



Рис. 5.22. Розподіл визначених за даними супутникового спостереження MODIS місць займання поверхні протягом 2007 р.

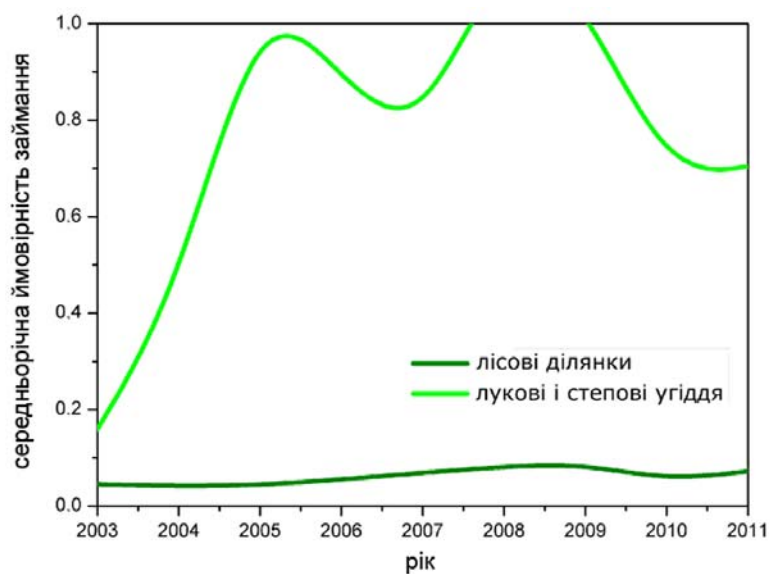


Рис. 5.23. Розрахована за даними супутникових спостережень середня ймовірність виникнення пожежі (займання) на одиницю площі для окремих типів земних покривів за період 2003–2011 рр.

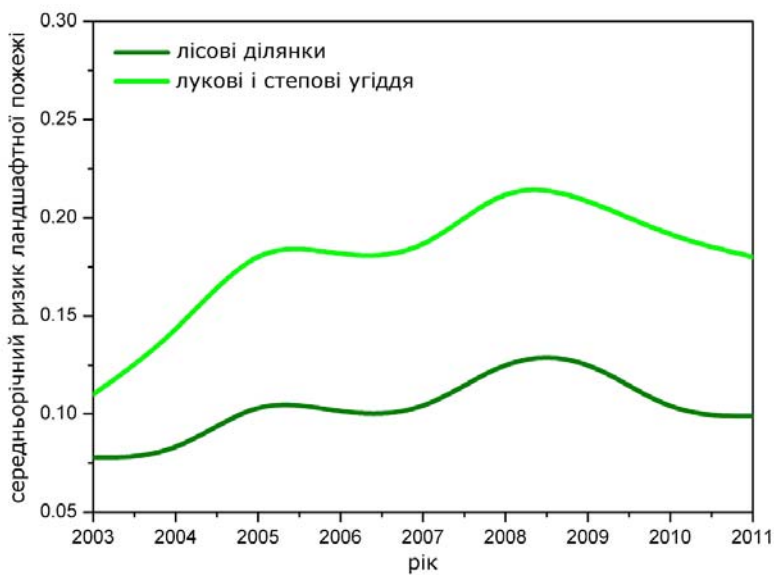


Рис. 5.24. Розрахунковий середній річний ризик ландшафтних пожеж на одиницю площі для окремих типів земних покривів за період 2003–2011 рр.

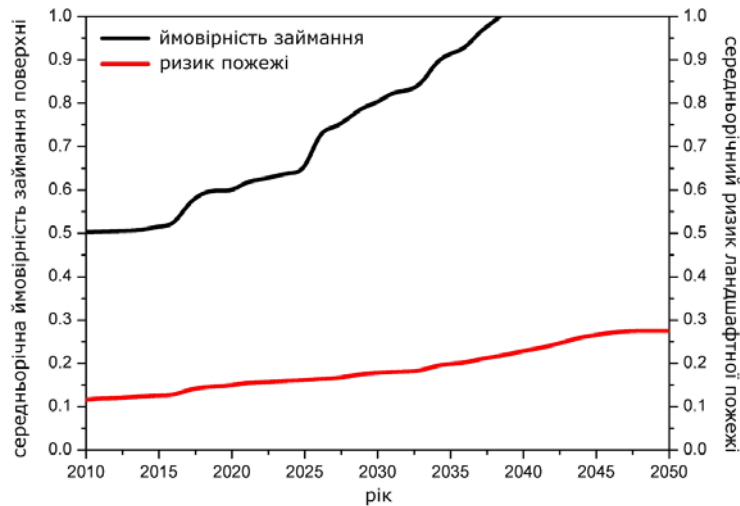


Рис. 5.25. Розподіл прогнозних показників ризиків займання і пожеж ( $1\ 000\ \text{км}^2/\text{рік}$ )

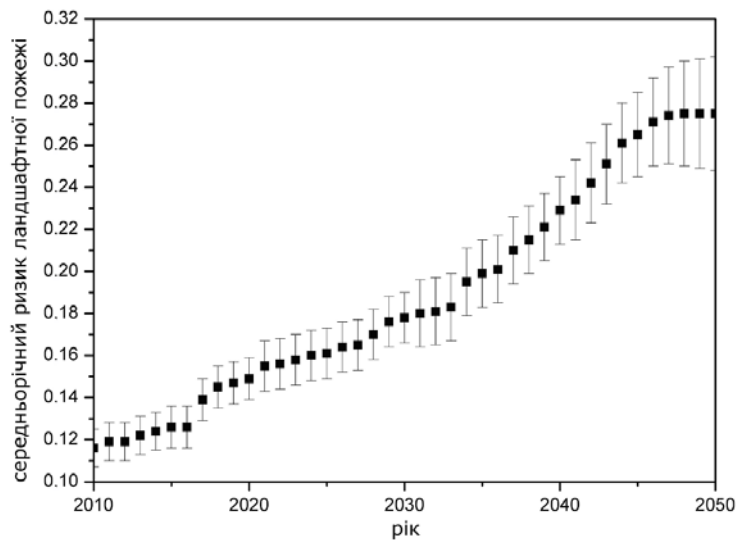


Рис. 5.26. Середньорічний прогнозований ризик ландшафтних пожеж ( $1\ 000\ \text{км}^2/\text{рік}$ )

### 5.2.2. Оцінка показників біологічної продуктивності ландшафтів

Для визначення ризиків, пов'язаних із змінами біологічної продуктивності рослинності, в якості базових розподілів приймалися дані про розподіли поточної продуктивності, отримані засобами ДЗЗ. Зокрема, просторові розподіли продуктивності визначалися за допомогою продуктів MOD17 та MOD15A2 за даними супутникової зйомки сенсору MODIS [11]. Базова модель MOD17 має три джерела вхідних даних. Для кожного пікселя: інформація про тип земного покриву одержується з продукту MOD12Q1; добові метеорологічні дані — з моделі DAO (Data Assimilation Office); FPAR і LAI — з продукту MOD15A2. Приклад оцінки параметрів продуктивності наведено на рис. 5.27.

За цими даними розраховувалися усереднені показники розподілів продуктивності (рис. 5.28) [9].

Інші важливі для аналізу розподіли отримано за допомогою кліматичних моделей, уточнених за регіональними даними та матеріалами ДЗЗ, відповідно до наведених вище методик.

Зокрема, дані про прогнозований вміст вуглецевих газів в атмосфері оцінювалися за допомогою сценаріїв SRES IPCC та оцінок GEA IIASA [36, 43], уточнених за даними супутникових зйомок [10, 54] та національних звітів про емісії вуглецевих газів [59]. Прогнозовані розподіли емісій, які відокремлюють інтервал найбільш очікуваних обсягів викидів за всіма даними, наведено на рис. 5.29.

Відповідно до наведеного вище алгоритму регіоналізації кліматичних моделей, було отримано розподіли очікуваних показників температури і кількості опадів, також за допомогою кліматичних моделей NCAR було одержано розподіли полів тиску, що впливають на показники евапотранспірації (як це було показано у розд. 2).

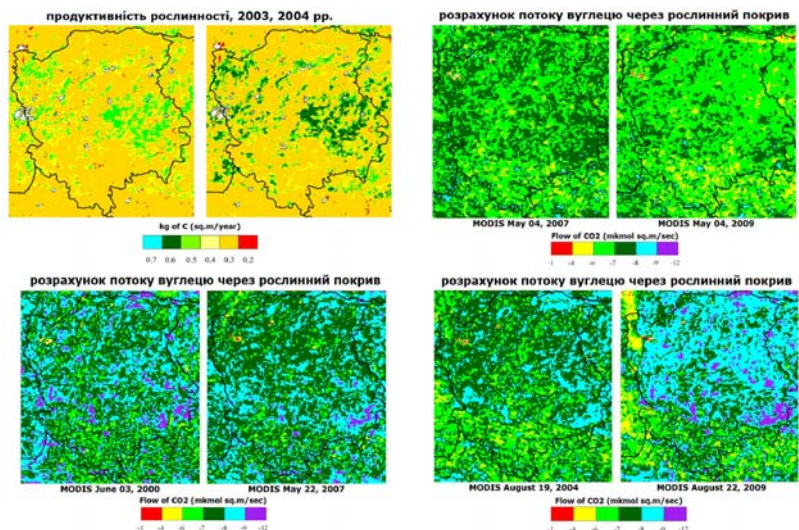


Рис. 5.27. Приклад визначення продуктивності рослинного покриву і потоків вуглецю за даними супутникових спостережень MODIS за 2000, 2007, 2009 рр. для окремих територій [9]

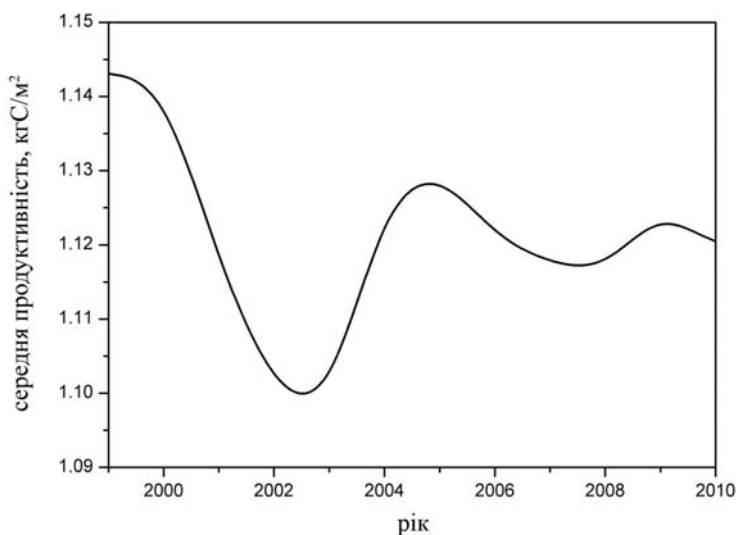


Рис. 5.28. Усреднені розподіли продуктивності рослинності за даними супутникових спостережень MODIS (продукти MOD17 та MOD15A2)

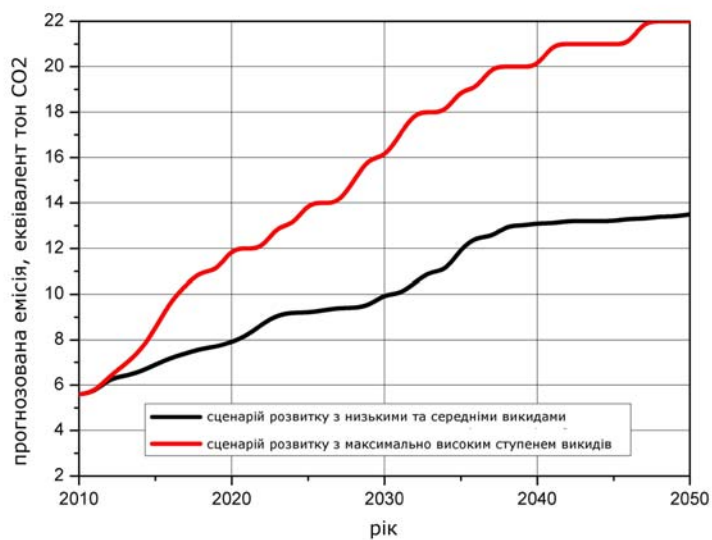
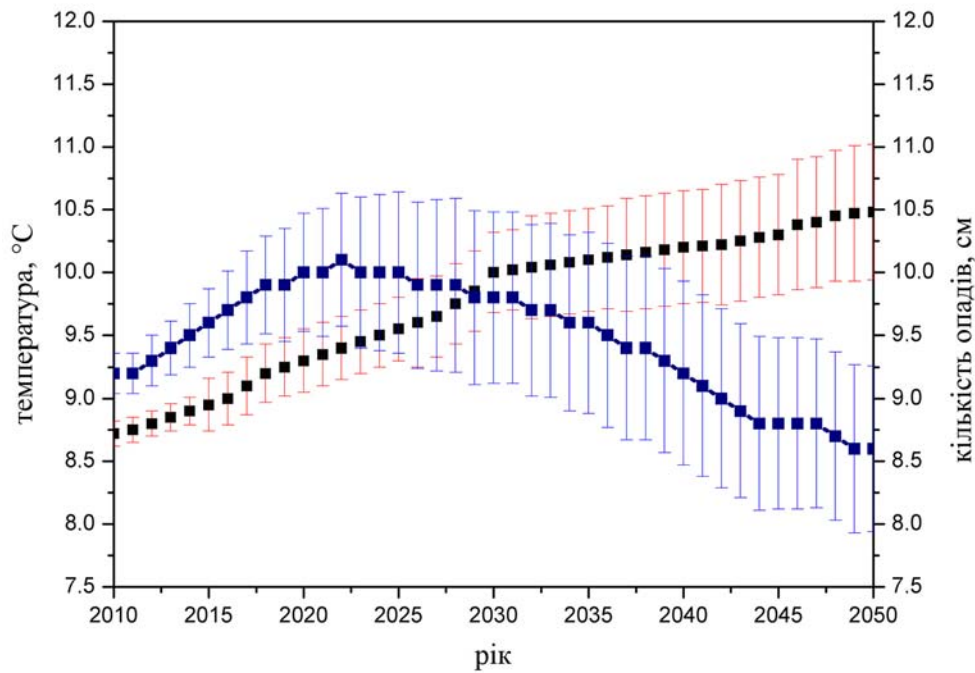


Рис. 5.29. Розрахункові сценарії викидів для України, уточнені за даними супутникових спостережень



**Рис. 5.30.** Розрахункові сценарії змін кліматичних показників для території України за умов середніх значень викидів ПГ на період до 2050 р. [49]

Найбільш очікувані регіональні розподіли показників температури і кількості опадів наведено на рис. 5.30 [49].

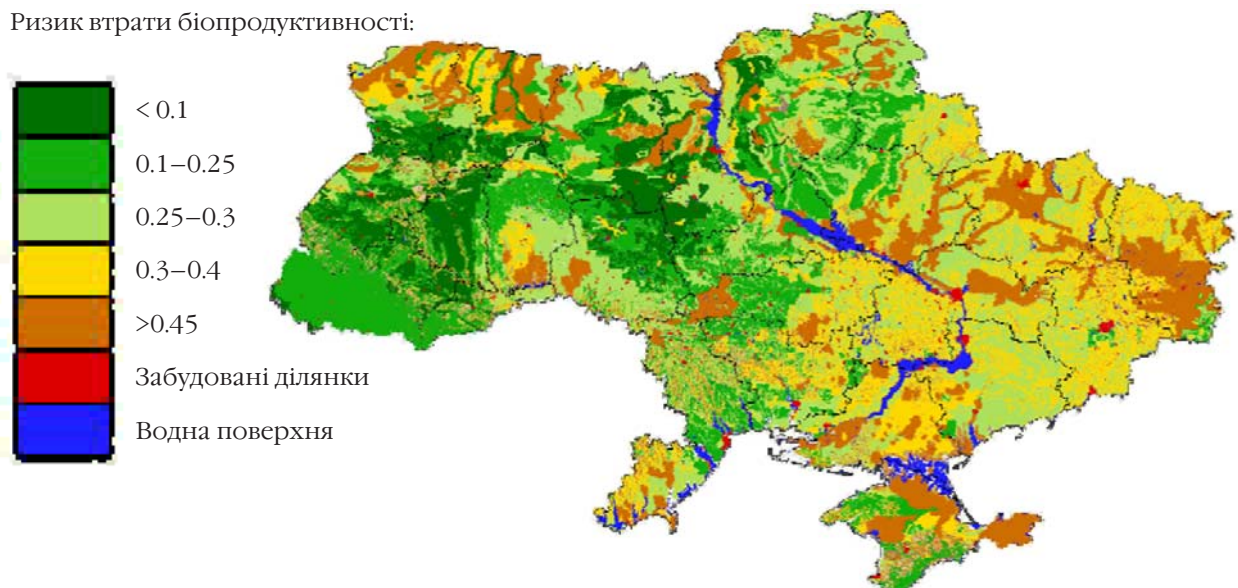
Використовуючи запропонований метод непараметричних ядерних копула-функцій, можна отримати сталі достовірні кореляції визначених показників (температури, опадів, тиску, кількості вуглецевих газів в атмосфері) із майбутніми (прогнозованими) параметрами зміни продуктивності, виходячи із наявних зареєстрованих розподілів продуктивності.

Результати розрахунків наведено на рис. 5.31–5.32 [48].

Ризики втрат біологічної продуктивності представлено як найбільш ймовірну величину зниження продуктивності на розрахунковий період по відношенню до поточного рівня (2010 р.).

Наведені приклади свідчать про можливість застосування запропонованого методу для кількісної оцінки та прогнозування просторово-часових розподілів показників ризиків, пов'язаних із негативним впливом кліматичних процесів.

Ризик втрати біопродуктивності:



**Рис. 5.31.** Розрахунок змін біологічної продуктивності ландшафтів до 2025 р.

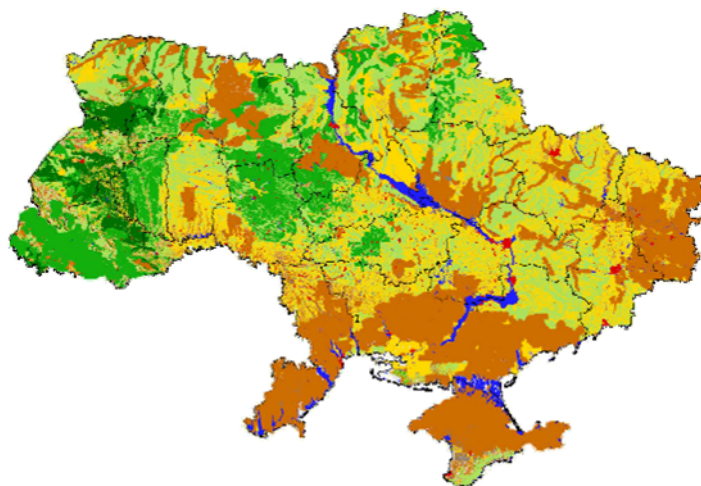


Рис. 5.32. Розрахунок змін біологічної продуктивності ландшафтів до 2050 р. Умовні позначення див. на рис. 5.31

### 5.2.3. Загальні засади оцінок небезпек, пов'язаних з довгостроковими змінами клімату та довкілля

В провідних наукових колах та серед експертів в основному вже не обговорюється те, чи будуть відбуватися кліматичні зміни протягом наступного століття, чи ні. Визнаною на даний час є точка зору, що незалежно від причин, які це викликали, кліматичні зміни вже відбуваються, і протягом останнього десятиріччя XX–перших років XXI ст. людство в цьому переконалося. Дослідження параметрів цих змін, а також причин, які їх викликають, викладені, зокрема, в таких ґрунтовних дослідженнях міжнародних груп експертів, як доповідь робочої групи I МГЭИК *Зміна клімату, 2001 р.: Наукові аспекти*; Спеціальна доповідь про сценарії викидів МГЭИК (СДСВ) [26].

Зокрема, йдеться про те, що протягом XX ст. середня глобальна приземна температура збільшилася на  $0.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$ . На підставі цього та розроблених сценаріїв зроблено висновок про те, що у порівнянні з 1990 р. середня глобальна приземна температура повітря підвищиться відповідно до оцінок, за даними різних моделей, на  $1.4\text{--}5.8^\circ\text{C}$  до 2100 р., а середньоглобальний рівень моря підніметься на  $0.09\text{--}0.88\text{ м}$  до 2100 р.

В цих роботах експертами застосовувалася така шкала оцінки достовірності:

- дуже висока — 95% або вище;
- висока — 67–95%;
- низька — 5–33%;
- дуже низька — 5% або менше.

Наявні дані спостережень свідчать про те, що регіональні зміни клімату, особливо підвищення температури, вже вплинули на різноманітну сукупність фізичних і біологічних систем у багатьох частинах світу. Приклади змін, що спостерігаються, такі: скорочення розмірів льодовиків, танення вічної мерзлоти, більш пізніше утворення льоду й більш ранній

льодохід на ріках і озерах, збільшення тривалості періодів дозрівання врожаїв у середніх-високих широтах, переміщення в північному напрямку та зміна висоти знаходження рослинності й пасовищ для худоби, скорочення популяцій деяких видів рослин і тварин, а також більш раннє цвітіння дерев, поява комах і кладка яєць птахами.

Дослідження, що проводяться з метою з'ясування масштабів кліматичних змін та їх проявів і наслідків для різних регіонів планети, свідчать про те, що рівень потепління буде змінюватись залежно від регіону, а також буде супроводжуватись збільшенням або зменшенням кількості опадів залежно від сукупності кількох факторів. Крім того, будуть спостерігатись зміни в мінливості клімату, а також зміни частоти й інтенсивності деяких екстремальних кліматичних явищ. Ці загальні характеристики зміни клімату вплинуть на природні та антропогенні системи.

Зростання середньої глобальної температури призведе до чистих економічних втрат у багатьох країнах, що розвиваються, за всіма дослідженими величинами потепління (низька достовірність); при цьому чим вищим буде рівень потепління, тим більшими будуть втрати (середня достовірність). На відміну від цього, зростання середньої глобальної температури на декілька градусів викликає змішане поєднання економічних плюсів та втрат у розвинутих країнах (низька достовірність); при цьому більше підвищення температури спричинить економічні втрати (середня достовірність). Прогнозований розподіл економічних наслідків такий, що він посилить нерівність між рівнями статків у розвинутих країнах та країнах, що розвиваються; при цьому нерівність буде зростати у міру прогнозованого збільшення температури (середня достовірність). В будь-якому випадку очікується, що кількість людей, які зазнають втрат, перевищить кількість тих, які виграють внаслідок зміни клімату, навіть у випадку

зростання середньої глобальної температури менш ніж на декілька градусів (низька достовірність).

Очікується, що в країнах, які розвиваються, наслідки кліматичних змін будуть найбільшими з точки зору життєвих втрат та відносного впливу на інвестування та економіку.

Такі фактори, як зміни в землекористуванні й забруднення, також впливають на фізичні й біологічні системи; при цьому в деяких конкретних випадках важко визначити реальні причини змін. Проте у сукупності спостережувані зміни в цих системах характеризуються узгодженим характером з погляду напрямку й послідовністю стосовно до різних місць або регіонів при наявності очікуваних наслідків регіональних змін за параметрами температури.

Один з головних висновків експертів полягає в тому, що головною стратегією людства відносно кліматичних змін протягом XXI ст. буде адаптація, що необхідна на всіх рівнях для доповнення діяльності щодо з'ясування впливів на зміни клімату.

Це пов'язано з тим, що впродовж найближчих десятиліть людство відчуватиме наслідки реакції розбалансованої природної системи в планетарних масштабах, які саме і проявляються в кліматичних змінах. Незалежно від того, наскільки людство зможе скорегувати викиди в атмосферу [26] та взагалі свій вплив на природні процеси, навіть якщо вдасться повернутися до певного оптимального рівня викидів та впливів, все одно пройде достатньо тривалий період, поки планетарні системи прийдуть до нового, збалансованого стану.

Адаптація має потенціал для послаблення багатьох негативних наслідків зміни клімату й посилення сприятливих наслідків. Однак вона буде пов'язана з витратами, часом значними, й не може запобігти всім видам збитків. При цьому варто зазначити, що антропогенні й природні системи мають здатність та можливість певною мірою самостійно адаптуватися до зміни клімату. Оптимальним вважається підхід, коли запланована адаптація доповнює самостійну адаптацію.

Загалом, здатність антропогенних систем адаптуватися до зміни клімату й справлятися з нею визначається такими факторами, як рівень добробуту, технологія, освіта, інформаційне забезпечення, кваліфіковані кадри, інфраструктура, доступ до ресурсів, а також управлінські можливості.

Розвинені країни та країни, що розвиваються, мають потенціал для розширення та накопичення адаптаційних можливостей. Однак країни, які розвиваються, а особливо найменш розвинені, є найбільш вразливими щодо цього. У результаті вони мають у своєму розпорядженні менші можливості для адаптації й більшою мірою вразливі для збитків у результаті зміни клімату, так само як і більше вразливі для інших критичних ситуацій.

Висновки експертів щодо природних систем, засвідчують, що значна частина природних систем

може виявитися особливо вразливою для зміни клімату, оскільки вони мають обмежену здатність до адаптації, а деяким з цих систем може бути нанесений істотний та незворотний збиток. До найбільш вразливих природних систем відносяться, зокрема, льодовики, коралові рифи й атоли, мангрові ліси, північні і тропічні ліси, полярні й арктичні екосистеми та ін.

Значною мірою це стосується і багатьох видів живих організмів, які мешкають в природному середовищі, в звичних умовах існування. Окремі види в нових умовах можуть збільшити чисельність або сфери перебування, але зміна клімату підвищить існуючі ризики знищення деяких більш уразливих видів і значно посилить загрозу втрати біорізноманіття. Розподіл, розміри популяції, щільність популяції і поведінка диких тварин відчували й будуть продовжувати відчувати прямий вплив змін у глобальному або регіональному кліматі та непрямий вплив змін рослинності.

Багато видів і популяції тварин уже перебувають у серйозній небезпеці. Очікується, що їм буде загрожувати ще більша небезпека в результаті зміни клімату. Частина існуючого середовища перебування стануть непридатними для багатьох видів, зі змінами в землекористуванні, що веде до фрагментації середовища перебування й створення перешкод для міграції видів. Без належного керування ці фактори тиску можуть призвести до того, що більшість видів, які в цей час класифікуються як такі, що перебувають в "критичній небезпеці", будуть знищені, а більшість видів, які відносяться до категорії тих, що "знаходяться в небезпеці або вразливі", стануть ще більш рідкісними й відповідно більше близькими до знищення в XXI ст.

З цього випливає, що особлива небезпека від кліматичних змін загрожує саме природним системам та тваринам, оскільки в умовах значного впливу людини на планету потенціал для адаптування в нових умовах став вкрай обмеженим. Це пояснюється тим, що переважна більшість природних ландшафтів, що є середовищем існування дикого світу, більшою або меншою мірою зазнали фрагментації внаслідок господарської діяльності людини. Це створило чимало перепон, зокрема на шляхах міграцій, та обмежило можливості переміщення видів тварин та рослинних угруповань в нові екологічні ніші природним шляхом.

Щодо антропогенних систем, то значна їх частина зазнає впливу кліматичних змін, чимала їх кількість виявиться чутливими до них, а деякі — вразливими.

До антропогенних систем, які є чутливими до зміни клімату, відносяться головним чином такі: водні ресурси; сільське господарство (особливо продовольча безпека) і лісове господарство; прибережні зони або морські системи (рибні промисли); людські поселення, енергетика та промисловість;

окремі види економічної діяльності, зокрема страхування та інші фінансові послуги; здоров'я населення. Вразливість цих систем змінюється залежно від географічного розташування, часу, а також соціальних, економічних і екологічних умов. При цьому важливо зазначити, що впливи змін та їх наслідки матимуть інколи істотні відмінності для певної території, в залежності від того, наскільки зміняться окремі показники (температура, вологість, кількість та структура опадів). Наприклад, згідно із сценаріями, коли температура підвищиться до певного рівня, то в умовах середніх широт зросте врожайність ряду сільськогосподарських культур. Якщо ж температура збільшиться вище за певний рівень, то оптимальний діапазон температури/вологості буде пройдено і відбудеться погіршення умов для ряду культур. Але незалежно від того, на менший чи більший рівень збільшиться температура, в загальносвітових масштабах відбудеться зниження продуктивності сільськогосподарських культур, особливо в країнах, що розвиваються, і, відповідно, погіршиться продовольча безпека.

Загалом, прогнозовані несприятливі наслідки, засновані на моделях та інших дослідженнях, включають [26]:

- загальне потенційне зниження врожайності сільськогосподарських культур у більшості тропічних і субтропічних регіонів майже для всіх випадків прогнозованого підвищення температури;
- загальне потенційне зниження (з деякими коливаннями) врожайності сільськогосподарських культур у більшості регіонів середніх широт у випадку підвищення середньорічної температури більш ніж на декілька °С;
- наявність менших обсягів водних ресурсів для населення в багатьох регіонах з обмеженими водними ресурсами, особливо в субтропіках;
- збільшення числа людей, уразливих для трансмісійних (наприклад малярія) захворювань і тих, що передаються через воду (наприклад холера), підвищення смертності від теплового стресу;
- повсюдне збільшення ризику повеней для багатьох людських поселень (десятки мільйонів мешканців поселень, охоплених дослідженнями) внаслідок зміни структури опадів, зокрема збільшення як сильних опадів, так і підйому рівня моря;
- підвищення попиту на енергію для кліматичної адаптації приміщень (наприклад, охолодження) через більше високі літні температури.

До прогнозованих позитивних наслідків, заснованих на моделях та інших дослідженнях, належать такі:

- потенційне збільшення врожайності сільськогосподарських культур у деяких регіонах середніх широт внаслідок незначного зростання температури;
- потенційне збільшення глобальних поставок деревини з раціонально використовуваних лісів, за

умови завчасного впровадження методів раціонального застосування лісових ресурсів;

- наявність більших обсягів водних ресурсів для населення в деяких регіонах з обмеженими водними ресурсами — наприклад, у деяких частинах Південно-Східної Азії;
- зменшення показника смертності в зимовий період у середніх і високих широтах;
- зниження попиту на енергію для обігріву приміщень через більш високі зимові температури в традиційно холодних регіонах.

Прогнозується, що людство зазнає посиленого впливу екстремальних природних кліматичних явищ, таких як посухи, повені, хвилі тепла, сніжні обвали й вітрові шторми. Насамперед постраждають регіони, які і раніше не відрізнялися комфортними умовами проживання, сільського господарства та забезпеченістю водними ресурсами. Особливо втрати (економічні та людські) зростатимуть через поєднання значного демографічного навантаження в країнах, що розвиваються, на території, які передусім зазнають посиленого впливу катастрофічних природних явищ, особливо повеней в долинах та дельтах річок, штормів, ураганів та ін. Це буде викликано як загальним підвищенням кількості опадів (що збільшить частоту та силу повеней), так і посиленням атмосферної діяльності, що спричиняє більшу кількість ураганів, особливо тропічних штормів. Деяко меншою мірою такі території зазнають негативних наслідків підйому рівня моря, але це стосується лише найближчого століття, оскільки в глобальному прогнозі очікується значне зростання рівня моря протягом наступних 1 000 років.

На противагу, в майбутньому прогнозується зменшення частоти та масштабів явищ, пов'язаних із екстремально низькою температурою, таких як холодні періоди, що буде мати як позитивні, так і негативні наслідки.

Прогнозовані зміни клімату протягом XXI ст. характеризуються потенційною ймовірністю того, що вони викличуть у майбутньому широкомасштабні й, можливо, незворотні зміни в системах Землі, які призведуть до наслідків на континентальному й глобальному рівнях. Подібні можливості значною мірою залежать від сценарію клімату, а вся сукупність імовірних сценаріїв ще не одержала своєї оцінки [26].

Якщо ці зміни у системах Землі відбудуться, то їх наслідки будуть мати широко розповсюджений і сталий характер. У результаті руйнування Західно-антарктичного льодового щита або танення льодового щита в Гренландії може відбутися підйом глобального рівня моря до 3 м за наступні 1000 років, затоплення багатьох островів і великих прибережних районів. Залежно від швидкості руйнування льоду темпи й масштаби підйому рівня моря можуть значно перевищити здатність антропогенних і природних систем до адаптації. Викликані потеплінням

викиди наземного вуглецю з районів вічної мерзлоти та метану з гідратів прибережних наносів ще більше підвищать концентрації ПГ в атмосфері й активізують зміну клімату.

Щодо питань водної безпеки, то вплив зміни клімату на поповнення стоку й підземних вод змінюється залежно від регіону, виду сценарію та значною мірою відповідає прогнозованим змінам опадів. Послідовна перспективна оцінка на основі більшості кліматичних сценаріїв показує збільшення щорічного середнього стоку у високих широтах і Південно-Східній Азії та зменшення — в Центральній Азії, у районі, що прилягає до Середземного моря, південній частині Африки й Австралії.

Прогнозується прискорення темпів відступання більшості льодовиків, а багато дрібних льодовиків можуть зникнути.

Близько 1.7 млрд осіб живе в країнах, що зазнають нестачі води (зумовлено тим, що використовується понад 20% своїх поновлюваних джерел води — звичайно показник нестачі води). Прогнозується збільшення цієї кількості до приблизно 5 млрд до 2025 р. залежно від темпів росту населення. Прогнозована зміна клімату може ще більше зменшити стік і поповнення ґрунтових вод у багатьох з цих країн, що зазнають нестачу води (наприклад, у Центральній Азії, південній частині Африки й країнах, що прилягають до Середземного моря), а в деяких інших районах — може його збільшити.

Думка експертів стосовно водної безпеки зводиться до впровадження раціональних стратегій водокористування в якомога більшій кількості країн, що дозволить в основному зменшити або пом'якшити негативні наслідки змін кількості опадів та якості вод. Крім того, враховуючи прогнозовані зміни земних покривів та зміни у функціонуванні екосистем, важливим стає охорона та контроль динаміки прісноводних екосистем, прибережних екотонів, природних ландшафтів у заплавах, які мають значний вплив на якість регіональних водних ресурсів [39].

Певні проблеми кліматичні зміни створюють і для здоров'я людини. Цей вплив проявлятиметься як у безпосередній дії температур та опадів і підвищеній вологості, так і в похідному від цих умов зростанні кількості інфекційних хвороб. Адже відомо, що багато які інфекційні захворювання (трансмісійні, а також ті, що передаються через продукти і воду) відчутно реагують на зміни кліматичних умов. Очікується, що відповідно до сценаріїв зміни клімату відбудеться явне розширення географічних масштабів потенційного поширення малярії й лихоманки Денге — двох трансмісійних інфекційних захворювань, від кожного з яких у наш час страждає здоров'я 40–50% світового населення. У рамках їхніх нинішніх меж ці й багато інших інфекційних захворювань будуть характеризуватися тенденцією більшої поширеності й сезонності, хоча поширеність деяких інфекційних захворювань зменшиться на регіональному рівні.

Прогнозована зміна клімату буде супроводжуватися посиленням хвиль тепла, що часто підсилюються зростаючою вологістю й забрудненням повітря в містах, які є причиною збільшення смертності, пов'язаної з жарою, і кількістю захворювань. Це питання потребує подальшого вивчення [70].

У цілому, негативні наслідки для здоров'я будуть найбільшими для уразливих груп населення з більш низьким рівнем доходу, головним чином у тропічних і субтропічних країнах. Політика адаптації приведе, як правило, до ослаблення цих наслідків.

Для людських поселень зміна клімату характеризується одним із трьох основних негативних наслідків:

1. Економічні сектори, які підтримують поселення, страждають через зміни в області продуктивності ресурсів або змін ринкового попиту на вироблені ними товари й послуги.
2. Можуть безпосередньо постраждати певні елементи фізичної інфраструктури (включаючи системи передачі й розподілу енергії), будинки, міські служби (включаючи транспортні системи), а також конкретні галузі (такі, як сільське господарство, туризм і будівництво).
3. Населення може безпосередньо постраждати в результаті екстремальних метеорологічних явищ, змін у стані здоров'я або неконтрольованої міграції.

Швидка урбанізація в низинних прибережних районах як країн, що розвиваються, так і розвинених країн веде до значного росту щільності населення й впливу створених працями людини цінностей таким прибережним кліматичним екстремальним явищам, як тропічні циклони. Згідно із заснованими на моделях прогнозами, середньорічна кількість людей, які стануть жертвами повеней у результаті прибережних штормових нагонів, збільшиться в кілька разів (від 75 до 200 млн чоловік залежно від адаптаційних способів реагування) до 80-х років XXI ст. відповідно до середніх сценаріїв підйому рівня моря на 40 см у порівнянні зі сценаріями нульового підйому рівня моря. Відповідно до проведених оцінок, потенційний збиток інфраструктурі прибережних районів, викликаний підйомом рівня моря, складе десятки мільярдів доларів для окремих країн, наприклад, Єгипту, Польщі, Нідерландів, Німеччини, Данії, В'єтнаму та ін.

Поселення, що характеризуються невеликою розмаїтістю економічної діяльності й одержанням значної частки доходу від чутливих до клімату галузей первинних ресурсів (сільське господарство, лісове господарство й рибальство), є більш чутливими в порівнянні з більш диверсифікованими поселеннями.

В сфері страхування збитків останні десятиліття спостерігається швидке збільшення витрат, пов'язаних із звичайними та екстремальними явищами погоди. Глобальні економічні втрати в результаті



катастрофічних подій зросли в 10.3 раза — з 3.9 млрд доларів США в рік у 50-ті роки до 40 мільярдів доларів США в рік у 90-ті роки (усе в доларах США за цінами 1999 р. без коректування відповідно до паритету купівельної спроможності), при цьому приблизно 1/4 втрат припадає на частку країн, що розвиваються.

Вартість збитку від метеорологічних явищ швидко зросла, незважаючи на значні й все більші зусилля по зміцненню інфраструктури й підвищенню готовності до стихійних лих.

Зміна клімату й прогнозовані зміни в пов'язаних з погодою подіях, що, як вважається, пояснюються зміною клімату, підвищать страхову невизначеність при оцінці ризику. Подібні події призведуть до підвищувальної тенденції страхових премій і/або можуть стати причиною перекласифікації певних ризиків, з метою визнання їх такими, що не підлягають страхуванню з наступним скасуванням страхового покриття.

Найзначніші наслідки зміни клімату очікуються в країнах, що розвиваються, особливо в країнах, які залежать від первинного виробництва як основного джерела доходу [74].

#### **5.2.4. Експертні оцінки і рекомендації з управління регіональними ризиками, пов'язаними із змінами клімату в Україні**

На сьогодні існує широкий спектр експертних оцінок тенденцій різномасштабних змін та їхніх наслідків на регіональному рівні для багатьох регіонів світу [26, 36, 38, 39, 69, 70].

Для регіонів України, насамперед це стосується досліджуваного регіону Українського Полісся, оцінювані ризики, пов'язані із прогнозованими змінами, визначаються вразливістю регіональних соціально-економічних і природних систем. Крім того, на ризики впливають соціально-політичні і соціально-екологічні тенденції, а також ефективність прийнятих управлінських рішень.

Необхідно зазначити, що при схожих показниках впливів, які визначаються перебігом глобальних змін, вразливість регіональних природних і антропогенних систем є значно вищою порівняно із європейськими регіонами.

Для досліджуваного регіону, у порівнянні з середніми показниками центральноєвропейського регіону, наслідки кліматичних змін у загальних рисах зводяться до такого:

- Адаптаційний потенціал антропогенних систем є невисоким, і за окремими показниками в останні роки спостерігається тенденція до його зниження. Це визначає високі показники ризиків при однакових впливах, порівняно із європейськими регіонами. При цьому інтегральна вразливість регіонів південної частини Європи та європейської частини Арктики є схожою з дослі-

джувані регіонами України (хоча характер і розподіли впливів там істотно відрізняються).

- Літній стік, наявність водних ресурсів і зволоженість ґрунту зменшаться в наступні 50 років, передусім у південній частині Європи і, частково, в південно-східних частинах території України, у результаті чого збільшаться розходження між північчю й півднем. Це відіб'ється на показниках водного балансу, розподілі продовольства і продуктивності екосистем.
- До кінця ХХІ ст. може зникнути половина альпійських льодовиків і великі райони вічної мерзлоти (середня вірогідність), що призведе до значних змін у водному балансі та збільшить загрозу відповідним екосистемам. Це спричинить зміну стоку річок, в тому числі тих, що протікають територією України, а також додаткові навантаження на транскордонні річкові басейни. Слід враховувати прямі і непрямі впливи цих процесів на басейни річок Дунай, Тиса, Західний Буг та Прип'ять.
- На більшій частині Європи, в тому числі в Україні, зросте ризик річкових повеней (середня-висока вірогідність); у прибережних районах ризик повеней, ерозії й втрати сильно зволених земель істотно збільшаться. Слід прогнозувати значні втрати для інфраструктури, комунального і сільського господарства, туризму, природного середовища.
- Будуть спостерігатися деякі позитивні наслідки для окремих видів сільськогосподарських культур у північно-західних регіонах України, в умовах загальних тенденцій для цього європейського регіону (середня вірогідність). При цьому, однак, можливість скористатися цими позитивними наслідками залежить від своєчасного застосування адаптованих аграрних технологій, тобто від адаптаційного потенціалу, який в нашому випадку об'єктивно низький. Також можливе часткове збільшення сільськогосподарської продуктивності в центральних регіонах України в умовах загальних тенденцій в першій половині століття (середня вірогідність). Згадані адаптаційні обмеження залишаються в силі.
- Відбудеться зсув біотичних зон у більш висотному і північному напрямках. Загибель важливих видів створить загрозу для деяких видів (висока вірогідність).
- Більш високі температури й хвилі тепла можуть змінити традиційні літні туристичні маршрути, а менш надійні умови випадання снігу можуть негативно позначитися на зимовому туризмі (середня вірогідність).

Це вимагає своєчасного застосування таких заходів:

- дослідження адаптаційного потенціалу на регіональному (насамперед) рівні та оцінки змін на глобальному рівні;
- використання сценаріїв змін для оптимізації еко-

логічної політики (визначення та охорона ландшафтів з найбільшою екологічною ємністю як бази майбутньої адаптації природних систем);

- визначення нових стратегій господарювання, що забезпечить виживання в нових умовах (зокрема, стратегії сталого використання водних ресурсів, зменшення вразливості аграрного сектору через оптимізацію земельних ресурсів).

Разом з водними ресурсами до переліку найбільш дефіцитних природних ресурсів майбутнього увійдуть ландшафтні утворення з найбільшою екологічною ємністю, тобто такі ландшафти, до складу яких входять біохімічно активні компоненти. Це, зокрема, прісноводні екосистеми з високим біорізноманіттям, болота, заплавні екотони, річкові дельти, гірські території. Ці ландшафти відіграватимуть значну роль в забезпеченні майбутньої екологічної рівноваги та в постачанні суспільства ресурсами. Їх стан визначає адаптаційний ресурс на регіональному рівні.

Основними загрозами для цих ландшафтних утворень, з урахуванням регіональних тенденцій розвитку глобальних процесів, є такі:

- техногенне забруднення водних об'єктів та донних відкладів;
- неконтрольоване (але іноді спровоковане людиною) поширення невластивих видів-загарбників (передусім рослинних видів);
- антропогенний вплив через неоптимальне з екологічної точки зору сільське господарювання (стратегічно невиражене управління водними ресурсами малих річок, забруднення агрохімікатами та продуктами тваринництва тощо), надлишкові будівельні засоби зменшення наслідків природних катастроф, неоптимальне житлове будівництво в екологічно чутливих зонах.

Таким чином, важливою стає задача визначення регіональних і локальних ризиків, пов'язаних з глобальними змінами клімату та довкілля, тобто оцінка ймовірності настання небажаних наслідків розвитку небезпечних процесівнасамперед у середньо- та довгостроковій перспективах.

*Рекомендації (з урахуванням національних та міжнародних програм) з мінімізації негативних впливів змін клімату і довкілля на сталий розвиток регіонів*

У "П'ятому національному повідомленні України з питань клімату" 2009 року [15] зазначено, що на даний час в Україні заходи щодо адаптації до змін клімату знаходяться на стадії розроблення. А на регіональному рівні цих заходів, особливо координуваних з національною стратегією, не існує взагалі. Саме це є найсерйознішим викликом для безпеки держави і суспільства.

Для формування національної політики з пом'якшення наслідків зміни клімату та адаптації до неї в Україні проводяться комплексні дослідження, на-

правлені на визначення позитивних і негативних наслідків глобального потепління. Ці дослідження стосуються різних сфер господарської діяльності та природного середовища як в цілому для країни, так і в регіональному аспекті.

Починаючи з 2000 р. НАН України разом з Мінприроди та іншими центральними органами виконавчої влади готувала різноманітні аналітичні матеріали, зокрема, новий Національний план заходів з реалізації положень Кіотського протоколу до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (2008). В Національному плані заходів було передбачено протягом 2010 р. розробити Національний план заходів з адаптації до зміни клімату, а у 2011 р. — відповідні регіональні плани в усіх областях України з урахуванням особливостей кожного регіону.

В розроблених документах визначаються певні кроки уряду у напрямі адаптації та пом'якшення наслідків зміни клімату. Так, було здійснено оцінку впровадження необхідних адаптаційних заходів для біорізноманіття. Законом України (від 21.09.2000 № 1989-III) була затверджена Загальнодержавна програма формування національної екологічної мережі України на 2000–2015 рр. Основною метою Програми є збільшення площі земель з природними ландшафтами до рівня, достатнього для збереження їх різноманіття, близького до природного стану, та формування територіально єдиної системи, побудованої відповідно до забезпечення можливості природних шляхів міграції та поширення видів рослин і тварин, яка б забезпечувала збереження природних екосистем, видів рослинного і тваринного світу та їх популяцій. Крім того, Програма має сприяти збалансованому та невиснажливому використанню біологічних ресурсів у господарській діяльності. На виконання зазначеної Програми здійснюються відповідні заходи. На жаль, ефективність їх не є задовільною.

За підтримки НАН України, Міністерства освіти і науки України, а також Мінприроди виконуються науково-дослідні роботи за такими напрямками: розробка проектів створення природоохоронних територій, відведення земель для організації територій і об'єктів природно-заповідного фонду, ведення державного кадастру природно-заповідного фонду; збереження популяцій видів рослин і тварин, оцінки змін клімату на регіональному рівні, оцінки ризиків, пов'язаних із прогнозованими змінами клімату і довкілля тощо. Результати робіт дозволяють зробити кілька важливих висновків і надати окремі рекомендації.

*Рекомендації і висновки в галузі природної безпеки*

В умовах прогнозованих кліматичних змін загроза ескалації впливів надзвичайних ситуацій зростає.

При цьому спостерігається певна регіональна диференціація загроз, що зумовлена фізико-географічним різноманіттям, варіаціями антропогенного впливу і популяційного навантаження.

Заходи з адаптації мають базуватися на показниках ризиків, тобто врахувати соціально-економічні параметри регіону, а не середні показники кількості подій чи втрат [47].

Заходи з управління безпекою мають ґрунтуватися на координованих стратегіях з управління вразливістю всіма компонентами безпеки — продовольчих, водних і енергетичних ресурсів, а також враховувати екологічну складову.

Запропоновані моделі змін дають підстави прогнозувати посилення циклонічної активності, збільшення кількості опадів в першій третині XXI ст. з поступовим зменшенням їх кількості надалі. Це означатиме зростання вірогідності смерчів, ураганів, повеней та підтоплень в регіоні, а ближче до середини століття — істотне збільшення кількості, частоти й інтенсивності посух і ландшафтних пожеж.

Зважаючи на високий рівень вразливості соціально-економічної системи, можна прогнозувати подальше зростання збитків, а також, враховуючи поточні тенденції, збільшення кількості жертв і постраждалих.

Беручи до уваги прогнозовану динаміку біологічної продуктивності ландшафтів і поточні показники розвитку сільського господарства, можна стверджувати, що ця галузь має високу вразливість щодо прогнозованих змін. Хоча при цьому адаптаційний потенціал є високим. Питання полягає у застосуванні стійких по відношенню до наборів можливих сценаріїв управлінських стратегій [56]. Зокрема, при плануванні заходів щодо зменшення збитків і управління безпекою, слід звернути увагу на координацію зусиль з управлінням водними ресурсами (зокрема, забезпеченням доступу до водних ресурсів всім агентам сільськогосподарського виробництва), і розвиток інфраструктури, зокрема доріг і мостів.

Крім того, беручи до уваги стан комунального господарства та інженерних мереж, окремо слід зазначити, що низькоякісне житло збільшує кількість людських жертв при надзвичайних ситуаціях. Ця проблема є дуже гострою для міст регіону, більшість з яких мають значну кількість старих будинків. Тому стратегії зменшення збитків мають бути узгодженими з модернізацією технологічних мереж і житлового господарства.

#### *Рекомендації і висновки в галузі продовольчої безпеки*

Відповідно до прогнозованих змін та експертних висновків Всесвітнього Банку (ВБ), можна зазначити, що поряд із негативними наслідками від зміни клімату, наступні десятиліття пропонують певну

низку можливостей для країн Східної Європи і Центральної Азії.

Зокрема, виходячи із розрахунків, можна зауважити, що північно-західна частина України могла б скористатися кращими умовами для сільського господарства, які складаються через підвищення температури і поточне незменшення кількості опадів. Але за існуючих природних умов, а також зумовлених структурою ринку пануючих агротехнологій, слід констатувати, що регіон поки що неспроможний компенсувати розрив у рівні продуктивності з основними виробниками продовольства або швидко реагувати на зміни цін на продукцію рослинництва. Це не додає регіональним аграрним осередкам спроможності адаптуватися до зміни клімату та отримувати вигоди від цієї зміни.

З цієї точки зору створення єдиного продовольчого чи окремого “зернового Євразійського пулу” не є доцільним, оскільки сукупна вразливість аграрних секторів країн буде перевищувати незалежні показники окремих країн на світовому продовольчому ринку.

Розрахунки, узгоджені із розрахунками частоти й інтенсивності надзвичайних ситуацій, показують, що відповідно до зміни основних кліматичних показників змінюються умови для вирощування сільськогосподарських рослин; зокрема, на майбутнє необхідна підготовка стратегії реагування на різномасштабні загрози метеорологічні явища, наприклад посухи. Ця стратегія може бути адаптована до конкретних потреб кожного регіону і давати чітке уявлення про можливості використання метеорологічної і гідрологічної інформації для різних потенційних застосувань в галузі управління і організації заходів з підготовки до посухи конкретних соціальних, економічних і фіскальних структур регіону.

Необхідно зауважити, що розробка стратегій адаптації сільськогосподарського виробництва до зміни і коливань клімату повинна здійснюватись за трьома основними напрямками — методологічним, технологічним та економічним [26].

Виробництво продовольства слід узгоджувати з активізацією зусиль зі збереження видів та екосистем. Природоохоронні території відіграють значну роль у відтворенні ресурсу продуктивності ландшафтів, в тому числі і земель, що знаходяться під сільськогосподарським використанням. Зараз природоохоронні території займають близько 12% суходолу, але дуже малу частину океану та прісноводних екосистем [39]. Таким чином, вони не можуть бути єдиним засобом збереження біорізноманіття. Міграцію видів могло би полегшити створення фермерами екологічних сільськогосподарських ландшафтів із мозаїкою оброблюваної землі та природного середовища.

Забезпечення продовольчої безпеки в нашому

регіоні, зважаючи на традиційно високі показники ризиків і низьку продуктивність, має базуватися на використанні сталих по відношенню до всіх типів можливих сценаріїв змін стратегій землекористування. Надійні (робастні) стратегії можуть базуватися навіть на таких простих елементах, як, наприклад, вибір сортів насіння, які добре витримують різні кліматичні умови [56].

#### *Рекомендації в галузі соціальної і соціо-екологічної безпеки*

Загальна ситуація з соціальною безпекою зазвичай розглядається для європейських регіонів в контексті проблеми міграції. Для нашого регіону ця проблема не вважається гострою, за винятком проблеми внутрішніх переміщених осіб, а також незначних потоків мігрантів з країн Азії в країни Західної Європи.

Зважаючи на існуючий досвід контролю проблем безпеки, пов'язаних із динамікою міграційних потоків, можна скористатися порадами ВБ, які надаються в роботі “Адаптація до кліматичних змін в Європі та Центральній Азії”. Адаптаційні заходи для вирішення проблем, пов'язаних із міграцією можуть включати таке [70]:

- контроль епідемічної безпеки через оптимізацію мережі лабораторії для виявлення раніше невідомих хвороб, а також моніторингу епідемічної ситуації, зокрема, контролю відомих загроз на кшталт малярії, туберкульозу тощо;
- розробка на національному рівні і створення регіональних мереж просвітницьких кампаній, які допомагають іммігрантам отримувати доступ до медичного обслуговування;
- зміцнення контролю і спостереження з боку центральних і регіональних органів влади за діяльністю, що має відношення до збереження і переміщення біологічно небезпечних матеріалів, епідемічного контролю, планування санітарно-гігієнічних заходів [68];
- посилення контролю за санітарно-гігієнічними заходами, насамперед, контролю за якістю їжі і води, за програмами вакцинації та медичної освіти;
- розробка методик оцінювання біологічного ризику територій на регіональному і національному рівнях, застосування нових методів збору й обробки інформації та прийняття рішень, створення карт із зонами підвищеного ризику [33];
- вдосконалення інформаційної політики з боку медичних установ щодо іммігрантів про доступні медичні послуги, посилення міжнародної, міжгалузевої і міждисциплінарної координації з метою зниження ризиків і підвищення повноти інформації.

Крім того, важливим питанням соціально-екологічної безпеки є проблема впливу зміни клімату на здоров'я людини і стан регіональної популяції [68].

В Україні взагалі і в її північно-західних регіонах зокрема можна прогнозувати підвищену вразливість до явищ, спричинених змінами клімату — передусім теплових хвиль і хвиль холоду.

Щоб підвищити інтегральні показники стійкості людського здоров'я до підвищення температури та інших прямих і непрямих впливів на здоров'я людини, необхідно системно вживати сукупність заходів, таких як перехід на екологічно чисті джерела енергії, створення сприятливих умов для безпечного громадського транспорту та фізичної активності, вибір більш раціонального в екологічному відношенні харчування. Це, разом із заходами безпеки в особливо небезпечні періоди, забезпечить переваги як окремим людям, так і популяції в цілому з точки зору укріплення здоров'я і зменшення вразливості.

До основних заходів щодо охорони здоров'я відносяться укріплення систем охорони здоров'я, а також механізмів раннього попередження та готовності до катастроф, підвищення інформованості суспільства та внесення змін у законодавство, що стосуються будинків та споруд (для захисту людей від холоду та жару у приміщеннях).

При проведенні конкретних заходів необхідно забезпечити їх орієнтацію на найбільш вразливі групи населення. Зокрема, найбільшого ризику негативного впливу зміни клімату зазнають діти, що пояснюється як продовжувачим розвитком їхнього організму, так і тим, що вони будуть піддаватися таким впливам найбільший період часу [68].

#### *Рекомендації в галузі екологічної безпеки*

Прогнози змін клімату і довкілля, зокрема розрахунки біологічної продуктивності, підкріплені поточними спостереженнями, показують, що кліматичні зміни ведуть до змін ареалів розповсюдження рослинних угруповань, проникнення на територію інтрузивних видів, ставлять під загрозу зникнення окремих видів, що є чутливими до змін довкілля.

Переважаюча більшість експертів, зокрема, вчені, які були залучені до дослідження ВБ [69], пропонують:

- створити території, які будуть охоронятися безпосередньо ті види, тиск на які підірватиме адаптацію інших видів та екосистем;
- створити межі, що дозволять природним системам адаптуватися самостійно, наскільки це можливо в умовах зміни клімату.

Кращим підходом тут є створення мережі охоронних територій, екранованих буферних зон та забезпечення різноманітних міграційних коридорів.

Мінімізація впливу на екосистеми, що пов'язані зі зміною клімату, відповідно до прогнозованих величин впливів, включає:

- виявлення екосистем, видів і процесів, особливо чутливих до зміни клімату;

- розробка локальних заходів із захисту видів та середовища проживання, а також регіональних екосистем;
- підвищення ефективності управління та моніторингу на регіональному та локальному рівнях;
- створення мережі охоронних територій для забезпечення більш надійного захисту видів та збереження біорізноманіття і функцій великих екосистем;
- розробка системних заходів з суспільної освіти і зміни способу життя: створення позитивної мотивації для збереження довкілля;
- розробка і впровадження різнорівневих стратегій довгострокового спостереження екологічних мереж з метою виявлення кліматичних впливів і наслідків глобальних змін на регіональному рівні;
- розробка стратегій і планів дій на рівні конкретних фізико-географічних географічних районів, галузей і відомств, в тому числі правового та економічного обґрунтування адаптаційних заходів;
- мінімізація забруднень, контроль інтрузивних видів та мінімізація впливів від нераціональних змін землекористування та туризму.

#### *Рекомендації в галузі соціально-економічної безпеки*

Щодо покращення умов в житлово-комунальному секторі, необхідно зробити наголос на пріоритетність розробки планів та мобілізації ресурсів для робіт з модернізації [36]. Модернізація повинна спиратися на сталі технології для забезпечення якості життя і збереження енергетичних ресурсів, а також мати витриваліший опір до екстремальних погодних явищ. Крім того, слід звернути увагу на питання скорочення викидів ПГ завдяки використанню нових матеріалів і енергозберігаючих систем, допомагаючи у такий спосіб зменшити витрати споживачів [69].

Очевидно, що модернізація у широких масштабах є досить вартісною, але основні аспекти модернізації, що відбуваються в країнах Центральної Європи та Центральної Азії, мають зосередити увагу саме на заходах щодо раціонального використання енергії та енергозбереження. До них відносяться теплоізоляції, заміна вікон та модернізація систем опалення. На додаток до цих заходів проходять випробування нові види дахів, які мають енергозберігаючі й екологічні властивості, в якості додаткового засобу для поліпшення якості житлових приміщень, а також спосіб керування коливаннями кількості опадів.

Також можна окреслити перелік загальних адаптаційних заходів для сектору транспорту, туризму та рекреації. Зокрема, секторальні рекомендації з покращення соціально-економічних показників в умовах зміни клімату [74].

З точки зору регіональної транспортної безпеки і сталого розвитку в умовах прогнозованих змін

клімату і довкілля, можна визначити, що більш економічний та екологічно чистий транспорт є ключовим елементом низьковуглецевої економіки. Більш раціональне планування міст дозволяє скоротити потребу в переміщенні на великі відстані між містами проживання, роботи та відпочинку. Перехід від приватних автомобілів до громадського транспорту дозволяє зменшити викиди вуглецю та запобігти заторам на дорогах.

Таким чином, основними засобами стабілізації і зниження температури [74] є такі: стабілізація CO<sub>2</sub>, пов'язана із технологічними і структурними змінами економіки і життєвого укладу (консервація вуглецю, біоенергетика тощо); відмова від викопного палива; енергозбереження й енергоефективність та ін. Важливої уваги потребує розвиток методів контролю і моніторингу викидів, моніторингу стоків на регіональному рівні, а також проблема технологічного переоснащення.

#### **5.2.5. Експертні оцінки ризиків при зміні клімату в Україні**

Протягом 2013–2014 рр. в Україні здійснювався міжнародний проект Climate Forum East [12]. Проект відбувався за підтримки Європейського Союзу (EU), Австрійського агентства з розвитку (ADA), Австрійського червоного хреста (ARC) та Всесвітнього фонду дикої природи (WWF). Загальну координацію проекту здійснювали представники Австрійського червоного хреста. Проект об'єднав дослідників з Armenii, Azerbaydjanu, Грузії, Білорусії, України та Молдови над вивченням проблем зміни клімату на території цих країн, оцінки вразливості та розробленні рекомендаційних адаптаційних заходів до змін клімату.

Оскільки проблеми зміни клімату на території України впливають на велику кількість сфер діяльності громадян, і кожен сферу важко проаналізувати в межах даного проекту, було прийнято рішення обмежити дослідження аналізом та оцінкою вразливості до впливів змін клімату на міста України.

Вразливість урботериторій країни до змін клімату є недостатньо дослідженою, а в містах проживає більша частина громадян України (68%), які піддаватимуться, чи вже піддаються стресам, що спричинені кліматичними впливами, дослідження впливу зміни клімату на міста є актуальним.

О. Шевченко, О. Власюк, І. Ставчук, М. Ваколюк, О. Ільш, А. Рожкова, які увійшли в робочу групу громадських організацій зі зміни клімату (РГ НУО ЗК), здійснили дослідження, результати якого опубліковано у виданні "Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна" [16]. Робота ґрунтується на великій кількості статистичної інформації про зміну кліматичних показників на території України, які

були підготовлені та надані к. геогр. н., зав. відділом синоптичної метеорології Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС НАНУ В. Балабух. Враховано міжнародний досвід адаптації до кліматичних змін у містах. При підготовці роботи були використані міжнародні доповіді, наприклад — “Міста та зміна клімату: направлення стратегії. Глобальна доповідь про населені пункти 2011 року”<sup>2</sup>, аналітичні матеріали, наприклад — “Досвід Європейського Союзу в адаптації до зміни клімату та застосування його в Україні”<sup>3</sup>.

Публікація включає велику кількість матеріалів та результатів експертних оцінок, що були отримані за результатами регіональних семінарів “Підтримка регіональних зусиль з розробки регіональних планів заходів з адаптації до зміни клімату”, що проходили у містах Тернопіль, Полтава, Донецьк, та відбулися за сприяння Державного агентства екологічних інвестицій України і за фінансової і організаційної підтримки Фонду ім. Фрідріха Еберта в Україні та Білорусії. Представники місцевих та обласних органів влади, фахівці науково-дослідних установ, гідрометеорологічних та громадських організацій, обласних екологічних управлінь та інші спеціалісти були залучені до оцінки та обговорення вразливості міст до кліматичних змін.

Сім груп індикаторів [16] були розроблені для оцінки вразливості міст до негативних наслідків кліматичних змін. Це групи індикаторів для оцінки вразливості міста до теплового стресу, до підтоплення, до стихійних гідрометеорологічних явищ, до погіршення якості та зменшення кількості питної води, до зростання кількості інфекційних та алергійних проявів, індикатори для оцінки вразливості міських зелених зон та остання група індикаторів для оцінки вразливості енергетичних систем міста.

Використання індикаторів, що згадані вище, за розробленою методикою із застосуванням оціночних форм, що наведені в дослідженні [16], дає змогу визначити, яких наслідків слід очікувати у місті в результаті кліматичних змін, та встановити для яких із них необхідно розробляти заходи з адаптації в першу чергу. Методика була апробована у містах Тернопіль, Полтава, Донецьк, які знаходяться в типових ландшафтно-кліматичних зонах України: Лісостепі та Степі. Дослідження кожного окремого міста, вимагає індивідуального підходу до оцінки його кліматичної вразливості. Крім того, що міста знаходяться в різних природно-кліматичних зонах, вони ще й є унікальними за своїм територіальним плануванням, економічним та соціальним розвитком.

#### *Наведемо результати дослідження для міст.*

За розробленою методикою була здійснена оцінка вразливості міста Тернополя до зміни клімату, з врахуванням результатів державного семінару “Підтримка регіональних зусиль з розробки регіональних планів заходів з адаптації до зміни клімату”, що відбувся 12–13 вересня 2013 р. в м. Тернопіль. В обговоренні індикаторів вразливості Тернополя до зміни клімату та в здійсненні попередньої оцінки брали участь представники обласної державної адміністрації, обласного управління водних ресурсів, обласного управління сільського господарства, обласного управління лісового та мисливського господарства, обласного гідрометеорологічного центру, науково-дослідних установ, експерти [16]. Було встановлено, що Тернопіль є найбільш вразливим до підтоплення (16 балів), до стихійних гідрометеорологічних явищ (14 балів). Причиною цього є наявність великих водних об'єктів на території міста, неглибоке залягання ґрунтових вод, а також зношеність каналізаційної та зливової систем. Велику небезпеку становлять паводки в місті. Існують прояви водної ерозії, на схилах р. Серет спостерігаються прояви зсувів. Різкі перепади температури призводять до погіршення стану дорожнього покриття в місті. “Чутливість енергетичних систем міста” і “Зростання кількості інфекційних захворювань та алергійних проявів”, — набрали однакової кількості балів (по 10). Відсутність у місті автономних джерел енергії (традиційних та альтернативних) робить критичною ситуацію в місті на випадок аварійних ситуацій (аномальні зливи, пориви вітру). Зростання кількості днів з ожеледдю призводить до зростання випадків аварій у зв'язку із намерзанням на лініях електропередач, що спричиняє знеструмлення будинків та районів міста. Зношеність основних фондів, зростання швидкості вітру та температури додатково навантажує енергетичну систему міста [16].

За віковою структурою міста у Тернополі переважає кількість населення у працездатному віці — 65,7%, що не є чутливим до зміни клімату. Проте, значна частка населення все ж є чутливою до різких перепадів та високих температур. Група “Вразливість до погіршення якості та зменшення кількості питної води” сумарно отримала 8 балів. Результати проведеної оцінки показали, що місто не є дуже вразливим до теплового стресу (ця група індикаторів набрала 7 балів). Тернопільський став, розташований на території міста, крім рекреаційної функції, здійснює ще й екологічну — справляє суттєвий охолоджуючий ефект на мікроклімат міста. Найменш вразливими є зелені зони міста (6 балів).

<sup>2</sup> Города и изменение климата. Глобальный доклад о населенных пунктах 2011 года // Программа ООН по населенным пунктам [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [www.unhabitat.org/pmss/getElectronicVersion.aspx?nr=3101&alt=1](http://www.unhabitat.org/pmss/getElectronicVersion.aspx?nr=3101&alt=1), та/або <https://www.google.com.ua/>.

<sup>3</sup> Ерік Е. Массей. Досвід Європейського Союзу в адаптації до зміни клімату та застосування його в Україні // Проект “Сценарії зміни клімату та безпеки в регіоні Східної Європи”, ОБСЄ в рамках міжнародної ініціативи “Довкілля та безпека” — 36 ст., 2012. [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://www.osce.org/uk/eea/93311>.

Це пояснюється наявністю в місті великої кількості об'єктів природно-заповідного фонду.

Можна зробити висновки, що розроблена методика визначення вразливості міст до наслідків глобального потепління допомагає встановити, які заходи з адаптації слід проводити на місцях — інженерно-технічні, будівельно-архітектурні, економічні, заходи санітарно-медичного напрямку, заходи організаційного характеру чи інші заходи. Адаптація до зміни клімату в місті потребує комплексного підходу та виконання заходів на різних рівнях. Для окремих негативних наслідків зміни клімату, важливо розробити систему моніторингу, або раннього оповіщення населення, або управління ризиком. Це дасть змогу, принаймні, частково мінімізувати збитки, спричинені метеорологічними чинниками. А при формуванні загальноміського плану адаптації міста до зміни клімату, слід звернути увагу, що є заходи, які допомагають послабити відразу кілька негативних наслідків кліматичної зміни, а отже, їх впровадження буде найбільш ефективним для адаптації міста.

### Висновки

В майбутньому на території країни продовжуватиметься зростання температури повітря та відбуватиметься зміна кількості та характеру опадів протягом року. Потенційними негативними наслідками зміни клімату, що можуть проявлятися в містах України є тепловий стрес, підтоплення та, як наслідок — ускладнення пересування містом, скорочення площ зелених зон та насаджень, порушення видового складу зелених зон міста, посилення стихійних гідрометеорологічних явищ, зростання кількості захворюваностей (зокрема кількості інфекційних захворювань та алергійних проявів), порушення нормального функціонування енергетичних та транспортних систем міст. Оскільки територія України характеризується широким спектром фізико-географічних умов. Відповідно й наслідки зміни клімату для різних регіонів будуть суттєво відрізнятися.

Плануючи заходи з адаптації, варто пам'ятати, що масштаб та інтенсивність негативних наслідків від зміни клімату залежить від обсягу парникових газів, що продукується людською діяльністю. Тому на рівні країни і міста необхідно скорочувати викиди парникових газів для пом'якшення зміни клімату і полегшення адаптації до невідворотних наслідків [16].

### Література до розділу 5

1. Александров П. С. Введение в теорию множеств и общую топологию / П. С. Александров — М.: Наука, 1977. — 370 с.
2. Бунь Р. А. Інформаційні технології інвентаризації парникових газів та прогнозування вуглецевого балансу України / Р. А. Бунь [та ін.]. — Львів: Укр. акад. друкарства, 2004. — 376 с.
3. Изменения земных систем в Восточной Европе / отв. ред. В. И. Лялько. — К.: Фолиант, 2010. — 582 с.
4. Като Т. Теория возмущений линейных операторов. / Т. Като — М.: Мир, 1972. — 420 с.
5. Костюченко Ю. В. Використання даних супутникових спостережень для оцінки регіональних гідролого-гідрогеологічних ризиків / Ю. В. Костюченко [та ін.]. // Космічна наука і технологія. — 2011. — Т.17, № 6. — С. 19–29.
6. Костюченко Ю. В. Методика комплексної оцінки ризиків ландшафтних пожеж за даними супутникових спостережень / Ю. В. Костюченко [та ін.]. // Космічна наука і технологія. — 2011. — Т.17, № 6. — С. 30–44.
7. Костюченко Ю. В. Оцінка стану безпеки територій за даними статистичного аналізу розподілів надзвичайних ситуацій / Ю. В. Костюченко, Д. М. Мовчан, М. В. Ющенко // Комплексне моделювання управління безпечним використанням продовольчих, водних і енергетичних ресурсів з метою сталого соціального, економічного і екологічного розвитку. — К., 2013. — С. 54–63.
8. Кузик С. П. Економічна і соціальна географія світу: навч. посіб. для студентів географічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / С. П. Кузик, О. І. Шаблій, М. Книш — Львів: Світ, 2005.— 672 с.
9. Лялько В. І. Аналіз невизначеностей в задачах оцінки кліматичних змін на регіональному рівні за даними супутникових спостережень парникових газів / В. І. Лялько [та ін.]. // Космічна наука і технологія. — 2013. — Т. 19, № 6. — С. 18–26.
10. Лялько В. І. Дослідження впливу змін CO<sub>2</sub> та CH<sub>4</sub> в атмосфері на клімат за матеріалами космічних зйомок / В. І. Лялько [та ін.]. // Геол. журн. — 2007. — № 4 (321). — С. 7–16.
11. Лялько В. І. Контроль параметрів динаміки регіональної рослинності на основі даних ДЗЗ з метою підвищення ефективності довгострокового управління гідролого-гідрогеологічними ризиками / В. І. Лялько [та ін.]. // Геоінформатика. — 2012. — №1 (41). — С. 1–7.
12. Офіційний веб-сайт проекту Climate Forum East. Червоний хрест., 2013–2014 рр. [Електронний ресурс] // — Режим доступу: [www.climateforumeast.org](http://www.climateforumeast.org). — Назва з екрану.
13. Пытьев Ю. П. Задачи редукции в экспериментальных исследованиях / Ю. П. Пытьев // Матем. сб. — 1983. — Т. 120 (162). — № 2. — С. 240–272.
14. Пытьев Ю. П. Математические методы интерпретации эксперимента: Учеб. Пособие для вузов. / Ю. П. Пытьев — М.: Высш. шк., 1989. — 351 с.
15. П'яте національне повідомлення України з питань зміни клімату / Міністерство охорони навколишнього природного середовища. — К., 2009. — 282 с.
16. Шевченко О., Власюк О., Ставчук І, Ваколюк М., Ільях О., Рожкова А. “Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна” — Кліматичний форум східного партнерства, Робоча група громадських організацій зі зміни клімату, 2014. [Електронний ресурс]. — Режим досту-

- пу: [http://climategroup.org.ua/wp-content/uploads/2014/07/ukraine\\_cc\\_vulnerability.pdf](http://climategroup.org.ua/wp-content/uploads/2014/07/ukraine_cc_vulnerability.pdf). — Назва з екрану.
17. Энгелькинг Р. Общая топология: пер.с англ. / Р. Энгелькинг — М.: Мир, 1986. — 752 с.
  18. Aoki M. Optimization of stochastic systems: topics in discrete-time systems. / M. Aoki — New York; London, 1967. — 424 p.
  19. Arnold B. C. Pareto Distributions. / B. C. Arnold. — International Co-operative Publishing House, 1983. — 216 p.
  20. Boardman J. M. Homotopy invariant algebraic structures on topological spaces. / J. M. Boardman., R. M. Vogt. — Springer-Verlag, Berlin, 1973. — 407 p.
  21. Bradley B. O. Financial Risk and Heavy Tails // in Handbook of Heavy Tailed Distributions in Finance (Ed. S.T. Rachev) / B. O. Bradley and M. S. Taqqu. — Elsevier / North-Holland, 2003.
  22. Buhlmann H. Mathematical Methods in Risk Theory. / H. Buhlmann — Springer-Verlag; Berlin, 1970. — 214 p.
  23. Chen S. X. Nonparametric Estimation of Copula Functions For Dependence Modeling / S. X. Chen and T. Huang // Technical Report, Department of Statistics, Iowa State University, Ames, IA 50011-2008, USA. — 2010. — 20 p.
  24. Cherubini U., Luciano E., and Vecchiato W. 2004, Copula Methods in Finance. — New York: JohnWiley.
  25. Christianini N., Shawe-Taylor J. An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-Based Learning Methods. / N. Christianini, J. Shawe-Taylor. — Cambridge University Press, UK, 2000. — 212 p.
  26. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Eds. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden and C. E. Hanson). — IPCC: Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2007. — 987 p.
  27. Cowpertwait P.S.P. A generalized spatial-temporal model of rainfall based on a clustered point process / Cowpertwait P.S.P. // Proc. R. Soc. Lond. Ser. A. — 1995. — Vol. 450. — P. 163–175.
  28. Dowd K. Copulas and Coherence / K. Dowd // Journal of Portfolio Management. № 31. — 2005. — P. 123–127.
  29. Dupuis, D. J. Effects of Mis-Specification in Bivariate Extreme Value Problems — D. J. Dupuis, and J. A. Tawn // Extremes. — 2001. — Vol. 4(4). — P. 315–330.
  30. Embrechts P. Modelling Dependence with Copulas and Applications to Risk Management / P. Embrechts, F. Lindskog and A. McNeil // Handbook of Heavy Tailed Distributions in Finance (Ed. S. Rachev). — Elsevier, 2003. — P. 329–384.
  31. Ermoliev Y. Global Changes: Facets of Robust Decisions / Y. Ermoliev, L. Hordijk // K. Marti, Y. Ermoliev, M. Makowski, G. Pflug (Eds.): Coping with Uncertainty, Modeling and Policy Issues. — Springer-Verlag, Berlin, Germany, 2006. — P. 4–28.
  32. Ermoliev Yuri, Winterfeldt Detlof von, Risk Security and Robust Solutions // IIASA Interim Report, IR-10-013, 2010, IIASA. — 41 p.
  33. Final Report of the Defense Science Board Task Force on the Department of Defense Biological Safety and Security Program. — U.S. Defense Science Board, 2009. — 93 p.
  34. Fowler H J. Modeling the impacts of climatic change and variability on the reliability, resilience and vulnerability of a water resource system / H. J. Fowler, C. G. Kilsby, P. E. O'Connell // Water Resour. Res. — 2003. Vol. 39. — P. 1222.
  35. Frees, E. W. Understanding Relationships Using Copulas / E. W. Frees, and E. A. Valdez // North American Actuarial Journal. 1998. — № 2. — P. 1–25.
  36. GEA, 2012: Global Energy Assessment — Toward a Sustainable Future. — Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 2012. — 1882 p.
  37. Genest Ch. Discussion of “Understanding Relationships Using Copulas” by Edward Frees and Emiliano Valdez / Ch. Genest, K. Ghoudi and L.-P. Rivest. // North American Actuarial Journal. — 1998. — Vol. 2(3). — P. 143–149.
  38. Global Risks 2014. Ninth Edition. Report of the World Economic Forum, Geneva, REF: 090114, 60 pp. [www.weforum.org/risks](http://www.weforum.org/risks).
  39. Global Water Security: Present to 2025. Intelligence Community Assessment (ICA 2012-08). — U.S. Defense Intelligence Agency, 2012. — 30 p.
  40. Goovaert, M. J. A Unified Approach to Generate Risk Measures. / M. J. Goovaerts, R. Kaas, J. Dhaene and Q. Tang // ASTIN Bulletin 33 (2), Leuven Univ. Press, Leuven, Belgium/ — 2003. — P. 173–191.
  41. Guha-Sapir D. Annual Disaster Statistical Review 2010: The Numbers and Trends. / D. Guha-Sapir, F. Vos, R. Below with S. Ponserre — Brussels: CRED, 2011. — 50 p.
  42. Heo J. / J. Heo, J. S. Park, Y.-S. Song, S. K. Lee, H.-G. Sohn. An integrated methodology for estimation of forest fire-loss using geospatial information // Environ Monit Assess. — 2008. — Vol. 144. — P. 285–299. Doi: 10.1007/s10661-007-9992-8.
  43. IPCC SRES. Special Report on Emissions Scenarios: A special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Eds. Nakićenović, N., and Swart, R. Cambridge University Press, 2000, ISBN 0-521-80081-1, 978-052180081-5 (pb: 0-521-80493-0, 978-052180493-6).
  44. Juri A. Copula convergence Theorems for Tail Events / A. Juri and M. V. Wuthrich // Insurance: Mathematics and Economics. — 2002. Vol. 30 — P. 405–420.
  45. Kalnay E. / E. Kalnay [et al.]. The NCEP /NCAR 40-year reanalysis project // Bull. Amer. Meteor. Soc. — 1996. — Vol. 77. — P. 437–470.
  46. Kanamitsu M. / M. Kanamitsu [et al.]. NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2) // Bull. Amer. Meteor. Soc. — 2002. — Vol. 83. — P. 1631–1643.
  47. Kostyuchenko Yuriy V. Coherent risk measures assessment based on the coupled analysis of multivariate distributions of multisource observation data / Yuriy V. Kostyuchenko, Y. Bilous, I. Kopachevsky, D. Solovyov // Proceedings of 11-th International Probabilistic Workshop. — 2013, Brno. — P. 183–192.
  48. Kostyuchenko Yuriy V. Coupling of satellite observation to



- increase reliability of analysis of socio-ecological consequences of technological disasters / Yuriy V. Kostyuchenko [et al.]. // *Int. J. Reliability and Safety*. — Vol. 6, Nos. 1/2/3. — 2012. — P. 225–241.
49. Kostyuchenko Yu.V. Regional risk analysis based on multisource data statistics of natural disasters / Yu. V. Kostyuchenko, D. M. Movchan, M. V. Yuschenko // *Integrated modeling of food, energy and water security management for sustainable social, economic and environmental developments*. (Eds. Zagorodny A.G., Yermoliev Yu.M.). — Kyiv, 2013. — P. 229–238.
  50. Lawless J. F. Frequentist predictions intervals and predictive distributions / J. F. Lawless, M. Fredette // *Biometrika*. — 2005. — Vol. 92, Issue 3. — P. 529–542.
  51. Lee J.-M. Nonlinear process monitoring using kernel principal component analysis / J.-M. Lee, C. K. Yoo, S. W. Choi, P. A. Vanrolleghem, I.-B. Lee // *Chemical Engineering Science*. — 2004. — Vol. 59. — P. 223–234.
  52. Lloyd C. D. Local models for spatial analysis. / C. D. Lloyd. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2007. — 244 p.
  53. Lomax, K. S. Business failures. Another example of the analysis of failure data / K. S. Lomax // *Journal of the American Statistical Association*. — 1954. — Vol. 49. P. 847–852.
  54. Lyalko Vadim I. Evaluating Vegetation Cover Change Contribution into Greenhouse Effect by Remotely Sensed Data: Case Study for Ukraine / Vadim I. Lyalko [et al.]. // *Regional Aspects of Climate-Terrestrial-Hydrologic Interactions in Non-boreal Eastern Europe* (Ed. Groisman Pavel Ya. and Ivanov Sergiy V. Published by Springer in cooperation with NATO Public Diplomacy Division, 2009. — P. 157–164.
  55. Manolakos I. E. Temperature field modeling and simulation of wireless sensor network behavior during a spreading wildfire / E. Manolakos I., D. Manatakis I. and G. Xanthopoulos // *Proc. of 16th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2008)*, Lausanne, Switzerland, August 25–29, 2008, 5 pp.
  56. Marti K., Ermoliev Y., Makowsk, M., Pflug G. (Eds.), *Coping with uncertainty: Modeling and policy issue*. — Springer Verlag, Berlin, New York, 2010.
  57. Mika S. Kernel PCA and de-noising in feature spaces / Mika S. [et al.]. // *Advances in Neural Information Processing Systems* 11. — 1999. — P. 536–542.
  58. Mudelsee M. On the estimation of trends in the frequency of extreme weather and climate events / M. Mudelsee [et al.]. (Eds.). *Wissenschaftliche Mitteilungen, Institut für Meteorologie der Universität Leipzig, Institut für Troposphärenforschung e. V. Leipzig, Leipzig*. — 2001. — Vol. 22. — P. 78–88.
  59. National greenhouse gas inventory data for the period 1990–2007 // UN GE.09-64266, FCCC/SBI/2009/12, 27 p.
  60. National report “On Technogenic and Natural Security in Ukraine in 2009”. — Kiev, 2010. — 252 p.
  61. Pastor E. Mathematical models and calculation systems for the study of wildland fire behaviour / E. Pastor, L. Za’rate, E. Planas, J. Arnaldos // *Progress in Energy and Combustion Science*. — 2003. Vol. 29. — P. 139–153.
  62. Rachev S. Stable Expected Tail Loss (ETL) Optimal Portfolios & Extreme Risk Management / S. Rachev, R. D. Martin, B. Racheva, S. Stoyanov. — *Fin Analytica Foundation Paper*, 2009. — 34 p.
  63. Rachev S., Menn C. and Fabozzi F. J. *Fat Tailed and Skewed Asset Return Distributions: Implications for Risk*, Wiley-Finance, 2005.
  64. Romdhani S. A multi-view nonlinear active shape model using kernel PCA / S. Romdhani, S. Gong, A. Psarrou // *Proceedings of BMVC, Nottingham, UK*. — 1999. — P. 483–492.
  65. Scheolkopf B. Nonlinear component analysis as a kernel eigenvalue problem / B. Scheolkopf, A. J. Smola, K. Muller // *Neural Computation*. — 1998. — Vol. 10, № 5. — P. 1299–1399.
  66. Schmidt D. F. Universal Models for the Exponential Distribution / D. F. Schmidt and E. Makalic // *IEEE Transactions on Information Theory*. — 2009. — Vol. 55, № 7. — P. 3087–3090. doi:10.1109/TIT.2009.2018331.
  67. Sklar A. Random Variables, Distribution Functions, and Copulas — a Personal Look Backward and Forward / A. Sklar // *Ruschendorff et. al. (Eds.) Distributions with Fixed Marginals and Related Topics*. — Institute of Mathematical Sciences, Hayward, CA, 1996.
  68. *Strategic Implications of Global Health. (ICA 2008-10D)*. — U.S. Defense Intelligence Agency DIA/National Center for Medical Intelligence, and the National Counterproliferation Center, 2008. — 60 p.
  69. The World Bank. *Global Economic Prospects January 2013: Assuring growth over the medium term*. — Washington, DC: World Bank, 2013. — Vol. 6. — 178 p.
  70. *Trends and Implications of Climate Change for National and International Security: Report of U.S. Defense Science Board*. — 2011. — 175 p.
  71. Venter, G. G. Tails of Copulas / G. G. Venter // *Proceedings of the Casualty Actuarial Society*. — 2002. — Vol. 89. — P. 68–113.
  72. Villez K. Combining multiway principal component analysis (MPCA) and clustering for efficient data mining of historical data sets of SBR processes / K. Villez [et al.]. // *Water Science & Technology*. — 2008. — Vol. 57, № 10. — P. 1659–1666.
  73. Wang X. A Comparison of Breeding and Ensemble Transform Kalman Filter Ensemble Forecast Schemes / X. Wang, C. H. Bishop // *Journal of the Atmospheric Sciences*. — Vol. 60. — 2003. — P. 1140–1158.
  74. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report *Climate Change 2013: The Physical Science Basis* (Eds. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden and C. E. Hanson). — IPCC: Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2013. — 867 p.