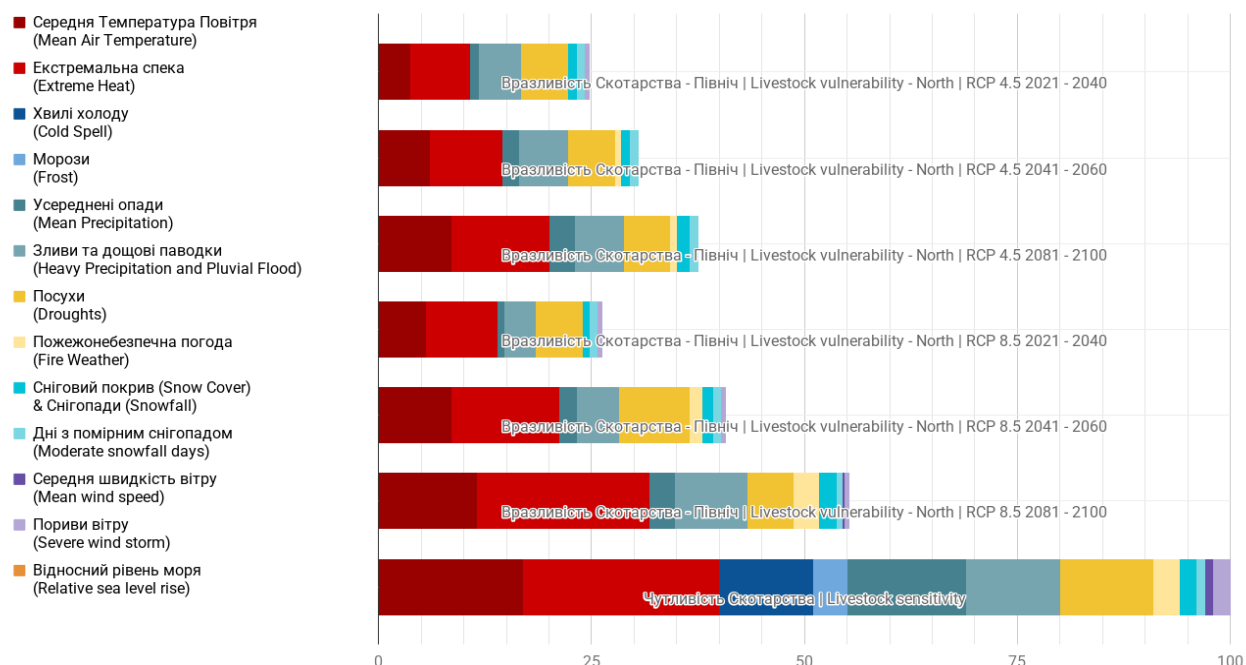


Рисунок 4.6. – Максимальна вразливість тваринництва у північному регіоні у три періоди за двома сценаріями у порівнянні з чутливістю (нижня планка) із поділом на категорії ЧКВ (кольори)

У віддаленому майбутньому у період 2081–2100 за помірним сценарієм зміни клімату вразливість галузі очікується переважно високою (табл. 4.7), за виключенням північно-західної частини Житомирської області та невеликих районів північного заходу Київської області, де збережеться помірна вразливість до кліматичних змін (рис. 4.1). За сценарієм RCP 8.5 у цей період слід очікувати суттєвого підвищення температури повітря, а також усього комплексу природних явищ, які зв'язані з високими температурами. Це приведе до збільшення вразливості галузі до рівня високих показників з відносно рівномірним розподілом по регіону. Максимальні значення – 35% і 50% відповідно до сценаріїв (табл. 4.7).

4.2.6. Карпатські гори

У поточний період 2021–2040 для регіону отримані найнижчі для усієї України показники вразливості тваринництва до зміни клімату (табл. 4.8). Тобто незважаючи на досить сильний антропогенний вплив на екосистему Українських Карпат та глобальні і регіональні зміни клімату, природні умови для розвитку галузі тваринництва тут залишаються найменш вразливими (рис. 4.1). Для RCP 4.5 вразливість галузі до зміни клімату низька з максимальним показником 21%, що вже відповідає середній вразливості. Для сценарію RCP 8.5 у горах залишається також низький рівень вразливості, але в Закарпатській частині він збільшується до середнього з максимальним значенням 24%.

Таблиця 4.8. Статистичні оцінки вразливості тваринництва до зміни клімату за сценаріями та періодами (%) для регіону Карпатських гір

Карпати			
RCP4.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	21	25	31
mean	16	20	26
min	12	16	22
RCP8.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	24	29	45
mean	19	24	39
min	14	19	34

На середину сторіччя у період 2041–2060 в регіоні зберігаються сприятливі умови для функціонування галузі, вразливість до зміни клімату за помірним сценарієм залишається низькою (центр регіону) або середньою, максимальний показник 25%. За сценарієм RCP 8.5 показники вразливості збільшуються до градації середніх значень, з максимальним значенням 29%.

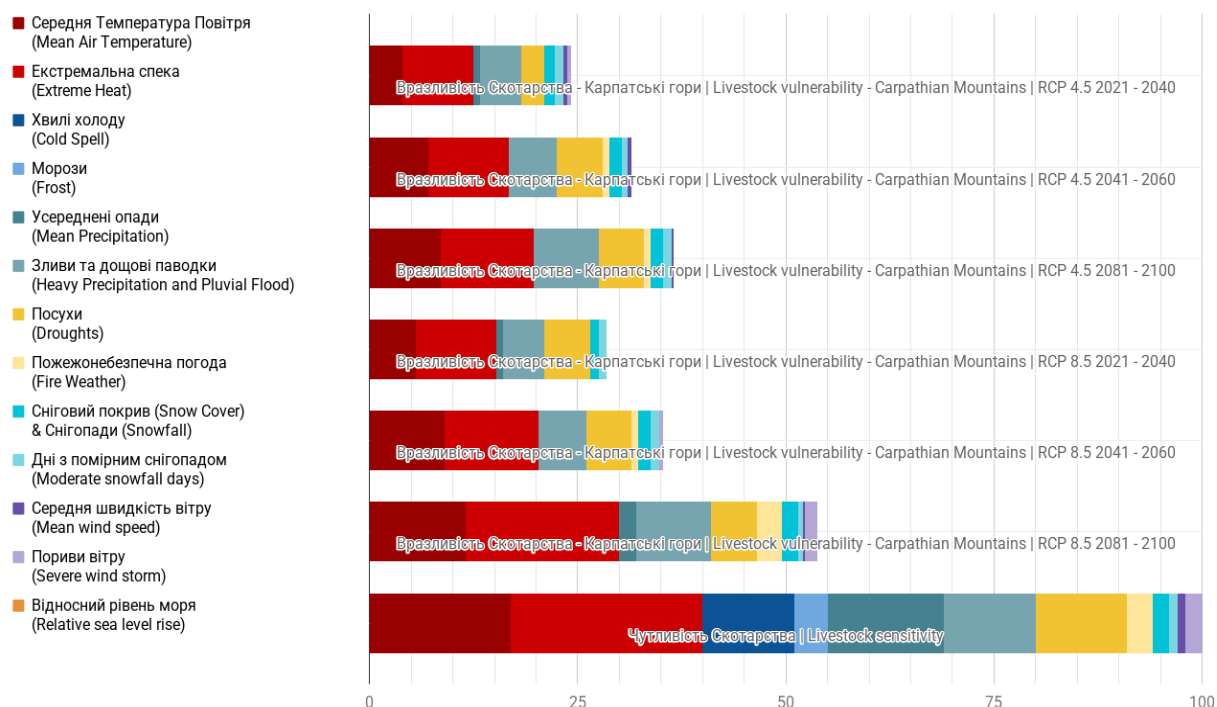


Рисунок 4.7. – Максимальна вразливість тваринництва у Карпатських горах у три періоди за двома сценаріями у порівнянні з чутливістю (нижня планка) із поділом на категорії ЧКВ (кольори)

У віддаленому майбутньому 2081–2100 за сценарієм RCP 4.5 вразливість галузі тваринництва за помірним сценарієм незначно збільшується до рівня середньої у всьому регіоні. Але слід звернути увагу на різкі зміни показників вразливості у випадку реалізації сценарію RCP 8.5. Показники вразливості

збільшуються до високих, з максимумом 45%. Цей факт підтверджує отримані у моделювання значні різниці у зміні термічного режиму у регіоні за сценаріями RCP 4.5 та RCP 8.5 для цього періоду.

4.2.7. Кримські гори

У поточному періоді (табл. 4.9) отримано переважно середній ступінь вразливості (22% і 24%) тваринництва до зміни клімату, лише для сценарію RCP 4.5 отримано мінімальне значення потрапляє в категорію низької вразливості (17%). Власне вразливість галузі в Кримських горах нижча, або співставна для цього періоду з Південним регіоном, де отримано 20–32% за RCP 4.5 і 21–32% для RCP 8.5.

На середину сторіччя у період 2041–2060 очікується певна різниця у зміні клімату в регіоні за кожним з сценаріїв, коли більш інтенсивні зміни будуть для RCP 8.5 (рис. 4.8). Звідси і різниця вразливості для тваринництва, яка для помірнього сценарію матиме показники з максимумом 29%, а для жорсткішого сценарію – високі з максимальним значенням 42%, що відповідатимуть висій вразливості галузі.

У кінці сторіччя зростає різниця показників між сценаріями і для RCP 4.5 вразливість зростає до високої (максимум – 40%), а для RCP 8.5 – до дуже високої із середнім значенням 52% і максимумом 58% (табл. 4.9).

Таблиця 4.9. Статистичні оцінки (мінімальне, середнє і максимальне значення) вразливості тваринництва до зміни клімату за сценаріями та періодами (%) для регіону Кримських гір

Кримські гори			
RCP4.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	25	29	40
mean	22	26	35
min	17	24	31
RCP8.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	26	42	58
mean	24	36	52
min	21	32	47

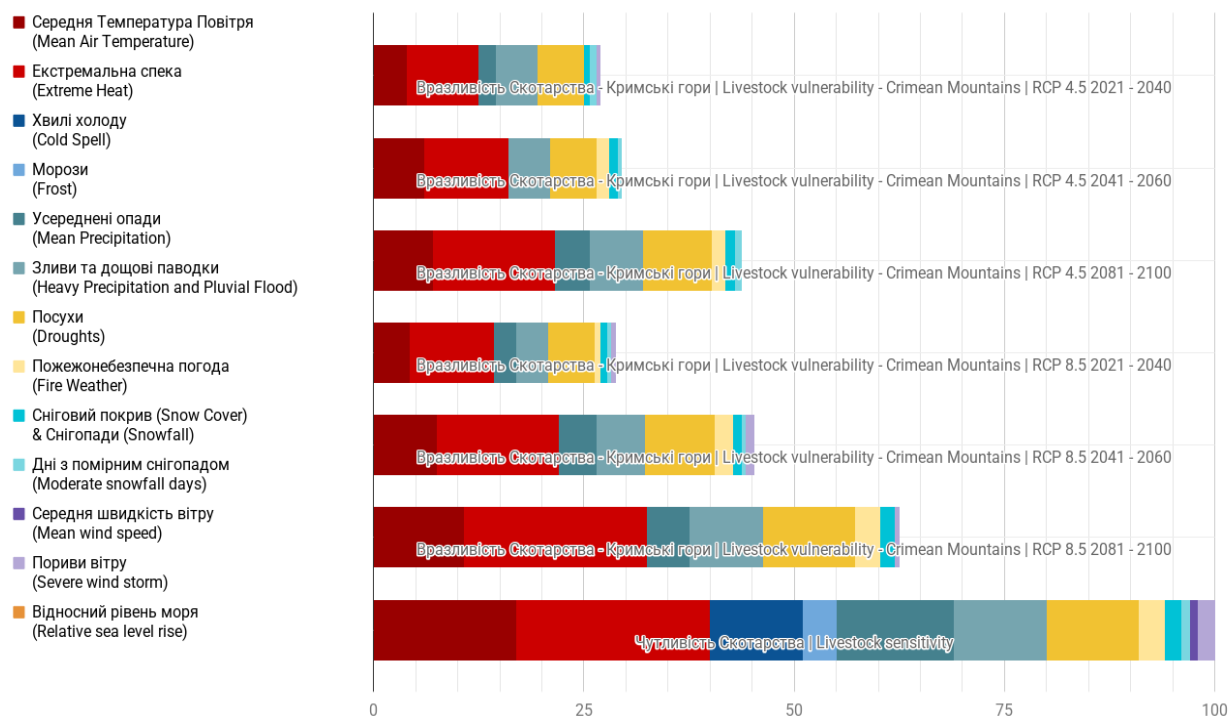


Рисунок 4.8. – Максимальна вразливість тваринництва у Кримських горах у три періоди за двома сценаріями у порівнянні з чутливістю (нижня планка) із поділом на категорії ЧКВ (кольори)

4.2.8. Прибережний

Для Прибережного регіону зміна показників вразливості тваринництва (рис. 4.1) також близька до показників межуючого Південного регіону за рахунок близькості географічного положення, і якщо у поточному періоді у прибережних районів дещо вищі і практично рівні між собою вразливості від 20–21% до максимальних 33% за обома сценаріями (табл. 4.10), то на середину сторіччя показники вразливості співставні зі значеннями для Південного регіону, а на кінець сторіччя у період 2081–2100 максимальні значення вразливості для RCP 8.5 дещо нижчі для прибережних регіонів: 58% проти 60% для Півдня (табл. 4.2).

Таблиця 4.10. Статистичні оцінки (мінімальне, середнє і максимальне значення) вразливості тваринництва до зміни клімату за сценаріями та періодами (%) для прибережного регіону

Прибережжя			
RCP4.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	33	37	45
mean	28	32	40
min	20	25	30
RCP8.5	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
max	33	43	58
mean	28	40	54
min	21	32	49

Не дивлячись на те, що загроза підняття рівня моря і збільшення висоти нагонних хвиль в цьому регіоні максимальна (рис. 2.15), але оскільки у галузі тваринництва не має чутливості до цих прибережних чинників (табл. 4.1), оскільки вважається, що тварин можна відігнати від узбережжя, то й внесок у вразливість буде нульовим (рис. 4.9).

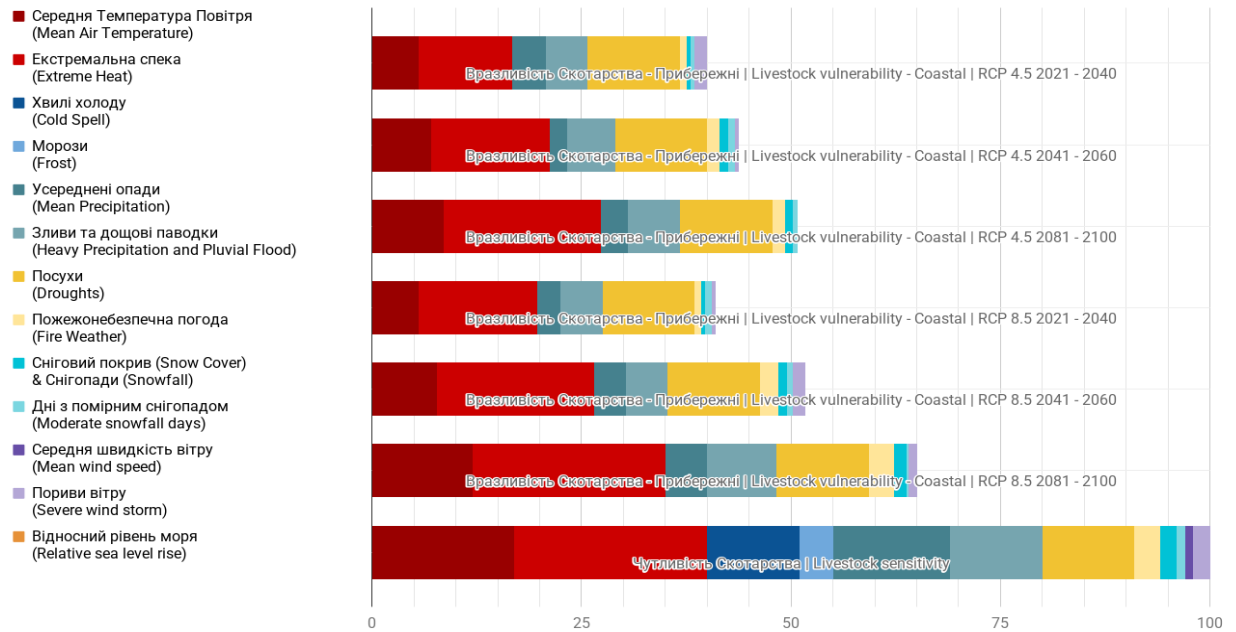


Рисунок 4.9. – Максимальна вразливість тваринництва у прибережному регіоні у три періоди за двома сценаріями у порівнянні з чутливістю (нижня планка) із поділом на категорії ЧКВ (кольори)

5. РИЗИКИ ЗМІНИ КЛІМАТУ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

5.1. Методика визначення кліматичних ризиків

Для оцінки ризиків від зміни клімату для сільського господарства використовувались поняття та визначення, що прописані в «Методичних рекомендацій для здійснення оцінки ризиків та вразливості соціально-економічних секторів та природних складових до зміни клімату», затверджених Наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України 03.06.2023 № 386, з деякими оновленнями та доповненнями для врахування концепцій, що з'явилися в останньому звіті МГЕЗК у 2021-2023 роках. Ця оновлена методика була апробована в процесі виконання проєкту ЄС АПЕНА 3 і продовжує застосовуватися для оцінки кліматичних ризиків та вразливості секторів економіки та окремих систем і територій.

Враховуючи те, що ризик тієї чи іншої події має *ймовірнісний* характер і тому є специфічним для різних **загроз**, ризик від **зміни клімату** може виникнути лише тоді, коли галузь (система) має *чутливість до* і чиниться *вплив від зміни кліматичного показника*, а також вона *перебуває під дією*, тобто територіально знаходиться в зоні впливу загрози. Виключення однієї з перелічених умов, а також, **відсутність загрози зміни клімату**, зводить ризик до нуля. Тому ризик розраховується як добуток усіх перелічених передумов:

$$\text{Ризик} = \text{Загроза} \times \text{Перебування під дією} \times \text{Чутливість} \quad (1)$$

$$\text{Загроза} = \text{Максимальна зміна ЧКВ} \times \text{Ймовірність}, \quad (2)$$

де:

Максимальна зміна ЧКВ – пропорційна *впливу* від зміни чинника і визначається в кожній категорії з-поміж усіх чинників кліматичного впливу та приймає значення від 0 до 1, де 0 – незначний, 0,25 – низький, 0,5 – середній, 0,75 – високий, 1 – дуже високий (табл. 2.2);

Ймовірність настання події – приймає умовне значення 5 (95% настання) у поточному вузлі розрахункової сітки кліматичних моделей та 4 (75% настання) для суміжного вузла відносно поточного. Так як ймовірність настання події є високою, а розташування події важко визначити, алгоритм дозволяє врахувати локальний характер зміни чинників кліматичного впливу і у цілому згладити флуктуації особливо для екстремальних подій. В цьому методологічному підході припускається, що, якщо в розрахунках за ансамблем кліматичних моделей з корекцією похибок визначається екстремальна подія в певному вузлі, то ймовірність цієї події $\geq 95\%$, але її територіальне розташування в проєкціях РКМ має нижчу ймовірність, і через це застосовується припущення, що подія може

трапитись у суміжному вузлі, але з меншою ймовірністю у 75%, для чого використовуємо зменшений коефіцієнт (4) у визначені загрози;

Перебування під дією (= 1) – припускаємо, що галузі сільського господарства знаходиться під можливим впливом ризиків по всій території України, тобто в кожному вузлі географічної сітки;

Чутливість – значення чутливостей до зміни кліматичних характеристик набувають значення від 0 до максимально 2,3 в результаті об'єднання вагових коефіцієнтів за категоріями ЧКВ встановленими МГЕЗК (див. підрозділи 3.1 і 4.1, табл. 3.1 і 4.1):

- 1) підвищення середньої температури (включає – 5 показників: усереднені температури повітря за рік, січень, квітень, липень і жовтень);
- 2) збільшення екстремальної спеки (включає такі показники: усереднена за літні місяці максимальна добова температура повітря, кількість днів з дуже сильною та екстремальною спекою, тропічні ночі, дні з індексом Гумідекс вище за 30, градусо-дні кондиціювання повітря);
- 3) збільшення морозів (включає: хвилі холоду та дні з морозом);
- 4) зменшення усередненої кількості опадів (включає: усереднені кількості опадів за рік, січень, квітень, липень і жовтень);
- 5) збільшення посух та пожежонебезпечної погоди (включає показники максимальної тривалості бездощового періоду та кількості днів з пожежонебезпечною погодою у році)
- 6) збільшення екстремальних опадів (включає показники: щорічної кількості дуже сильних опадів, кількість сильних опадів за одну добу і кількість сильних опадів за 5 діб);
- 7) зменшення снігового покриву та снігопадів (включає: річну кількість опадів у вигляді снігу та кількість днів з часткою снігового покриву $\geq 30\%$)
- 8) збільшення снігопадів з інтенсивністю понад 10 мм за добу (кількість днів зі снігом ≥ 10 мм за добу)
- 9) збільшення швидкості і поривів вітру (включає: середні швидкості вітру та кількість днів, коли відмічалися пориви вітру $\geq 10,8$ м/с)
- 10) підняття середнього рівня моря і збільшення висоти нагонних хвиль (прибережні фактори)

Ризики для основних галузей сільського господарства – рослинництва і тваринництва, були розраховані і проаналізовані для найближчого періоду 2021–2040 і на середину сторіччя 2041–2060. Тобто у періоди, які найбільш критичні для

розвитку і врахування адаптації до зміни клімату на території України. При цьому були враховані проєкції за двома розглянутими сценаріями, а для ризиків були знайдені серед них саме максимальний вплив.

Зауважимо, що для кожного з факторів, що входять до перелічених категорій ЧКВ визначалася чутливість галузі та сумарна ступінь впливу в залежності від регіональних та часових змін ЧКВ, тобто вразливість (див. вище в розділи 3 і 4).

Таким чином, алгоритм розрахунків ризиків складається із таких кроків:

1. Визначення максимального значення *впливу*, який пропорційний максимальній зміні в кожній точці з-поміж кліматичних чинників (ЧКВ) в категорії для кожного з періодів 2021–2040 і 2041–2060 кожного сценарію RCP 4.5 та RCP 8.5. Результати цього кроку по суті представлені в підрозділі 2.10 для тих підкатегорії, де чинників було більше одного. Як приклад наведено отримані максимальні ступені впливу у категорії збільшення екстремальних опадів для Івано-Франківської області (рис. 5.1), де є різкі переходи між різними природними зонами – горами і долинами, і відповідно значеннями показників.

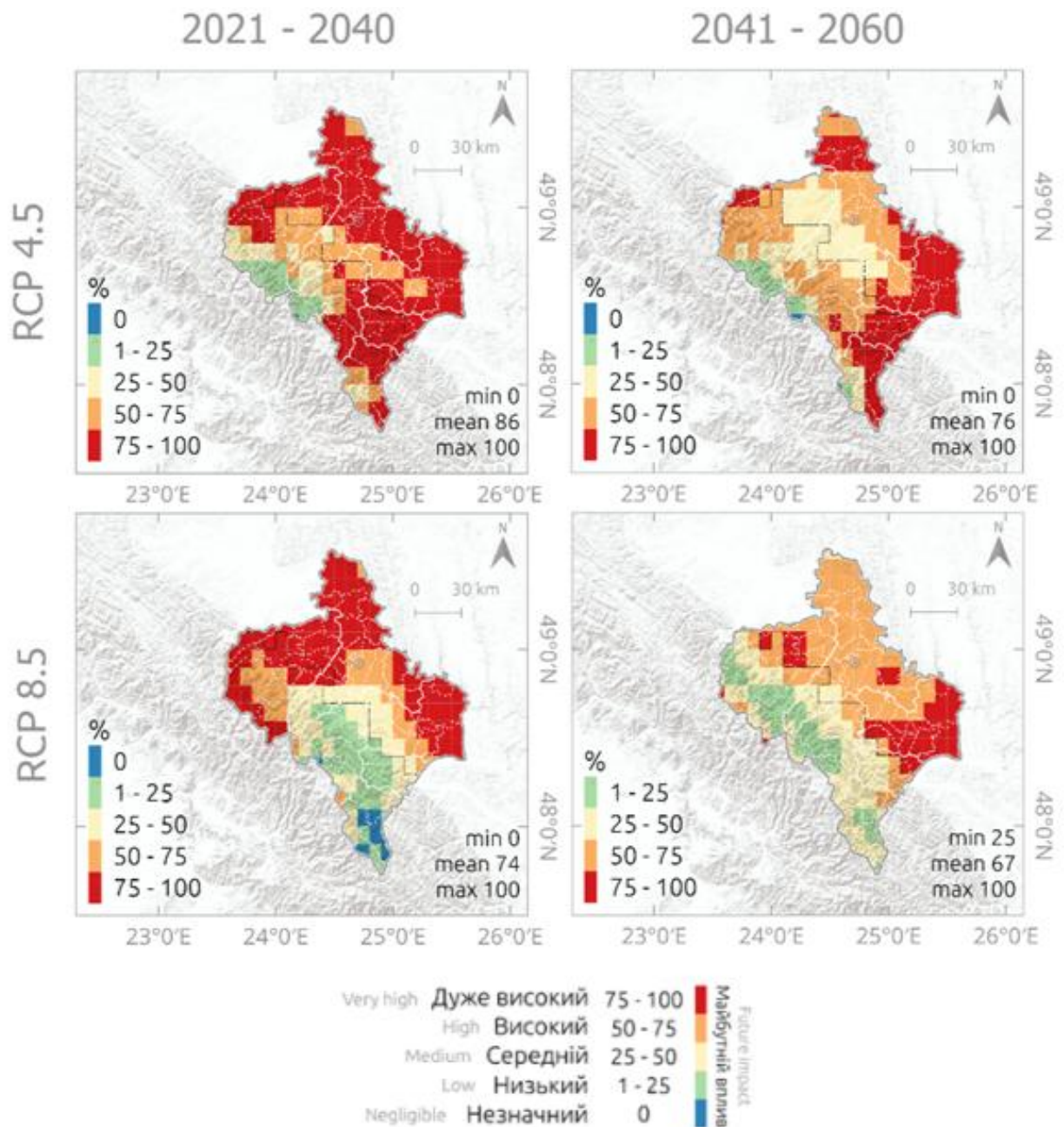


Рисунок 5.1. – Приклад результатів розрахунку максимального ступеню впливу до визначених чинників (червоний – дуже високий вплив, помаранчевий – високий, жовтий – середній, зелений – низький, блакитний – незначний)

2. Для результату першого кроку знайти максимальне значення впливу для найближчого та середнього періодів за двома сценаріями у кожному вузлі координатної сітки (рис. 5.2), тобто зробити суміщення і пошук максимального впливу, який і буде **максимальний вплив** з формули (2).

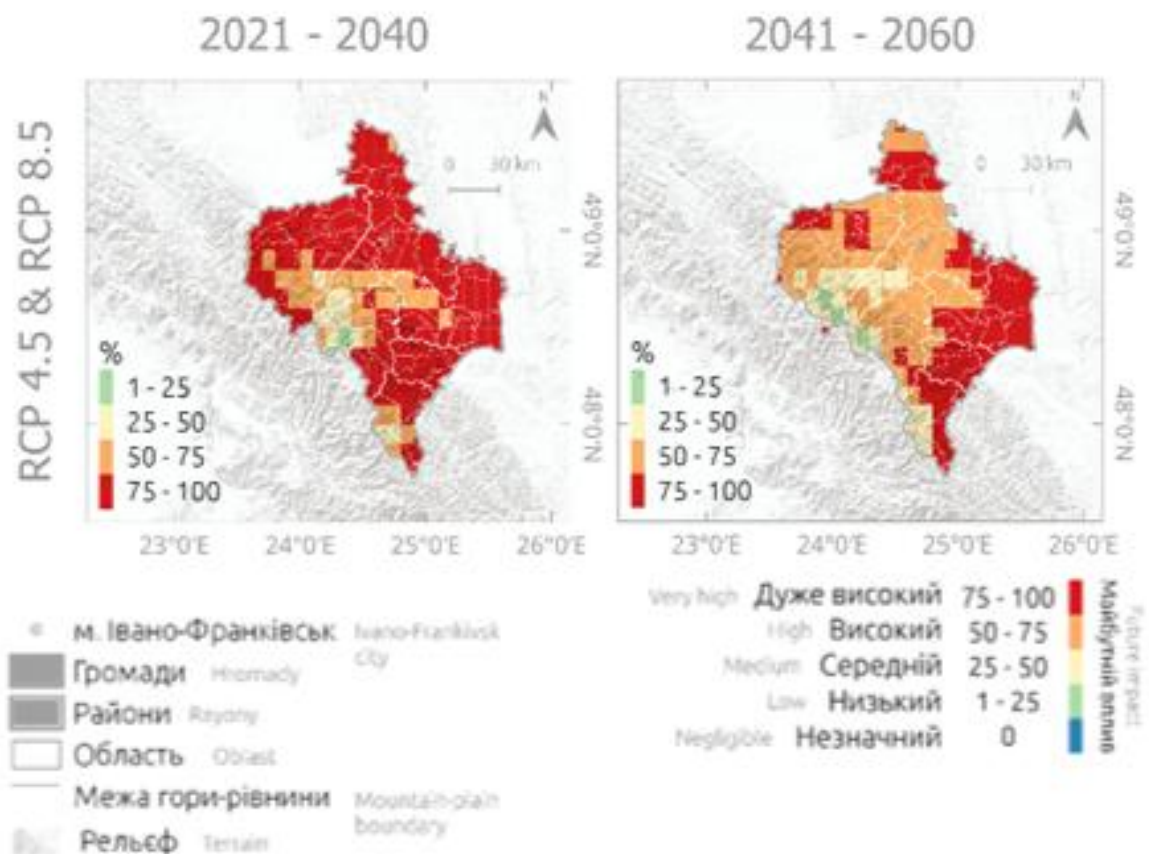


Рисунок 5.2. – Приклад результату розрахунку максимального значення впливу за обома сценаріями визначених чинників

3. Розрахувати *загрозу* за формулою (2):

a. Отримані значення максимального впливу в кожному з вузлів помножити на умовне значення 5 для максимальної ймовірності настання події.

b. Перебираючи кожний вузол («поточний»), визначити суміжні до нього вузли (не більше восьми) та провести перерахунок (рис. 5.3): порівняти значення отриманої загрози у суміжному вузлі зі значенням у поточному, яке помноженого на 4 (ймовірність події менша – 75%). Залишити для суміжного вузла максимальне з отриманих двох значень загрози (рис. 5.4):

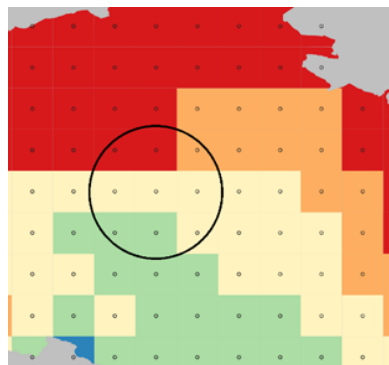


Рисунок 5.3. – Візуалізація для визначення суміжних вузлів та максимальної загрози в них

Якщо $(\text{Вплив у суміжному вузлі} \times 5) < (\text{Вплив у поточному} \times 4)$, тоді
 $(\text{Загроза у Суміжному}) = (\text{Загроза у Поточний} \times 4)$
 Якщо не виконується ця умова, то значення Загрози у Суміжному вузлі
 залишається без змін

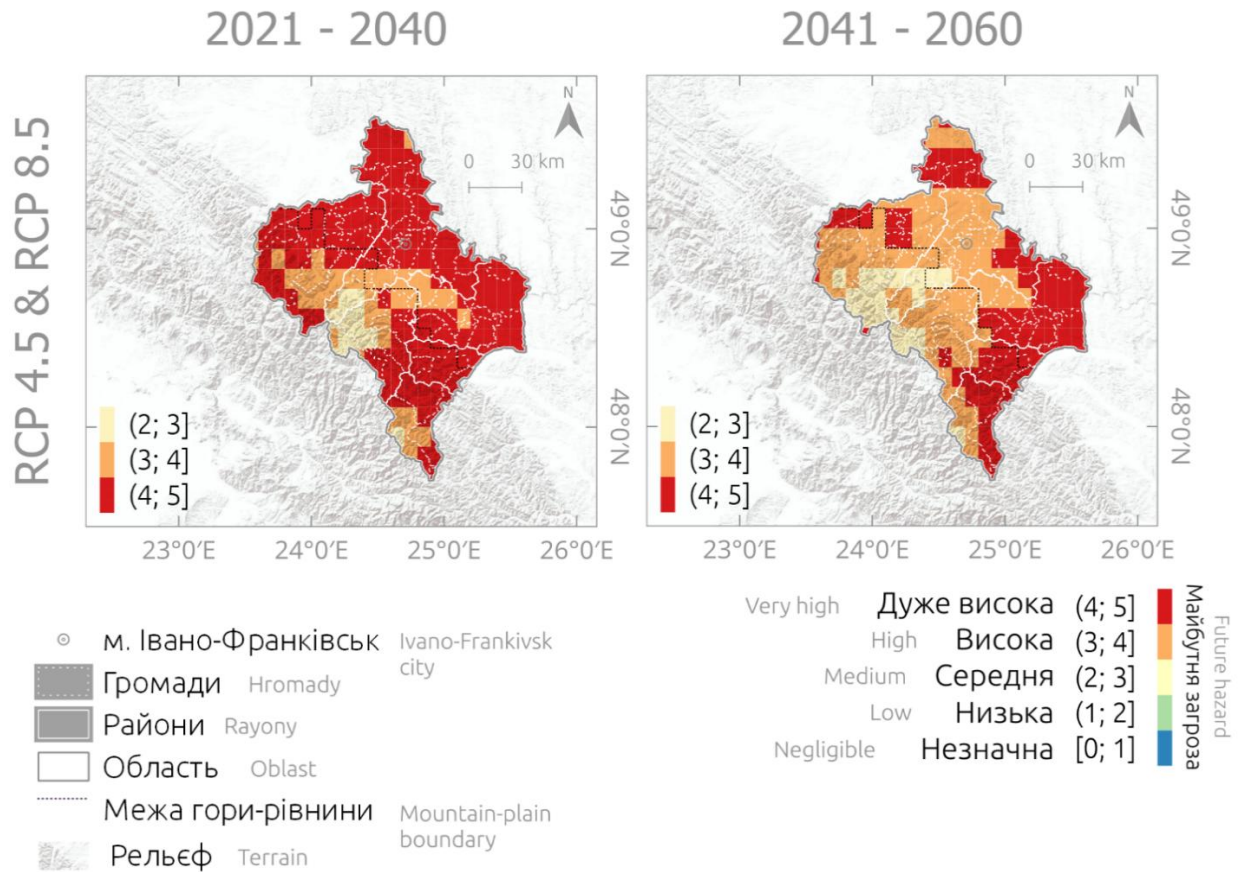


Рисунок 5.4. – Приклад результату розрахунку ступеню загрози від визначених чинників

4. Для отримання значення ризику у вузлі за кожною з категорій потрібно помножити значення *загрози* на суму чутливостей економічного сектору за даною категорією. В результаті алгоритму *ризик* може приймати значення від 0 до 20, який класифіковано за такими градаціями (рис. 5.5) **[0 – 1] – незначний, [1 – 3] – низький, [3 – 6] – середній, [6 – 10] – високий, [10 – 20] – дуже високий.**

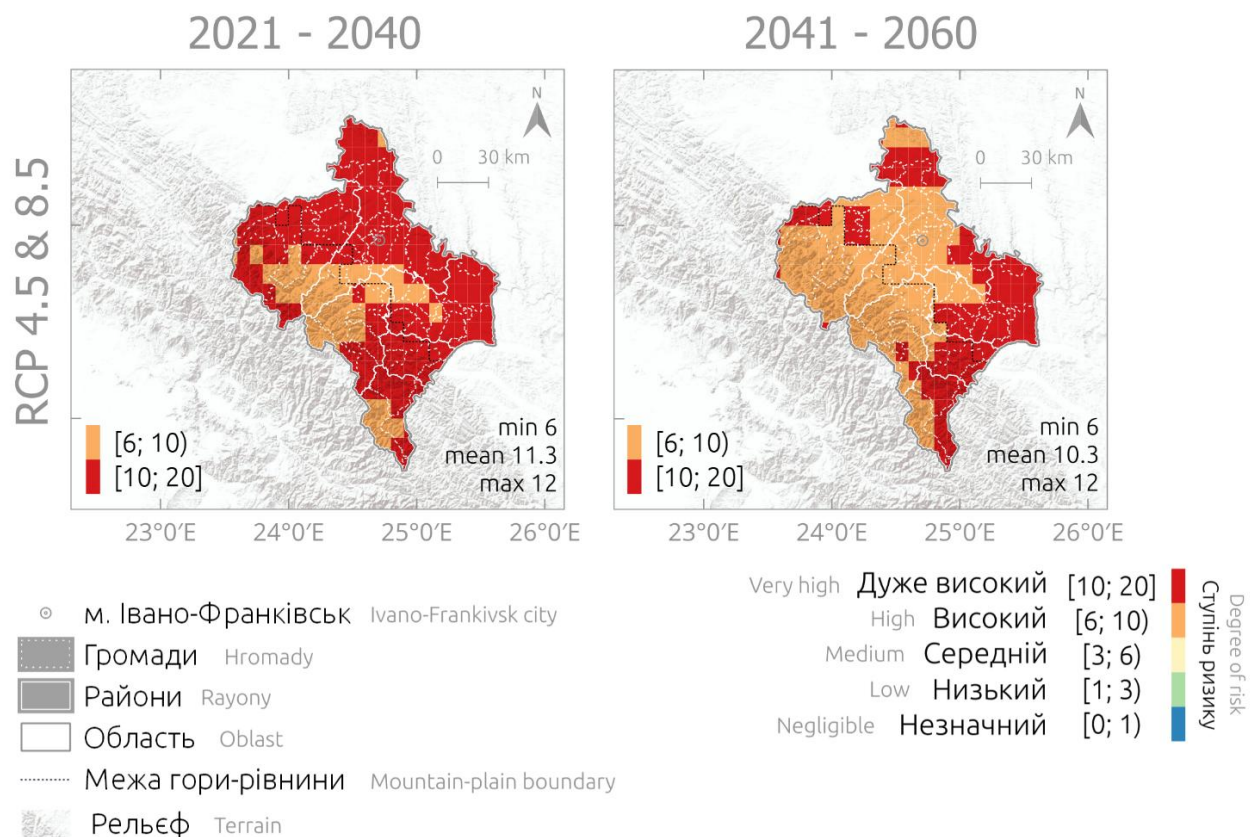


Рисунок 5.5. – Приклад результату розрахунку ризику від визначених чинників

Таким чином, розраховувалися ризики від зміни тих кліматичних чинників, які мали негативний вплив на галузі сільського господарства: рослинництва та тваринництва. Перейдемо до аналізу проведених розрахунків ризиків для обох галузей в Україні від зміни клімату в поточному (2021–2040) та майбутньому (2041–2060) періодах за типами загроз.

5.2. Оцінки кліматичних ризиків для галузі рослинництва

5.2.1. Середня температура повітря

У найближчому майбутньому 2021–2040 роки рослинництво на території України буде знаходитиметься під низьким ризиком, який пов'язаний зі збільшенням середньої температури повітря. Ризик буде знаходитися у межах 2,2–2,8 балів по всіх регіонах країни (табл. 5.1). Як правило, середня температура впливає на суму ефективних температур, що накопичуються в період вегетації рослин, враховуючи останні дослідження, що показали зростання середньої температури в найближчому майбутньому в межах 0,5°C за десятиріччя, збільшення цих сум буде незначним. Все це, не суттєво, вплине на розширення видового складу зернових та олійних культур. Також, може спостерігатися не

значний вплив підвищення середньої температури на розвиток озимих культур, особливо, у осінній період, що може впливати на загартування рослин.

На середину сторіччя 2041–2060 роки збільшується ризик підвищення середньої температури у порівнянні з попереднім періодом до 4,1 бала, що кваліфікується як середній. Причому такий ризик спостерігається по всій території України (рис. 5.6). Це може вплинути на видовий склад зернових культур, зменшення площ посівів під такими культурами як ячмінь, жито, які не потребують значного тепла. Інша проблема, що пов'язана з ризиком підвищення температури це загартування озимих культур в осінній період.



Рисунок 5.6 – Розподіл ризику від підвищення середньої температури повітря для рослинництва на території України

Внаслідок високої температури цей процес буде проходити повільно і культури можуть зазнати значних ушкоджень в зимовий період або внаслідок різкого похолодання. Інший негативний наслідок від цього фактору буде скорочення міжфазних періодів для рослин, що може вплинути на їх продуктивність та якість врожаю.

Підвищення середньої температури повітря збільшує потенційні втрати рослинництва від багатьох шкідників і хвороб, оскільки це може призвести до ранньої їх появи кращої перезимівлі та виживання влітку. Очікується, що підвищення температури вплине на географічний ареал певних видів комах і

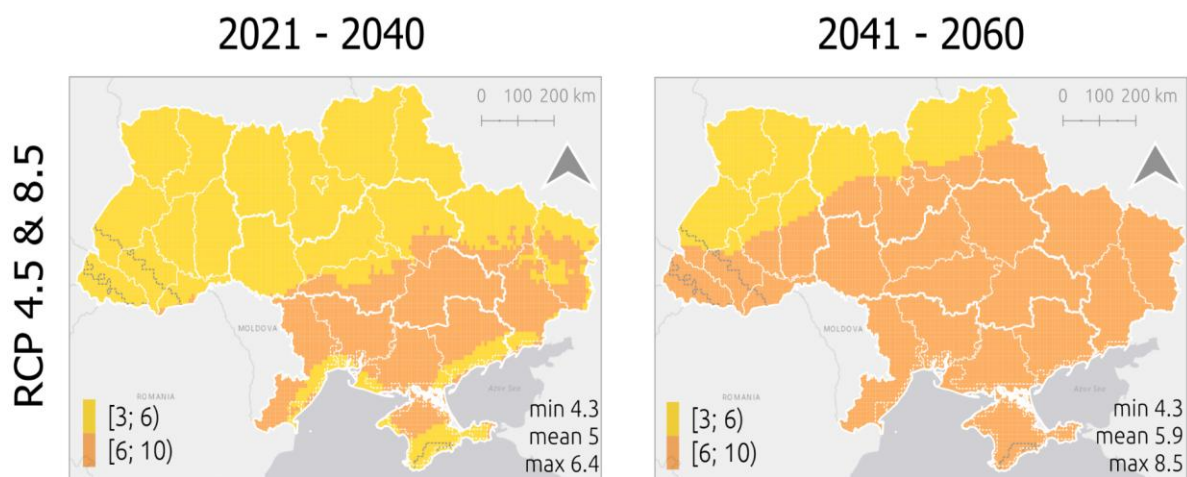
хвороб для різних регіонів вирощування сільськогосподарських культур в Україні. Зміна середньої температури також може бути фактором розширення міграції з півдня на північ ергономічних та інвазивних бур'янів, що вплине на розвиток рослинництва.

Таблиця 5.1. Статистичні характеристики величини ризику від підвищення середньої температури повітря для рослинництва за регіонами

Середня температура						
Регіон	2021 – 2040			2041–2060		
	min	mean	max	min	mean	max
Захід	2,2	2,7	2,8	4,1	4,1	4,1
Північ	2,2	2,7	2,8	4,1	4,1	4,1
Центр	2,2	2,7	2,8	4,1	4,1	4,1
Схід	2,2	2,7	2,8	4,1	4,1	4,1
Південь	2,2	2,7	2,8	4,1	4,1	4,1
Карпатські гори	2,2	2,7	2,8	4,1	4,1	4,1
Кримські гори	2,8	2,8	2,8	4,1	4,1	4,1
Прибережні	2,2	2,7	2,8	4,1	4,1	4,1

5.2.2. Екстремальна спека

Наступним чинником ризику для рослинництва на території України виступає збільшення екстремальної спеки, коли у найближче майбутнє 2021–2040 за зведеним показником за двома RCP-сценаріями очікується, що ризик буде в діапазоні від 4,3 до 6,4 балів з середнім значенням у 5 балів (рис. 5.7). Відповідно західна, східна та північна територія України буде знаходитися в зоні середнього ризику із значенням від 4,3 до 5,5 балів (табл. 5.2). Південна, та східна та південна східна частина України буде знаходитися у зоні високого ризику від 6,1 до 6,4 балів. Прибережні зони на узбережжі Чорного та Азовського морів будуть знаходитися у зоні середнього ризику. На середину сторіччя 2041–2060 роки рослинництво матиме переважно високий ризик екстремальної спеки зі значеннями від 4,3 до 8,5 балів. Територіально, тільки північна та північно західна частина України будуть знаходитися у зоні середнього ризику зі середніми значеннями 5,0 і 5,3 бала, вся решта частина країни буде в зоні високого ризику зі середніми значеннями від 6,2 до 6,5 балів. Останні розрахунки показують, що збільшення днів спеки до кінця середини сторіччя буде складати 15–20, що від загальної кількості днів необхідних для повного дозрівання, наприклад, ярової культури буде складати 10–15%.



РИЗИК ПІДВИЩЕННЯ ЕКСТРЕМАЛЬНОЇ СПЕКИ ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА

RISK OF EXTREME HEAT INCREASE FOR CROP FARMING

Рисунок 5.7. – Розподіл ризику від зростання екстремальної спеки для
рослинництва на території України

Ризик екстремальної спеки, особливо, є небезпечним для розвитку рослин, коли вони знаходяться в критичних фазах розвитку. Наприклад, коли посіви кукурудзи проходять основні фізіологічні стадії розвитку (цвітіння, запилення), то підвищення температури до 30–35°C суттєво знижує життєздатність пилку кукурудзи, розмір зерна та, зрештою, врожайність. Для посівів сої екстремальні температури зменшують кількість сформованих стручків і відповідно продуктивність, а для посівів соняшника – зменшується вага зерна, аж до 10% при температурі >35 °C, та олійність. Таким чином, ризик екстремальної спеки мають явний негативний вплив на розвиток та урожайність сільськогосподарських культур незалежно від їх виду.

Таблиця 5.2. Розподіл ризику від зростання екстремальної спеки для рослинництва за регіонами

Екстремальна спека						
Регіон	2021 – 2040			2041 – 2060		
	min	mean	max	min	mean	max
Захід	4,3	4,3	6,4	4,3	5,0	6,4
Північ	4,3	4,3	4,3	4,3	5,3	6,4
Центр	4,3	4,7	6,4	6,4	6,4	6,4
Схід	4,3	5,4	6,4	6,4	6,4	6,4
Південь	4,3	6,1	6,4	6,4	6,4	6,4
Карпатські гори	4,3	4,3	6,4	4,3	6,2	6,4
Кримські гори	4,3	4,3	4,3	6,4	6,4	6,4
Прибережні	4,3	5,5	6,4	6,4	6,5	8,5

5.2.3. Морози

Ризик збільшення морозів відсутній для рослинництва за двома RCP-сценаріями у найближчому майбутньому та у середині сторіччя, оскільки за сценаріями не очікується зниження температури (рис. 5.8 та табл. 5.3).



Рисунок 5.8. – Розподіл ризиків від зростання кількості випадків з морозами для рослинництва на території України

Таблиця 5.3. Статистичні характеристики величини ризику від зростання кількості випадків з морозами для рослинництва за регіонами

Морози						
Регіон	2021 – 2040			2041 – 2060		
	min	mean	max	min	mean	max
Захід	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Північ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Центр	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Схід	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Південь	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Карпатські гори	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Кримські гори	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Прибережні	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

5.2.4. Посухи та пожежонебезпечна погода

У найближчому майбутньому 2021–2040 роках в Україні отримано широкий діапазон ризиків для рослинництва від збільшення посух та пожежонебезпечної погоди зі значеннями від 1,6 до 8 балів у залежності від територіального розподілу (табл. 5.4). В Карпатських горах ризик від цих явищ буде низький, з середніми значеннями 2 бали. На Заході, Сході, в Центрі та Кримських горах ризик буде середнім зі значеннями від 3,4 до 4,5 балів. Лише на Півдні та в Прибережних регіонах буде спостерігатися високий ризик від збільшення посух та пожежонебезпечної погоди з середніми значеннями 6,0–7,3 бала, з максимальними значеннями до 8 балів (рис. 5.9).



Рисунок 5.9. – Розподіл ризику від зростання посух та пожежонебезпечної погоди для рослинництва на території України

Необхідно відмітити, що станом на 2025 рік в Україні майже кожен рік той чи інший регіон потерпає від посухи та пожежонебезпечної погоди. Тому, враховуючи ці тенденції/ризики, можемо констатувати, що у майбутньому це буде одна з головних проблем у рослинництві в Україні. Ці природні явища будуть виникати в різні періоди вегетації рослин в різних регіонах і це може впливати на розвиток всього спектру сільськогосподарських культур, що вирощуються.

Таблиця 5.4. Статистичні характеристики величини ризику від зростання посух та пожежонебезпечної погоди для рослинництва за регіонами

Посухи та Пожежонебезпечна Погода						
Регіон	2021 – 2040			2041 – 2060		
	min	mean	max	min	mean	max
Захід	2,0	3,4	4,0	2,0	2,8	6,0
Північ	2,0	3,8	4,0	2,0	3,9	6,0
Центр	2,0	4,5	6,0	4,0	5,0	6,0
Схід	4,0	4,3	6,0	4,0	5,6	6,0
Південь	4,0	6,0	8,0	4,0	6,6	8,0
Карпатські гори	1,6	2,1	4,0	0,0	2,1	4,0
Кримські гори	3,2	4,3	4,8	4,8	5,6	6,4
Прибережні	4,0	7,3	8,0	4,0	7,6	8,0

На середину сторіччя 2041–2060 відбуватиметься зменшення ризику для рослинництва від посух та пожежонебезпечної погоди на Заході, він становитиме низький рівень, зі середніми значеннями 2 бали. Низький рівень ризику зберігається в Карпатських горах зі значенням 2,1 бали. Середній рівень ризику буде залишатися на Півночі, Центрі, Сході та в Кримських горах з середніми значеннями від 3,9 до 5,6, максимальні значення в цих регіонах будуть відповідати високому рівню ризику. На півдні та в Прибережних регіонах буде спостерігатися високий рівень ризику, і він в абсолютних значеннях вищий ніж в попередній період. Значення ризику будуть знаходитися на рівні 6,6–7,6 балів, з максимумами у 8,0 балів.

5.2.5. Усереднені опади

Для періоду найближчого майбутнього 2021–2040 ризик від зменшення усереднених опадів для сектора рослинництва буде змінюватися від незначного до високого в залежності від регіону (рис. 5.10). На Заході, Півночі, Центрі та в Карпатських горах отримано незначний ризик із середніми значеннями від 0,1 до 0,8 бала (табл. 5.5). Схід, Південь, Кримські гори та Прибережні райони будуть мати середні значення від 3,1 до 4,1 бали з максимальними значеннями у 8 балів, що будуть характеризувати райони, що знаходяться в Криму та на узбережжі Чорного та Азовського морів.

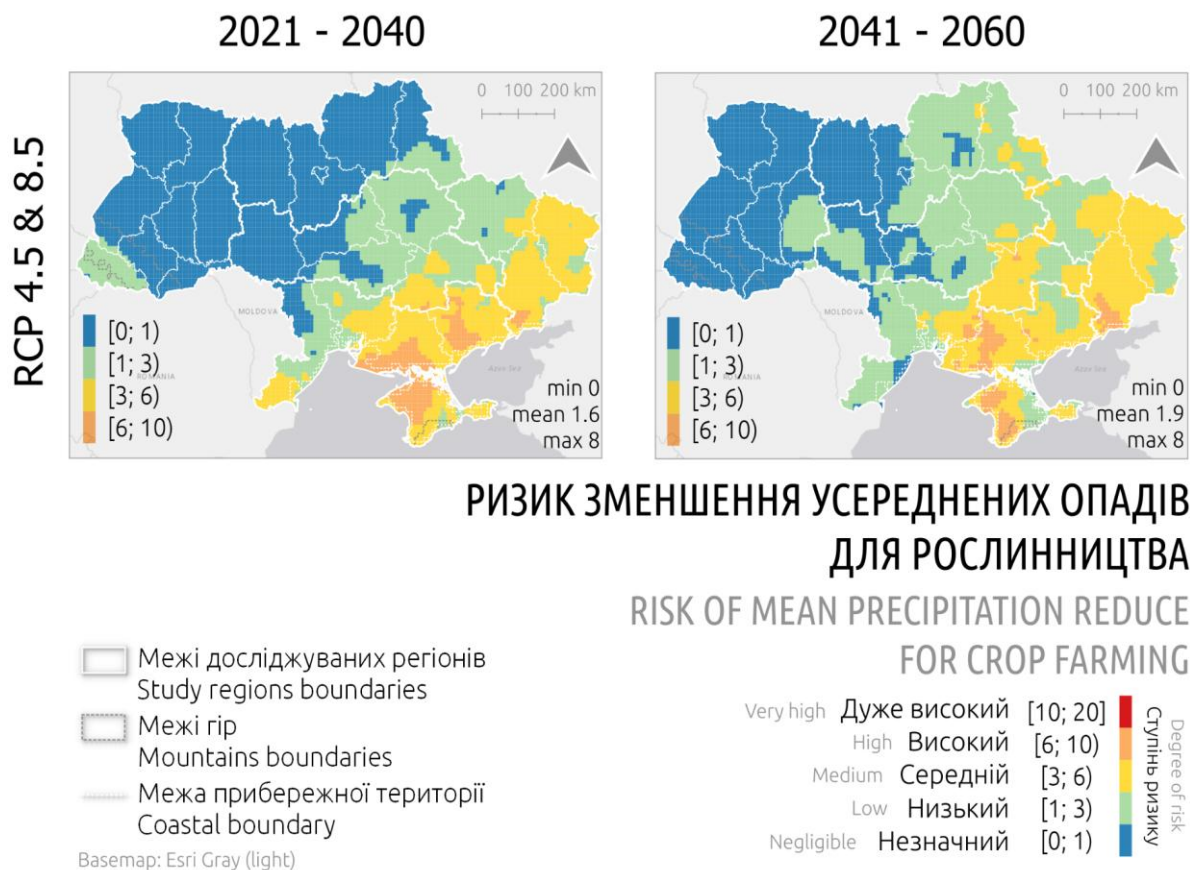


Рисунок 5.10. – Розподіл ризику від зменшення усереднених опадів для рослинництва на території України

Таблиця 5.5. Статистичні характеристики величини ризику від зменшення усереднених опадів для рослинництва за регіонами

Усереднені опади						
Регіон	2021 – 2040			2041 – 2060		
	min	mean	max	min	mean	max
Захід	0,0	0,1	2,0	0,0	0,2	2,0
Північ	0,0	0,2	2,0	0,0	1,2	4,0
Центр	0,0	1,0	2,0	0,0	1,5	4,8
Схід	0,0	3,1	6,0	2,0	3,4	6,0
Південь	0,0	3,4	8,0	0,0	3,2	8,0
Карпатські гори	0,0	0,8	2,0	0,0	0,0	0,0
Кримські гори	2,0	3,7	4,8	2,0	4,9	6,4
Прибережні	1,6	4,1	8,0	0,0	3,0	6,0

Для середини сторіччя у період 2041–2060 середнє значення ризику трохи збільшиться в порівнянні з попереднім періодом до 1,9, але мінімальні та максимальні значення залишаться на тому ж рівні. Зменшиться зона незначного, середнього та високого ризиків, але збільшиться зона низького ризику від зменшення усереднених опадів. Взагалі по країні, як вже було відмічено, в

майбутньому ризик зменшення усереднених опадів незначний, але при підвищенні температури це буде впливати на розвиток рослин у вигляді збільшення випаровування та посилювати дефіцит вологи, що буде знижувати продуктивність сільськогосподарських культур.

5.2.6. Зливи та дощові паводки

У найближчому майбутньому 2021–2040 рослинництво на території України матиме переважно середній та високий ризик від зростання дуже сильних опадів, до яких відносяться такі чинники кліматичного впливу як максимальна кількість опадів за 5 днів, максимальна кількість опадів за 1 день, щорічна кількість дуже сильних опадів (рис. 5.11). Як правило, таке випадання опадів буде призводити до фізичного пошкодження рослин у зв'язку з значним об'ємом водяної маси, що випадає на поверхню ґрунту. В окремих випадках при випаданні опадів на протязі кількох діб може спостерігатися нестача кисню в ґрунті за рахунок 100% наповнення пор ґрунту водою, що може спричиняти затримку розвитку рослин або їх повну загибель. Середнє значення ризику в цей період буде складати 5,6 балів з досить значним розкидом від 0 до 7,5 балів (табл. 5.6).

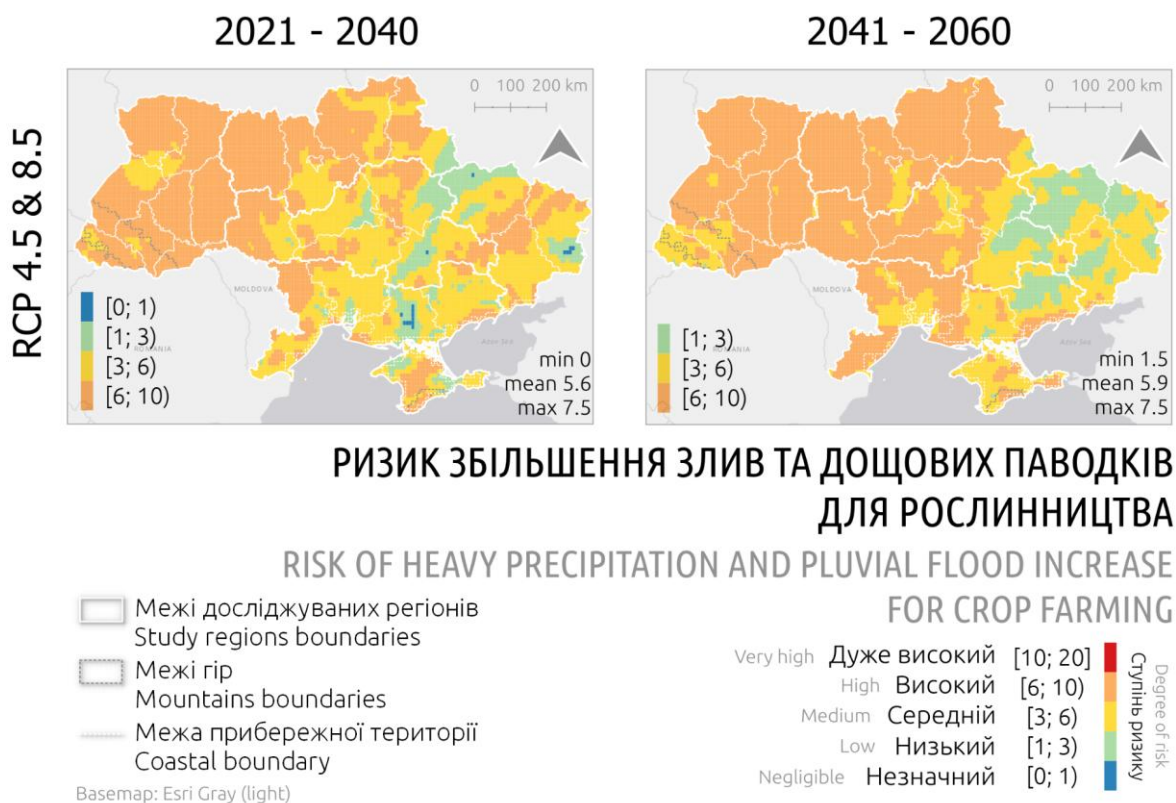


Рисунок 5.11. – Розподіл ризику від зростання кількості випадків зі зливовими опадами та дощовими паводками для рослинництва на території України

Майже вся західна та північна частини країни буде знаходитися у високому ступені ризику, а східна та південна переважно в середньому ступені ризику. В центральній, східній та південній частинах країни будуть спостерігатися окремі зони з низьким ступенем ризику. На середину сторіччя у період 2041–2060 для сектора рослинництва у порівнянні з попереднім періодом дещо збільшиться усереднений ризик по всій країні. Майже $\frac{2}{3}$ території України, починаючи з західної частини і схід будуть під впливом високого ступеню ризику зі значеннями від 6,5 до 7,5 балів. Значна територія на сході країни буде знаходитися під впливом низького та середнього ризику.

Таблиця 5.6. Статистичні характеристики величини ризику від зростання кількості випадків зі зливовими опадами та дощовими паводками для рослинництва за регіонами

Зливи та дощові паводки						
Регіон	2021 – 2040			2041 – 2060		
	min	mean	max	min	mean	max
Захід	3,0	7,1	7,5	1,9	7,2	7,5
Північ	1,5	6,5	7,5	1,9	7,1	7,5
Центр	1,9	5,2	7,5	1,9	6,5	7,5
Схід	0,0	4,6	7,5	1,5	3,1	7,5
Південь	0,0	4,4	7,5	1,5	5,0	7,5
Карпатські гори	3,0	6,8	7,5	1,9	5,9	7,5
Кримські гори	1,9	5,5	7,5	3,0	5,9	7,5
Прибережні	1,9	4,5	7,5	1,9	5,6	7,5

5.2.7. Снігопади та сніговий покрив

У найближчому майбутньому 2021–2040 для рослинництва на території України спостерігатиметься здебільшого низький та незначний ступені ризику від зменшення снігопадів та снігового покриву при середніх значеннях 1,1 бал (рис. 5.12). Перший буде спостерігатися переважно в західній та північній частинах країни, а другий на сході та півдні. На середину сторіччя у період 2041–2060 ризик від зменшення снігового покриву хоч і збільшується, але середнє зростає до 1,4 бали, що відповідає градації низького, лише в осередках у Карпатах ризик досягає значення 3 і відповідає середньому (табл. 5.7). Що важливо, значно зменшується площа, що підпадає під незначний ризик, залишаються тільки прибережні та південні райони.

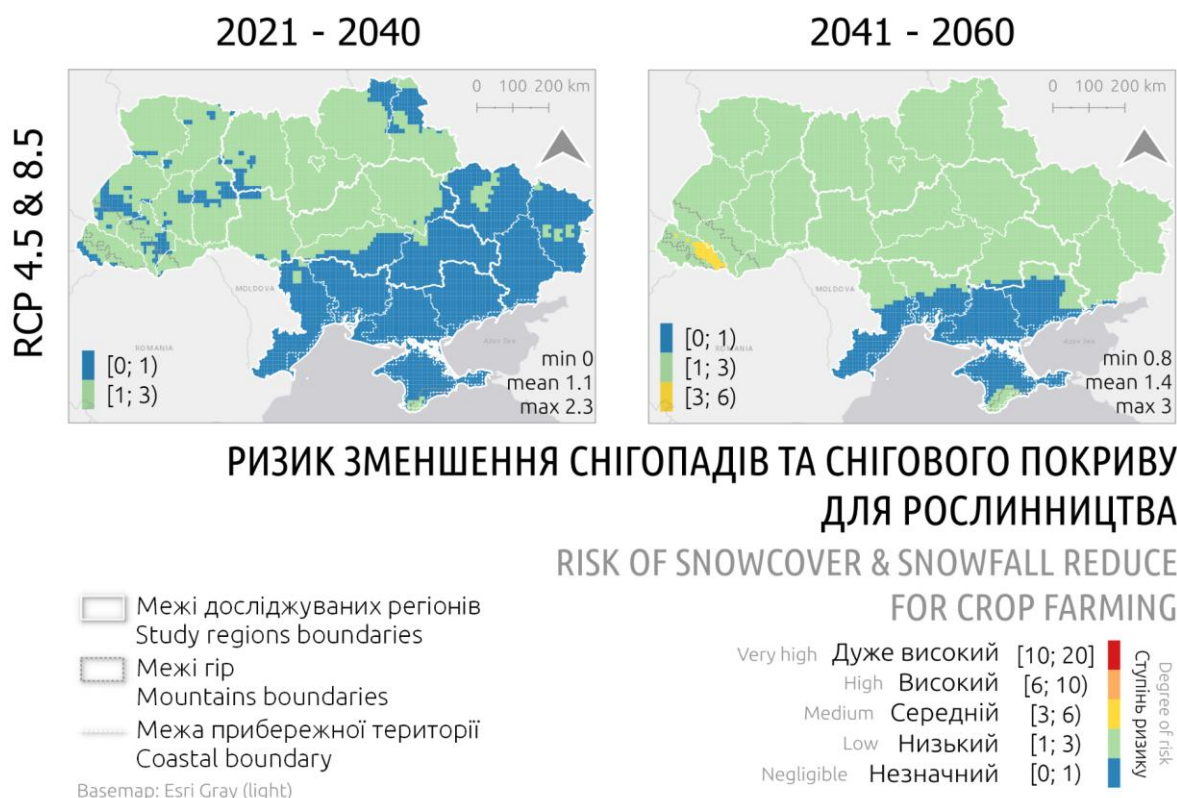


Рисунок 5.12. – Розподіл ризику від зменшення снігопадів та снігового покриву для рослинництва на території України

Таблиця 5.7. Статистичні характеристики величини ризику від зменшення снігопадів та снігового покриву для рослинництва за регіонами

Снігопади та сніговий покрив						
Регіон	2021 – 2040			2041 – 2060		
	min	mean	max	min	mean	max
Захід	0,6	1,3	2,3	1,5	1,5	3,0
Північ	0,0	1,4	2,3	1,5	1,5	2,3
Центр	0,8	1,3	1,5	1,5	1,5	2,3
Схід	0,8	0,8	1,5	0,8	1,5	1,5
Південь	0,6	0,8	1,5	0,8	1,1	1,5
Карпатські гори	0,8	1,4	2,3	1,5	2,0	3,0
Кримські гори	0,8	1,0	1,5	0,8	1,5	2,3
Прибережні	0,8	0,8	1,2	0,8	0,8	1,2

5.2.8. Снігопади ≥ 10 мм за добу

Отримано незначний ризик від збільшення снігопадів більше за 10 мм на добу для рослинництва по території України, значення знаходяться в діапазоні від 0,0 до 0,5, балів для двох періодів по всіх регіонах країни (рис. 5.13 та табл. 5.8).

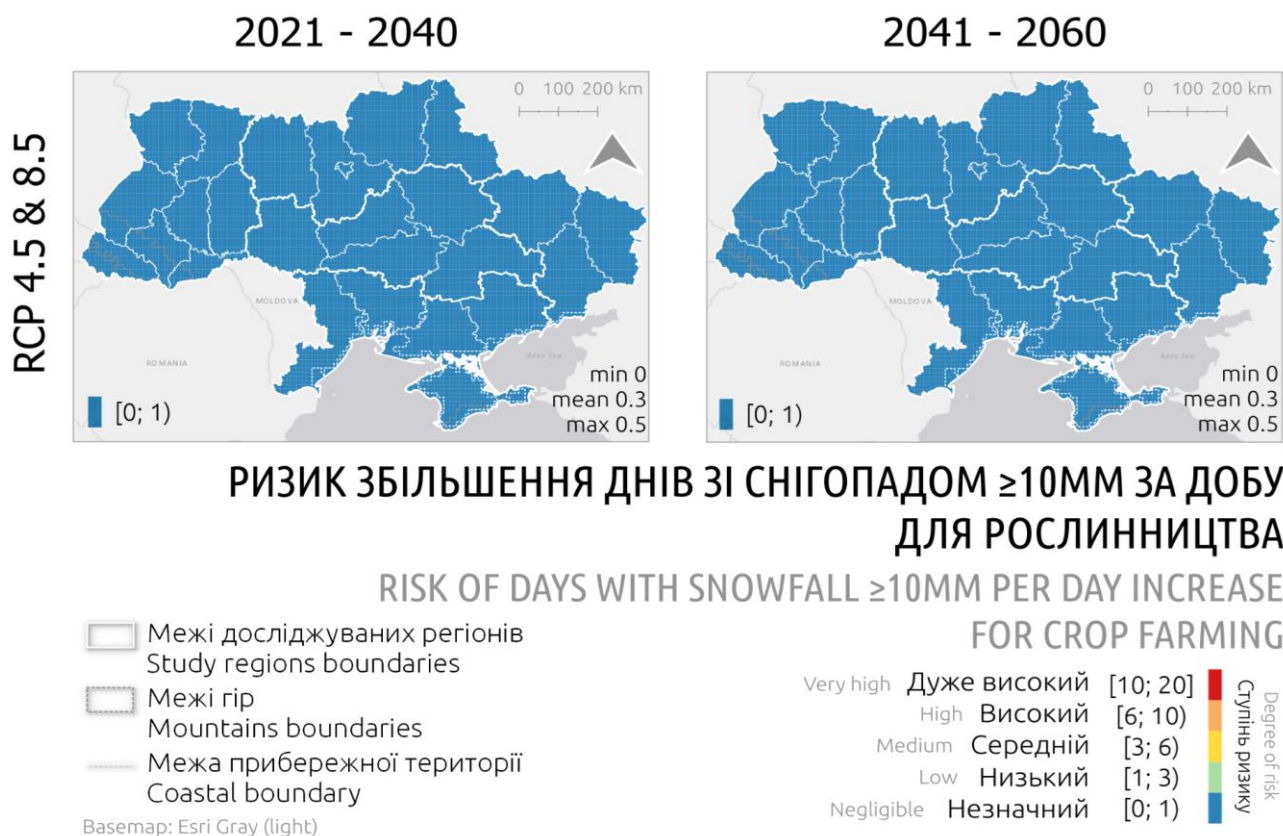


Рисунок 5.13. – Розподіл ризику від зростання кількості випадків з снігопадами ≥ 10 мм за добу для рослинництва на території України

Таблиця 5.8. Статистичні характеристики величини ризику від зростання кількості випадків з снігопадами ≥ 10 мм за добу для рослинництва за регіонами

Снігопад ≥ 10 мм за добу						
Регіон	2021 – 2040			2041 – 2060		
	min	mean	max	min	mean	max
Захід	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5
Північ	0,2	0,4	0,5	0,2	0,4	0,5
Центр	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,4
Схід	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,4
Південь	0,1	0,2	0,4	0,1	0,3	0,5
Карпатські гори	0,2	0,4	0,5	0,0	0,3	0,5
Кримські гори	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3
Прибережні	0,0	0,2	0,4	0,0	0,2	0,4

5.2.9. Швидкість вітру

Ризик для галузі рослинництва на найближче майбутнє 2021–2040 від збільшення швидкості вітру очікується переважно незначний із усередненим значенням 0,2 бали по країні. Лише переважно в Карпатах буде відмічатися низький ризик вище за 1 бал і з максимальними значенням 1,3 бали, а також у Прибережних районах, де максимум буде 1,9 балів (табл. 5.9). На середину сторіччя у період 2041–2060 ризики для рослинництва від збільшення швидкості вітру знизяться та будуть незначними у межах від 0 до 1 бали. Лише в окремих осередках на заході в

Карпатах, Кримських горах та в Прибережних районах максимальний ризик буде у межах 1,3–1,9 балів, що відповідатиме градації низького. Взагалі, у цілому це не дуже вплине на галузь, тому що в цих районах не знаходяться основні посівні площі (рис. 5.14). Для розвитку рослин вважається досить комфортною швидкість вітру до 8 м/с, більші значення можуть визивати фізичні пошкодження рослин. Опосередкований ефект на розвиток рослин також може бути від збільшення випаровування при збільшенні швидкості вітру, але і він не матиме значного впливу.



Рисунок 5.14. – Розподіл ризику від підвищення швидкості вітру для рослинництва на території України

Таблиця 5.9. Статистичні характеристики величини ризику від підвищення швидкості вітру для рослинництва за регіонами

Регіон	Швидкість вітру					
	2021 – 2040			2041 – 2060		
	min	mean	max	min	mean	max
Захід	0,0	0,4	1,3	0,0	0,2	1,3
Північ	0,0	0,1	0,6	0,0	0,0	0,6
Центр	0,0	0,1	0,6	0,0	0,0	0,6
Схід	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
Південь	0,0	0,1	1,0	0,0	0,1	1,0
Карпатські гори	0,6	0,9	1,3	0,5	0,6	1,3
Кримські гори	0,0	0,3	0,6	0,0	0,5	1,5
Прибережні	0,0	0,3	1,9	0,0	0,2	1,9

5.2.10. Підсумок

Основні ризики (усереднені та максимальні, що представлені в таблицях 5.10 та 5.11 відповідно), які будуть впливати на розвиток рослинництва в майбутньому по регіонах України будуть наступні:

- в Північному регіоні у поточний період 2021–2040 та на середину сторіччя найбільші усереднені та максимальні оцінки ризиків будуть пов’язані зі Зливами та дощовими паводками, Екстремальною спекою і Посухами та пожежонебезпечною погодою;
- в Центральному регіоні до середині сторіччя найбільша усереднена оцінка ризиків буде від Злив та дощових паводків і Екстремальної спеки. Максимальні оцінки ризиків для всіх періодів будуть пов’язані зі Зливами та дощовими паводками, потім Екстремальною спекою і Посухами та пожежонебезпечною погодою;
- в Східному регіоні найбільша усереднена оцінка ризику буде від Екстремальної спеки як на середину періоду найближчого майбутнього, так і на середину сторіччя. Максимальні оцінки ризиків на весь період до 2050 року періоду будуть від Злив та дощових паводків, Екстремальної спеки, Посухи та пожежонебезпечної погоди, і Усереднених опадів (послідовність явищ в залежності від оцінок);
- в Західному регіоні найбільші усереднені оцінки ризиків від Злив та дощових паводків, причому для двох періодів, відповідні значення в балах 7,1 і 7,2, трохи менші значення ризиків від Екстремальної спеки – 4,3 і 5,0, решти оцінки ризиків мають значно нижчі значення. Найбільш високі значення максимальних оцінок ризиків для регіону спостерігаються від Злив та дощових паводків, Екстремальної спеки і Посухи та пожежонебезпечної погоди, з зовсім незначним ростом для другого періоду – середини сторіччя. Значення оцінок решти ризиків невеликі;
- в Південному регіоні виходячи з усереднених оцінок найбільший ризик буде від Екстремальної спеки і Посухи та пожежонебезпечної погоди, зі збільшенням в значеннях до середини сторіччя. Значення решти ризиків є невеликими. У випадку максимальних оцінок ризиків, відповідно до значень від максимальних до менших, вони розташовані у наступному порядку - Посухи та пожежонебезпечна погода, Усереднені опади, Зливи та дощові паводки і Екстремальна спека. Решта ризиків мають незначні значення оцінок ризиків;
- для регіону Західні гори (Карпатські гори) до кінця сторіччя спостерігаються два ризика, відповідно до усереднених оцінок, це Зливи та дощові паводки, причому до 2030 року будуть значення 6,8 балів, і Екстремальна спека, її

оцінки на середину сторіччя будуть 6,4 бали. Інші ризики мають незначні оцінки. Максимальні значення оцінки ризиків будуть відповідати Зливам та дощовим паводкам, а також Екстремальної спеки. Наступним по значенням оцінки є ризик від Посухи та пожежонебезпечної погоди, але його значення значно нижчі ніж у попередніх ризиках;

- для регіону Південних гір (Кримські гори) найбільші усереднені оцінки ризиків спостерігаються від Екстремальної спеки, Зливи та дощові паводки, Посухи та пожежонебезпечна погода і Усереднені опади, у всіх цих ризиках йде поступово підвищення у значеннях оцінки від 2030 до 2050 років. Решти ризиків є незначними. Максимальні оцінки ризиків співпадають з типами ризиків по усередненим оцінкам та мають таку ж тенденцію, збільшення значень до середини сторіччя;

- в Прибережному регіоні усереднені оцінки ризиків мають найбільші значення для Посухи та пожежонебезпечної погоди, Екстремальної спеки і Зливи та дощові паводки з поступовим збільшенням до середини сторіччя. Вплив інших ризиків - незначний. Максимальні оцінки ризиків отримано для Екстремальної спеки, Злив та дощових паводків, Посух та пожежонебезпечної погоди і Усереднених опадів, причому для Злив та дощових паводків і Посух та пожежонебезпечної погоди значення не змінюються до середини сторіччя, для Екстремальної спеки збільшуються, а для Усереднених опадів зменшуються до середини сторіччя.

Таблиця 5.10. Розподіл усереднених оцінок ризиків від розглянутих загроз зміни клімату для рослинництва в регіонах

Усереднені оцінки ризиків в регіонах	Середина періоду	↗ Середня температура повітря	↗ Екстремальна спека	↗ Морози	↘ Усереднені опади	↗ Зливи та дощові паводки (>99pctl)	↗ Посухи та пожежо-небезпечна погода	↘ Снігопади та сніговий покрив	↗ Дні із снігопадом > 10 мм/добу	↗ Швидкість вітру	↗ Чинники кліматичного впливу на прибережні території
Північ	2030	2,7	4,3	0,0	0,2	6,5	3,8	1,4	0,4	0,1	0,0
	2050	4,1	5,3	0,0	1,2	7,1	3,9	1,5	0,4	0,0	0,0
Центр	2030	2,7	4,7	0,0	1,0	5,2	4,5	1,3	0,3	0,1	0,0
	2050	4,1	6,4	0,0	1,5	6,5	5,0	1,5	0,3	0,0	0,0
Схід	2030	2,7	5,4	0,0	3,1	4,6	4,3	0,8	0,3	0,0	0,0
	2050	4,1	6,4	0,0	3,4	3,1	5,6	1,5	0,3	0,0	0,0
Захід	2030	2,7	4,3	0,0	0,1	7,1	3,4	1,3	0,3	0,4	0,0
	2050	4,1	5,0	0,0	0,2	7,2	2,8	1,5	0,3	0,2	0,0
Південь	2030	2,7	6,1	0,0	3,4	4,4	6,0	0,8	0,2	0,1	0,0
	2050	4,1	6,4	0,0	3,2	5,0	6,6	1,1	0,3	0,1	0,0
Західні гори	2030	2,7	4,3	0,0	0,8	6,8	2,1	1,4	0,4	0,9	0,0
	2050	4,1	6,2	0,0	0,0	5,9	2,1	2,0	0,3	0,6	0,0
Південні гори	2030	2,8	4,3	0,0	3,7	5,5	4,3	1,0	0,3	0,3	0,0
	2050	4,1	6,4	0,0	4,9	5,9	5,6	1,5	0,2	0,5	0,0
Прибережний	2030	2,7	5,5	0,0	4,1	4,5	7,3	0,8	0,2	0,3	0,2
	2050	4,1	6,5	0,0	3,0	5,6	7,6	0,8	0,2	0,2	0,3

Таблиця 5.11. Розподіл максимальних оцінок ризиків від розглянутих загроз зміни клімату для рослинництва в регіонах

Максимальні оцінки ризиків в регіонах	Середина періоду	 Середня температура повітря	 Екстремальна спека	 Морози	 Усереднені опади	 Зливи та дощові паводки (>99pctl)	 Посухи та пожежо-небезпечна погода	 Снігопади та сніговий покрив	 Дні із снігопадом > 10 мм/добу	 Швидкість вітру	 Чинники кліматичного впливу на прибережні території
Північ	2030	2,8	4,3	0,0	2,0	7,5	4,0	2,3	0,5	0,6	0,0
	2050	4,1	6,4	0,0	4,0	7,5	6,0	2,3	0,5	0,6	0,0
Центр	2030	2,8	6,4	0,0	2,0	7,5	6,0	1,5	0,5	0,6	0,0
	2050	4,1	6,4	0,0	4,8	7,5	6,0	2,3	0,4	0,6	0,0
Схід	2030	2,8	6,4	0,0	6,0	7,5	6,0	1,5	0,5	0,6	0,0
	2050	4,1	6,4	0,0	6,0	7,5	6,0	1,5	0,4	0,0	0,0
Захід	2030	2,8	6,4	0,0	2,0	7,5	4,0	2,3	0,5	1,3	0,0
	2050	4,1	6,4	0,0	2,0	7,5	6,0	3,0	0,5	1,3	0,0
Південь	2030	2,8	6,4	0,0	8,0	7,5	8,0	1,5	0,4	1,0	0,0
	2050	4,1	6,4	0,0	8,0	7,5	8,0	1,5	0,5	1,0	0,0
Західні гори	2030	2,8	6,4	0,0	2,0	7,5	4,0	2,3	0,5	1,3	0,0
	2050	4,1	6,4	0,0	0,0	7,5	4,0	3,0	0,5	1,3	0,0
Південні гори	2030	2,8	4,3	0,0	4,8	7,5	4,8	1,5	0,4	0,6	0,0
	2050	4,1	6,4	0,0	6,4	7,5	6,4	2,3	0,3	1,5	0,0
Прибережний	2030	2,8	6,4	0,0	8,0	7,5	8,0	1,2	0,4	1,9	0,5
	2050	4,1	8,5	0,0	6,0	7,5	8,0	1,2	0,4	1,9	0,5

5.3. Оцінки кліматичних ризиків для галузі тваринництва

5.3.1. Середня температура повітря

Оцінювалися ризики, які може отримати галузь тваринництва у випадку підвищення кліматичних показників, що входять до категорії ЧКВ середня температура. При розрахунку ризиків до категорії включили такі фактори як усереднені температури повітря за рік, січень, квітень, липень і жовтень. Тривалість вегетаційного періоду, незважаючи на високу чутливість (0,5) галузі до цього параметру, не впливала, бо у випадку зростання показника його вплив на стан галузі буде однозначно позитивним. Підвищення ж інших показників оцінюється як негативний фактор впливу на тваринництво.

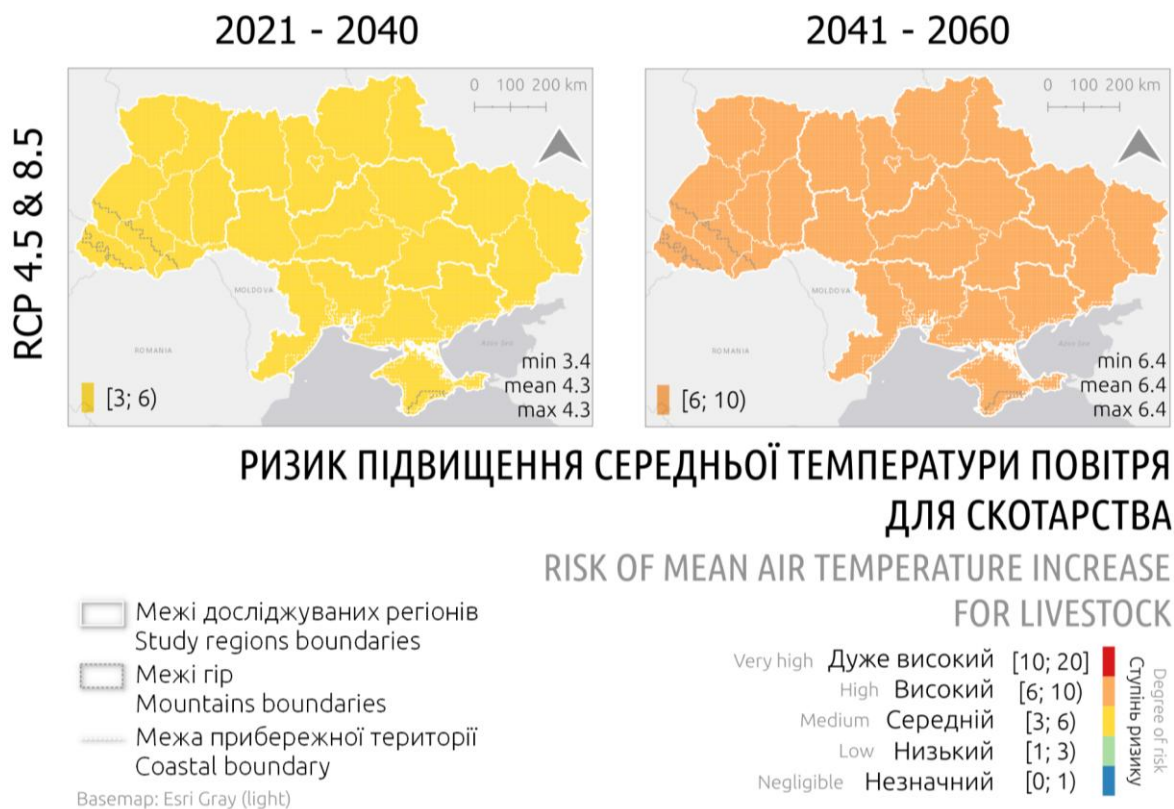


Рисунок 5.15. – Розподіл ризику від підвищення середньої температури повітря для тваринництва на території України

Раніше було встановлено, що галузь має помірну (0,3–0,4) та низьку (0,1–0,2) чутливість до підвищення середніх температур. При визначенні максимального впливу (максимальних загроз) для категорії «середня температура» отримано близькі за значеннями показники (5) для більшості регіонів України. Виключенням є величини (7,5) отримані для майбутнього періоду (2041–2060) за сценарієм RCP 8.5. Враховуючи те, що чутливість не залежить від географічних умов, то просторовий розподіл ризиків як для поточного (середній), так і для

майбутнього періоду (високий), але з мінімальними показниками є однорідним в межах України (рис. 5.15).

Таблиця 5.12. Статистичні характеристики величини ризику від підвищення середньої температури повітря для тваринництва за регіонами

Регіон	Швидкість вітру					
	2021 – 2040			2041 – 2060		
	min	mean	max	min	mean	max
Захід	3,4	4,3	4,3	6,4	6,4	6,4
Північ	3,4	4,3	4,3	6,4	6,4	6,4
Центр	3,4	4,3	4,3	6,4	6,4	6,4
Схід	3,4	4,3	4,3	6,4	6,4	6,4
Південь	3,4	4,3	4,3	6,4	6,4	6,4
Карпатські гори	3,4	4,3	4,3	6,4	6,4	6,4
Кримські гори	4,3	4,3	4,3	6,4	6,4	6,4
Прибережні	3,4	4,3	4,3	6,4	6,4	6,4

Наведені у таблиці показники розкиду осереднених значень ризиків для вузлів розрахункової сітки практично не змінюють своїх значень: середні для поточного періоду – 4,3, а для майбутнього – 6,4 (табл. 5.12).

5.3.2. Екстремальна спека

Найвищі вагові коефіцієнти чутливості для тваринництва отримано для показників, що входять до категорії «екстремальна спека», особливо значно впливатиме на галузь збільшення кількості днів з сильною спекою, підвищення середньої температури за літо, збільшення кількості тропічних ночей. Розраховані максимальні загрози для цієї категорії чинників знаходяться в межах значень 5,0 – Карпати та Кримські гори у поточному періоді та максимальним значення – 10,0 для прибережних регіонів у майбутньому періоді, за сценарієм RC 8,5, фоновий показник максимальних загроз – 7,5, з дещо нижчими значеннями (5,5) для Західного та Північного регіонів (рис. 2.10 – 2.11).

Отримані показники ризиків для тваринництва, що розраховувалися з урахуванням максимального впливу на галузь чинників категорії «екстремальна температура», входять до градацій середніх та високих (рис. 5.16).

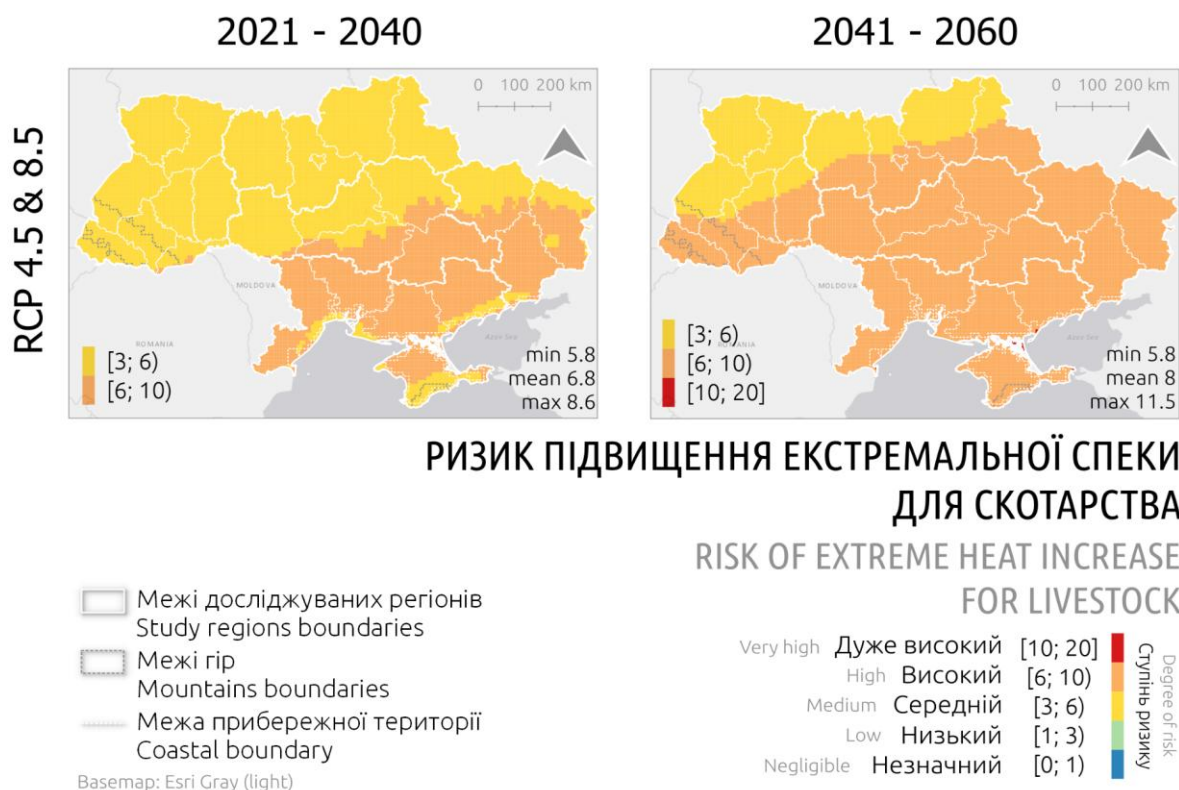


Рисунок 5.16. – Розподіл ризику від зростання екстремальної спеки для тваринництва на території України

Для поточного періоду максимальні значення 8,6 – для Південного регіону, найнижчі показники (5,8) – для Західного, Північного регіонів та Кримських гір. Просторовий розподіл ризиків для тваринництва показує, що переважна частина України знаходиться у зоні середніх значень ризиків і тільки Південний, значна частина Східного та південно-східна частина Центрального регіону знаходиться у зоні високих ризиків (рис. 5.16).

Таблиця 5.13. Розподіл ризику від зростання екстремальної спеки для тваринництва за регіонами

Екстремальна спека						
Регіон	2021 – 2040			2041 – 2060		
	min	mean	max	min	mean	max
Захід	5,8	5,8	8,6	5,8	6,7	8,6
Північ	5,8	5,8	5,8	5,8	7,2	8,6
Центр	5,8	6,4	8,6	8,6	8,6	8,6
Схід	5,8	7,3	8,6	8,6	8,6	8,6
Південь	5,8	8,3	8,6	8,6	8,6	8,6
Карпатські гори	5,8	5,9	8,6	5,8	8,4	8,6
Кримські гори	5,8	5,8	5,8	8,6	8,6	8,6
Прибережні	5,8	7,4	8,6	8,6	8,8	11,5

У майбутньому періоді 2041–2060 для усіх регіонів (табл. 5.13) встановлені середні значення ризиків відносяться до категорії високих, з варіативністю показників від 6,7 (Захід) до 8,8 (Прибережні регіони). Узагальнений просторовий розподіл ступеню ризику показує, що для більшої частини території України він буде високим, тільки у північно – західній частині Західного регіону та північній частині Північного, ступінь ризику залишиться середнім як у поточному періоді. Для прибережних територій (окремі точки розрахункової сітки) зафіксовано можливе формування ризиків з *категорії дуже високих* (табл. 5.13), що пояснюється високими значеннями максимальних загроз у майбутньому періоді та високою чутливістю галузі до підвищення значень цієї категорії ЧКВ. Високий ризик підвищення екстремальних температур може спричинити зменшення продуктивності, зокрема приросту ваги чи надоїв молока.

5.3.3. Морози

Ця категорія ЧКВ включає хвилі холоду та кількість днів з морозом. Тваринництво має високу чутливість до формування хвиль холоду (0,6) і відносно низьку (0,2) до кількості днів з морозами. Але враховуючи домінуючі тренди зміни глобальної та регіональної температури, очікувати підвищення дії названих ЧКВ не варто у зв'язку з низькою ймовірністю утворення хвиль холоду та збільшення кількості днів з морозами. На рис. 2.10 – 2.17 відсутні оцінки максимального впливу факторів, що входять до цієї категорії, а розрахунок ризиків дав можливість віднести їх до категорії незначний для усієї території України. Значення величин ризиків для усіх регіонів дорівнюють нулю (див. табл. 5.14) і підтверджують наведений просторовий розподіл ступенів ризику.

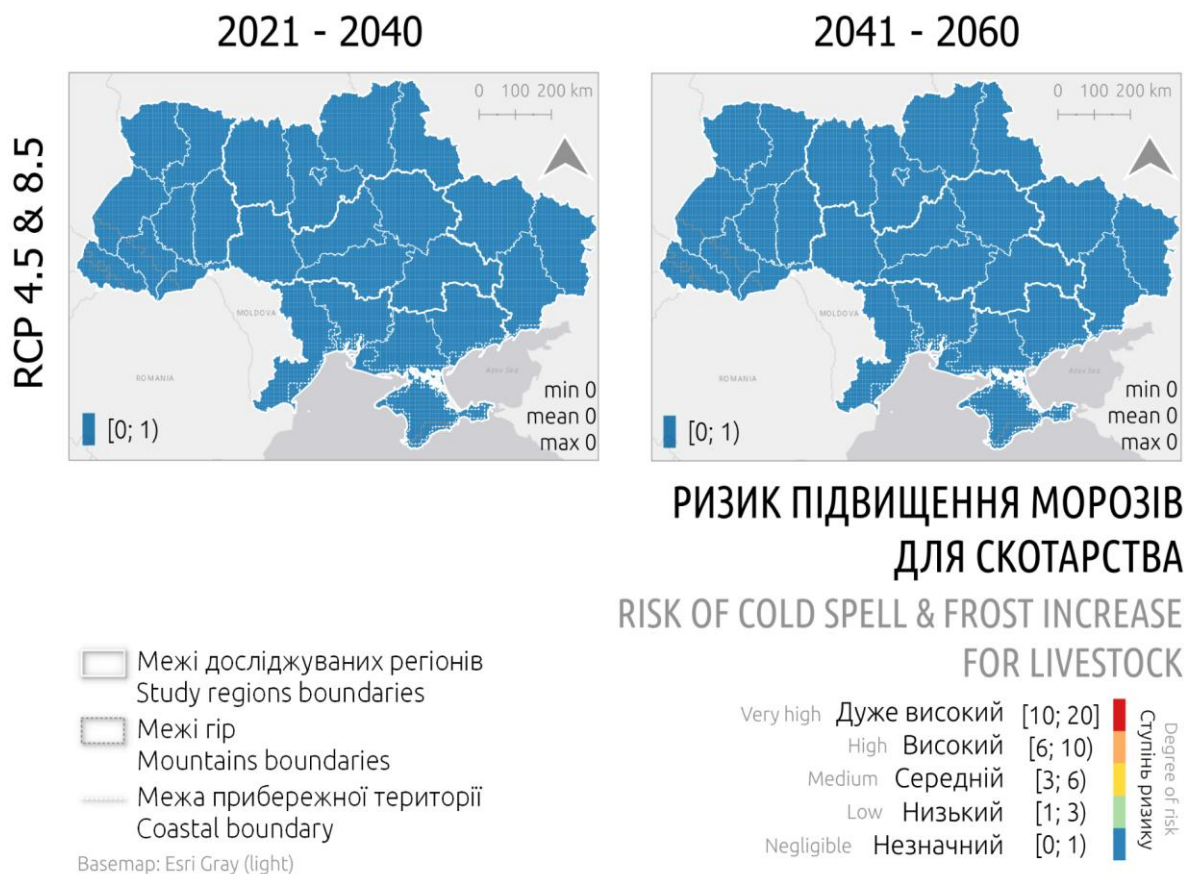


Рисунок 5.17. – Розподіл ризиків від зростання кількості випадків з морозами для тваринництва на території України

Як показують отримані результати розрахунків для усіх точок розрахункової сітки у поточному та майбутньому періодах ризиків для тваринництва від збільшення днів з морозом та дії хвиль холоду на Україні не очікується (рис. 5.17 та табл. 5.14).

Таблиця 5.14. Статистичні характеристики величини ризику від зростання кількості випадків з морозами для тваринництво за регіонами

Регіон	Екстремальна спека					
	2021 – 2040			2041 – 2060		
	min	mean	max	min	mean	max
Захід	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Північ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Центр	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Схід	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Південь	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Карпатські гори	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Кримські гори	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Прибережні	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

5.3.4. Посухи та пожежонебезпечна погода

Ця категорія ЧКВ включає два фактори: тривалість посух та кількість днів з пожежонебезпечною погодою. Чутливість галузі тваринництва до цих параметрів стану атмосфери є досить високою відповідно 1,1 і 0,3 балів. Максимальний вплив факторів, що входять до цієї категорії відповідно до розрахунків отриманих для поточного і майбутнього періодів показує значні величини у Південному регіоні та Прибережних територіях (рис. 5.18). Крім того високі значення максимальних загроз у майбутньому періоді отримано для Центрального та Східного регіонів і Кримських гір.

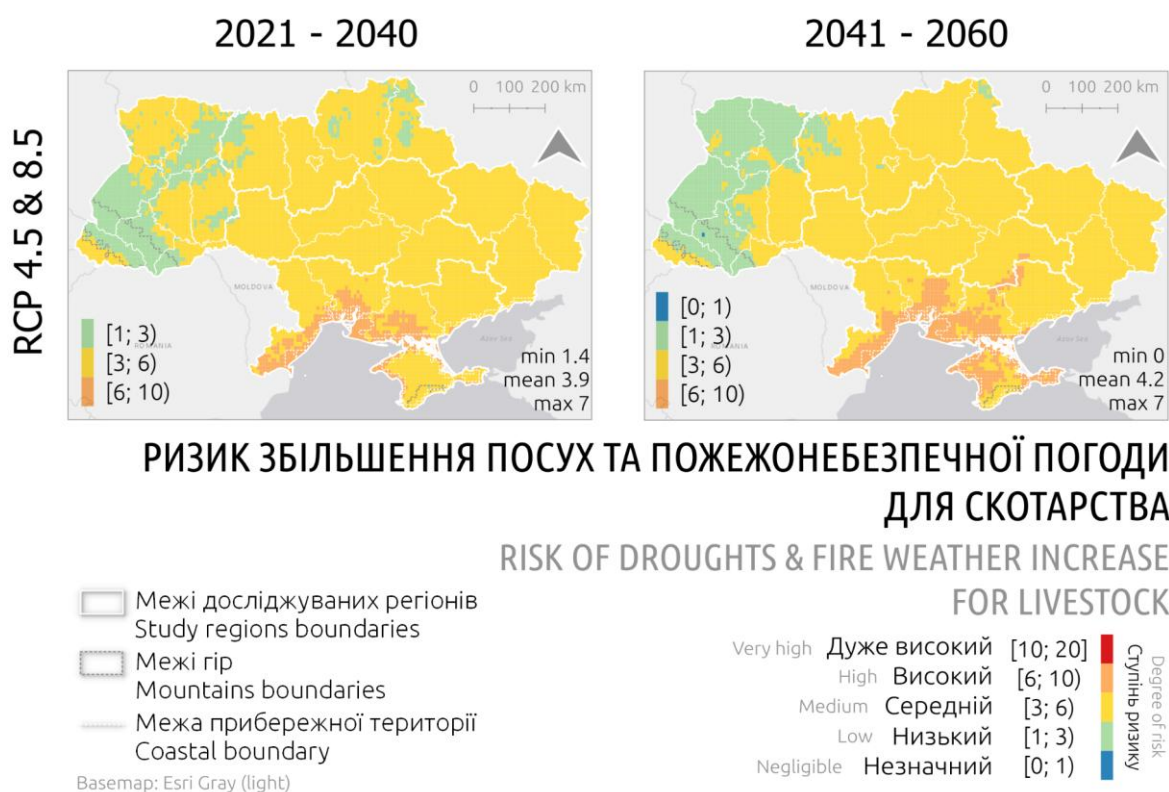


Рисунок 5.18. – Розподіл ризику від зростання посух та пожежонебезпечної погоди для тваринництва на території України

Відповідно і ступені ризиків для галузі мають подібний просторовий розподіл. Високий ризик за осередненими показниками в межах розрахункової сітки отримано тільки для прибережних територій, а для Південного регіону такий ступінь ризику отримали тільки за максимальними значеннями показників.

На більшій частині території України ступені ризику для ведення тваринництва від посушливості та пожежонебезпечності відносяться до категорії середніх (3,4–5,7). Тільки у Карпатах (за виключенням Закарпатської низовини), частині Західного регіону та окремих територій Північного регіону ступінь ризику зменшується до низького. Розрахунки показали, що у майбутньому періоді навіть

збільшаться площі територій з низькими ризиками від впливу загроз цієї категорії ЧКВ у названих регіонах.

Таблиця 5.15. Статистичні характеристики величини ризику від зростання посух та пожежонебезпечної погоди для тваринництва за регіонами

Екстремальна спека						
Регіон	2021 – 2040			2041 – 2060		
	min	mean	max	min	mean	max
Захід	1,8	3,0	3,5	1,8	2,5	5,3
Північ	1,8	3,4	3,5	1,8	3,4	5,3
Центр	1,8	3,9	5,3	3,5	4,4	5,3
Схід	3,5	3,8	5,3	3,5	4,9	5,3
Південь	3,5	5,2	7,0	3,5	5,7	7,0
Карпатські гори	1,4	1,8	3,5	0,0	1,8	3,5
Кримські гори	2,8	3,8	4,2	4,2	4,9	5,6
Прибережні	3,5	6,4	7,0	3,5	6,7	7,0

Дані, наведені у табл. 5.15, додатково підтверджують можливі високі ризики для окремих районів Прибережних територій (7,0) та Південного регіону (7,0) і середні ступені ризиків для тваринництва для переважної більшості регіонів України.

5.3.5. Усереднені опади

Названа категорія включає такі чинники кліматичного впливу як зменшення усередненої кількості опадів за рік, січень, квітень, липень і жовтень. Тваринництво має середню (0,4) чутливість до зменшення середніх місячних сум опадів за квітень та липень і трохи нижчу (0,3) у жовтні, до інших ЧКВ чутливість ще нижча. Максимальний вплив цієї категорії ЧКВ (10) отримано для Південного регіону, Прибережних територій у поточному періоді і трохи нижчі показники (7,5) для Центрального та Східного регіонів (рис. 2.12 – 2.13). Відповідно ризик від зменшення середніх місячних сум та річної суми опадів для тваринництва очікується на рівні середнього у регіоні нестабільного зволоження на півдні та сході України в Херсонській, Запорізькій, частинах Миколаївської та Одеської областей, АР Крим, а також у Донецькій та Луганській областях (рис. 5.19). Зауважимо, що до середини сторіччя відбувається деяке переформатування просторового розподілу ступенів ризику: зменшуються площі незначного ризику, але Карпати переходять у цю категорію з градації «низький». Збільшуються площі територій, для яких отримано градацію ризику «низький» у Північному, Східному, Центральному, західній частині Південного та на незначних територіях Західного регіону.

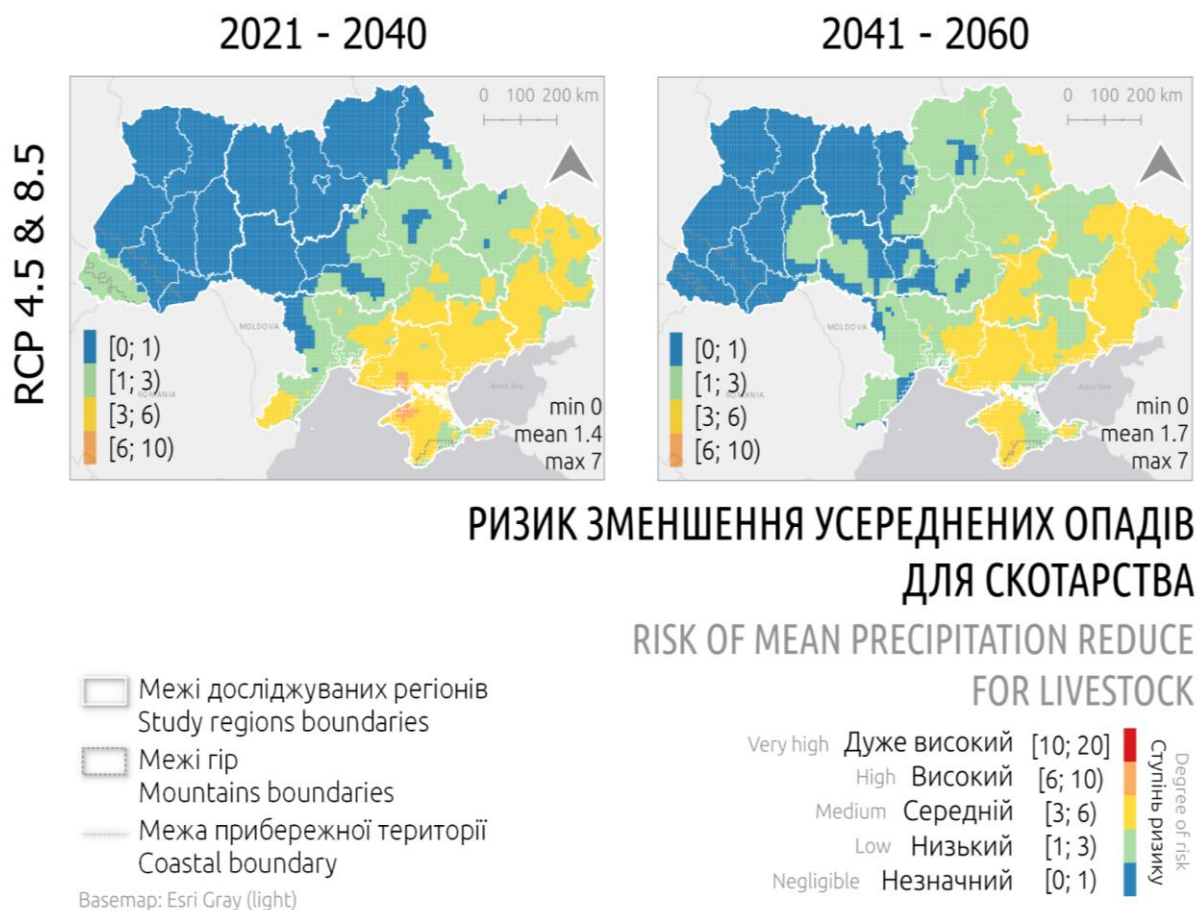


Рисунок 5.19. – Розподіл ризику від зменшення усереднених опадів для тваринництва на території України

Таблиця 5.15. Статистичні характеристики величини ризику від зменшення усереднених опадів для тваринництва за регіонами

Регіон	Усереднені опади					
	2021 – 2040			2041 – 2060		
	min	mean	max	min	mean	max
Захід	0,0	0,1	1,8	0,0	0,2	1,8
Північ	0,0	0,2	1,8	0,0	1,1	3,5
Центр	0,0	0,9	1,8	0,0	1,3	4,2
Схід	0,0	2,7	5,3	1,8	3,0	5,3
Південь	0,0	3,0	7,0	0,0	2,8	7,0
Карпатські гори	0,0	0,7	1,8	0,0	0,0	0,0
Кримські гори	1,8	3,2	4,2	1,8	4,3	5,6
Прибережні	1,4	3,6	7,0	0,0	2,6	5,3

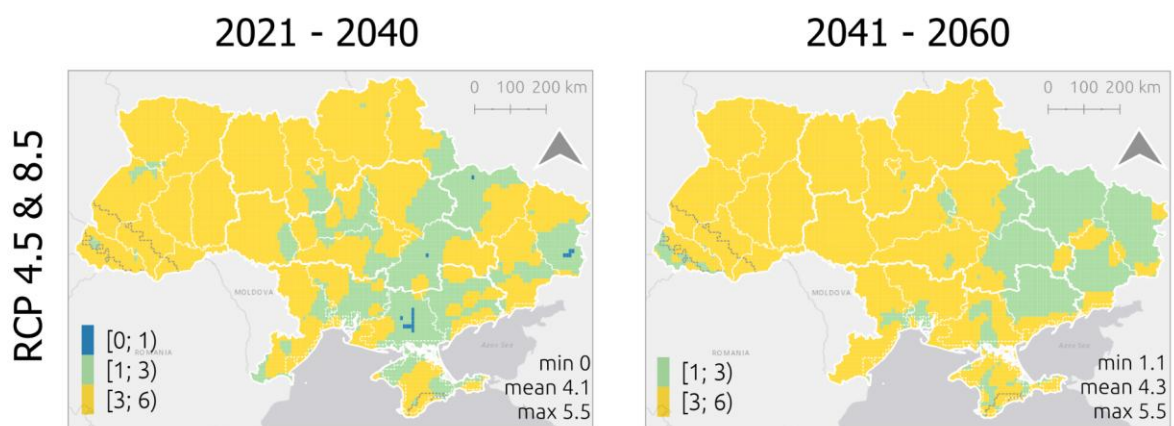
Результати розрахунків показують, що у поточному та майбутньому періодах тільки в окремих точках розрахункової сітки у Південному регіоні, а в межах Прибережних територій лише у поточному періоді можуть відбуватися такі зміни середніх значень опадів, які створять для тваринництва *високі ризики* (табл. 5.15)

Крім того, у поточному періоді у Східному регіоні та Кримських горах виникатимуть ризики середнього ступеню, а у майбутньому періоді такого рівня ризики матимуть значно більше географічне поширення і ймовірно сформується в окремих районах Північного, Східного, Центрального регіонів, Кримських горах, в межах Прибережних територій. Але для більшої частини території України ризики від зменшення середніх сум опадів для тваринництва в середньому будуть низькими, або незначними.

5.3.6. Зливи та дощові паводки

До цієї категорії ЧКВ включають показники: щорічної кількості дуже сильних опадів, максимальна кількість опадів за одну добу і за 5 діб.

Оцінювання чутливості галузі до зміни цих кліматичних чинників показало високі вагові коефіцієнти (0,5) від впливу зміни максимальної кількості опадів за 5 діб і помірні (0,3) для двох інших факторів. Аналіз результатів оцінювання максимальних загроз від названих факторів показав, що майже для усіх регіонів вони є високими, досягаючи у поточному та майбутньому періодах умовних 10 балів (рис. 2.10 – 2.17). Розрахунок ризиків від названої категорії ЧКВ спирався на модельний прогноз збільшення злив та сильних опадів, і отримані результати показали ймовірність середнього ступеню ризиків у тих регіонах, де очікується загальне збільшення сум опадів. Підвищення тут ризиків від злив вказує на те, що зростатиме саме частка зливових (високої інтенсивності) опадів. На картах показані середні ступені ризику у поточному періоді, що отримані для Західного, Північного регіону, Карпат, більшої частини Центрального та Східного регіонів. У Південному регіоні, на Прибережних територіях, а у Кримських горах є значні за площею території, де ризики будуть низькими (рис. 5.20). У майбутньому періоді ступінь ризику залишається на таких же рівнях з деяким зростанням середнього ступеню і більш чіткою локалізацією низьких ризиків у Східному регіоні, на сході Центрального та північному сході Південного регіонів.



РИЗИК ЗБІЛЬШЕННЯ ЗЛИВ ТА ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ ДЛЯ СКОТАРСТВА

RISK OF HEAVY PRECIPITATION AND PLUVIAL FLOOD INCREASE FOR LIVESTOCK

- Межі досліджуваних регіонів
Study regions boundaries
- Межі гір
Mountains boundaries
- Межа прибережної території
Coastal boundary

Basemap: Esri Gray (light)

- Very high Дуже високий [10; 20]
- High Високий [6; 10]
- Medium Середній [3; 6]
- Low Низький [1; 3]
- Negligible Незначний [0; 1]

Ступінь ризику

Рисунок 5.20. – Розподіл ризику від зростання кількості випадків зі зливовими опадами та дощовими паводками для тваринництва на території України

Таблиця 5.16. Статистичні характеристики величини ризику від зростання кількості випадків зі зливовими опадами та дощовими паводками для тваринництва за регіонами

Зливи та дощові паводки						
Регіон	2021 – 2040			2041 – 2060		
	min	mean	max	min	mean	max
Захід	2,2	5,2	5,5	1,4	5,3	5,5
Північ	1,1	4,7	5,5	1,4	5,2	5,5
Центр	1,4	3,8	5,5	1,4	4,8	5,5
Схід	0,0	3,3	5,5	1,1	2,3	5,5
Південь	0,0	3,2	5,5	1,1	3,7	5,5
Карпатські гори	2,2	5,0	5,5	1,4	4,3	5,5
Кримські гори	1,4	4,1	5,5	2,2	4,3	5,5
Прибережні	1,4	3,3	5,5	1,4	4,1	5,5

Розмах значень показників ступеню ризиків, отриманих в точках розрахункової сітки, знаходиться в межах від 0,0 до 5,5 (табл. 5.16). За середніми і максимальними показниками практично усі регіони заходяться тепер і будуть знаходитися у майбутньому в зоні середніх ризиків для тваринництва від збільшення злив та дощових паводків.

5.3.7. Снігопади та сніговий покрив

До цієї категорії відносять річну кількість опадів у вигляді снігу та кількість днів з часткою снігового покриву $\geq 30\%$. Визначалися ризики для галузі тваринництва у випадку зменшення зазначених показників при зміні клімату. Чутливість галузі до цих ЧКВ незначна із ваговими коефіцієнтами по 0,1 для обох показників. Оцінювання максимального впливу від зміни вказаних ЧКВ у цій категорії показало найвищі значення для Карпат та Західного регіону (10) за обома сценаріями як для поточного, так і для майбутнього періодів, а найнижчі показники максимальних загроз (2,5) на Прибережних територіях, Півдні і на Сході для поточного періоду за сценарієм RCP 8.5 (рис. 2.13 – 2.15). Але враховуючи низьку чутливість галузі до зміни ЧКВ у цієї категорії, за розрахунками отримано незначний ступінь ризику для тваринництва для усіх регіонів України (рис. 5.21). Як виключення можна назвати невеликі за розмірами території на південному заході Карпат, де в майбутньому ступінь ризику підвищиться до низького.

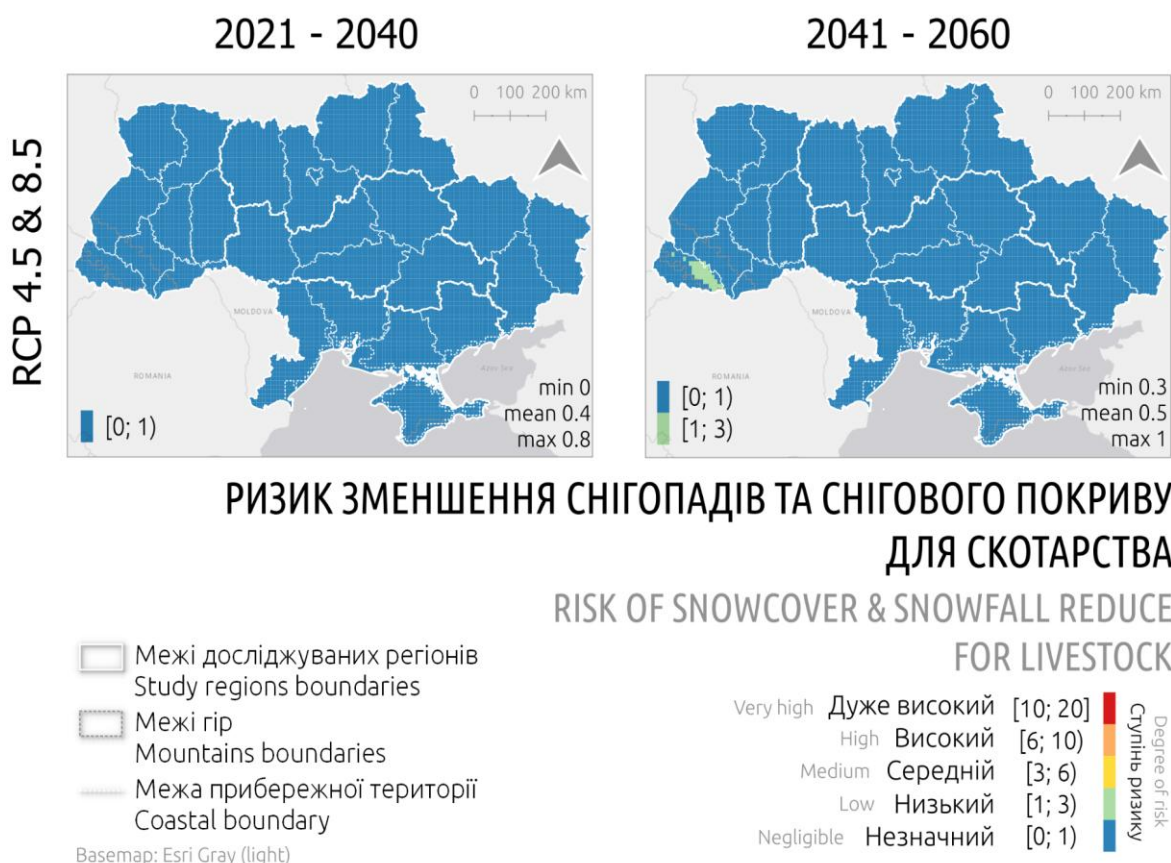


Рисунок 5.21. – Розподіл ризику від зменшення снігопадів та снігового покриву для тваринництва на території України

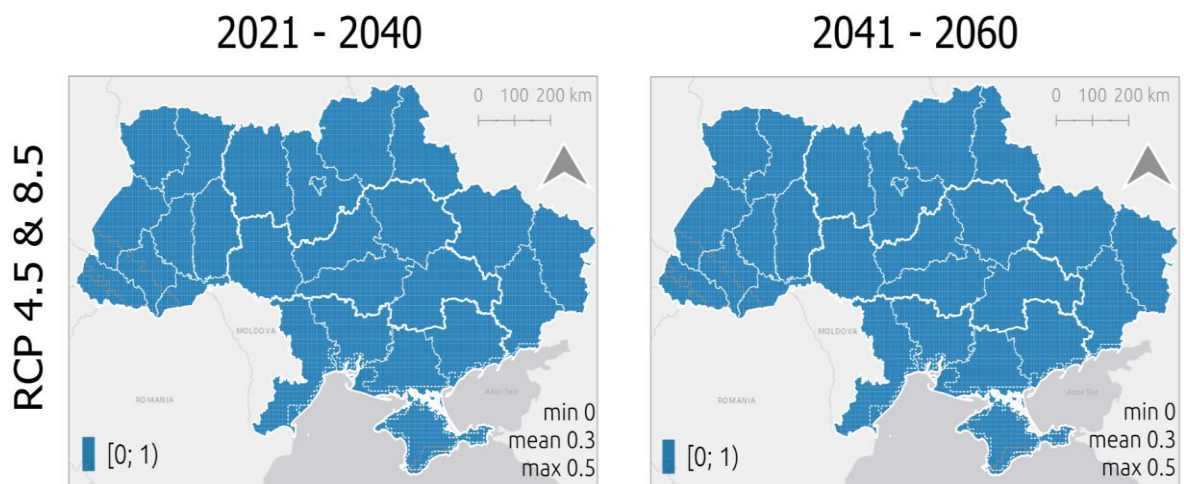
Таблиця 5.17. Статистичні характеристики величини ризику від зменшення снігопадів та снігового покриву для тваринництва за регіонами

Снігопади та сніговий покрив						
Регіон	2021 – 2040			2041 – 2060		
	min	mean	max	min	mean	max
Захід	0,2	0,4	0,8	0,5	0,5	1,0
Північ	0,0	0,5	0,8	0,5	0,5	0,8
Центр	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,8
Схід	0,3	0,3	0,5	0,3	0,5	0,5
Південь	0,2	0,3	0,5	0,3	0,4	0,5
Карпатські гори	0,3	0,5	0,8	0,5	0,7	1,0
Кримські гори	0,3	0,3	0,5	0,3	0,5	0,8
Прибережні	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4

Узагальнення значень ступеню ризиків отриманих у кожній точці розрахункової сітки, показує їх малий розкид від мінімальних 0,2 до максимальних 1,0, що відповідає категорії незначних ризиків (табл. 5.17). Тільки в окремих точках сітки у Західному регіоні та Карпатах величини ступенів ризику дорівнювала 1, чи трохи перевищувала її, що дає підставу розглядати ризики для тваринництва тут як низькі.

5.3.8. Снігопади ≥ 10 мм за добу

Розглядаються можливі ризики для тваринництва від збільшення кількості днів з снігопадами, інтенсивність яких ≥ 10 мм за добу. Галузь має низьку чутливість (0,1) до впливу цього кліматичного фактору. Незважаючи на відносно високі значення, що отримані при сукупній оцінці максимальних загроз від збільшення кількості днів з снігопадами помірної інтенсивності, а вони мінімальні (5) лише для Прибережних регіонів та Кримських гір, а для усіх інших регіонів у обидва періоди мають високі максимальні значення 7,5–10 (рис. 2.10 – 2.17), зміна цього кліматичного чинника формує незначні ризики для тваринництва у межах усіх регіонів в обидва періоди (рис. 5.22). Аналіз величин, отриманих для кожної точки розрахункової сітки, показує їх малий розмах (0,0–0,5) і належність до градації незначних ризиків (табл. 5.18).



РИЗИК ЗБІЛЬШЕННЯ ДНІВ ЗІ СНІГОПАДОМ ≥ 10 ММ ЗА ДОБУ ДЛЯ СКОТАРСТВА

RISK OF DAYS WITH SNOWFALL ≥ 10 MM PER DAY INCREASE FOR LIVESTOCK

- Межі досліджуваних регіонів
Study regions boundaries
 - Межі гір
Mountains boundaries
 - Межа прибережної території
Coastal boundary
- Basemap: Esri Gray (light)

- Very high Дуже високий [10; 20]
 - High Високий [6; 10]
 - Medium Середній [3; 6]
 - Low Низький [1; 3]
 - Negligible Незначний [0; 1]
- Degree of risk
Ступінь ризику

Рисунок 5.22. – Розподіл ризику від зростання кількості випадків з снігопадами ≥ 10 мм за добу для тваринництва на території України

Таблиця 5.18. Статистичні характеристики величини ризику від зростання кількості випадків з снігопадами ≥ 10 мм за добу для тваринництва за регіонами

Снігопад ≥ 10 мм за добу						
Регіон	2021 – 2040			2041 – 2060		
	min	mean	max	min	mean	max
Захід	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5
Північ	0,2	0,4	0,5	0,2	0,4	0,5
Центр	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,4
Схід	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,4
Південь	0,1	0,2	0,4	0,1	0,3	0,5
Карпатські гори	0,2	0,4	0,5	0,0	0,3	0,5
Кримські гори	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3
Прибережні	0,0	0,2	0,4	0,0	0,2	0,4

5.3.9. Швидкість вітру

Оцінюються можливі ризики для тваринництва у випадку, коли зміна клімату призведе до підвищення середніх швидкостей вітру та збільшення кількості днів, коли відмічатимуться пориви вітру $\geq 10,8$ м/с. Чутливість тваринництва до зміни названих ЧКВ мала (0,2) та помірна (0,3) відповідно. Узагальнені максимальні загрози від збільшення середньої швидкості вітру отримано для Карпат та Західного регіону для поточного і майбутнього періодів за сценарієм RCP 4.5. Для поривів вітру показники максимальних загроз нижчі та практично не змінюються просторово (рис. 2.10 – 2.17). Розраховані на основі даних моделювання значення ризиків від збільшення показників швидкості вітру також мають однорідний просторовий розподіл і відносяться до категорії незначних (рис. 5.23). Величини ризиків, що отримані в межах розрахункової сітки і узагальнені у просторі і часі (табл. 5.19), змінюються від незначних із значеннями $<1,0$ до максимальних 1,1 на Прибережних територіях, де відносяться до категорії низького ризику.

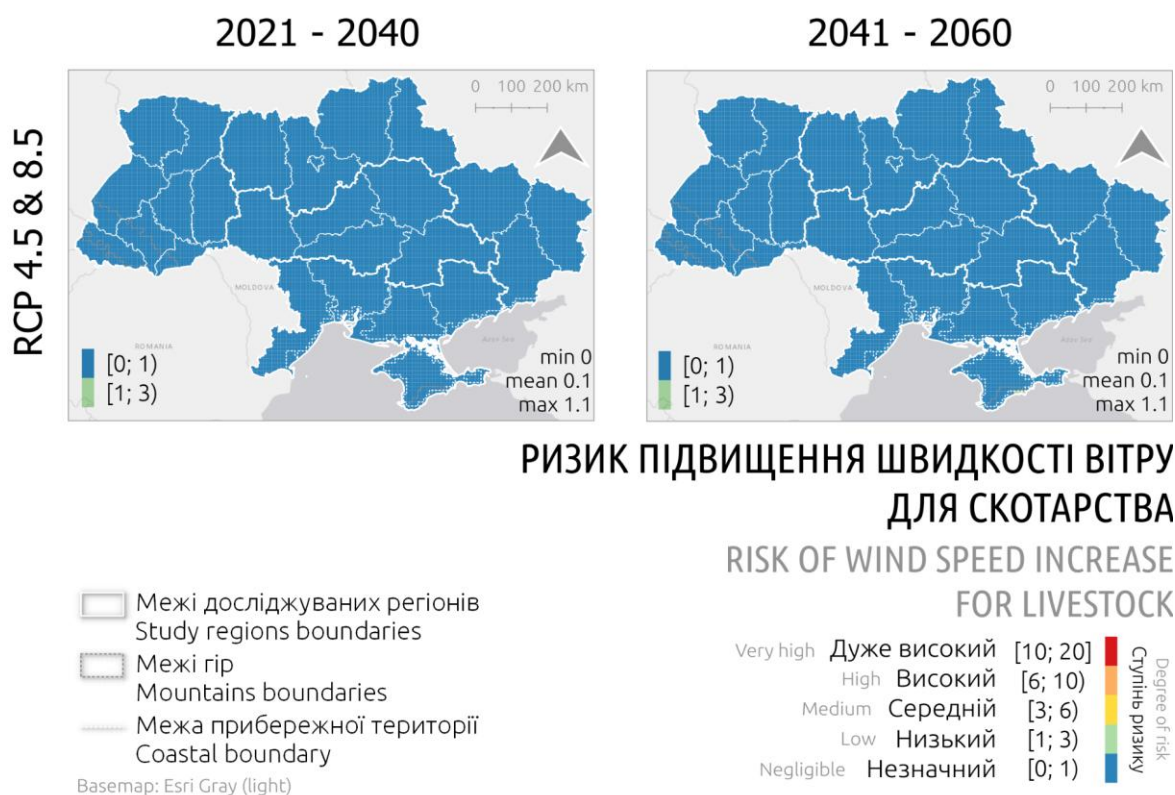


Рисунок 5.23. – Розподіл ризику від підвищення швидкості вітру для тваринництва на території України

Таблиця 5.19. Статистичні характеристики величини ризику від підвищення швидкості вітру для тваринництва за регіонами

Снігопад ≥ 10 мм за добу						
Регіон	2021 – 2040			2041 – 2060		
	min	mean	max	min	mean	max
Захід	0,0	0,2	0,8	0,0	0,1	0,8
Північ	0,0	0,1	0,4	0,0	0,0	0,4
Центр	0,0	0,1	0,4	0,0	0,0	0,4
Схід	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
Південь	0,0	0,1	0,6	0,0	0,1	0,6
Карпатські гори	0,4	0,5	0,8	0,3	0,4	0,8
Кримські гори	0,0	0,2	0,4	0,0	0,3	0,9
Прибережні	0,0	0,2	1,1	0,0	0,1	1,1

5.3.10. Підсумок

Оцінювання ризиків для тваринництва від зміни клімату дало можливість встановити максимальні з них за категоріями ЧКВ та у регіонах і відповідно пріоритезувати ті, які потребують врахування у подальшому розвитку галузі.

Наведені в підсумовуючих таблицях 5.20 та 5.21 дані вказують на те, що найвищі ступені ризиків в Україні галузь може зазнати від зростання кліматичних показників, що входять до таких категорій: екстремальна спека, середні температури, зливи та дощові паводки, посухи та пожежонебезпечна погода. Отримано просторовий розподіл максимальних загроз та значення ступенів ризику для кожного досліджуваного регіону. Наведені результати дають можливість керівникам галузі, окремим підприємствам і фермерам з їх урахуванням формувати програму адаптаційних заходів, які дозволять уникнути, або зменшити ризики впливу зміни клімату на стан, функціонування та прибутковість галузі тваринництва, кормовиробництва і, напевно, на стан природних пасовищ.

Таблиця 5.20. Розподіл усереднених оцінок ризиків від розглянутих загроз зміни клімату для тваринництва у регіонах

Усереднені оцінки ризиків в регіонах	Середина періоду	 Середня температура повітря	 Екстремальна спека	 Морози	 Усереднені опади	 Зливи та дощові паводки (>99pctl)	 Посухи та пожежо-небезпечна погода	 Снігопади та сніговий покрив	 Дні із снігопадом > 10 мм/добу	 Швидкість вітру	 Чинники кліматичного впливу на прибережні території
Північ	2030	4,2	5,8	0,0	0,2	4,7	3,4	0,5	0,4	0,1	0,0
	2050	6,4	7,1	0,0	1,1	5,2	3,4	0,5	0,4	0,0	0,0
Центр	2030	4,2	6,4	0,0	0,9	3,8	3,9	0,4	0,3	0,1	0,0
	2050	6,4	8,6	0,0	1,3	4,8	4,4	0,5	0,3	0,0	0,0
Схід	2030	4,2	7,3	0,0	2,7	3,3	3,8	0,3	0,3	0,0	0,0
	2050	6,4	8,6	0,0	3,0	2,3	4,9	0,5	0,3	0,0	0,0
Захід	2030	4,2	5,8	0,0	0,1	5,2	3,0	0,4	0,3	0,2	0,0
	2050	6,4	6,7	0,0	0,2	5,3	2,5	0,5	0,3	0,1	0,0
Південь	2030	4,2	8,3	0,0	3,0	3,2	5,2	0,3	0,2	0,1	0,0
	2050	6,4	8,6	0,0	2,8	3,7	5,7	0,4	0,3	0,1	0,0
Карпатські гори	2030	4,2	5,8	0,0	0,7	5,0	1,8	0,5	0,4	0,5	0,0
	2050	6,4	8,4	0,0	0,0	4,3	1,8	0,7	0,3	0,4	0,0
Кримські гори	2030	4,3	5,8	0,0	3,2	4,1	3,8	0,3	0,3	0,2	0,0
	2050	6,4	8,6	0,0	4,3	4,3	4,9	0,5	0,2	0,3	0,0
Прибережний	2030	4,2	7,5	0,0	3,6	3,3	6,4	0,3	0,2	0,2	0,0
	2050	6,4	8,8	0,0	2,6	4,1	6,7	0,3	0,2	0,1	0,0

Таблиця 5.21. Розподіл максимальних оцінок ризиків від розглянутих загроз зміни клімату для тваринництва у регіонах

Максимальні оцінки ризиків в регіонах	Середина періоду	 Середня температура повітря	 Екстремальна спека	 Морози	 Усереднені опади	 Зливи та дощові паводки (>99pctl)	 Посухи та пожежо-небезпечна погода	 Снігопади та сніговий покрив	 Дні із снігопадом > 10 мм/добу	 Швидкість вітру	 Чинники кліматичного впливу на прибережні території
Північ	2030	4,3	5,8	0,0	1,8	5,5	3,5	0,8	0,5	0,4	0,0
	2050	6,4	8,6	0,0	3,5	5,5	5,3	0,8	0,5	0,4	0,0
Центр	2030	4,3	8,6	0,0	1,8	5,5	5,3	0,5	0,5	0,4	0,0
	2050	6,4	8,6	0,0	4,2	5,5	5,3	0,8	0,4	0,4	0,0
Схід	2030	4,3	8,6	0,0	5,3	5,5	5,3	0,5	0,5	0,4	0,0
	2050	6,4	8,6	0,0	5,3	5,5	5,3	0,5	0,4	0,0	0,0
Захід	2030	4,3	8,6	0,0	1,8	5,5	3,5	0,8	0,5	0,8	0,0
	2050	6,4	8,6	0,0	1,8	5,5	5,3	1,0	0,5	0,8	0,0
Південь	2030	4,3	8,6	0,0	7,0	5,5	7,0	0,5	0,4	0,6	0,0
	2050	6,4	8,6	0,0	7,0	5,5	7,0	0,5	0,5	0,6	0,0
Карпатські гори	2030	4,3	8,6	0,0	1,8	5,5	3,5	0,8	0,5	0,8	0,0
	2050	6,4	8,6	0,0	0,0	5,5	3,5	1,0	0,5	0,8	0,0
Кримські гори	2030	4,3	5,8	0,0	4,2	5,5	4,2	0,5	0,4	0,4	0,0
	2050	6,4	8,6	0,0	5,6	5,5	5,6	0,8	0,3	0,9	0,0
Прибережний	2030	4,3	8,6	0,0	7,0	5,5	7,0	0,4	0,4	1,1	0,0
	2050	6,4	11,5	0,0	5,3	5,5	7,0	0,4	0,4	1,1	0,0

Встановлені ризики для галузі тваринництва від загроз зміни клімату, тобто максимального впливу зміни кліматичних чинників, можуть призвести до безпосереднього фізичного впливу на стан поголів'я, його продуктивність, призвести до зменшення урожаю кормових культур, деградації пасовищ, зменшення запасів води. Якщо такі тенденції зберігатимуться тривалий час, то це може створити також ризик «заблокованих активів» для інвесторів, тобто активів, які за деякий час до закінчення свого строку дії більше не приносятимуть економічну віддачу.

Оскільки зміна клімату може значно вплинути на прибутковість галузі тваринництва, стає критично важливим аналізувати конкретні зміни більш детально у просторі та часі й враховувати наукові рекомендації, що базуються на модельних прогнозах зміни клімату і чутливості до них галузі.

6. ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Клімат України швидко змінюється в останні 60 років, середня річна температура повітря з 2007 року перевищує норму на 1,5°C і більше, а останнє десятиліття було найтеплішим за всю історію метеорологічних спостережень. Максимальне підвищення середньої річної температури повітря спостерігалось у 2019 та склало 2,7°C відносно норми 1961–1990. Загальна тенденція підвищення мінімальної добової температури найбільша в холодну пору року, а максимальної – влітку. Такі зміни призвели до зменшення тривалості холодної пори року, кількості морозних днів і суворості зим. Водночас зміни призвели до більш тривалого та спекотного вегетаційного періоду і збільшення кількості літніх днів. Змінився і режим випадання опадів в Україні: річна кількість опадів практично не змінилася, але відбувся перерозподіл кількості опадів між сезонами. Збільшення кількості опадів спостерігається восени, зменшення взимку і максимальне зменшення влітку. Крім того, збільшилася нерівномірність опадів та їх інтенсивність у добових значеннях, що спричиняє подовження тривалості посушливих періодів. За останні двадцять років виникнення посух зросло майже вдвічі майже по всій території країни, з небезпечною тенденцією до збільшення повторення посушливих умов.

Сучасне підвищення температури приземного шару повітря при стійких позитивних трендах відбувається немонотонно у часі та нерівномірно у просторі. У межах окремих регіонів, особливо в помірних широтах, як у теплий, так і холодний періоди року, формуються так звані хвилі тепла чи холоду змінної тривалості та інтенсивності, які часто викликані тривалим стаціонаруванням антициклонів, або надходженням циклонів. Це означає, що існуючий характер зміни температури приземного повітря, має опосередкований вплив на перебіг циркуляційних процесів і, відповідно, опадоутворення із змінами в структурі полів опадів. Тобто нерівномірності перегріву підстильної поверхні мають наслідки у перерозподілі сум опадів із зростанням ймовірності випадання сильних опадів та формування тривалих бездощових періодів, збільшення інтенсивності градоутворення та інших екстремальних погодних явищ: посух, повеней, паводків, ураганів, підтоплень тощо.

Сучасні кліматичні моделі показують, що ті ж самі тенденції будуть зберігатися на території України до середини XXI сторіччя за обома розглянутими сценаріями зростання концентрації парникових газів в атмосфері: помірним RCP 4.5 і високим RCP 8.5, але очікувано, що інтенсивність цих змін у сценарії RCP 8.5 буде вищою.

Вже зараз можна спостерігати наслідки цих змін, які в подальшому будуть тільки посилюватися: зменшення продуктивності окремих культур внаслідок екстремально високих температур, посилення процесів деградації ґрунтів та втрати їх родючості внаслідок поширення посух, зменшення зон вирощування деяких сільськогосподарських культур та зміщення їх з півдня на північ, відмову від вирощування деяких вологолюбних культур через ускладнення доступу до водних ресурсів, подовження вегетаційного періоду, що може також мати негативний вплив на розвиток озимих культур і у цілому на галузь через поширення шкідників та хвороб, тощо.

Кліматичні зміни виступають одним із провідних чинників деградації ґрунтів в Україні. Їхній вплив має системний і комплексний характер – охоплюючи біологічні, хімічні та фізичні властивості ґрунту: від зниження родючості й втрати структури до засолення, осолонцювання та активізації ерозійних процесів. Такі трансформації не лише ставлять під загрозу продуктивність агросектору, а й порушують екологічну рівновагу наземних екосистем.

Зростання температури повітря та зменшення опадів також спричинить виснаження водних ресурсів. Тваринництво, зокрема виробництво кормів для худоби, нині споживає 30% усієї води в сільському господарстві. За прогнозами, при потеплінні на 2,7°C споживання води великою рогатою худобою зросте на 13%, що може загострити конкуренцію між потребами людей та сільськогосподарським виробництвом.

За найбільш екстремальним із сценаріїв (RCP 8.5), який оцінено МГЕЗК, що відповідає підвищенню глобальної температури до кінця сторіччя на 4,3°C, третина світового виробництва продовольства може бути витіснена за межі безпечного кліматичного простору (БКП) до 2081–2100 років.

Для визначення рівнів впливу зміни клімату на рослинництво і тваринництво згідно методики, що використовувалася, вводилися поняття та встановлювалися числові оцінки: чутливості до зміни клімату за визначеними категоріями чинників кліматичного впливу (ЧКВ) та вразливості галузей від сукупної дії зміни усіх кліматичних чинників та ризиків, які настали, або можуть настати внаслідок впливу несприятливих погодних умов та довгострокових кліматичних змін.

Глобальні та регіональні зміни клімату в Україні матимуть такі наслідки (загальні для с/г):

- зміщення зон вирощування деяких сільгоспкультур з півдня на північ (такі культури як цукрові буряки та соя вже перемістилися на 150 км північніше);
- збільшення вегетаційного періоду, утворення нової агрокліматичної зони на півдні України;

- зміщення зон розташування та розвитку інфраструктури зберігання та первинної переробки сільськогосподарської продукції відповідно до нових регіональних умов вирощування сільгоспкультур;
- зменшення продуктивності виробництва сільськогосподарської продукції через брак інноваційних ресурсозберігаючих технологій та обладнання в умовах стрімкої зміни клімату;
- посилення процесів деградації ґрунтів та втрати їх родючості внаслідок поширення посух;
- вимушену зміну структури продукції рослинництва через впровадження посухостійких сортів сільськогосподарських рослин і відмову від вирощування деяких вологолюбних культур через ускладнення доступу до водних ресурсів;
- завдання шкоди рослинам через ураження хворобами і шкідниками внаслідок сприятливих умов для їхньої перезимівлі, подовження теплого і вегетаційного періоду та активного розвитку хвороботворних організмів, зокрема і внаслідок підвищення зимових температур;
- зменшення виробництва традиційних кормових культур і необхідність у вирощуванні нетрадиційних культур (сорго, тритикале тощо);
- непридатність існуючих систем підтримки мікроклімату у приміщеннях для утримання тварин у нових кліматичних умовах.

За результатами проведених розрахунків та оцінок, основні ризики зміни клімату, що будуть впливати на розвиток рослинництва в майбутньому по регіонах України в першу чергу пов'язані зі **зливками та дощовими паводками, екстремальною спекою і посухами та пожежонебезпечною погодою** (див. 5.2.10. Підсумок). Зміни інших чинників кліматичного впливу, як правило, мають невисокі значення ризику.

Виходячи з максимальних ризиків, які варто очікувати до середини сторіччя, конкретні рекомендації щодо включення до стратегії адаптації рослинництва до зміни клімату можуть полягати в наступному:

- диверсифікація культур та покращення характеристик ґрунтового покриву, посадка суміші культур, включно з тими, які краще пристосовані до мінливих умов допомагає розподілити ризик втрати врожаю і збереженню корисних властивостей ґрунту. Якісний ґрунт необхідний для високої врожайності культур та може сприяти утриманню води та поживних речовин, що особливо важливо в умовах зміни клімату. Такі практики, як скорочення обробітку ґрунту, використання покривних культур і впровадження сівозмін, можуть суттєво покращити стан ґрунту;

- ефективні методи зрошення та практики збереження вологості в ґрунті є життєво важливими, особливо в районах території України, які вже стикаються з дефіцитом води і очікуються лише загострення цього ризику;
- впровадження інтегрованої боротьби зі шкідниками та патогенами, розробка та використання стійких сортів для запобігання та зниження впливу спалахів шкідників і хвороб, пов'язаних із зміною клімату;
- впровадження нових технологій, таких як безпілотники та супутникові дані високої спектральної та просторової роздільної здатності для точного землеробства, розробка кліматично орієнтованих методів сільського господарства та систем раннього оповіщення про екстремальні погодні умови на підставі моделювання та сучасних методів спостереження за процесами в атмосфері;
- ефективна протидія кліматичним викликам потребує впровадження науково обґрунтованих підходів, системного моніторингу стану ґрунтів, адаптивних практик землекористування та інновацій у галузі агротехнологій. Уже сьогодні вітчизняні наукові установи, зокрема ДУ «Держґрунтохорона», Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського, а також міжнародні організації, зокрема ФАО, пропонують низку практичних рішень для зниження негативного впливу кліматичних змін і збереження ґрунтового ресурсу для майбутніх поколінь.

Найбільші ризики для галузі тваринництва до середини сторіччя виникають від зміни таких категорій ЧКВ: збільшення екстремальної спеки, середніх температур повітря, злив та дощових паводків, посух та пожежонебезпечної погоди. Слід зазначити, що для вказаних ЧКВ рівень ризиків переважно середній для поточного періоду і переважно високий на середину сторіччя. Територіально найвищі рівні ризиків, які можуть сформувати для галузі зміни термічного режиму та явища посушливості, отримано для Прибережних територій та у Південному регіоні. Найвищі значення рівня ризиків (середні) від зливових опадів та паводків у Західному регіоні і Карпатах.

Оцінка сучасних кліматичних умов та їх можливої зміни в Україні дозволяє виділити важливі категорії кліматичних чинників та їх поєднання, що формуватимуть негативний вплив на стан великої рогатої худоби, умов вирощування кормових культур та стан природних пасовищ, кількісні показники та рівень забезпечення галузі водними ресурсами. До таких напрямків впливу відносимо:

- зростання середніх місячних (особливо весна та літо) та середньої річної температури повітря, що напевно вимагатиме використання (селекції) нових

порід великої рогатої худоби та нових сортів кормових культур, які пристосовані до високих температур та умов посушливості;

- зростання кількості днів з аномально високими температурами, що негативно впливає на стан тварин. Настання періодів екстремальної спеки кожен раз потребує низки заходів із зменшення впливу теплового стресу на стан поголів'я (кондиціонування повітря у приміщеннях для утримання, відкриті затінені загои, додаткова кількість питної води тощо);

- збільшення повторюваності посушливих явищ, зокрема в поєднанні з екстремальними високими температурами, особливо сильно впливатимуть на стан кормових культур та водних ресурсів;

- різкі температурні коливання між сезонами та впродовж окремих місяців та днів, хвилі холоду у зимовий сезон впливатимуть на стан поголів'я та його продуктивність, а також спричинятимуть зниження стійкості багатьох кормових культур до температурних впливів;

- збільшення повторюваності стихійних погодних явищ у теплий період року (сильні дощі, грози, смерчі, шквали, град) нестимуть загрозу для тварин, що знаходяться на випасі, та погіршать стан природних пасовищ і посіви кормових культур;

- зменшення частоти випадіння та збільшення інтенсивності опадів, приводитиме до тривалих періодів бездощів'я (посух) в одних регіонах і злив та паводкових ситуацій, підвищення ерозії і розмивання ґрунтів в інших;

- зростання нерівномірності випадіння атмосферних опадів за окремі періоди року призводитиме до ще більш нерівномірного розподілу водних ресурсів на території країни та впливатиме на забезпечення поголів'я питною водою;

- відсутність стійкого снігового покриву, при умові значного зниження температури повітря у окремі періоди, перешкоджатиме накопиченню вологи у ґрунті та знижуватиме врожайність кормових культур;

- збільшення ймовірності виникнення пожеж, що порушують стійкість екосистем, спричинить втрати врожаїв, знижує адаптаційний потенціал галузі до кліматичних змін;

- за умови підвищення температури повітря та високих показниках вологості, сформуються сприятливі умови для поширення шкідників, хвороб та інвазійних видів рослин, що може знизити продуктивність вирощування кормових культур та вплине на стан здоров'я поголів'я. Це вимагатиме удосконалення системи моніторингу за поширенням шкідників, паразитів, хвороб тварин та розробку заходів із попередження зараження;

- тваринницька галузь розглядається як одне з джерел надходження в атмосферу парникових газів (метан, вуглекислий газ, оксид азоту) та інших викидів, що забруднюють навколишнє середовище (аміак, сірководень, пил органічний та ін.), що вимагатиме вдосконалення та створення нових технологій з утилізації відходів тваринництва.

Відомо, що проведення адаптаційних заходів за умов можливого виникнення ризиків, знижуватиме їхній рівень та зменшуватиме негативний вплив на сільське господарство. Варто звернути увагу на те, що адаптаційні заходи за своїм змістом можуть поділятися на дві групи. До першої можуть входити усі заходи, що спрямовані на зменшення загроз (ризиків) від екстремальних погодних умов (спека, холод, зливи). До другої групи – заходи, що спрямовані на адаптацію (пристосування) до очікуваних кліматичних змін, які представлені розрахованими значеннями ЧКВ.

Наведені результати дають можливість керівникам галузі, окремим підприємствам і фермерам, враховуючи їх, формувати програму адаптаційних заходів, які дозволять уникнути, або зменшити вплив зміни клімату на стан, функціонування та прибутковість галузей рослинництва і тваринництва, кормовиробництва, можливо і на стан природних пасовищ, мінімізувати ступені впливу кожної кліматичної загрози.

Підсумовуючи:

1. Необхідність впровадження заходів з адаптації в с/г обумовлена:

1. **Стрімким потеплінням:** середня річна температура в Україні зросла у середньому на понад 1,5 °C відносно 1961–1990; остання декада стала найтеплішим десятиліттям за всю історію спостережень.

2. **Порушенням водного балансу:** літні опади скоротилися, осінні – зросли; посухи трапляються удвічі частіше, а зливи – інтенсивніші.

3. **Загрозами агросектору:** зміщення зон вирощування культур, деградація ґрунтів, дефіцит води, збільшення теплового стресу для рослин та худоби й поширення шкідників.

2. Обґрунтування виконання вимог до сучасної оцінки ризиків та вразливості:

- Використана Методологія базується на останньому звіті МГЕЗК (IPCC AR6) із використанням 32 Чинників Кліматичного Впливу (Climatic Impact Drivers, CID) і дає змогу оцінити вплив зміни *не лише* усереднених температури повітря й опадів, а й екстремальних показників та явищ (спека, зливи,

посухи, пожежонебезпечна погода тощо) із залученням специфічної чутливості галузей до кожного з ЧКВ.

- **Залучені** дані та результати вже виконаних моделювань для України за сценаріями RCP 4.5/8.5 на 2021-2040 та 2041–2060 для забезпечення узгодженості з попередніми дослідженнями для с/г (зокрема World Bank, 2021).

3. Рекомендовані принципи інтеграції в Стратегію адаптації с/г до зміни клімату:

Крок	Дія (заходи)	Очікуваний ефект
Інституційна рамка	Закріпити обов'язковість ЧКВ-ризикового аналізу для держпрограм, фінансів і страхування	Єдині критерії пріоритетів та доступу до коштів
Системи даних	Об'єднати метеорологічні, гідрологічні, ґрунтові та агрономічні бази в національну платформу; забезпечити відкритий доступ	Оперативний моніторинг і таргетовані рішення
Територіальне планування	Отримані карти «гарячих зон» ризику для культур і тваринництва дозволять коригувати і впроваджувати схеми зрошення, логістики й переробки	Зменшення втрат та оптимізація інвестицій
Інновації та підтримка	Стимулювати технології точного землеробства, селекцію посухостійких сортів/порід, модернізацію систем утримання тварин	Підвищення продуктивності й стійкості
Фінанси та страхові інструменти	Запровадити кліматично-орієнтовані кредити та субсидії; розвинути агрострахування, прив'язане до індексів ризику	Розподіл фінансових ризиків між державою й виробником
Освіта й консультації	Розширити мережу дорадчих служб із акцентом на розробці заходів, базованих на ЧКВ і ризик-орієнтованих підходах, та адаптивні практики	Швидке впровадження знань на рівні ферми

4. Цільові заходи для рослинництва

1. **Диверсифікація та сівозміни** – суміші культур, покривні культури, мінімізований обробіток ґрунту (*low-till*) для збереження вологості й родючості.

2. **Іригація та вологозберігаючі практики** – краплинне зрошення, мульчування, агромеліорація ґрунтів.

3. **Управління шкочинними організмами** – інтегрована боротьба, раннє попередження, стійкі сорти.

4. **Цифрові рішення** – дрони, супутникові дані, мобільні додатки для оцінки ризиків екстремальних кліматичних та погодних явищ у реальному часі.

5. Цільові заходи для тваринництва

1. **Адаптація до спеки** – вентилявані та затінені приміщення, автоматизоване охолодження, комбікорми з вищим вмістом електролітів.

2. **Порідна селекція** – породи, стійкі до тепла й посухи; розвиток альтернативних кормових культур (сорго, тритикале).

3. **Водні ресурси** – резервуарні системи й рекуперація води; менеджмент пасовищ для зниження випаровування.

4. **Зниження викидів** – біогазові установки, точне внесення гноївки, відгодівля знижено-метановими раціонами.

6. Моніторинг і перегляд

- **Індикатори ефективності:** охоплення детальним аналізом кліматичних ризиків на основі ЧКВ (% площ і поголів'я), зниження втрат урожаю/продуктивності, скорочення водоспоживання й викидів.

- **Оновлення кожні п'ять років** на основі нових кліматичних проєкцій та результатів впровадження заходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. **Iqbal**, M.A., J. Eitzinger, H. Formayer, A. Hassan, and L.K. Heng, 2011: A simulation study for assessing yield optimization and potential for water reduction for summer-sown maize under different climate change scenarios. *Journal of Agricultural Science*, 149, 129-143
2. **Moriondo**, M., M. Bindi, Z. Kundzewicz, M. Szwed, A. Chorynski, P. Matczak, M. Radziejewski, D. McEvoy, and A. Wreford, 2010: Impact and adaptation opportunities for European agriculture in response to climatic change and variability. *Mitigation and Adaptation in Strategies for Global Change*, 15, 657-679.
3. **Lobell**, D.B., A. Sibley, and J.I. Ortiz-Monasterio, 2012: Extreme heat effects on wheat senescence in India. *Nature Climate Change*, 2(3), 186-189.
4. **Lobell**, D.B., G.L. Hammer, G. McLean, C. Messina, M.J. Roberts, and W. Schlenker, 2013a: The critical role of extreme heat for maize production in the United States. *Nature Climate Change*, 3, 497-501.
5. **Craufurd**, P.Q., V. Vadez, S.V.K. Jagadish, P.V.V. Prasad, and M. Zaman-Allah, 2013: Crop science experiments designed to inform crop modeling. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170, 8-18.
6. **Asseng**, S., I. Foster, and N.C. Turner, 2011: The impact of temperature variability on wheat yields. *Global Change Biology*, 17, 997-1012.
7. **Schlenker**, W. and M.J. Roberts, 2009: Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(37), 15594-15598.
8. **Oerke**, E.C., 2006: Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144, 31-43.
9. **Bearechell**, S.J., B.A. Fraaije, M.W. Shaw, and B.D. Fitt, 2005: Wheat archive links long-term fungal pathogen population dynamics to air pollution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102, 5438- 5442.
10. **Scherm**, H. and X.B. Yang, 1995: Interannual variations in wheat rust development in China and the United States in relation to the El Niño/Southern Oscillation. *Phytopathology*, 85, 970-976.
11. **Hannukkala**, A.O., T. Kaukoranta, A. Lehtinen, and A. Rahkonen, 2007: Late-blight epidemics on potato in Finland, 1933-2002; increased and earlier occurrence of epidemics associated with climate change and lack of rotation. *Plant Pathology*, 56, 167-176
12. **Cannon**, R.J.C., 1998: The implications of predicted climate change for insect pests in the UK, with emphasis on non-indigenous species. *Global Change Biology*, 4, 785-796.

13. **Ziska**, L.H., 2010: Global climate change and carbon dioxide: assessing weed biology and management. In: Handbook of Climate Change and Agro-Ecosystems: Impacts, Adaptation and Mitigation [Rosenzweig, C. and D. Hillel (eds.)]. World Scientific Publishing, Hackensack, NJ, USA, pp. 191-208.
14. **Ziska**, L.H., D. Blumenthal, G. Runion, E. Hunt, and H. Diaz-Soltero, 2011: Invasive species and climate change: an agronomic perspective. *Climatic Change*, 105(1-2), 13-42.
15. **Savary**, S., A. Mila, L. Willocquet, P.D. Esker, O. Carisse, and N. McRoberts, 2011: Risk factors for crop health under global change and agricultural shifts: a framework of analyses using rice in tropical and subtropical Asia as a model. *Phytopathology*, 101, 696-709.
16. **Lazareva**, D. (2021). Ukraine lost millions of tons of grain in 2020 due to climate change. What should we do? Retrieved from <https://rubryka.com/blog/ukraine-lost-million-tons-grain-climate-change/>
17. **Buono**, D.D. (2021). Can biostimulants be used to mitigate the effect of anthropogenic climate change on agriculture? It is time to respond. *Science of The Total Environment*, 751, article number 141763. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141763.
18. **Nalau**, J., & Verrall, B. (2021). Mapping the evolution and current trends in climate change adaptation science. *Climate Risk Management*, 32, article number 100290. doi: 10.1016/j.crm.2021.100290.

ДОДАТКОВІ ДЖЕРЕЛА

1. Державна служба статистики України (2023). *Статистичний щорічник України за 2022 рік*. Доступно за посиланням: https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2023/zb/11/year_23_e.pdf (Дата звернення: 1 серпня 2025).
2. Червоний Хрест та Центр клімату (2022). *Кліматичний профіль України*. Доступно за посиланням: <https://www.climatecentre.org/wp-content/uploads/RCCC-ICRC-Country-profiles-Ukraine.pdf> (Дата звернення: 1 серпня 2025).
3. Кабінет Міністрів України (2024). *Про схвалення Стратегії формування та реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2035 року*. Доступно за посиланням: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-skhvallenia-strategii-formuvannia-ta-realizatsii-derzhavnoi-polityky-u-sferi-zminy-klimatu-na-period-t300524> (Дата звернення: 1 серпня 2025).
4. World Bank (2021). *Ukraine: Building Climate Resilience in Agriculture and Forestry*. Available at: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/893671643276478711/ukraine-building-climate-resilience-in-agriculture-and-forestry> (Accessed: 1 August 2025).
5. USDA Foreign Agricultural Service (2022). *Ukraine Factsheet*. Available at: <https://www.fas.usda.gov/sites/default/files/2022-04/Ukraine-Factsheet-April2022.pdf> (Accessed: 1 August 2025).
6. Statista (2023). *Ukraine: global agricultural production share by product*. Available at: <https://www.statista.com/statistics/1379651/ukraine-global-agricultural-production-share-by-product/> (Accessed: 1 August 2025).
7. Київська школа економіки (2023). *Звіт про збитки за червень 2023 року*. Доступно за посиланням: https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/09/June_Damages_UKR_-Report.pdf (Дата звернення: 1 серпня 2025).
8. Асоціація виробників молока (2023). *Тенденція скорочення поголів'я ВРХ у грудні*. Доступно за посиланням: <https://avm-ua.org/uk/post/tendencia-skorocenna-pogoliva-vrh-v-grudni-2> (Дата звернення: 1 серпня 2025).
9. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України (2023). *Проект Національного плану адаптації до зміни клімату*. Доступно за посиланням: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/06/386nd1.pdf> (Дата звернення: 1 серпня 2025).
10. WCRP Climate (n.d.). *ETCCDI – Expert Team on Climate Change Detection and Indices*. Available at: <https://www.wcrp-climate.org/etccdi> (Accessed: 1 August 2025).
11. IPCC (2021). *AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Available at: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/> (Accessed: 1 August 2025).
12. Rodell, M. and Li, B. (2023). *Changing intensity of hydroclimatic extreme events revealed by GRACE and GRACE-FO*. *Nature Water*, 1, pp.241–248. Available at: <https://doi.org/10.1038/s44221-023-00040-5> (Accessed: 1 August 2025).
13. World Meteorological Organization (2025). *WMO confirms 2024 warmest year on record, about 1.55°C above pre-industrial level*. Available at:

<https://wmo.int/news/media-centre/wmo-confirms-2024-warmest-year-record-about-155degc-above-pre-industrial-level> (Accessed: 1 August 2025).

14. Центральна геофізична обсерваторія ім. Бориса Срезневського (б. д.). *Офіційний сайт*. Доступно за посиланням: <http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/uk/> (Дата звернення: 1 серпня 2025).

15. Український гідрометеорологічний центр (б. д.). *Офіційний сайт*. Доступно за посиланням: <https://www.meteo.gov.ua> (Дата звернення: 1 серпня 2025).

16. World Climate Research Programme (n.d.). *Official website*. Available at: <https://www.wcrp-climate.org/> (Accessed: 1 August 2025).

17. FAO (n.d.). *Guide for assessing climate impacts on agriculture*. Available at: <https://www.fao.org/4/x5648e/x5648e0e.htm> (Accessed: 1 August 2025).

18. FAO (n.d.). *Open Knowledge Repository – Climate and agriculture*. Available at: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b596217c-a6c9-47ad-ab4b-83bd760d291c/content> (Accessed: 1 August 2025).

19. IPCC (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Climate change information for regional impact and for risk assessment*. In: Masson-Delmotte, V. et al. (eds) *Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Available at: <https://www.cambridge.org/core/books/climate-change-2021-the-physical-science-basis/climate-change-information-for-regional-impact-and-for-risk-assessment/D2C0ECDB04AAC41589CB847092F0A5E4> (Accessed: 1 August 2025).

ДОДАТКИ

Додаток А. Чутливість (%) та максимальні значення вразливостей (%) галузі рослинництво за категоріями ЧКВ та регіонами

Таблиця А.1.1. Значення вразливості для південного регіону

Кліматичні чинники МГЕЗК	Категорії кліматичних чинників МГЕЗК	Вразливість в рослинництві – Південь.						Чутливість рослинництва – Південь.
		RCP 4.5			RCP 8.5			
		2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	2021 – 2040	2021 – 2040	2021 – 2040	
Спека та холод	Середня температура повітря	3,25	4	5,75	3,5	5,25	8	11
	Екстремальна спека	7,75	9,25	11,75	7,75	12,75	17	17
	Хвилі холоду	0	0	0	0	0	0	3
	Морози	0	0	0	0	0	0	9
Зволоження та посушливість	Усереднені опади	5	2,5	5	3,75	5,75	5	16
	Зливи та дощові паводки	8,25	9,5	9,5	8,25	9,5	12,5	15
	Посухи	13	13	13	13	13	13	13
	Пожежонебезпечна погода	0,75	1,5	2,25	0,75	2,25	3	3
Снігопади та сніговий покрив	Сніговий покрив та снігопади	2,5	2,5	2,5	1,5	2,5	4,5	6
	Дні з помірним снігопадом	0,75	1	0,75	0,75	0,75	0,5	1
Швидкість приземного вітру	Середня швидкість вітру	0,25	0,25	0	0	0,25	0,25	1
	Пориви вітру	1	0	0	1	1	1	4
Чинники кліматичного впливу на прибережні території	Відносний рівень моря	0	0	0	0	0	0	1
	Екстремальна висота нагонних хвиль (прибережне підтоплення)	0	0	0	0	0	0	0

Сума	42,5	43,5	50,5	40,25	53	64,75	100
-------------	-------------	-------------	-------------	--------------	-----------	--------------	------------

Табл.А.1.2. Значення вразливості для центрального регіону

Кліматичні чинники МГЕЗК	Категорії кліматичних чинників МГЕЗК	Вразливість рослинництва – Центр						Чутливість рослинництва – Центр
		RCP 4.5			RCP 8.5			
		2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	
Спека та холод	Середня температура повітря	3,25	4	5,75	3,75	5,75	8	11
	Екстремальна спека	6,75	9,25	11,75	7,75	11,75	17	17
	Хвилі холоду	0	0	0	0	0	0	3
	Морози	0	0	0	0	0	0	9
Зволоження та посушливість	Усереднені опади	3,75	3,75	5	4,5	4	5	16
	Зливи та дощові паводки	8,25	9,5	10,5	7,25	8,25	11,75	15
	Посухи	9,75	9,75	9,75	9,75	13	13	13
	Пожежонебезпечна погода	0	1,5	2,25	0,75	2,25	3	3
Снігопади та сніговий покрив	Сніговий покрив та снігопади	2,5	3	4	2,5	4	5,5	6
	Дні з помірним снігопадом	1	0,75	0,75	1	0,75	0,5	1
Швидкість приземного вітру	Середня швидкість вітру	0,25	0	0	0	0,25	0,25	1
	Пориви вітру	1	0	0	1	1	1	4
Чинники кліматичного впливу на прибережні території	Відносний рівень моря	0	0	0	0	0	0	1
	Екстремальна висота нагонних хвиль (прибережне підтоплення)	0	0	0	0	0	0	0
Сума		36,5	41,5	49,75	38,25	51	65	100

Табл.А.1.3. Значення вразливості для західного регіону

Кліматичні чинники МГЕЗК	Категорії кліматичних чинників МГЕЗК	Вразливість рослинництва – Захід						Чутливість рослинництва – Захід
		RCP 4.5			RCP 8.5			
		2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	
Спека та холод	Середня температура повітря	2,25	4	5,75	3,75	5,75	7,75	11
	Екстремальна спека	6,5	6,5	8,25	6,75	8,25	15,75	17
	Хвилі холоду	0	0	0	0	0	0	3
	Морози	0	0	0	0	0	0	9
Зволоження та посушливість	Усереднені опади	0,75	0	0	0,75	0,75	1,25	16
	Зливи та дощові паводки	8,25	9,5	11,75	8,25	9,5	14	15
	Посухи	6,5	6,5	6,5	6,5	9,75	6,5	13
	Пожежонебезпечна погода	0	0,75	0,75	0	1,5	3	3
Снігопади та сніговий покрив	Сніговий покрив та снігопади	3	3,5	4	2,5	4	6	6
	Дні з помірним снігопадом	1	1	1	1	0,75	0,5	1
Швидкість приземного вітру	Середня швидкість вітру	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1
	Пориви вітру	2	0	0	2	2	3	4
Чинники кліматичного впливу на прибережні території	Відносний рівень моря	0	0	0	0	0	0	1
	Екстремальна висота нагонних хвиль (прибережне підтоплення)	0	0	0	0	0	0	0
Сума		30,75	32	38,25	31,75	42,5	58	100

Табл.А.1.4. Значення вразливості для східного регіону

Кліматичні чинники МГЕЗК	Категорії кліматичних чинників МГЕЗК	Вразливість рослинництва – Схід						Чутливість рослинництва – Схід
		RCP 4.5			RCP 8.5			
		2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	
Спека та холод	Середня температура повітря	3,25	5	5,75	3,75	5,75	8	11
	Екстремальна спека	7,75	7,75	11,75	7,75	11,75	17	17
	Хвилі холоду	0	0	0	0	0	0	3
	Морози	0	0	0	0	0	0	9
Зволоження та посушливість	Усереднені опади	3,75	3,75	5,75	4	4,5	5	16
	Зливи та дощові паводки	8,25	8,25	9,5	6	6,75	8,75	15
	Посухи	9,75	6,5	9,75	9,75	9,75	13	13
	Пожежонебезпечна погода	0	1,5	2,25	0,75	2,25	3	3
Снігопади та сніговий покрив	Сніговий покрив та снігопади	2,5	3	3	1,5	3	6	6
	Дні з помірним снігопадом	1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1
Швидкість приземного вітру	Середня швидкість вітру	0,25	0	0	0	0	0	1
	Пориви вітру	0	0	0	0	0	0	4
Чинники кліматичного впливу на прибережні території	Відносний рівень моря	0	0	0	0	0	0	1
	Екстремальна висота нагонних хвиль (прибережне підтоплення)	0	0	0	0	0	0	0
Сума		36,5	36,5	48,5	34,25	44,5	61,5	100

Табл. А.1.5. Значення вразливості для північного регіону

Кліматичні чинники МГЕЗК	Категорії кліматичних чинників МГЕЗК	Вразливість рослинництва – Північ						Чутливість рослинництва – Північ
		RCP 4.5			RCP 8.5			
		2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	
Спека та холод	Середня температура повітря	2,25	4	5,75	3,75	5,75	7,75	11
	Екстремальна спека	5	6,5	9	6,5	9,25	15,75	17
	Хвилі холоду	0	0	0	0	0	0	3
	Морози	0	0	0	0	0	0	9
Зволоження та посушливість	Усереднені опади	1,25	2,5	3,75	0,75	2,5	3,75	16
	Зливи та дощові паводки	8,25	9,5	9,5	7,25	8,25	13	15
	Посухи	6,5	6,5	6,5	6,5	9,75	6,5	13
	Пожежонебезпечна погода	0	0,75	0,75	0	1,5	3	3
Снігопади та сніговий покрив	Сніговий покрив та снігопади	3,5	3,5	5	2,5	4	6	6
	Дні з помірним снігопадом	1	1	1	1	1	0,75	1
Швидкість приземного вітру	Середня швидкість вітру	0	0	0	0	0	0,25	1
	Пориви вітру	1	0	0	1	1	1	4
Чинники кліматичного впливу на прибережні території	Відносний рівень моря	0	0	0	0	0	0	1
	Екстремальна висота нагонних хвиль (прибережне підтоплення)	0	0	0	0	0	0	0
Сума		28,75	34,25	41,25	29,25	43	57,75	100

Табл. А.1.6. Значення вразливості для регіону Карпатські гори

Кліматичні чинники МГЕЗК	Категорії кліматичних чинників МГЕЗК	Вразливість рослинництва – Карпатські гори						Чутливість рослинництва – Карпатські гори
		RCP 4.5			RCP 8.5			
		2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	
Спека та холод	Середня температура повітря	3	5	5,75	3,75	6	7,75	11
	Екстремальна спека	6,5	7,75	9,25	6,75	9,25	14	17
	Хвилі холоду	0	0	0	0	0	0	3
	Морози	0	0	0	0	0	0	9
Зволоження та посушливість	Усереднені опади	0,75	0	0	0,75	0	2,5	16
	Зливи та дощові паводки	8,25	9,5	11,75	8,5	9,5	12,5	15
	Посухи	3,25	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	13
	Пожежонебезпечна погода	0	0,75	0,75	0	0,75	3	3
Снігопади та сніговий покрив	Сніговий покрив та снігопади	3,5	4	4,5	2,5	4	6	6
	Дні з помірним снігопадом	1	0,75	1	1	1	0,5	1
Швидкість приземного вітру	Середня швидкість вітру	0,5	0,5	0,25	0	0	0,25	1
	Пориви вітру	1	0	0	0	1	3	4
Чинники кліматичного впливу на прибережні території	Відносний рівень моря	0	0	0	0	0	0	1
	Екстремальна висота нагонних хвиль (прибережне підтоплення)	0	0	0	0	0	0	0
Сума		27,75	34,75	39,75	29,75	38	56	100

Табл.А.1.7. Значення вразливості для регіону Кримські гори

Кліматичні чинники МГЕЗК	Категорії кліматичних чинників МГЕЗК	Вразливість рослинництва – Кримські гори						Чутливість рослинництва – Кримські гори
		RCP 4.5			RCP 8.5			
		2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	
Спека та холод	Середня температура повітря	3	4	5	3	5,25	7,25	11
	Екстремальна спека	6,5	7,5	11,5	7,5	11,5	16,75	17
	Хвилі холоду	0	0	0	0	0	0	3
	Морози	0	0	0	0	0	0	9
Зволоження та посушливість	Усереднені опади	2,5	0	5	3,25	5,25	6	16
	Зливи та дощові паводки	8,25	8,25	8,75	7,25	9,5	10,75	15
	Посухи	6,5	6,5	9,75	6,5	9,75	13	13
	Пожежонебезпечна погода	0	1,5	1,5	0,75	2,25	3	3
Снігопади та сніговий покрив	Сніговий покрив та снігопади	2	3	3,5	2	3	5	6
	Дні з помірним снігопадом	0,75	0,5	0,75	0,5	0,5	0	1
Швидкість приземного вітру	Середня швидкість вітру	0	0	0	0	0	0	1
	Пориви вітру	1	0	0	1	2	1	4
Чинники кліматичного впливу на прибережні території	Відносний рівень моря	0	0	0	0	0	0	1
	Екстремальна висота нагонних хвиль (прибережне підтоплення)	0	0	0	0	0	0	0
Сума		30,5	31,25	45,75	31,75	49	62,75	100

Табл.А.1.8. Значення вразливості для Прибережного регіону

Кліматичні чинники МГЕЗК	Категорії кліматичних чинників МГЕЗК	Вразливість рослинництва – Прибережні						Чутливість рослинництва – Прибережні
		RCP 4.5			RCP 8.5			
		2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	
Спека та холод	Середня температура повітря	3,75	5	5,75	3,75	5,25	8	11
	Екстремальна спека	7,75	10,25	14,25	10,25	14,25	17	17
	Хвилі холоду	0	0	0	0	0	0	3
	Морози	0	0	0	0	0	0	9
Зволоження та посушливість	Усереднені опади	5	2,5	3,75	3,25	4,5	6	16
	Зливи та дощові паводки	8,25	9,5	9,5	8,25	8,25	11,25	15
	Посухи	13	13	13	13	13	13	13
	Пожежонебезпечна погода	0,75	1,5	1,5	0,75	2,25	3	3
Снігопади та сніговий покрив	Сніговий покрив та снігопади	1,5	3	3	1,5	3	4,5	6
	Дні з помірним снігопадом	0,5	0,75	0,5	0,75	0,75	0,25	1
Швидкість приземного вітру	Середня швидкість вітру	0	0	0	0	0	0	1
	Пориви вітру	3	1	0	1	3	2	4
Чинники кліматичного впливу на прибережні території	Відносний рівень моря	0,25	0,5	1	0,25	0,5	1	1
	Екстремальна висота нагонних хвиль (прибережне підтоплення)	0	0	0	0	0	0	0
Сума		43,75	47	52,25	42,75	54,75	66	100

Додаток Б. Чутливість (%) та максимальні значення вразливостей (%) галузі тваринництво за категоріями ЧКВ та регіонами

Табл. Б.1.1. Значення вразливості для південного регіону

Кліматичні чинники МГЕЗК	Категорії кліматичних чинників МГЕЗК	Вразливість тваринництва – Південь						Чутливість тваринництва – Південь
		RCP 4.5			RCP 8.5			
		2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	
Спека та холод	Середня температура повітря	4,5	6	8,5	5	7,75	12	17
	Екстремальна спека	11,25	12,75	15,75	11,25	17,25	23	23
	Хвилі холоду	0	0	0	0	0	0	11
	Морози	0	0	0	0	0	0	4
Зволоження та посушливість	Усереднені опади	4	2	4	3	4,75	4	14
	Зливи та дощові паводки	5	5,75	5,75	5	5,75	9	11
	Посухи	11	11	11	11	11	11	11
	Пожежонебезпечна погода	0,75	1,5	2,25	0,75	2,25	3	3
Снігопади та сніговий покрив	Сніговий покрив та снігопади	0,75	0,75	0,75	0,5	0,75	1,5	2
	Дні з помірним снігопадом	0,75	1	0,75	0,75	0,75	0,5	1
Швидкість приземного вітру	Середня швидкість вітру	0,25	0,25	0	0	0,25	0,25	1
	Пориви вітру	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	2
Чинники кліматичного впливу на прибережні території	Відносний рівень моря	0	0	0	0	0	0	0
	Екстремальна висота нагонних хвиль (прибережне підтоплення)	0	0	0	0	0	0	0

Кліматичні чинники МГЕЗК	Категорії кліматичних чинників МГЕЗК	Вразливість тваринництва – Південь						Чутливість тваринництва – Південь
		RCP 4.5			RCP 8.5			
		2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	
Сума		38,75	41	48,75	37,75	51	64,75	100

Табл. Б.1.2. Значення вразливості для центрального регіону

Кліматичні чинники МГЕЗК	Категорії кліматичних чинників МГЕЗК	Вразливість тваринництва – Центр						Чутливість тваринництва – Центр
		RCP 4.5			RCP 8.5			
		2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	
Спека та холод	Середня температура повітря	4,5	6	8,5	5,5	8,5	12	17
	Екстремальна спека	9,75	12,75	15,75	11,25	15,75	23	23
	Хвилі холоду	0	0	0	0	0	0	11
	Морози	0	0	0	0	0	0	4
Зволоження та посушливість	Усереднені опади	3	3	4	3,75	3,5	4	14
	Зливи та дощові паводки	5	5,75	7	3,75	5	7,75	11
	Посухи	8,25	8,25	8,25	8,25	11	11	11
	Пожежонебезпечна погода	0	1,5	2,25	0,75	2,25	3	3
Снігопади та сніговий покрив	Сніговий покрив та снігопади	0,75	1	1,25	0,75	1,25	1,75	2
	Дні з помірним снігопадом	1	0,75	0,75	1	0,75	0,5	1
	Середня швидкість вітру	0,25	0	0	0	0,25	0,25	1

Кліматичні чинники МГЕЗК	Категорії кліматичних чинників МГЕЗК	Вразливість тваринництва – Центр						Чутливість тваринництва – Центр
		RCP 4.5			RCP 8.5			
		2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	
Швидкість приземного вітру	Пориви вітру	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	2
Чинники кліматичного впливу на прибережні території	Відносний рівень моря	0	0	0	0	0	0	0
	Екстремальна висота нагонних хвиль (прибережне підтоплення)	0	0	0	0	0	0	0
Сума		33	39	47,75	35,5	48,75	63,75	100

Табл. Б.1.3. Значення вразливості для західного регіону

Кліматичні чинники МГЕЗК	Категорії кліматичних чинників МГЕЗК	Вразливість тваринництва – Захід						Чутливість тваринництва – Захід
		RCP 4.5			RCP 8.5			
		2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	
Спека та холод	Середня температура повітря	3,5	6	8,5	5,5	8,5	11,5	17
	Екстремальна спека	8,5	8,5	11,25	9,75	11,25	20,25	23
	Хвилі холоду	0	0	0	0	0	0	11
	Морози	0	0	0	0	0	0	4
Зволоження та посушливість	Усереднені опади	0,75	0	0	0,75	0,75	1	14
	Зливи та дощові паводки	5	5,75	7,75	5	5,75	9,75	11

Кліматичні чинники МГЕЗК	Категорії кліматичних чинників МГЕЗК	Вразливість тваринництва – Захід						Чутливість тваринництва – Захід
		RCP 4.5			RCP 8.5			
		2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	
	Посухи	5,5	5,5	5,5	5,5	8,25	5,5	11
	Пожежонебезпечна погода	0	0,75	0,75	0	1,5	3	3
Снігопади та сніговий покрив	Сніговий покрив та снігопади	1	1,25	1,5	1	1,5	2	2
	Дні з помірним снігопадом	1	1	1	1	0,75	0,5	1
Швидкість приземного вітру	Середня швидкість вітру	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1
	Пориви вітру	1	0	0	1	1	1,5	2
Чинники кліматичного впливу на прибережні території	Відносний рівень моря	0	0	0	0	0	0	0
	Екстремальна висота нагонних хвиль (прибережне підтоплення)	0	0	0	0	0	0	0
Сума		26,75	29	36,5	29,75	39,5	55,25	100

Табл. Б.1.4. Значення вразливості для східного регіону

Кліматичні чинники МГЕЗК	Категорії кліматичних чинників МГЕЗК	Вразливість тваринництва – Схід						Чутливість тваринництва – Схід
		RCP 4.5			RCP 8.5			
		2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	
Спека та холод	Середня температура повітря	4,75	7	8,5	5,5	8,5	12	17
	Екстремальна спека	11,25	11,25	15,75	11,25	15,75	23	23

Кліматичні чинники МГЕЗК	Категорії кліматичних чинників МГЕЗК	Вразливість тваринництва – Схід						Чутливість тваринництва – Схід
		RCP 4.5			RCP 8.5			
		2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	
	Хвилі холоду	0	0	0	0	0	0	11
	Морози	0	0	0	0	0	0	4
Зволоження та посушливість	Усереднені опади	3	3	4,75	3,5	3,75	4	14
	Зливи та дощові паводки	5	5	5,75	3	4,25	6,25	11
	Посухи	8,25	5,5	8,25	8,25	8,25	11	11
	Пожежонебезпечна погода	0	1,5	2,25	0,75	2,25	3	3
Снігопади та сніговий покрив	Сніговий покрив та снігопади	0,75	1	1	0,5	1	2	2
	Дні з помірним снігопадом	1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1
Швидкість приземного вітру	Середня швидкість вітру	0,25	0	0	0	0	0	1
	Пориви вітру	0	0	0	0	0	0	2
Чинники кліматичного впливу на прибережні території	Відносний рівень моря	0	0	0	0	0	0	0
	Екстремальна висота нагонних хвиль (прибережне підтоплення)	0	0	0	0	0	0	0
Сума		34,25	35	47	33,5	44,5	62	100

Табл. Б.1.5. Значення вразливості для північного регіону

Кліматичні чинники МГЕЗК	Категорії кліматичних чинників МГЕЗК	Вразливість тваринництва – Північ						Чутливість тваринництва – Північ
		RCP 4.5			RCP 8.5			
		2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	
Спека та холод	Середня температура повітря	3,75	6	8,5	5,5	8,5	11,5	17
	Екстремальна спека	7	8,5	11,5	8,5	12,75	20,25	23
	Хвилі холоду	0	0	0	0	0	0	11
	Морози	0	0	0	0	0	0	4
Зволоження та посушливість	Усереднені опади	1	2	3	0,75	2	3	14
	Зливи та дощові паводки	5	5,75	5,75	3,75	5	8,5	11
	Посухи	5,5	5,5	5,5	5,5	8,25	5,5	11
	Пожежонебезпечна погода	0	0,75	0,75	0	1,5	3	3
Снігопади та сніговий покрив	Сніговий покрив та снігопади	1	1	1,5	0,75	1,25	2	2
	Дні з помірним снігопадом	1	1	1	1	1	0,75	1
Швидкість приземного вітру	Середня швидкість вітру	0	0	0	0	0	0,25	1
	Пориви вітру	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	2
Чинники кліматичного впливу на прибережні території	Відносний рівень моря	0	0	0	0	0	0	0
	Екстремальна висота нагонних хвиль (прибережне підтоплення)	0	0	0	0	0	0	0
Сума		24,75	30,5	37,5	26,25	40,75	55,25	100

Табл. Б.1.6. Значення вразливості для регіону Карпатські гори

Кліматичні чинники МГЕЗК	Категорії кліматичних чинників МГЕЗК	Вразливість тваринництва – Карпатські гори						Чутливість тваринництва – Карпатські гори
		RCP 4.5			RCP 8.5			
		2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	
Спека та холод	Середня температура повітря	4	7	8,5	5,5	9	11,5	17
	Екстремальна спека	8,5	9,75	11,25	9,75	11,25	18,5	23
	Хвилі холоду	0	0	0	0	0	0	11
	Морози	0	0	0	0	0	0	4
Зволоження та посушливість	Усереднені опади	0,75	0	0	0,75	0	2	14
	Зливи та дощові паводки	5	5,75	7,75	5	5,75	9	11
	Посухи	2,75	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	11
	Пожежонебезпечна погода	0	0,75	0,75	0	0,75	3	3
Снігопади та сніговий покрив	Сніговий покрив та снігопади	1,25	1,5	1,5	1	1,5	2	2
	Дні з помірним снігопадом	1	0,75	1	1	1	0,5	1
Швидкість приземного вітру	Середня швидкість вітру	0,5	0,5	0,25	0	0	0,25	1
	Пориви вітру	0,5	0	0	0	0,5	1,5	2
Чинники кліматичного впливу на прибережні території	Відносний рівень моря	0	0	0	0	0	0	0
	Екстремальна висота нагонних хвиль (прибережне підтоплення)	0	0	0	0	0	0	0
Сума		24,25	31,5	36,5	28,5	35,25	53,75	100

Табл. Б.1.7. Значення вразливості для регіону Кримські гори

Кліматичні чинники МГЕЗК	Категорії кліматичних чинників МГЕЗК	Вразливість тваринництва – Кримські гори						Чутливість тваринництва – Кримські гори
		RCP 4.5			RCP 8.5			
		2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	
Спека та холод	Середня температура повітря	4	6	7	4,25	7,5	10,75	17
	Екстремальна спека	8,5	10	14,5	10	14,5	21,75	23
	Хвилі холоду	0	0	0	0	0	0	11
	Морози	0	0	0	0	0	0	4
Зволоження та посушливість	Усереднені опади	2	0	4,25	2,75	4,5	5	14
	Зливи та дощові паводки	5	5	6,25	3,75	5,75	8,75	11
	Посухи	5,5	5,5	8,25	5,5	8,25	11	11
	Пожежонебезпечна погода	0	1,5	1,5	0,75	2,25	3	3
Снігопади та сніговий покрив	Сніговий покрив та снігопади	0,75	1	1,25	0,75	1	1,75	2
	Дні з помірним снігопадом	0,75	0,5	0,75	0,5	0,5	0	1
Швидкість приземного вітру	Середня швидкість вітру	0	0	0	0	0	0	1
	Пориви вітру	0,5	0	0	0,5	1	0,5	2
Чинники кліматичного впливу на прибережні території	Відносний рівень моря	0	0	0	0	0	0	0
	Екстремальна висота нагонних хвиль (прибережне підтоплення)	0	0	0	0	0	0	0
Сума		27	29,5	43,75	28,75	45,25	62,5	100

Табл. Б.1.8. Значення вразливості для Прибережного регіону

Кліматичні чинники МГЕЗК	Категорії кліматичних чинників МГЕЗК	Вразливість тваринництва – Прибережні						Чутливість тваринництва – Прибережні
		RCP 4.5			RCP 8.5			
		2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100	
Спека та холод	Середня температура повітря	5,5	7	8,5	5,5	7,75	12	17
	Екстремальна спека	11,25	14,25	18,75	14,25	18,75	23	23
	Хвилі холоду	0	0	0	0	0	0	11
	Морози	0	0	0	0	0	0	4
Зволоження та посушливість	Усереднені опади	4	2	3,25	2,75	3,75	5	14
	Зливи та дощові паводки	5	5,75	6,25	5	5	8,25	11
	Посухи	11	11	11	11	11	11	11
	Пожежонебезпечна погода	0,75	1,5	1,5	0,75	2,25	3	3
Снігопади та сніговий покрив	Сніговий покрив та снігопади	0,5	1	1	0,5	1	1,5	2
	Дні з помірним снігопадом	0,5	0,75	0,5	0,75	0,75	0,25	1
Швидкість приземного вітру	Середня швидкість вітру	0	0	0	0	0	0	1
	Пориви вітру	1,5	0,5	0	0,5	1,5	1	2
Чинники кліматичного впливу на прибережні території	Відносний рівень моря	0	0	0	0	0	0	0
	Екстремальна висота нагонних хвиль (прибережне підтоплення)	0	0	0	0	0	0	0
Сума		40	43,75	50,75	41	51,75	65	100

