



**Стан оцінювання загроз та адаптаційних
заходів у лісовому господарстві України у
зв'язку зі зміною клімату**

Ігор Букша

Київ, грудень 2022



About the Project “Sustainable Forestry Implementation” (SFI)

The project “Technical Support to Forest Policy Development and National Forest Inventory Implementation” (SFI) is a project established in the framework of the Bilateral Cooperation Program (BCP) of the Federal Ministry of Food and Agriculture of Germany (BMEL) with the Ministry of Environment and Natural Resources of Ukraine (MENR). It is a continuation of activities started in the forest sector within the German-Ukrainian Agriculture Policy Dialogue (APD) forestry component.

The Project is implemented based on an agreement between GFA Group, the general authorized executor of BMEL, and the State Forest Resources Agency of Ukraine (SFRA) since October 2021. On behalf of GFA Group, the executing agencies - Unique land use GmbH and IAK Agrar Consulting GmbH - are in charge of the implementation jointly with SFRA.

The project aims to support sustainable forest management in Ukraine and has a working focus on the results in the Forest Policy and National Forest Inventory.

Author

Ihor Buksha, forestry expert

Disclaimer

This paper is published with assistance of SFI but under the solely responsibility of the author Ihor Buksha under the umbrella of the Sustainable Forestry Implementation (SFI). The whole content, particularly views, presented results, conclusions, suggestions or recommendations mentioned therein belong to the author and do not necessarily coincide with SFI's positions.

Contacts

Troitska Str. 22-24,
Irpin, Kyiv region
+38 (067) 964 77 02

Зміст

Вступ	4
1. ПРОЕКТИ ТА ІНІЦІАТИВИ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ЛІСИ УКРАЇНИ.....	5
2. УСТАНОВИ, ЯКІ ПРАЦЮЮТЬ В УКРАЇНІ НАД ПРОГНОЗУВАННЯМ МАЙБУТНЬОГО КЛІМАТУ.....	21
ВИСНОВКИ.....	22
ДОДАТОК А. ІНФОРМАЦІЯ ЩОДО ПРОЕКТІВ ТА ІНІЦІАТИВ З ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ЛІСИ І РОЗРОБЛЕННЯ АДАПТАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ.....	24
ЛІТЕРАТУРА.....	37

Вступ

Зміна клімату сьогодні визнається як одна з головних глобальних загроз, яка впливає і в майбутньому очікувано буде збільшувати свій вплив на лісові екосистеми. Кліматичні ресурси значною мірою зумовлюють функціонування, ріст, розвиток, стан і продуктивність лісових екосистем, тому знання щодо впливу клімату на ліси та прогнозування динаміки кліматичних показників має складати основу стратегій розвитку лісового господарства на місцевому та регіональному рівнях. Належна оцінка та прогнозування уразливості лісів до зміни клімату є ключовою передумовою для розробки відповідних адаптаційних заходів, спрямованих на мінімізацію негативного впливу зміни клімату на лісові насадження.

Цей звіт містить короткий огляд стану справ в Україні щодо оцінювання загроз для лісів внаслідок зміни клімату та розроблення адаптаційних заходів у лісовому господарстві України.

1. Проекти та ініціативи щодо оцінювання впливу зміни клімату на ліси України

Дослідження впливу зміни клімату на ліси України розпочалися у 90-х роках минулого століття науковцями Українського науково-дослідного інституту лісового господарства і агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького (УкрНДІЛГА). Роботи були започатковані в рамках міжнародного співробітництва за програмою США з дослідження впливу зміни клімату на країни, що розвиваються та країни з перехідною економікою (US Country Studies Program), в якій брали участь 55 країн з різних континентів [15].

Загальний підхід для проведення оцінок впливу зміни клімату ґрунтувався на наступних кроках: 1) визначення обсягу процесу оцінки, 2) вибір сценаріїв, 3) проведення біофізичної та економічної оцінки впливу, 4) інтеграція результатів оцінки впливу, 5) аналіз політики та програм адаптації, 6) документування і представлення результатів для осіб, які приймають рішення [21].

Інструментарій для оцінювання ефектів впливу зміни клімату на кліматично чутливі сектори економіки (зокрема – на лісовий сектор) включав визначення базового соціо-економічного тренду, розробку сценаріїв зміни клімату на основі глобальних циркуляційних моделей (GCM), застосування класифікаційної моделі життєвих зон Холдріджа та GAP-моделей розвитку лісової рослинності [5]. Вказаний інструментарій дозволив оцінити загальні тенденції біофізичного впливу зміни клімату на ліси України і виявив обмеження при його застосуванні, які пов'язані з низькою роздільною здатністю глобальних моделей та їх слабкою спроможністю враховувати вплив антропогенних чинників на лісові насадження, зокрема – наслідки проведення лісгосподарських заходів [20]. Базовою інформацією щодо показників лісового фонду України слугували дані ВО «Укрдержліспроект» станом на 01.01.1996 року.

Вплив зміни клімату на ліси України та наслідки застосування різних стратегій ведення лісового господарства оцінювався з допомогою методів сценарного аналізу в рамках міжнародного проекту SCEFORMA – “Scenario analysis and prognosis of forest condition dynamics in the condition of anthropogenic changes of environment”. Дослідження проводилися за допомогою широкомасштабної сценарної моделі лісового господарства «EFISCEN», в основі якої лежить матричний генератор. Стан лісу характеризується розподілом площ насаджень за класами віку і запасу, кількість і величина класів визначаються в залежності від характеристики насаджень даного типу лісу. Динаміка росту моделюється переходом площ у вищі класи віку і запасу, рубки головного користування і лісовідновні рубки включено до моделі як ймовірність їх проведення. Рубки догляду та інші вибіркові рубки моделюються, як пересування тієї площі насаджень, яка пройдена рубками, на клас запасу вниз. Модель базується на трьох групах показників:

1. Розподіл площ насаджень за класами віку і запасу.

2. Динаміка росту, як процент приросту за 5- річний період.

3. Параметри, які описують режим ведення господарства.

Результати моделювання та прогнозування до 2050 року показали, що незбалансована вікова структура лісового фонду України та процеси природного старіння лісів в умовах впливу зміни клімату на лісові фітоценози призведуть в подальші роки до погіршення стану лісів, зниження приросту біомаси та зменшення обсягів поглинання парникових газів. Застосування принципів адаптивного ведення лісового господарства, перехід до диференційованих віків стиглості та розширення площ застосування вибіркового рубок буде сприяти підвищенню стійкості та продуктивності лісостанів [22,6].

Потенціал лісового господарства України щодо зменшення ризику зміни клімату оцінювався в рамках Україно-Американської Ініціативи з питань зміни клімату. Результати досліджень засвідчили позитивний вплив на динаміку поглинання вуглецю цілеспрямованих лісогосподарських заходів з підтримки депонування вуглецю на лісовкритих площах та збільшення обсягів депонування вуглецю при лісорозведенні [4,10].

За сприяння FAO в Україні проводилися дослідження впливу зміни клімату на лісові екосистеми, які узагальнили результати сценарного аналізу і прогнозування обсягів лісокористування за різних сценаріїв зміни клімату та визначили напрями адаптаційних заходів для лісового господарства і встановили перспективи наукових досліджень з питань зміни клімату і лісоуправління [2,16].

У співпраці з Глобальним Водним Партнерством (GWP) у рамках програми інтегрованого управління посухами проводились дослідження впливу посух на ліси східної України (Луганська, Харківська та Сумська області). За результатами оцінювання та прогнозування впливу змін клімату на стан лісів у східній частині України запропоновані комплексні заходи з адаптації ведення лісового господарства з урахуванням регіональних особливостей лісів.

Приклад адаптаційних заходів, підготовлених у пілотному дослідженні в рамках співпраці з програмою Глобального водного партнерства «Інтегроване управління в умовах посилення посушливості клімату» GWP IDMP – диференційний підхід до розроблення системи адаптаційних заходів у лісовому господарстві на основі виділення зон різної вразливості лісів східної України [17]: Зона А – зона найбільшої вразливості для лісової рослинності: в сучасних умовах відповідає посушливому клімату південного степу (наприклад – Херсонська область); Зона В – зона високої вразливості для лісової рослинності: у сучасних умовах відповідає кліматичним умовам степу; Зона С – Зона помірної вразливості: у сучасних умовах відповідає кліматичним умовам лісостепу. Напрямки адаптації та пом'якшення негативного впливу зміни клімату на ліси повинні передбачати такі заходи (з урахуванням типологічних особливостей лісового фонду):

- Збереження та формування складних за структурою і породним складом різновікових лісів.
- Захист лісів на територіях, де існує загроза знеліснення, шляхом проведення лісогосподарської діяльності, яка сприятиме збереженню лісового середовища.
- Реконструкція, збереження та системне доповнення існуючих полезахисних лісосмуг та інших захисних елементів агролісових ландшафтів, базуючись на розумінні зональної специфіки їх просторової і параметричної структури. .
- Розширення використання посухостійких деревних порід, придатних для лісорозведення у напівпосушливих умовах.
- Збереження існуючого генофонду аборигенних видів дерев та чагарників за допомогою проведення відповідних лісівничих заходів.
- Використання та адаптація кращих практик сталого ведення лісового господарства в умовах змін клімату та обмін досвідом з країнами, в яких є великі площі лісів, що зростають у посушливих умовах (Болгарія, Румунія, Греція, Ізраїль, Туреччина та ін.).
- Розбудова та удосконалення системи моніторингу лісових і захисних насаджень - запровадження комплексної програми національної інвентаризації та моніторингу лісів і агролісомеліоративних насаджень.
- Розробка національних та регіональних програм щодо запобігання лісових пожеж, розробка системи моніторингу раннього виявлення та оповіщення про лісові пожежі.
- Забезпечення спеціальними наземними та повітряними технологіями для моніторингу та боротьби із лісовими пожежами.
- Удосконалення комплексної системи виявлення пошкоджень лісів та їх захисту від несприятливого впливу біотичних і абіотичних чинників.
- Створення насінневих банків для збереження насіння аборигенних деревних порід та чагарників, придатних для лісорозведення у напівпосушливих умовах.
- Створення орієнтованої на кліматичні зміни системи захисних і еталонних лісових ділянок і впровадження відповідних режимів ведення лісового господарства в них.
- Залучення механізмів фінансування діяльності із збільшення стійкості лісів до змін клімату.

Спираючись на методичні підходи US Country Studies Program, науковці УкрНДІАГА удосконалили методи оцінки уразливості лісів України в умовах зміни клімату на основі використання лісотипологічної моделі класифікації клімату професора Воробйова Д.В. [23, **Error! Reference source not found.**]. Ця модель ґрунтується на українській класифікації типів лісорослинних умов, яка покладена в основу планування лісогосподарських заходів та організації ведення лісового господарства в Україні. Лісотипологічна модель класифікації клімату професора Воробйова Д.В. враховує провідні

кліматичні фактори – наявність вологості і тепла, які мають вирішальне значення для росту і розвитку лісової рослинності. Ця модель описує зв'язки між лісовими класифікаційно-типологічними одиницями та кліматом, що проявляється в наступному:

- формування типів лісової ділянки при однорідних ґрунтоутворюючих породах і формах рельєфу визначається дією вологи і тепла;
- у межах одного типу лісової ділянки утворення типів лісу пов'язано також з континентальністю клімату;
- у межах одного типу лісу продуктивність типів деревостану безпосередньо пов'язана з кількістю тепла.

Аналіз вказаних зв'язків дозволив Д.В. Воробйову розробити класифікацію кліматів, як складову лісотипологічної класифікації порід із класифікацією едафічних умов [7]. При цьому аналіз впливу найважливіших факторів клімату – тепла і вологи на різноманіття лісів стосується одночасно ґрунтової родючості (утворення типів лісової ділянки), складу насаджень (типів лісу) та продуктивності (типів деревостану). У результаті кожний тип лісової ділянки едафічної сітки отримує кількісну оцінку: T – показник тепла, W – показник вологості клімату, A – показник континентальності клімату. Показники клімату T , W , A обчислюються за даними найближчих метеостанцій: T – сума позитивних місячних температур; W – показник вологості клімату, який визначається за формулою: $W = P/T - 0,0286 \cdot T$, де P – сума опадів за теплий період року; A – показник континентальності – різниця між температурою найбільш теплого і найбільш холодного місяців року. Величина ступенів, за якими розділяються клімати, отже, тропіки і гіротики, прийнята за показником $T = 20^\circ$ і $W = 1,4$. Ці показники клімату виражають кількісний зв'язок між ними та едафопом.

Лісотипологічна класифікація кліматів дає змогу за середньомісячними даними опадів і температури прогнозувати типи лісової ділянки і ґрунто-топографічні умови їх можливого формування. Шляхом поєднання едафічної і кліматичної схем класифікації (ґрунтових і кліматичних умов) сформована класифікаційна едафо-кліматична сітка, яка виражає об'єднаний вплив на поширення і формування типів лісорослинних умов трьох найважливіших факторів лісоутворення: тепла і вологи повітря (кліматичні чинники) та багатства ґрунту (едафічний чинник).

Методологія біоекологічних досліджень впливу зміни клімату на лісові фітоценози базується на тому принципі, що відносно градієнта того чи іншого екологічного фактора кожен вид рослин займає відрізок (амплітуду толерантності) із максимальним, мінімальним і оптимальним значеннями екологічного фактора. Межі амплітуд визначають об'єм багатовимірною простору, який характеризує екологічну нішу виду. Як високі, так і низькі показники екологічних факторів відносно оптимуму негативно впливають на функції організмів і можуть спричинити їх загибель відповідно до правил мінімуму Ю. Лібіха (1841) та максимуму В. Шелфорда (1913). Порогові

значення певного фактора, вище або нижче яких організм існувати не може, називають критичною або кардинальною межею за визначенням Я. Дідуха [9]. Виділяють нижню критичну межу – мінімум і верхню – максимум, інтервал між ними називається зоною екологічної толерантності або амплітуди. В межах цієї зони поведінка біологічної системи змінюється в залежності від інтенсивності прояву екологічного фактора. Як зазначає Д. Циганов [12], безпосередньо біля критичних меж лежать зони песимумів (приблизно по 7-8% від довжини амплітуди толерантності з обох боків, в яких активність виду обмежена, далі, де активність наростає, знаходяться субоптимальні зони (приблизно по 27-28% від довжини амплітуди толерантності між зонами оптимуму і песимуму), а середня зона формує екологічний оптимум, який займає 30% від довжини амплітуди толерантності [8].

Знання діапазону толерантності рослин є необхідним при діагностуванні умов екотопів, прогнозах розвитку популяцій і фітоценозів [1]. Екологічні амплітуди лісових видів за показниками як едафічних, так і кліматичних факторів значно вузьчі порівняно із амплітудами видів інших екогруп (лучних, степових, лучно-болотних). Пояснюється це особливістю лісових екосистем, в яких едифікатори відіграють значну екологічну роль щодо нівелювання контрастності впливу зовнішніх екологічних чинників та підтримання своєрідності умов лісового середовища.

Оптими лісових видів у переважній більшості випадків знаходяться поблизу середніх значень амплітуди толерантності. Кількість видів, які мають оптимуми на краях діапазону толерантності (менш 10% і понад 90% його довжини) є незначною і коливається від 0,1% до 1,2% розміру вибірки. Екологічний оптимум може бути виявлений за такими параметрами рослин, як життєвість, продуктивність, урожайність, біомаса, висота, приріст за висотою чи діаметром, густина, рясність, площа листової поверхні, зімкнутість намету деревостану та проективне покриття трав'янистих рослин, тобто показниками, що досить легко визначаються за допомогою досить простих вимірювань, а деякі із них - візуально.

Для характеристики біоекологічних особливостей рослин у фітоекологічних дослідженнях застосовуються інтегральні шкали екологічних амплітуд видів природної флори по відношенню до різних екологічних (едафічних і кліматичних) факторів. На основі критичного аналізу та уніфікації фітоіндикаційних шкал Д.М. Циганова, Е. Ландольта, Т. Зажицького, Л.Г. Раменського, Г. та Елленберга, професор Я.П. Дідух з колегами розробив шкали екологічних (кліматичних) амплітуд видів природної флори України, у тому числі – лісових порід.

На основі аналізу численних публікацій та власних досліджень професор Я.П. Дідух [19] дав кількісну оцінку кліматопоу, як одному із основних екологічних факторів, що впливає на поширення, стан і продуктивність рослинності. Кліматопо є комплексним екологічним фактором, що поєднує кілька

компонентів. Автор запропонував 4 фітоіндикаційні шкали для компонентів, які характеризують кліматоп:

- Радіаційний баланс (термальний клімат, T_m);
- Аридність або гумідність (омброрежим, O_m);
- Континентальність (континентальний клімат, K_n);
- Суворість зими (кріоклімат, C_r).

Методологія моделювання та оцінювання впливу зміни клімату на лісові фітоценози України з використанням моделей проф. Воробйова та проф. Дідуха детально висвітлена в низці публікацій [18,11,1,13].

Вказана методологія була удосконалена в рамках проекту Європейського Союзу ClimaEast, який серед іншого сприяв проведенню оцінювання впливу зміни клімату на ліси України з використанням лісовпорядної бази даних ВО «Укрдержлісprojekt» станом на 01.01.2010 р. та сценаріїв зміни клімату Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату (IPCC).

У рамках досліджень були проаналізовані різні підходи і моделі, що застосовуються для оцінки уразливості лісів; проаналізовано сценарії прогнозованих змін клімату та з них вибрано найбільш адекватні до умов України; оцінено сучасний стан і вплив зміни клімату на рівнинні ліси України; проведено моделювання впливу майбутніх змін клімату на уразливість рівнинних лісів країни, результати якого представлені у вигляді карт і таблиць, що описують ступені уразливості, ризику і загрози деградації лісів у межах вибраних сценаріїв; і базуючись на міжнародному досвіді і розгляді методів лісового господарства, які мінімізують ризики для стійкості лісових систем у світі, що швидко змінюється, окреслена система лісогосподарських дій, які дозволяють мінімізувати уразливість лісів в рамках переходу до сталого ведення лісового господарства [13].

В якості основного був використаний емісійний сценарій зміни клімату A1B, запропонований у спеціальному звіті SRES MГЕЗК, який за умови продовження поточних тенденцій у світі є найімовірнішим сценарієм подальшого розвитку суспільства за рівнем антропогенного впливу на кліматичну систему планети. Також була проведена його модифікація в напрямку збільшення приземної температури повітря і зменшення кількості опадів на величину довірчого інтервалу, розрахованого за оптимальними для України ансамблями регіональних кліматичних моделей, що дозволило отримати унікальний сценарій A1B+T-P, тобто тепліший та сухіший у порівнянні з базовим A1B. Для оцінки кліматичних впливів на уразливість лісів були визначені біоекологічні характеристики для головних лісотвірних деревних порід рівнинної частини України. Уразливість лісів розглядалась у регіональному аспекті – в межах 5 кліматичних регіонів, однорідних за лісорослинними умовами і подібних за характером очікуваних змін кліматичних умов.

Було визначено, що вплив зміни клімату на ліси України є різним в залежності від географічного положення у межах країни, геоморфології та рельєфу (гори, рівнини), типів лісу і режиму ведення лісового господарства. Стан і динаміка лісових екосистем є результатом складної взаємодії і взаємної зумовленості впливів, екосистемних відгуків і зворотних зв'язків, а також впливу економічних і соціальних чинників. Трендові зміни основних кліматичних показників (температура повітря, опади) у межах сучасних і очікуваних величин є менш небезпечними, ніж мінливість клімату, частота і суворість екстремальних ситуацій (таких, наприклад, як теплові хвилі чи посухи) та ініційованих ними природних порушень, таких як пожежі чи спалахи шкідників. Найбільш уразливими виявились лісові насадження степу і південного лісостепу, де є високо ймовірна загроза збіднення, деградації і загибелі лісових екосистем на великих територіях. Разом з тим, загроза збільшення уразливості лісів існує і в інших районах, особливо при жорсткіших сценаріях зміни клімату.

Згідно з розробленим МГЕЗК сценарієм А1В у другій половині XXI століття в Україні очікується суттєве потепління та збільшення посушливості клімату. Оцінювання ефектів впливу зміни клімату на лісостани проведено науковцями УкрНДІЛГА спільно з науковцями Міжнародного інституту прикладного системно-го аналізу IIASA (проф. Швиденко А.З.) та Українського гідрометеорологічного інституту (кандидат наук Краковська С.В.) для трьох кліматичних факторів (континентальність, вологість та кріоклімат) за категоріями задовільності умов середовища, що дає можливість оцінювати життєздатність ценопопуляцій лісотвірних порід [1].

Встановлено, що для дуба звичайного та сосни звичайної найбільш критичним (лімітуючим) кліматичним фактором є вологість клімату [3]. Згідно з прогнозом, у період 2080–2100 рр. відбуватиметься значне звуження зони оптимального росту за цим показником для згаданих порід (рис.1, рис.2).

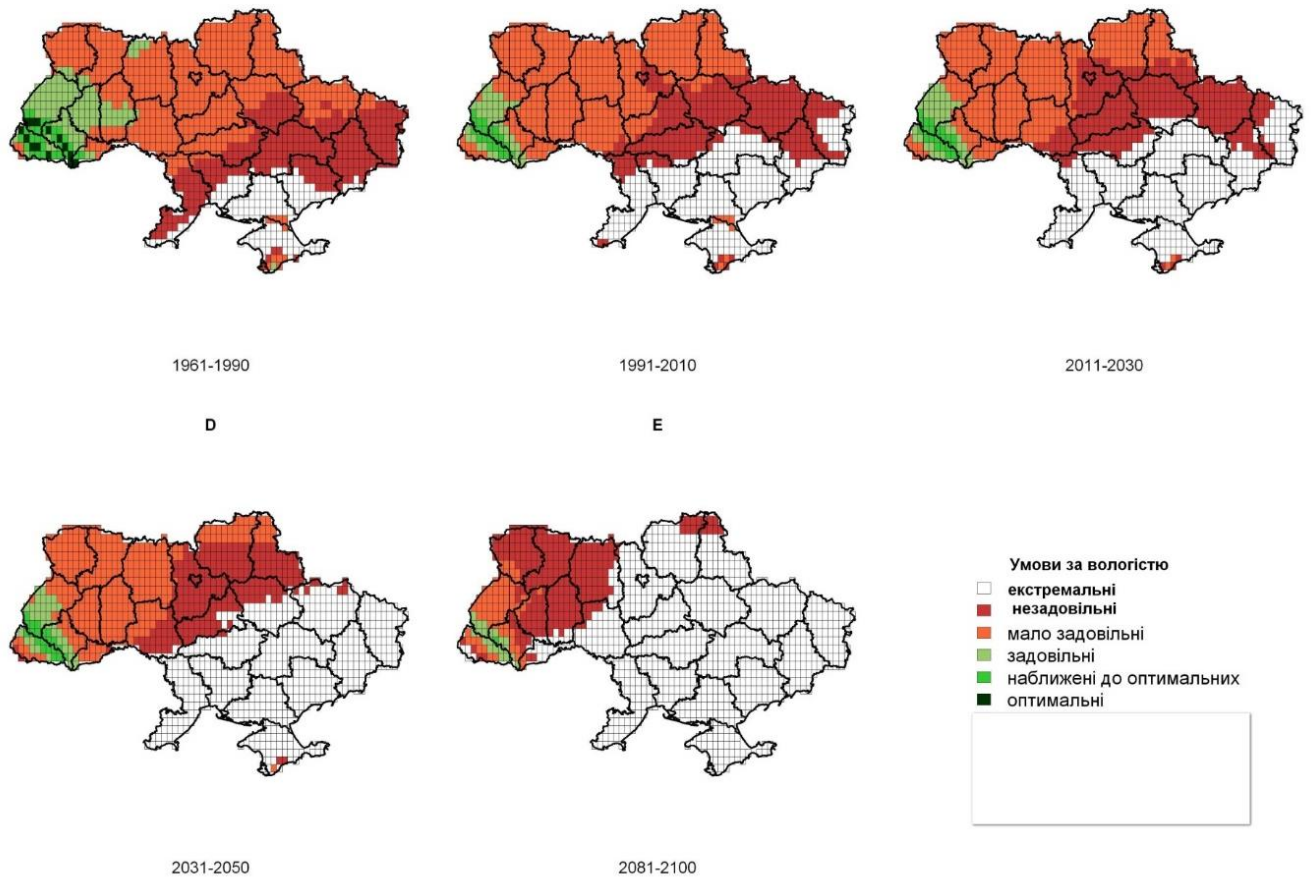


Рис 1. Прогноз динаміки задовільності умов середовища для сосни звичайної за сценарієм зміни клімату МГЕЗК А1В.

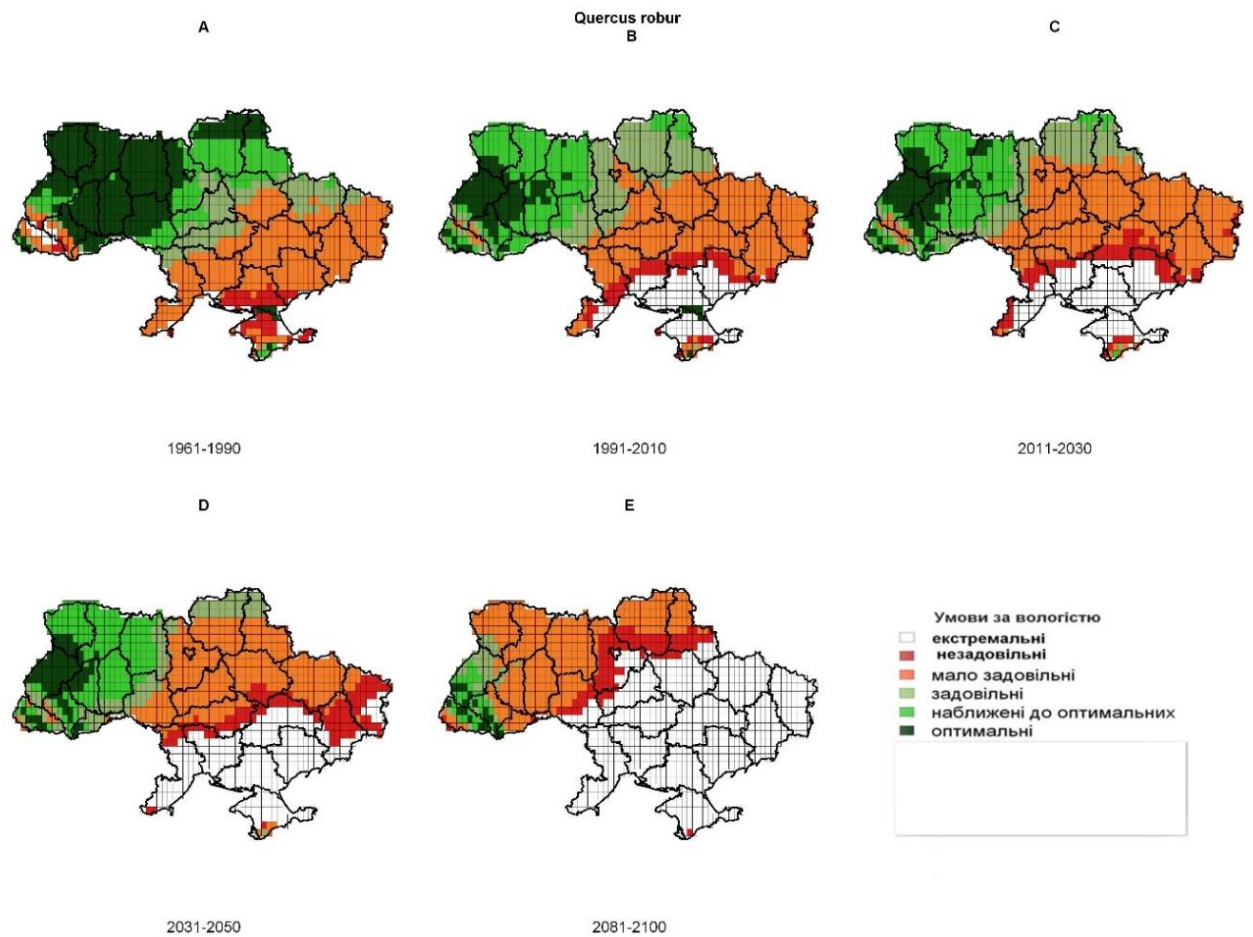


Рис 2. Прогноз динаміки задовільності умов середовища для дуба звичайного за сценарієм зміни клімату МГЕЗК А1В.

Внаслідок зміни клімату до кінця XXI століття очікується поява доволі значних площ із несприятливими умовами для росту досліджених деревних порід та зміна зональних типів рослинності плакорів. У місцях із несприятливими кліматичними умовами прогнозується істотне зменшення продуктивності лісоутворювальних порід, поступова втрата репродуктивної здатності та можливості природного відновлення, порушення циклу сезонного розвитку та навіть онтогенезу, зменшення стійкості до шкідників і хвороб та збільшення загрози виникнення лісових пожеж. Менші зміни у площах території, сприятливої для росту й розвитку лісів, відзначені для дуба звичайного, а більші – для сосни звичайної, що зумовлюється з однієї сторони – очікуваними трендами у зміні клімату, а з іншої сторони – еколого-фізіологічними особливостями вказаних лісових порід, які визначають їх чутливість до проявів зміни клімату [3].

Уразливість лісів може бути суттєво зменшена за рахунок розробки і впровадження стратегій і системи дій, направлених на адаптацію рівнинних лісів України до зміни клімату. Принципово важливою є теза про те, що адаптаційні стратегії мають ґрунтуватися на засадах сталого (невиснажливого) ведення лісового господарства. Базовим імперативом для переходу на засади сталого управління лісами (СУЛ) є розуміння того, що

українські ліси є не просто джерелом важливого відновлюваного природного ресурсу, а одним із головних чинників створення комфортних умов життя нації і захисту навколишнього середовища. Поглиблене вивчення, біофізична і економічна оцінка всієї множини екосистемних функцій і послуг, що надаються лісами, включаючи їх значення в охороні зовнішнього середовища і захисті природних ландшафтів, створюють науковий базис для розуміння суспільством і державою справжньої цінності лісів і практичного втілення СУЛ. Враховуючи надсекторальне значення лісів і їх роль в охороні зовнішнього середовища, видається доцільною термінова розробка на державному рівні лісової стратегії України, яка б слугувала загально-державним базисом для обґрунтування міжсекторальних відношень лісового сектору, регулювання питань земельного покриття на ландшафтній основі та створювала правову основу галузевих рішень, що забезпечують перехід до СУЛ в Україні. Базуючись на результатах проведеного дослідження проекту ClimaEast, обґрунтовуються основні напрями адаптаційних заходів для рівнинних лісів України, спрямованих на зменшення їх уразливості, а також окреслені стратегічні передумови переходу до сталого управління лісами країни в сучасних умовах.

За сприяння Світового Банку (World Bank) в Україні проводився проект «Оцінка наслідків, можливостей та пріоритетів зміни клімату в Україні», в рамках якого було обґрунтовано перелік ключових кліматичних показників для оцінювання впливу на головні лісоутворювальні породи сучасного клімату та кліматичних умов за прогнозованими сценаріями зміни клімату. На основі кліматичних проєкцій EURO-CORDEX проведено розрахунки ключових кліматичних показників для минулих періодів (1961-1990 рр. та 1990-2010 рр.) та для трьох майбутніх часових періодів (2030, 2050, 2080 рр.) за двома сценаріями у розрізі лісогосподарських областей згідно комплексного лісогосподарського районування території України.

Для головних лісотвірних порід удосконалено шкалу оцінки задовільності умов кліматичного середовища – оціночні ступені шкали побудовано з врахуванням зміни приросту за запасом, потенційної продуктивності та класів бонітету лісових насаджень. Для оцінювання кліматичних впливів на ліси розраховано показники біоекологічних характеристик (амплітуд толерантності) 8 головних лісотвірних порід України. З допомогою кросплатформенної ГІС Q-GIS побудовано картографічні моделі динаміки кліматогенних умов росту лісів на території України.

У дослідженні на детальному рівні розглядається вплив зміни клімату на ліси України. Інформація щодо стану лісів країни опрацьована на основі лісовпорядної бази даних, сформованої у виробничому об'єднанні «Укрдержліспроект» для останнього державного обліку лісів України станом на 01.01.2011 року. Оцінки впливу зміни клімату проведені для лісових насаджень 8 головних лісоутворювальних порід: сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), дуба звичайного (*Quercus robur* L.), бука лісового (*Fagus sylvatica* L.), ялини європейської (*Picea abies* (L.) H.Karst.), берези повислої (*Betula*

pendula Roth.), вільхи чорної (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), граба звичайного (*Carpinus betulus* L.) та робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia*). Лісові насадження з домінуванням зазначених головних лісоутворювальних порід в Україні представляють понад 86% земель, вкритих лісовою рослинністю.

Ефекти впливу зміни клімату оцінювалися з допомогою моделей професора Воробйова та академіка Дідуха на основі проєкцій зміни кліматичних показників, зокрема - температури, опадів та низки інших показників для часового проміжку, який охоплює базову кліматичну норму 1961-1990 рр., сучасний клімат 1991-2010 рр. та прогноз до 2100 р.

На основі розрахунків індексів термальності, континентальності, аридності / гумідності та кріоклімату (суворості зим) були проведені розрахунки та побудовані карти сприятливості кліматичних умов для 8 головних лісотвірних порід України. Часові рамки дослідження кліматологічний стандартний період (1961-1990 рр.), сучасний клімат (1991-2010 рр.) та 3 прогностичні періоди (2021-2040, 2041-2060, 2081-2100 рр.) для проєкцій зміни клімату RCP2.6, RCP4.5 та RCP 8.5.

Узагальнення отриманих результатів свідчать про наступне:

Зміни температурного режиму

Дані кліматичних сценаріїв демонструють довготривалий тренд до потепління. У найближчому майбутньому (період 2021-2040 рр.) передбачається збільшення температури відносно базової лінії 2000 року у діапазоні від +0,5 до +1,5 °C. До середини століття (період 2041-2060 рр.) підвищення становитиме від + 1,0 до +2,0 °C за проєкцією RCP 2,6 та від +1,5 до +2,5 °C за проєкцією RCP 8,5, при цьому значення температури за проєкцією RCP 4,5 знаходиться між ними. До кінця століття (період 2081-2100 рр.) відмінності набагато більші, при реалізації проєкції RCP 2.6 вони все ще знаходяться в діапазоні від +1 до +2 °C, тоді як при RCP8.5 вони знаходяться у діапазоні від +4 до +5 °C.

У 2021-2040 рр. за обома проєкціями (RCP 4,5 та RCP 8,5) найбільші відносні зміни середньої температури відносно базового рівня прогнозуються у Карпатах, Поліссі та Лівобережному Лісостепу, а найменші – на півдні України. Аналогічний тренд відносних змін продовжиться і у середині сторіччя (2041-2060 рр.).

Зміни режиму опадів

Прогнозування опадів є більш складним і характеризується високою невизначеністю. При загальному тренді до збільшення річної суми опадів, прогнозується їх перерозподіл за сезонами. В зимові місяці кількість опадів, як правило, збільшується відносно базового рівня на більшій частині країни (крім деяких центральних та південних регіонів). На початку весни спостерігається відносний спад у найближчому майбутньому (період 2020-2040 рр.), особливо за проєкціями RCP 2.6 та RCP 8.5, але не з RCP 4.5. У пізніші періоди

спад опадів на початку весни стає меншим, а у вищих RCP спостерігається відносно їх збільшення. Літні місяці демонструють відносно зниження кількості опадів за всіма проєкціями RCP, особливо при більш песимістичних сценаріях. Зниження кількості опадів протягом вегетаційного періоду посилюється з часом. А в цілому у межах року прогнозується незначне збільшення річної суми опадів. У 2021-2040 рр. найбільші відносні зміни сумарної кількості опадів очікуються у Поліссі та Лісостепу, а найменші – на півдні (у Південному Степу та Гірському Криму). За RCP 8,5 сума опадів поступово зростатиме відносно сучасного рівня у всіх регіонах, максимальні зміни прогнозують на 2081-2100 рр. : на 53,9-92,7 мм (Поліссі, Лісостепу та Гірському Криму).

Основні наслідки впливу зміни клімату на ліси та ключові напрями адаптації

Прогнозовані зміни температури та опадів призведуть до суттєвого збільшення випаровуваності і зменшення вологості клімату. Ефекти впливу зміни клімату, особливо у разі реалізації проєкції RCP 8.5, загалом матимуть негативні наслідки для стану, продуктивності і біорізноманіття існуючої лісової рослинності, тому що стрімкі зміни кліматичних умов можуть зумовити порушення гомеостазу лісових екосистем.

Зважаючи, що середній вік лісових насаджень в Україні становить близько 60 років, адаптаційна спроможність дорослих дерев до швидкої зміни кліматичних умов буде відносно слабкою, оскільки дорослі рослини гірше адаптуються до змін умов середовища порівняно з молодими рослинами.

Менш стрімкі зміни клімату передбачаються у разі реалізації проєкції RCP 4.5, тому і наслідки для лісових насаджень очікуються менш драматичні. Загальні тенденції прогнозованих змін є подібними для обох проєкцій, з зсувом у часі приблизно на 20 років (зміни, які прогнозуються за проєкцією RCP 8.5, у разі реалізації проєкції RCP 4.5 очікуються на 20 років пізніше).

Необхідно мати на увазі, що оцінки впливу зміни клімату на лісову рослинність моделювалися для рівних умов плато, без урахування впливу особливостей рельєфу та ґрунтів на перерозподіл опадів і температурний режим місцевості. Оскільки місцеві умови мають істотний вплив на ріст і стан лісової рослинності, для їх урахування потрібні спеціальні дослідження реакції лісових порід на кліматичні зміни з урахуванням впливу таких факторів, як рельєф, гідрологічні та ґрунтові умови.

Зміни умов росту головних лісоутворювальних порід будуть відбуватися в усіх природних зонах України. В Українських Карпатах зміна клімату призведе до зміни формацій природної рослинності на різних висотах, зокрема зумовить зсув висотних поясів рослинності у висоту та підвищення верхньої межі поширення лісу, а також зумовить зменшення площі поширення ялини та розширення площі бука, як більш теплолюбної породи. В рівнинній частині України прогнозовані зміни клімату спричинять зсув кліматичних зон у північному напрямку - умови для росту лісів у Лісостеповій зоні стануть такими,

як у Степу, а у Степу умови стануть ще більш екстремальними для лісової рослинності. Істотні зміни кліматичних умов очікуються також у зоні мішаних лісів (Полісся).

Майже всі досліджені головні лісоутворювальні породи дерев чутливі до рівня забезпеченості вологістю, який, ймовірно, зменшиться внаслідок перерозподілу режиму опадів, зростання температури повітря і, як наслідок, збільшення евапотранспірації. Трендові зміни основних кліматичних показників (температура та опади) у межах сучасних і очікуваних величин, як правило, є менш небезпечними, ніж швидка мінливість частоти, амплітуди і суворості екстремальних ситуацій, наприклад таких, як теплові хвилі і посухи. Збільшення посушливості клімату та зростання мінливості і екстремальності кліматичних явищ створюватимуть небезпечні стресові умови для лісової рослинності. Прогнозовані темпи та масштаби кліматичних змін на значних територіях можуть перевищувати природну міграційну та адаптаційну здатність зростаючих видів дерев. При цьому найбільш уразливими є ялинові та букові лісостани, для яких площі з умовами, придатними для їх зростання, ймовірно значно зменшаться через зниження вологості клімату. Очікується досить висока ступінь ризику погіршення стану і висихання деревостанів. Останнім часом вже спостерігалось значне погіршення стану ялинових насаджень в Карпатах та на півночі України, яке спричинене поточним збільшенням посушливості клімату.

Зменшення рівня вологості клімату позначиться також і на деревостанах інших лісоутворювальних порід (сосни, дуба, ясеня, берези, вільхи та граба), але масштаби негативного впливу очікуються менші, ніж для ялини та бука. Прогнозовані зміни клімату найменш позначиться на робінії, тому можна очікувати збільшення рівня експансії цієї породи в лісонасадженнях, особливо у центральній частині країни.

Вплив змін клімату на ліси України може проявитися як: зміна типових регіональних едафічних та мікрокліматичних режимів лісових екосистем; зсув меж розповсюдження лісів, заміна типів рослинних формацій; зниження життєздатності лісів, їх стійкості до шкідників та хвороб, висихання лісів; масове розмноження і поширення ентомошкідників і хвороб; поширення фітоінвазій в лісових фітоценозах; зростання кількості і масштабності пожеж; зниження обсягів депонування вуглецю; зниження продуктивності та товарності лісостанів; зміни породного складу лісів; зниження природного біорізноманіття (в першу чергу видів рослин раритетних, ендемічних та тих, що ростуть на межі свого ареалу).

Дані про стан українських лісів за останні десятиліття підтверджують, що згадані зміни клімату вже вплинули на стан лісів у країні. Про це свідчить факт широкомасштабного відмирання ялинових та соснових лісів впродовж останніх років, хвилі висихання дубових та ясеневих насаджень, розширення експансії робінії в лісах.

Зміна клімату є дуже важливим, але не єдиним чинником погіршення майбутнього стану і збільшення уразливості лісів України. Наступним за важливістю є рівень наукового обґрунтування режимів ведення лісового господарства та спроможність до впровадження проактивних управлінських рішень. У відповідь на виклики, пов'язані з впливом зміни клімату на ліси України, уряд має удосконалити законодавчі рамки, розробити національну лісову програму та відповідні практичні керівництва, які враховують регіональні особливості прояву зміни клімату.

Необхідно актуалізувати національну нормативну базу, яка регулює поширення лісового репродуктивного матеріалу, щоб дозволити сприяння міграції та вибору відповідного походження з урахуванням поточного та прогнозованого клімату.

З урахуванням довготермінових прогнозів зміни клімату потрібно розширити часові рамки лісогосподарського планування на регіональному рівні та враховувати міжсекторальну взаємодію при проектуванні заходів з адаптації із залученням усіх зацікавлених сторін (наприклад, при розробленні заходів з підвищення пожежної безпеки у лісах). Пріоритетне значення повинно мати не реагування на проблеми, пов'язані зі зміною клімату, а планування та впровадження заходів щодо їх запобігання. Очікувані порушення стану лісів, що індуковані зміною клімату, зазвичай супроводжуються вторинними порушеннями, такими як спалахи осередків шкідників та хвороб, збільшенням масштабів та частоти лісових пожеж, посилення ерозії ґрунтів тощо. Ризики вторинних порушень мають бути оперативним мінімізовані шляхом швидкої вирубки пошкоджених дерев, контролю розвитку осередків шкідників та хвороб лісу, зменшення кількості лісових горючих матеріалів, та впровадження інших превентивних лісогосподарських заходів.

До ключових напрямків адаптації до зміни клімату в лісовому господарстві доцільно віднести:

- Підтримка перманентного лісового покриву і збільшення лісистості території шляхом вирощування лісових насаджень з видів, стійких до сучасних та майбутніх проявів зміни клімату.
- Оптимізація структури землекористування, збільшення площі лісів, лісових смуг різного цільового призначення, посилення міжсекторальної координації.
- Розробка і реалізація національної програми розвитку лісового господарства з урахуванням пріоритетів зміни клімату, низьковуглецевого розвитку та міжсекторальної взаємодії.
- Розроблення регіональних систем адаптаційних заходів для лісового господарства, спрямованих на збереження біорізноманіття лісів, підвищення їх стійкості і продуктивності в умовах зміни клімату.

- Сприяння заміщенню енергоємної продукції, виробленої з металу, бетону, пластику тощо на продукцію з деревини, вирощеної при сталому (збалансованому) веденні лісового господарства та законно заготовленої.
- Покращення практик адаптивного ведення господарської діяльності на основі принципів Climate Smart Forestry та наближеного до природи лісівництва.
- Забезпечення належного фінансування заходів з адаптації та запобігання зміні клімату, розбудова потенціалу та посилення спроможності лісових господарств у плануванні та проведенні відповідних заходів.
- Покращення технічного забезпечення та удосконалення лісової інфраструктури.
- Забезпечення ефективної наукової підтримки заходів щодо запобігання та адаптації до зміни клімату, проведення генетичних досліджень та удосконалення лісовідновлення на основі покращеного та адаптованого репродукційного матеріалу.
- Впровадження кращих практик з контролю поширення шкідливих комах і хвороби лісів, сучасних технічних засобів і технологій оперативного виявлення лісових пожеж, забезпечення сучасними засобами пожежегасіння.
- Підтримка перманентного моніторингу лісів та лісооблікових робіт для належного інформаційного забезпечення управлінських рішень з урахуванням тенденцій зміни клімату.
- Забезпечення безперервного навчання персоналу та підвищення обізнаності щодо проблем зміни клімату в лісовому господарстві.

Результати проведених досліджень однозначно засвідчують, що зміни клімату неминуче сприятимуть підвищенню рівня пожежної небезпеки лісів України, збільшенню щільності лісових пожеж і підвищенню горимості лісів. Пожежна небезпека ділянок лісового фонду буде підвищуватися не лише через зміни елементів пожежної погоди, але й за рахунок появи та розвитку патологічних процесів у лісах унаслідок тривалих посух.

В рамках тематичного плану науково-дослідних робіт Держлісагентства у 2020-2021 роках в УкрНДІЛГА проводилась науково-дослідна робота «Розробити стратегію адаптації лісів та лісового господарства України до зміни клімату». До проведення вказаних досліджень були залучені усі науково-дослідні підрозділи інституту, що дозволило комплексно розглянути та опрацювати проблеми адаптації. Проект документу «Стратегія адаптації лісів та лісового господарства України до зміни клімату» розглядався наприкінці 2021 року на Науково-Технічній раді Держлісагентства України і був рекомендований для доопрацювання. На даний час документ

доопрацьовується та обговорюється у фаховому середовищі. Останній варіант проекту цього документу розглядався на засіданні робочої групи проекту WWF- Ukraine INSURE 2 серпня 2022 р. Після доопрацювання та завершення процедур рецензування, розгляду і схвалення, документ має бути доступним для громадськості.

2. Установи, які працюють в Україні над прогнозуванням майбутнього клімату

В Україні над прогнозуванням майбутнього клімату працює Український гідрометеорологічний інститут (УкрГМІ), який підпорядкований Державній службі України з надзвичайних ситуацій та Національній Академії Наук України (<https://uhmi.org.ua/>). В структурі УкрГМІ діють такі наукові підрозділи:

- Відділ агрометеорологічних досліджень (до листопада 2016 року)
- Відділ моніторингу атмосфери
- Відділ гідрологічних досліджень
- Відділ гідрохімії
- Відділ радіаційного моніторингу природного середовища
- Відділ прикладної метеорології та кліматології
- Відділ розроблення технічних засобів, метрології та стандартизації
- Відділ системних гідрометеорологічних досліджень
- Відділ кліматичних досліджень та довгострокових прогнозів погоди
- Відділ фізики атмосфери
- Лабораторія дослідження впливу кліматичних змін на водні ресурси
- Морське відділення (м. Севастополь) (до квітня 2014 року)
- Польова експериментальна метеорологічна база (с. Жовтнєве Дніпропетровської обл.)
- Богуславська польова гідрометеорологічна база
- Теплохід "Георгій Готовчиць"

Науковці відділу прикладної метеорології та кліматології УкрГМІ працюють з сучасними моделями та сценаріями зміни клімату і мають досвід локалізації та масштабування результатів моделювання для умов України і окремих її регіонів.

Джерела інформації

Основні джерела доступної інформації щодо оцінювання уразливості лісових екосистем і деревних видів до зміни клімату та джерела інформації щодо стратегій адаптації представлені у додатку А.

Висновки

1. Дослідження впливу зміни клімату на ліси в Україні розпочалися ще в 90-х роках минулого століття, коли науковці Українського науково-дослідного інституту лісового господарства і агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького (УкрНДІЛГА) були залучені до міжнародної програми США з вивчення впливу зміни клімату на екологічні та економічні системи 55 країн світу, включаючи Україну.
2. Подальші дослідження впливу зміни клімату на ліси України проводилися в ініціативному порядку українськими науковцями в рамках низки проектів міжнародного співробітництва з Європейським Інститутом Лісу (EFI) та науковцями різних країн Європи, лісовими та кліматичними експертами з США (USAID, NEESPI, USA-UA Climate Change Initiative), Продовольчої та сільськогосподарської організації Об'єднаних Націй (FAO), Глобального водного партнерства (GWP), Європейського Союзу (EU ClimateEast, IIASA), Світового Банку (World Bank) та Всесвітнього фонду охорони природи (WWF).
3. У рамках вказаного міжнародного співробітництва були розроблені науково-методичні підходи щодо оцінювання впливу зміни клімату на лісові екосистеми України, які гармонізовані з методами, рекомендованими Міжурядовою групою експертів з питань зміни клімату (IPCC), проведено удосконалення лісоекологічних, фітоіндикаційних та біофізичних моделей для виявлення уразливості лісів, опрацьовані принципи інтеграції лісових та кліматичних даних і методика проведення комплексного геопросторового аналізу лісових і кліматичних даних з допомогою сучасних гео-інформаційних технологій.
4. Кількісні та просторові оцінки впливу зміни клімату на ліси України були отримані на основі використання актуальної на той час інформації щодо кліматичних показників базового кліматичного періоду, кліматичних моделей та кліматичних сценаріїв (сценарії A1B, EURO-CORDEX), а також наявних даних з лісовпорядної бази даних «Лісовий фонд України» станом на 01.01.1996 року (дослідження, які проводилися до 2015 року), та станом на 01.01.2011 року (дослідження, які проводилися після 2015 року).
5. Результати оцінювання стану та уразливості лісів внаслідок зміни клімату, які отримані в рамках міжнародних досліджень, орієнтовані на національний рівень і відповідно відображені на дрібномасштабних картах, які придатні для оглядових ілюстрацій, але їх масштаб не достатній для відображення регіональних особливостей лісокліматичних оцінок.
6. Для належного оцінювання уразливості лісів України внаслідок зміни клімату потрібно забезпечити доступ до актуальної лісовпорядної геопросторової інформації, в якій представлені лісотаксаційні

характеристики окремих лісових виділів. Відсутність лісової геоінформаційної системи в лісовій галузі суттєво стримує проведення оцінок впливу зміни клімату на лісові екосистеми.

7. Вільний доступ до зарубіжних моделей динаміки стану лісів внаслідок зміни клімату та сценаріїв зміни клімату створює добрі передумови для дослідження впливів зміни клімату на ліси України, але потрібно забезпечити верифікацію, калібрування і валідацію моделей, що неможливо без наявності фактичних даних інвентаризації та моніторингу лісів в розрізі екорегіонів та типів лісорослинних умов (типів лісу) і наукових кадрів, спроможних виконати такі роботи.
8. Державне замовлення на проведення досліджень з проблем зміни клімату і лісів було сформовано у 2020 році в рамках тематичного плану науково-дослідних робіт Держлісагентства (тема НДР «Розробити Стратегію адаптації лісів та лісового господарства України до зміни клімату»). Отримані результати обговорюються у фаховому середовищі і будуть доступні після завершення процедур рецензування, розгляду і схвалення.

Додаток А. Інформація щодо проектів та ініціатив з оцінювання впливу зміни клімату на ліси і розроблення адаптаційних заходів для лісового господарства України

№	Назва проекту	Тривалість	Учасники	Основні результати	Джерела інформації
1.	US Country Studies Program	1995-2000	Експерти з 55 країн, від України – науковці УкрНДІАГА	Визначені базові методичні засади для оцінювання уразливості, пом'якшення та адаптації лісів до зміни клімату	https://doi.org/10.1007/978-94-009-0303-6_1 ; https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-3653-4_15
2.	Scenario analysis and prognosis of forest condition dynamics in the condition of anthropogenic changes of environment – SCEFORMA	1998-2001	Науковці 4 країни та Європейського Інституту Лісу, від України – науковці УкрНДІАГА	Кількісна оцінка перспектив вирощування деревини в Чеській Республіці, Польщі, Угорщині та Україні, ступінь її сталості за різних сценаріїв росту лісів і обсягів лісозаготівлі, а також загальні наслідки уразливості лісів до зміни клімату та впливи на майбутнє постачання деревини.	https://efi.int/projects/sceforma-scenario-analysis-sustainable-wood-production-under-different-forest-management ; Букша І.Ф. Пастернак В.П. 2001. Прогноз динаміки лісових ресурсів при антропогенних змінах довкілля. Науковий вісник НАУ. Вип. 39. Лісівництво. К. 157–162.
3.	USA-UA Climate Change Initiative	2001-2002	Експерти USAID, від України – експерти з УкрНДІАГА	Оцінка внеску лісового господарства України у зменшення ризику зміни клімату,	Букша І.Ф. 2002. Внесок лісового господарства України у зменшення ризику зміни клімату // Деякі аспекти глобальної зміни клімату в Україні : зб. статей. Ініціатива з питань зміни клімату. К. 132–148.

№	Назва проекту	Тривалість	Учасники	Основні результати	Джерела інформації
				<p>прогнози оцінки поглинання вуглецю в лісах України, навчальні курси «Поглинання вуглецю в сільському та лісовому господарстві» для високопосадовців міністерств, фахівців з природних ресурсів, представників промислових груп та неурядових організацій</p>	
4.	Regional Aspects of Climate-Terrestrial-Hydrologic Interactions in Non-boreal Eastern Europe	2008-2009	<p>Експерти з країн не-бореальної зони та регіону Чорного моря, IIASA, від України – науковці УкрНДІАГА та Одеського ГМІ</p>	<p>Досліджено чутливість глобальних кліматичних та регіональних біофізичних моделей для оцінювання впливу зміни клімату на ліси України та опрацьовані методи моделювання змін у землекористуванні.</p>	<p>https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-90-481-2283-7_16 https://doi.org/10.1007/978-90-481-2283-7 ;</p>

№	Назва проекту	Тривалість	Учасники	Основні результати	Джерела інформації
5.	Climate change impact on forest ecosystems and the development of adaptation strategies in forestry of Ukraine	2009-2010	Експерти FAO з 15 країн за координації експертів FAO з Угорщини, від України – науковці УкрНДІАГА	Підготовлено наукову публікацію щодо впливу зміни клімату на лісові екосистеми, узагальнено результати сценарного аналізу і прогнозування обсягів лісокористування за різних сценаріїв зміни клімату, розглянуто можливі адаптаційні заходи у лісовому господарстві та визначено стан і перспективи наукових досліджень з питань зміни клімату і лісоуправління.	https://infoclimate.org/wp-content/uploads/2009/02/Forestclimatechange_EECA.pdf ; http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/482 Buksha I. 2010. Study of climate change impact on forest ecosystems, and development of adaptation strategies in forestry of Ukraine. Climate Change Impacts on Forest Management in Eastern Europe and Central Asia: Dimensions, impacts, mitigation and adaptation policies. Forests and Climate Change Working Paper 8. Ed. Csaba Matyas. FAO. 157-179. Букша И. Ф. Изменение климата и лесное хозяйство Украины // Научные работы Лесничьей академии наук Украины: сб. науч. работ. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2009. – Вип. 7. – С. 11–17.
6.	Integrating Climate Change into Vulnerable Ecosystems Management: natural parks in wetlands and forest areas (Ukraine)	2013	Експерти Association VERSeau Development (France), Ukrainian Society for Birds Protection (Ukraine), the	На основі ансамбля моделей RCMs' за сценарієм A1B проведено прогнозування динаміки кліматичних показників на	https://www.researchgate.net/publication/272476391

№	Назва проекту	Тривалість	Учасники	Основні результати	Джерела інформації
			Pyrenees National Park (France), науковці УкрГМІ, УкрНДІАГА (Поліська філія)	період 2011-2040 рр. Визначені шляхи адаптації на локальному рівні до зміни клімату при управлінні вразливими екосистемами (водно-болотні та лісові заповідні території) українського Полісся, зокрема – шляхи підвищення протипожежної стійкості лісів.	
7.	Assessment of drought impact on forest ecosystem	2013-2015	Науковці з 4 країни та експерти Глобального водного партнерства, від України – науковці УкрНДІАГА	Оцінка впливу посух на ліси Болгарії, Литви, Словенії та східної частини України, розробка системи адаптаційних заходів для лісового господарства з метою пом'якшення негативних наслідків впливу посух.	https://www.researchgate.net/publication/289533828 ; Buksha I., Pyvovar T., Buksha M., Pasternak V. Impact of drought on the forest vegetation in North-Eastern Ukraine: the long-term prognoses and adaptation measures. Silva Balcanica. 20(3)/2019. P. 27-38.
8.	Шляхи до здорових лісів: посилення	2014-2020	ГО «Агентство сприяння	Перевірені способи догляду та захисту	https://forza.org.ua/sites/default/files/publikacia_osvedcene_postupy_web.pdf

№	Назва проекту	Тривалість	Учасники	Основні результати	Джерела інформації
	стійкості, життєздатності й адаптаційної спроможності лісів в прикордонних регіонах України та Словаччини		сталому розвитку Карпатського регіону ФОРЗА» (Україна), ДП «Ужгородське лісове господарство», (Україна), Державні ліси Татранський національний парк (Словаччина), ДП «Вигодське лісове господарство» (Україна), Ліси міста Спішська Бела (Словаччина), Ліси міста Кежмарок (Словаччина)	лісових насаджень від зміни клімату	
9.	Preparation of Intended Nationally Determined Contribution (INDC) of Ukraine for LULUCF sector and assuring the INDC's	2015	Експерти UNDP, USAID, EU Clima East та Ricardo-AEA, від України –	Розроблена методологія визначення INDC, проведена валідація секторальних сценаріїв	http://climategroup.org.ua/wp-content/uploads/2009/06/2015.08.12-INDC.pdf

№	Назва проекту	Тривалість	Учасники	Основні результати	Джерела інформації
	compliance with Association Agreement provisions		науковці УкрНДІАГА	пом'якшення впливу зміни клімату до 2030 року, проведена пріоритизація сценаріїв пом'якшення впливу зміни клімату, підготовлено пропозиції щодо проекту національно визначеного внеску для сектору землекористування та лісового господарства з урахуванням сценаріїв викидів та поглинання парникових газів, національних стратегій розвитку та угоди про асоціацію між Україною та ЄС.	
10.	Assessment of vulnerability of Ukraine's flatland forests to climate change	2016	Експерти UNDP, USAID, EU Clima East та DAI Europe, від України –	Обґрунтованою вибір глобальних кліматичних та регіональних біофізичних моделей для	https://europa.eu/capacity4dev/climaeastpolicyproject/book/31088/print ; A. Shvidenko , I. Buksha, S. Krakovska and P. Lakyda. 2017. Vulnerability of Ukrainian Forests to Climate Change Sustainability 2017, 9, 1152; doi:10.3390/su9071152 Published: 30 June 2017

№	Назва проекту	Тривалість	Учасники	Основні результати	Джерела інформації
			науковці УкрНДІАГА	оцінювання впливу зміни клімату на ліси України, проведено оцінювання сучасного впливу зміни клімату на головні лісоутворювальні породи рівнинних лісів України та моделювання майбутніх впливів з прогнозом уразливості рівнинних лісів за сценаріями зміни клімату Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату (IPCC).	Multidisciplinary Digital Publishing Institute in Basel, Switzerland. MDPI: 36. https://www.mdpi.com/2071-1050/9/7/1152 ; Швиденко А.З., Букша І.Ф., Краковська С.В. Уразливість лісів України до змін клімату : монографія. Київ, Ніка-Центр: 2018. 184 с.
11.	Development of the GHG emissions inventory in the forestry sector in order to improve national reporting of Ukraine according to the requirements of the UN FCCC and the Kyoto Protocol	2016	Експерти EU Clima East, IIASA, від України – науковці УкрНДІАГА	Визначено шляхи для покращення якості оцінки вуглецю у окремих категоріях лісового сектору та в цілому для лісового сектору, розроблено рекомендації щодо контролю якості	https://europa.eu/capacity4dev/climaeastpolicyproject/wiki/clima-east-presents-recommendations-improvement-national-ghg-inventory-forestry-and-harvested

№	Назва проекту	Тривалість	Учасники	Основні результати	Джерела інформації
				даних та методів забезпечення якості для зменшення невизначеності в інвентаризації парникових газів у лісовому секторі України	
12.	Low Emission Development Strategy for Land Use and Forestry Sector of Ukraine (in frame of USAID "Municipal Energy Reform Project")	2017	Експерти USAID, від України – науковці УкрНДІАГА	Розроблено каталог політик та заходів (P&M) для забезпечення низьковуглецевого розвитку в секторі землекористування та лісового господарства, проведено прогнозування впливу політик і заходів на скорочення викидів та збільшення поглинання вуглецю до 2050 року.	https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Ukraine_L_EDS_en.pdf
13.	Priorities for the prevention of climate change and adaptation to climate change in agriculture, forestry and fisheries of	2017-2018	Експерти FAO, від України – експерти у галузі сільського господарства, лісівництва	Узагальнено результати оцінок уразливості та ризиків, пов'язаних з впливом зміни клімату на ліси та лісове	https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1363-2021-%D1%80#Text ; Ткач В.П., Букша І.Ф. Стратегічні напрями адаптації до зміни клімату в лісовому господарстві України. Основні проблеми й тенденції подальшого розвитку лісового господарства в Українських Карпатах: Матеріали

№	Назва проекту	Тривалість	Учасники	Основні результати	Джерела інформації
	Ukraine and the action plan until 2030		(науковці УкрНДІАГА) та рибного господарства.	господарство України. Визначено основні заходи щодо запобігання зміні клімату, які спрямовані на скорочення викидів та збільшення поглинання парникових газів у лісовому господарстві та запропоновано пріоритетні напрями адаптації до зміни клімату в лісовому господарстві України. Складено проект плану реалізації пріоритетних заходів з адаптації лісового господарства до зміни клімату. Підготовлено проект Стратегії запобігання та адаптації до зміни клімату сільського, лісового,	міжнар. наук. - практ. конф. Івано-Франківськ. Наір 2018. С. 128-139; Букша І.Ф., Пастернак В.П. Стратегічні напрями запобігання та адаптації до зміни клімату в галузі лісового господарства України / Кліматична адаптація в Україні: стан, виклики та перспективи (присвячена Всесвітньому Дню захисту клімату): Матеріали І-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції. [Херсон, 15 травня 2020 року]. Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2020. С.11-16.

№	Назва проекту	Тривалість	Учасники	Основні результати	Джерела інформації
				мисливського і рибного господарств України на період до 2030 р., який був покладений в основу Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року (схваленої розпорядженням КМУ від 20.10.2021 р. за №1363-р.)	
14.	German-Ukrainian Agri Policy Dialogue on development of Ukrainian forest sector policies and measures on mitigation and adaptation to Climate Change	2019-2020	Експерти АПД, науковці УкрНДІАГА	Статус-кво заходів щодо запобігання та адаптації до зміни клімату в лісовому господарстві України та пропозиції щодо імплементації Стратегії з адаптації до зміни клімату сільського, лісового, мисливського та рибного господарств	Букша Ігор. Статус-кво заходів щодо запобігання та адаптації до зміни клімату в лісовому господарстві України та пропозиції щодо імплементації Стратегії з адаптації до зміни клімату сільського, лісового, мисливського та рибного господарств України до 2030 року / Агрополітичний звіт. - Німецько-український агрополітичний діалог. APD/APB/12/2019. – 22 с.

№	Назва проекту	Тривалість	Учасники	Основні результати	Джерела інформації
				України до 2030 року	
15.	Assessing the Impacts, Opportunities and Priorities from Climate Change in Ukraine	2020-2021	Експерти Світового Банку, від України – науковці УкрНДІАГА	Оцінено уразливість до зміни клімату найбільш поширених в Україні головних лісотвірних порід дерев (сосна звичайна, дуб звичайний, ялина європейська, бук лісовий, береза повисла, вільха чорна, ясен звичайний, граб звичайний, ялиця біла) на основі регіональних моделей зміни клімату EURO-CORDEX та біофізичних моделей проф. Воробйова та проф. Дідуха.	https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/893671643276478711/ukraine-building-climate-resilience-in-agriculture-and-forestry ; Букша І. Ф., Пивовар Т. С., Пастернак В. П., Бондарук М. А., Целіщев О. Г. Оцінка уразливості лісів України на основі регіональних моделей зміни клімату EURO-CORDEX. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Лісівнича наука: стан, проблеми, перспективи розвитку" (УкрНДІАГА – 90 років) (23–24 червня 2021 року, м. Харків). Харків. УкрНДІАГА. 2021. С. 160-162.
16.	Розробити Стратегію адаптації лісів та лісового господарства України до зміни клімату	2020-2021	Науковці УкрНДІАГА	В Стратегії адаптації лісів та лісового господарства України до зміни клімату визначені	Науковий звіт УкрНДІАГА за темою №1 «Розробити Стратегію адаптації лісів та лісового господарства України до зміни клімату». Харків. – 2021.

№	Назва проекту	Тривалість	Учасники	Основні результати	Джерела інформації
				<p>основні завдання щодо:</p> <ul style="list-style-type: none"> - збереження лісових генетичних ресурсів; - охорони та захисту лісів; - пріоритетних напрямів досліджень; - підготовки фахівців; - фінансового забезпечення та економічного стимулювання. <p>Складено план заходів щодо реалізації Стратегії на період 2022-2025 рр.</p>	
17.	INSURE: Запровадження природоорієнтованих рішень у Порядок денний реформ в Україні	2021	Експерти WWF-Україна, науковці УкрНДІАГА	Встановлено кращі природоорієнтовані практики, спрямовані на збільшення поглинання вуглекислого газу і накопичення	https://wwf.ua/our-work/nbs/

№	Назва проекту	Тривалість	Учасники	Основні результати	Джерела інформації
				вуглецю в лісах для запобігання та адаптації до зміни клімату.	

Література

1. Бондарук М.А. Оцінка задовільності умов середовища екотопів та прогнозне моделювання стану ценопопуляцій видів раритетної лісової флори (на прикладі тюльпана дібровного)/ М.А. Бондарук, О.Г. Целіщев// Лісівництво і агролісомеліорація, Харків: УкрНДІЛГА, 2015.– Вип. 126.– С. 188-201.
2. Букша И. Ф. Изменение климата и лесное хозяйство Украины // Наукові праці Лісівничої академії наук України: зб. наук. праць. – Львів: РВВ НАУ України. – 2009. – Вип. 7. – С. 11–17.
3. Букша І.Ф. Прогноз життєздатності сосни звичайної і дуба звичайного у разі зміни клімату в рівнинній частині України. 2017 / Букша І.Ф., Бондарук М.А., Целіщев О.Г., Пивовар Т.С., Букша М.І., Пастернак В.П. // Лісівництво і агролісомеліорація. Харків: УкрНДІЛГА, 2017. – Вип. 130. С.146-158.
4. Букша І.Ф. 2002. Внесок лісового господарства України у зменшення ризику зміни клімату // Деякі аспекти глобальної зміни клімату в Україні : зб. статей. Ініціатива з питань зміни клімату. К. 132–148.
5. Букша І.Ф. Україна та глобальний парниковий ефект: вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до зміни клімату / Букша І. Ф., Гожик П. Ф., Ємельянова Ж. Л. та ін. // Видавництво Агентства з раціонального використання енергії та екології. – К., 1998. – 208 с.
6. Букша І.Ф., Пастернак В.П., Бондарук Г.В. 2000. Сценарне моделювання та прогноз динаміки лісових ресурсів при змінах клімату. Лісівництво і агролісомеліорація. Вип. 98: 44–52.
7. Воробьев Д. В. Лесотипологическая классификация климатов // Тр. Харьковского СХИ. – 1961. – Том XXX (LXIII), с. 235–250.
8. Дідух Я.П. Основи біоіндикації/ Я.П. Дідух.– НАН України. Ін-т ботаніки ім. М.Г. Холодного.– К.: Наукова думка, 2012.– 344 с.
9. Дідух Я.П. Фітоіндикація екологічних факторів/ Я.П. Дідух, П.Г. Плюта.– Київ: Наукова думка, 1994.– 280 с.
10. Лакида П.І., Букша І.Ф., Пастернак В.П. 2004. Зменшення ризику глобальної зміни клімату шляхом депонування вуглецю при лісорозведенні та лісовідновленні в Україні. Науковий вісник НАУ. Вип. 79. Лісівництво. 212-217.
11. Методологія моделювання та оцінювання впливу зміни клімату на лісові фітоценози України. / Букша І., Швиденко А.З., Бондарук М., Целіщев О., Пивовар Т., Букша М., Пастернак В., Краковська С.В. Науковий вісник НУБіПУ. Серія "Лісівництво і декоративне садівництво". 2017. Вип. 266. С. 26-38.
12. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов/ Д.Н. Цыганов.– М.: Наука, 1983.– 198 с.
13. Швиденко А.З., Букша І.Ф., Краковська С.В. Уразливість лісів України до змін клімату : монографія. Київ, Ніка-Центр: 2018. 184 с.

14. A. Shvidenko, I. Buksha, S. Krakovska and P. Lakyda. 2017. Vulnerability of Ukrainian Forests to Climate Change Sustainability 2017, 9, 1152; doi:10.3390/su9071152 Published: 30 June 2017 Multidisciplinary Digital Publishing Institute in Basel, Switzerland. MDPI: 36.
15. Benioff, R., Guill, S., Lee, J. (1996). U.S. Country Studies Program. In: Benioff, R., Guill, S., Lee, J. (eds) Vulnerability and Adaptation Assessments. Environmental Science and Technology Library, vol 7. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-0303-6_1
16. Buksha I. 2010. Study of climate change impact on forest ecosystems, and development of adaptation strategies in forestry of Ukraine. Climate Change Impacts on Forest Management in Eastern Europe and Central Asia: Dimensions, impacts, mitigation and adaptation policies. Forests and Climate Change Working Paper 8. Ed. Csaba Matyas. FAO. 157-179.
17. Buksha I., Pyvovar T., Buksha M., Pasternak V. Impact of drought on the forest vegetation in North-Eastern Ukraine: the long-term prognoses and adaptation measures. *Silva Balcanica*. 20(3)/2019. P. 27-38.
18. Buksha I.F. (2009) Assessment of Ukrainian Forests Vulnerability to Climate Change. In: Groisman P.Y., Ivanov S.V. (eds) Regional Aspects of Climate-Terrestrial-Hydrologic Interactions in Non-boreal Eastern Europe. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. Springer, Dordrecht. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-90-481-2283-7_16.
19. Didukh Ya.P. The Ecological Scales for the Species of Ukrainian Flora and Their Use in Synphytoindication/ Ya.P. Didukh.– Kyiv: Phytosociocentre, 2011.– 176 p.
20. Dixon R.K., Smith J.B., Brown S., Maser O., Mata L. J., Buksha I. 1999. Simulations of forest system response and feedbacks to global change: experiences and results from the U.S. Country Studies Program. *Ecological Modelling* 122: 289–305.
21. Joseph C.K. Huang, Robert K. Dixon, US Country Studies Program: an example of bilateral assistance to developing countries on climate change, *Ocean & Coastal Management*, Volume 29, Issues 1–3, 1995, Pages 223-230, ISSN 0964-5691, [https://doi.org/10.1016/0964-5691\(96\)00011-7](https://doi.org/10.1016/0964-5691(96)00011-7).
22. Mart-Jan Schelhaas, Igor Buksha, Martin Cerny. – Volodimir Pasternak et al. Scenarios on forest management in Czech Republic, Hungary, Poland and Ukraine // European Forest Institute Research report 17. Brill Lieden-Boston. – 2004. – 107 p.
23. Trofimova I., Koublanov S., Shmurak E., Buksha I., et. al. 1996. Vulnerability and Adaptation Assessments for Ukraine. In: Smith J.B., Huq S., Lenhart S., Mata L.J., Nemešová I., Toure S. (eds) Vulnerability and Adaptation to Climate Change. Environmental Science and Technology Library, vol 8. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-3653-4_15, pp. 313-333.