

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І. І. МЕЧНИКОВА  
ФАКУЛЬТЕТ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЇ І ЕКОЛОГІЇ  
КАФЕДРА МЕТЕОРОЛОГІЇ ТА КЛІМАТОЛОГІЇ

**АНАЛІЗ І ВІЗУАЛІЗАЦІЯ  
КЛІМАТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ  
ЗА ДОПОМОГОЮ ПЛАТФОРМИ  
*COPERNICUS***

ЕЛЕКТРОНІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
до практичних робіт  
для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти  
спеціальності Е4 Науки про Землю

ОДЕСА  
ОНУ  
2025

**УДК 551.58(072)**  
**A64**

**Укладачі:**

**Г. О. Боровська**, кандидат географічних наук, доцент кафедри метеорології та кліматології факультету гідрометеорології і екології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова;

**Є. А. Галич**, кандидат географічних наук, доцент кафедри метеорології та кліматології факультету гідрометеорології і екології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

**Рецензенти:**

**В. А. Овчарук**, доктор географічних наук, професор, завідувачка кафедри гідрології факультету гідрометеорології і екології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова;

**М. Г. Сербов**, доктор економічних наук, професор, декан факультету гідрометеорології і екології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

*Рекомендовано вченою радою факультету гідрометеорології і екології  
ОНУ імені І. І. Мечникова.  
Протокол № 15 від 2 червня 2025 р.*

**A64** **Аналіз і візуалізація кліматичної інформації за допомогою платформи Copernicus [Електронний ресурс] :** електрон. метод. рек. до практ. робіт для здобувачів третього (освіт.-наук.) рівня вищ. освіти спец. Е4 Науки про Землю / уклад.: Г. О. Боровська, Є. А. Галич. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2025. – 39 с. – 2,8 МБ.

*Методичні рекомендації містять пояснення та рекомендації, які дозволяють аспірантам, науковцям і фахівцям з кліматології засвоїти роботу з відкритими кліматичними даними та сучасними платформами для аналізу змін клімату, містять покрокові інструкції по роботі з кліматичними моделями, що дає змогу опанувати основні методи прогнозування кліматичних змін.*

**УДК 551.58(072)**

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1. КЛІМАТИЧНІ ДАНІ ТА КЛІМАТИЧНІ МОДЕЛІ .....	5
2. СХОВИЩЕ КЛІМАТИЧНИХ ДАНИХ .....	11
3. ПЕРЕЛІК ІНФОРМАЦІЙНИХ ПРОДУКТІВ, ЩО СТОСУЮТЬСЯ РІЗНИХ ПОСЛУГ COPERNICUS .....	13
4. ДОСТУП ДО ДАНИХ .....	26
ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА.....	32
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ .....	38

## ВСТУП

Одним із прикладів кліматичних сервісів є Copernicus [<https://cds.climate.copernicus.eu/>] – це програма Європейського Союзу спостережень за Землею, яка надає інформацію для шести об'єктів дослідження: земля, море, атмосфера, зміна клімату, управління надзвичайними ситуаціями та безпека. Вся інформація є безкоштовною та відкритою для всіх користувачів. Сервіс моніторингу підстильної поверхні Землі Copernicus (CLMS) створює набір біофізичних змінних, які відображають стан і еволюцію рослинності, енергетичний бюджет, інформацію про водний цикл і кріосферу. Бази даних мають глобальний масштаб та довгі часові ряди. Сервіс моніторингу морів і океанів Copernicus розміщує дані про стан океанів у глобальному та регіональному масштабі. Сервіс моніторингу атмосфери Copernicus (CAMS) надає щоденну інформацію про глобальний стан атмосфери. Інформація включає як спостереження, так і прогнози поширення парникових газів (вуглекислий газ і метан), реактивних газів (наприклад, чадний газ, окислені сполуки азоту, діоксид сірки), озону і аерозолів. Copernicus Climate Change Service надає доступ до кліматичних даних через сховище кліматичних даних (CDS). CDS містить різноманітні набори кліматичних даних і хмарний інтерфейс для їх візуалізації. CDS забезпечує застосування своїх даних та інструментів у реальному часі. Сервіс управління надзвичайними ситуаціями Copernicus (CEMS) надає геопросторову інформацію про управління стихійними лихами, надзвичайними ситуаціями, викликаними людиною і гуманітарними кризами.

Методичні вказівки до практичних занять з дисциплін “Спеціальні розділи кліматології” підготовлені для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності Е4 Науки про Землю факультету гідрометеорології і екології.

Метою даних методичних вказівок є формування у аспірантів навичок роботи з відкритими кліматичними даними, використання аналітичних та геоінформаційних систем, що є необхідними компетенціями для сучасного фахівця в галузі кліматології.

## 1. КЛІМАТИЧНІ ДАНІ ТА КЛІМАТИЧНІ МОДЕЛІ

Існує багато різних кліматичних моделей:

- GCM – кліматичні моделі, які імітують клімат у всьому світі;
- ESM – модель системи Землі;
- RCM – кліматичні моделі, які імітують клімат обмежених територій світу (регіональна кліматична модель).

Деякі моделі містять лише дані про стан атмосфери (атмосферні моделі), деякі моделі поєднують дані про океан і атмосферу (спарені моделі). Моделі систем Землі поєднують ще більше систем. Існує більше типів моделей, які використовуються для конкретних кліматичних досліджень, таких як дослідження хмарності, дослідження обміну енергією, вологістю тощо між різними повітряними шарами.

Десятиліттями вчені використовували математичні моделі, щоб допомогти нам дізнатися більше про Землю клімат. З часом ці моделі ускладнювалися, оскільки з'являлися окремі компоненти, які допомогли утворити з'єднані системи. На рисунку 1 показано еволюцію таких моделей.

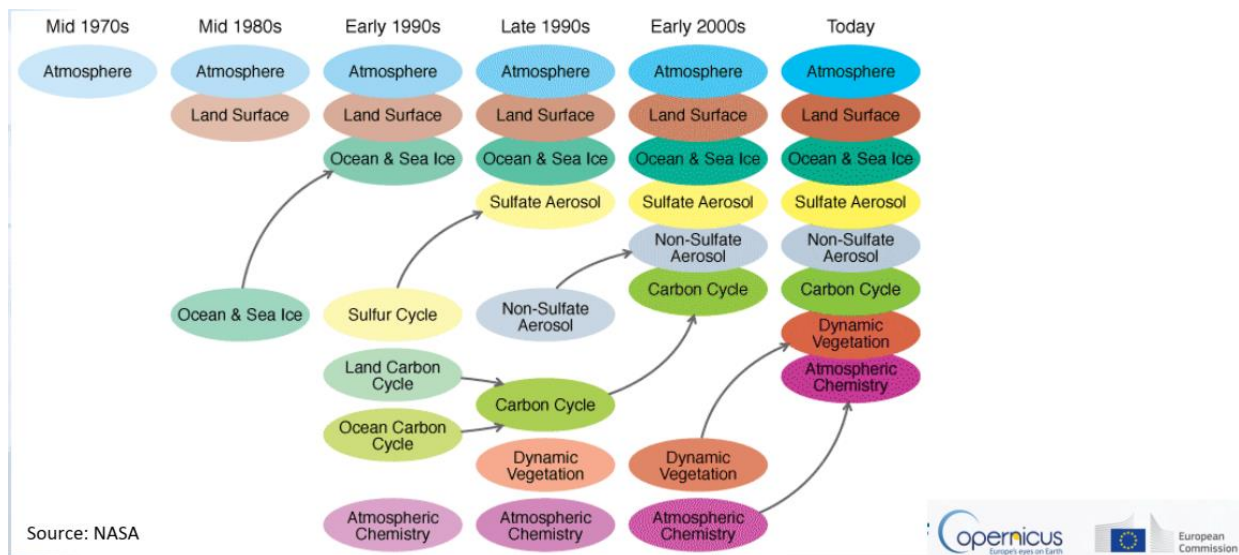


Рис. 1. Еволюція кліматичних моделей [<https://cds.climate.copernicus.eu/>]

Глобальні кліматичні моделі (ГКМ) або моделі загальної циркуляції (МЗЦ) є найбільш розповсюдженим методом для оцінки можливих змін

клімату в майбутньому внаслідок викидів парникових газів (глобального потепління). Моделі запускаються на суперкомп'ютерах, які намагаються змоделювати складні атмосферні та океанічні процеси, що визначають кліматичні умови, в яких ми живемо. Оскільки ГKM працюють на глобальному рівні, їхні результати мають досить грубу роздільну здатність. Кожна комірка сітки має розмір приблизно 200×200 км.

Глобальна модель клімату (*GCM*) – це числова модель, що представляє фізичні процеси в атмосфері, океані, кріосфері та поверхні суші, які імітують реакцію глобальної кліматичної системи на збільшення концентрації парникових газів. *GCM* зображують клімат за допомогою 3D-сітки по всьому світу. Різні *GCM* можуть імітувати зовсім різні відповіді на одні і ті ж сценарії викидів парникових газів просто через те, як моделюються певні процеси та зворотні зв'язки.

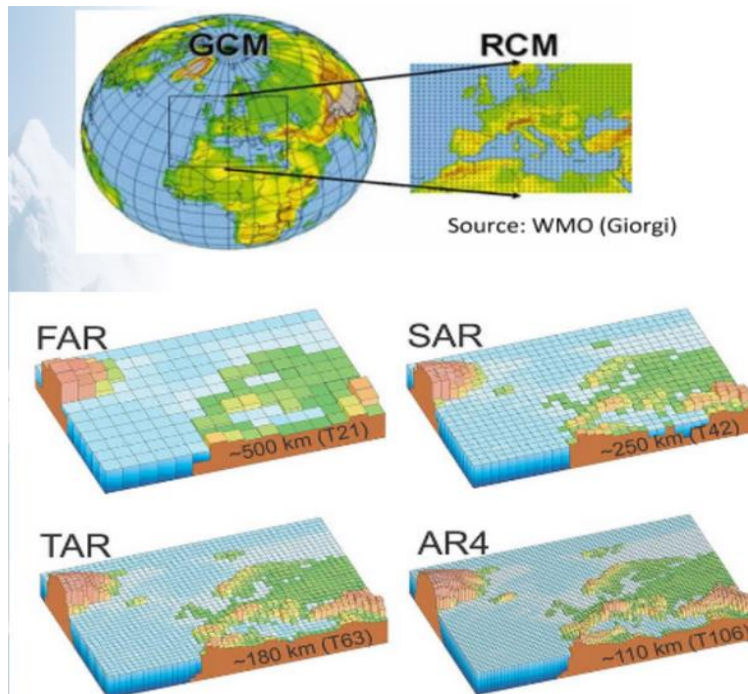
*Регіональні кліматичні моделі (RCM)* виконують подібну *GCM* роботу, але для обмеженої області Землі. Оскільки вони охоплюють меншу площу, *RCM*, як правило, можуть працювати швидше (менш необхідна обчислювальна потужність) та при більш високій просторовій роздільній здатності, ніж *GCM*. Вони застосовуються до менших за площею територій для отримання результатів з вищою локальною деталізацією.

У різних частинах світу існують різноманітні ГKM і РКМ, розміщені в наукових центрах, зосереджених у країнах з високим рівнем розвитку, таких як Інститут метеорології імені Макса Планка (Німеччина), Центр кліматичних наук та послуг Метеорологічної служби Хадлі (Великобританія) та Національне управління океанічних і атмосферних досліджень (США). ГKM і РКМ застосовуються для різних сценаріїв майбутніх викидів парникових газів – від найкращого сценарію (у разі проведення масштабних заходів зі скорочення обсягів викидів) до найгіршого сценарію (у випадку продовження зростання викидів без жодних заходів для їх скорочення).

Вони генерують низку можливих кліматичних сценаріїв (проєкцій). Наприклад, на п'ятому етапі проєкту CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project) порівнюються результати різних ГKM, виконаних за одним і тим же набором чотирьох різних сценаріїв викидів, відомих як репрезентативні траєкторії концентрації (RCP).

*RCM* використовують інформацію від *GCM* на своїх територіях (вкладена регіональна методика моделювання клімату). Дані отримані від

GCM і можуть включати форсування парникових газів та аерозолію. "Регіональний" в RCMS відноситься до регіонів настільки ж великих як Європа або значна частина Європи. В даний час багато RCM для Європи мають просторову роздільну здатність  $25 \times 25$  км, але також багато моделей з просторовою роздільністю  $12 \times 12$  км. В RCM використовується техніка зменшення масштабу (рис. 2).



**Рис. 2.** Схема техніки зменшення масштабу в RCM [Increase in spatial resolution from the First (FAR) to the Fourth (AR4) IPCC assessment reports (Source: IPCC, 2007)]

*Проекція клімату.* Кліматичний прогноз – це реакція кліматичної системи на різні сценарії викидів парникових газів, часто базується на моделюванні кліматичних моделей – Емісія / концентрація / радіаційний вплив Використовуваний сценарій базується на припущеннях, які можуть бути реалізованими, а можуть і не бути реалізованими, і тому мають істотну невизначеність, що не пов'язана з кліматичною системою.

*Прогнозування клімату.* Кліматичний прогноз є результатом спроби створити найімовірніший опис або оцінити фактичну еволюцію клімату в майбутньому, наприклад, сезонні, міжрічні або декадні масштаби часу. Хоча в деяких регіонах сезонні прогнози видаються регулярно, кліматичні прогнози

на більш тривалий час все ще знаходяться на ранній стадії досліджень, наприклад, CMIP5. Так само, як прогнози погоди залежать від початкового стану атмосфери, кліматичні прогнози залежать від точного опису початкового стану, переважно в океанах. Прогнозування клімату ґрунтується на ініціалізованому моделюванні спостережуваних умов і обмежується часовими масштабами від підсезонного до декадного.

*Підсезонно-декадне (S2D)* прогнозування, також відоме як прогнозування клімату, було головним дослідженням кліматології за останні тридцять років. Низка зацікавлених сфер діяльності (наприклад, страхування, туризм, сільське господарство) показали підвищену потребу в точнішій кліматичній інформації в часових масштабах, що коливається від місяця до десятиліття в майбутньому, коли управління та відносно короткострокове (до кількох років) планування є вирішальними. Останні розробки в прогнозуванні погоди та довгостроковій оцінці зміни клімату (зокрема, підвищена роздільна здатність, включення нових компонентів і кращі спостереження) призвели до стрибка вперед у якості наданої кліматичної інформації оперативними системами прогнозування клімату. Деякі вчені використовують терміни «проекція» та «передбачення» як синоніми, тоді як інші чітко пояснюють це відмінності між ними (як в описах вище).

Дані моделі клімату мають явні переваги перед спостереженнями. Найбільш важливими є:

- дані можуть бути надані для місць і періодів без спостережень;
- кліматичні моделі є єдиним джерелом, яке можна використовувати на майбутнє;
- ансамблі кліматичних моделей можуть надати більше інформації про минулий / поточний клімат і для майбутнього, з яким можна оцінити невизначеності та природну мінливість.

Щоб використовувати їх у правильний спосіб, слід знати про обмеження та припущення. Кліматичні дані для минулого / поточного клімату надаються: – моделювання (проекція) кліматичної моделі; прогнозуючи майбутнє, завжди необхідно вивчати недавнє минуле; застосовувати повторний аналіз.

Кліматичні дані на майбутнє надає: моделювання / прогнози кліматичних моделей для різних сценаріїв викидів / концентрації (RCP).

*Сезонно-декадні прогнози (S2D)*. У більшості випадків дані спостережень також необхідні для використання даних кліматичної моделі. Дані повторного аналізу часто використовуються як альтернатива для

спостережень. Повторні аналізи забезпечують послідовний опис стану атмосфери та океану. Більше того, вони можуть надати середні дані за площею, які можна більш безпосередньо порівнювати з прогнозом моделі клімату.

З огляду на розмаїття ГKM і РКМ – всі вони працюють за різними сценаріями – наразі доступний широкий спектр результатів кліматичних моделей. Для подальшого уточнення і розширення розуміння впливу змін клімату існують додаткові ініціативи, такі як [Euro-CORDEX](#) та [ISIMIP](#), які базуються на результатах ГKM і надають більш детальні та орієнтовані на конкретні застосування кліматичні проєкції.

[Euro-CORDEX](#) – це міжнародна ініціатива, спрямована на створення кліматичних проєкцій з високою роздільною здатністю спеціально для Європи. Вона використовує регіональні кліматичні моделі (РKM) для «уточнення» результатів глобальних кліматичних моделей (ГKM), отриманих на етапах СMIP. Цей процес адаптує великомасштабні дані до особливостей географії Європи, враховуючи найдрібніші деталі, такі як гори, берегові лінії та локальні погодні умови. Ці прогнози з високою роздільною здатністю особливо корисні для таких галузей, як управління водними ресурсами, сільське господарство та міське планування, де вкрай важлива детальна інформація.

[ISIMIP](#) (Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project) застосовує ширший підхід, пов'язуючи кліматичні проєкції з різними галузями, такими як сільське господарство, водне господарство, охорона здоров'я та довкілля. Він забезпечує основу для порівняння та узгодження результатів різних моделей впливу з використанням узгоджених кліматичних даних, таких як дані СMIP та Euro-CORDEX. Це дозволяє ефективно трансформувати кліматичні проєкції в практичні рекомендації для різних галузей, допомагаючи політикам і стейкхолдерам планувати майбутні виклики.

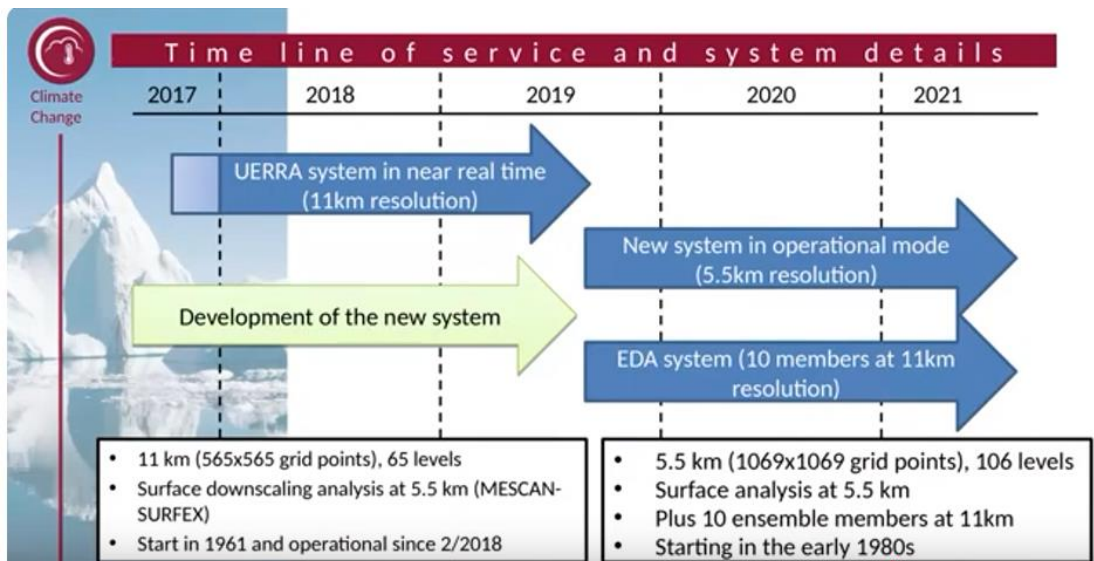
Climate & Water використовує шість кліматичних проєкцій з проєкту Euro-CORDEX (сітка  $0,11^\circ \times 0,11^\circ$  або близько  $13 \times 13$  км для України) та десять проєкцій з проєкту ISIMIP3b (сітка  $0,50^\circ \times 0,50^\circ$  або близько  $60 \times 60$  км для України) як вхідні дані для моделювання майбутнього водного циклу в рамках гідрологічної моделі. Вхідні дані складаються з п'яти метеорологічних параметрів, що реєструються щоденно: температура повітря (мінімальна, максимальна та середня), опади, швидкість вітру, вологість та сонячна радіація.

Спостереження нерівномірно охоплюють земну кулю, а їхня кількість скорочується від сучасності до минулого. Проте, кліматичний реаналіз може

вирішити цю проблему. Реаналіз проводиться шляхом поєднання результатів чисельного прогнозування погоди (модель ECMWF – IFS у випадку ERA5) зі спостереженнями за Земною кулею (зокрема, із супутників, метеостанцій та інших інструментів у атмосфері, океані та на суші) за допомогою комплексного математичного підходу, відомого як «асиміляція даних». Результатом є глобально повний і узгоджений у часі набір даних, який охоплює понад 80 років, що дозволяє нам оцінювати довгострокові зміни клімату Землі.

ERA5 – це найновіший кліматичний реаналіз, проведений ECMWF, який надає погодинні дані щодо багатьох параметрів стану атмосфери, поверхні суші та моря разом з оцінками невизначеності. Дані ERA5 доступні в архіві кліматичних даних на регулярних сітках широти–довготи з роздільною здатністю  $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ , з атмосферними параметрами на 37 рівнях тиску. ERA5–Land – це глобальний набір даних про стан земної поверхні з роздільною здатністю  $0,10^{\circ} \times 0,10^{\circ}$  (близько  $12 \times 12$  км для України), узгоджений з атмосферними даними, отриманими в результаті реаналізу ERA5, починаючи з 1950 року.

Основна перевага реаналізу полягає в тому, що він забезпечує багатоваріантний, просторово завершений та узгоджений запис атмосферного стану – набагато повніший, ніж будь-який набір даних спостереження. Ще одна перевага полягає в тому, що реаналіз виробляється за допомогою єдиної версії системи асиміляції даних (включаючи модель прогнозування), і тому не впливає на зміни методу (рис. 3).



**Рис. 3. Приклад реалізації реаналізу**

## 2. СХОВИЩЕ КЛІМАТИЧНИХ ДАНИХ

Сховище кліматичних даних (CDS) є основною інфраструктурою, яка підтримує впровадження Copernicus Climate Change Service (C3S). Це дає змогу надавати основні кліматичні змінні (ECV), кліматичні аналізи, повторні аналізи, прогнози та індикатори в часових і просторових масштабах, що стосуються стратегій адаптації та пом'якшення наслідків для різних галузевих і суспільних сфер [<https://bookdown.org/floriandierickx/bookdown-demo/>].

Copernicus – повний, безкоштовний та відкритий доступ до всіх даних про моніторинг навколишнього середовища для вчених, політиків, підприємців та громадян (рис.4–6). Він містить:

- Супутникові спостереження;
- Спостереження в SITU;
- Модельні (засвоєні) дані;
- Минуле, теперішнє та майбутнє.

Доступні дані, майже 500 ТБ даних:

- Період 1961 р. – "зараз" , щомісячні оновлення;
- 11 км горизонтальна роздільна здатність, включаючи всю Європу;
- щогодинні дані спостережень для багатьох параметрів на кожному з 65 рівнів по висоті.

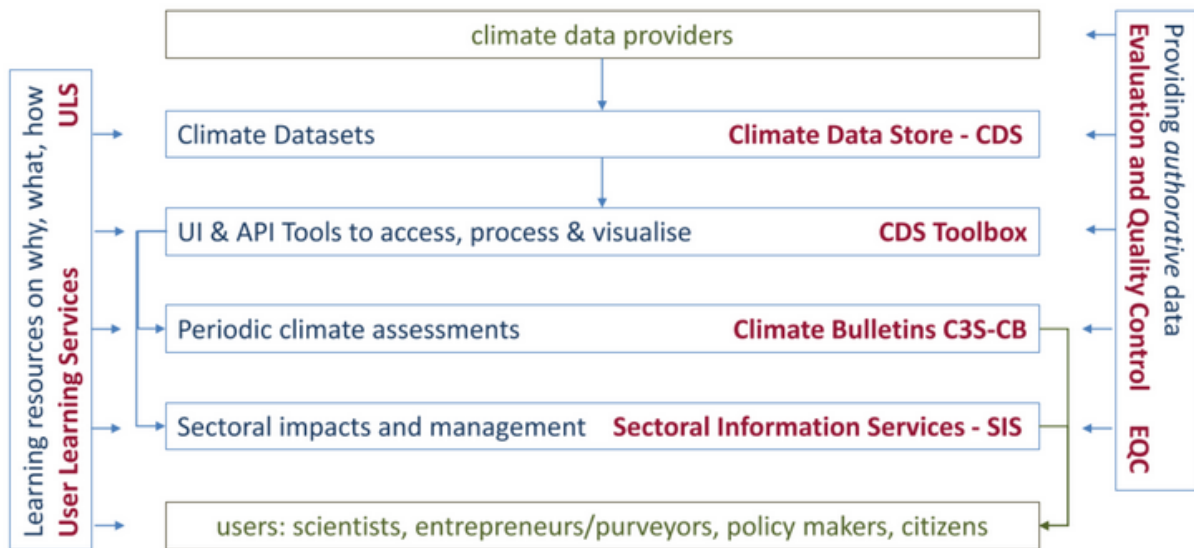


Рис. 4. Схема представлення кліматичних даних

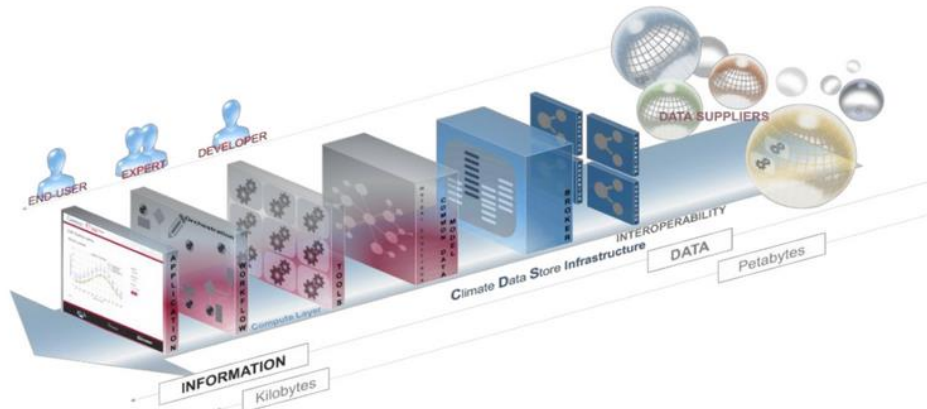


Рис. 5. Обробка даних [1]

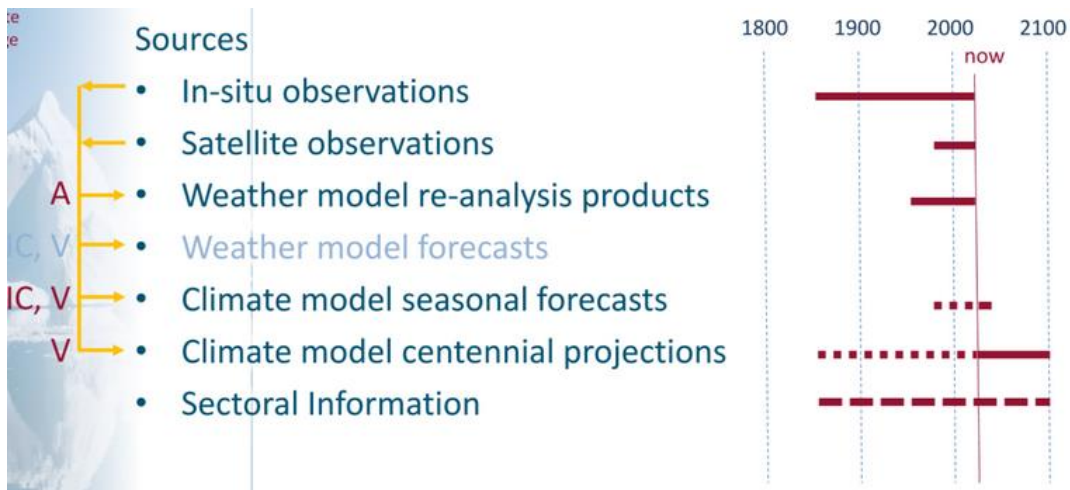


Рис. 6. Джерела отримання інформації [1]

При моделюванні клімату можна використовувати різні джерела даних, класифіковані на основі періоду (минулого – майбутнього) та часового масштабу (тижні, роки), для яких надаються дані (рис. 7).

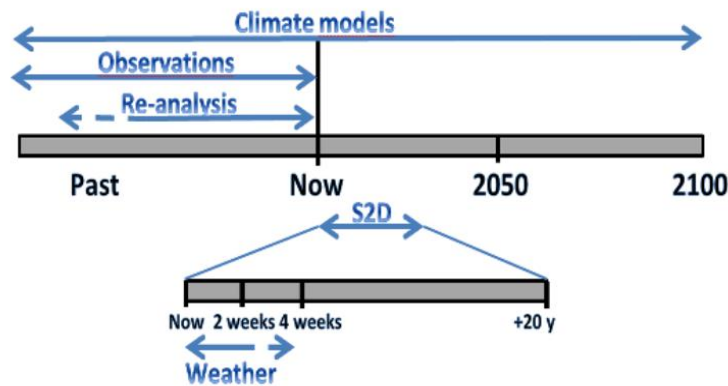
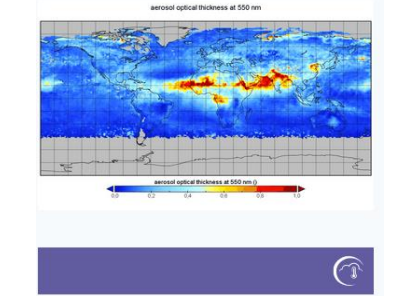
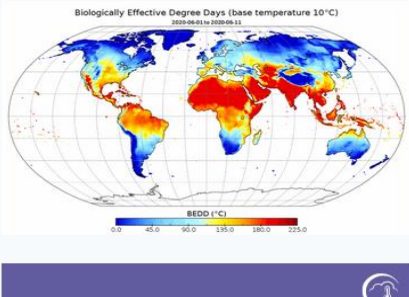
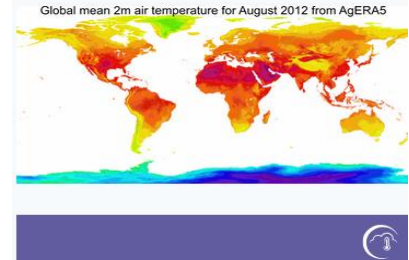
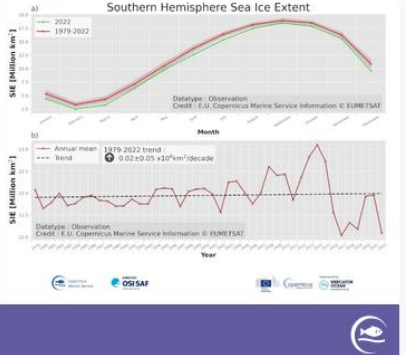
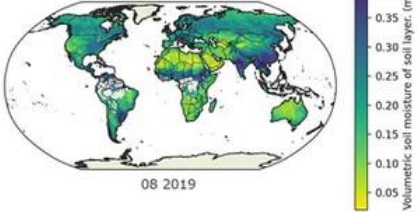
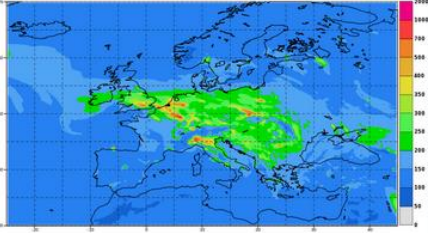
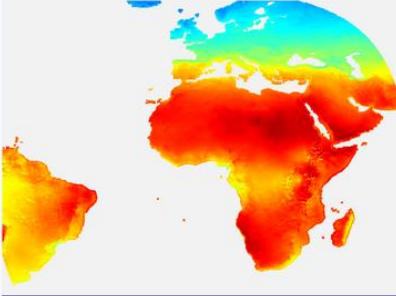
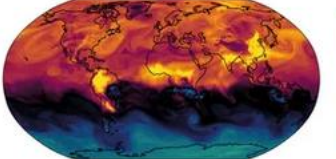


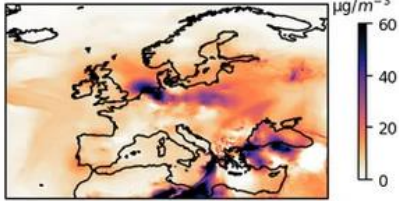
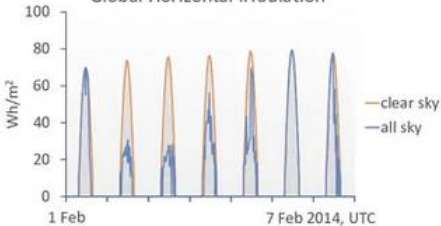
Рис. 7. Типи ресурсів кліматичних даних [1]

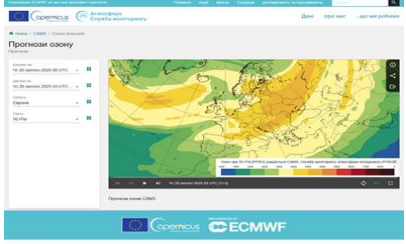
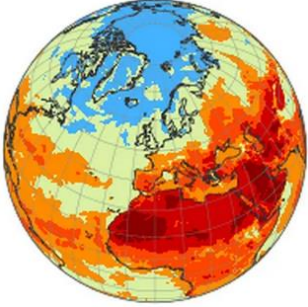
### 3. ПЕРЕЛІК ІНФОРМАЦІЙНИХ ПРОДУКТІВ, ЩО СТОСУЮТЬСЯ РІЗНИХ ПОСЛУГ COPERNICUS

Різні набори даних, деякі, як приклад, наведені нижче, доступні для завантаження у вигляді діаграм / графіків разом з документацією через сховище Atmosphere Data Store (ADS) <https://ads.atmosphere.copernicus.eu/>.

	Дані	Позначка сховища
1	Аерозольні властивості. Дані в вузлах сітки починаючи з 1995 року, отримані зі супутникових спостережень	
2	Агрокліматичні показники з 1951 по 2099 рік. Агрокліматичні показники корисні для характеристики мінливості клімату та зміни строків, які мають значення для сільськогосподарського сектору	
3	Агрометеорологічні показники з 1979 року по теперішній час. Цей набір містить щоденні метеорологічні дані для сектору сільського господарства та агрокліматичних досліджень	
4	Антарктичний щомісячний морський лід. Ступінь морського льоду (SIE) визначається як площа океану, що має понад 15% концентрації морського льоду, яка обчислюється з мікрохвильових супутникових спостережень з 1979 року	

5	<p>Дані про вологість ґрунту з 1978 року по теперішній час. Цей набір даних забезпечує оцінки поверхневої вологості ґрунту по всьому світу з великого набору супутникових датчиків. Він ґрунтується на методології, розробленій в ініціативі зміни клімату ESA щодо вологості ґрунту, і являє собою найсучаснішу для супутникової основи ґрунтового клімату, що записує дані, відповідно до «вимог систематичних спостережень на супутниковій основі Продукти для клімату », визначене GCOS (глобальна система спостереження за кліматом). Дані знаходяться на звичайній мережі широти/довготи</p>	<p>Monthly Mean Satellite Soil Moisture (COMBINED)</p>  <p>08 2019</p> <p>Volumeic soil moisture of soil layer: (m³ m⁻³)</p>
6	<p>Європейські прогнози якості повітря. Забезпечує щоденні аналізи повітря та прогнози для Європи (крок сітки 0,1 градус, приблизно 10 км)</p>	<p>Monday 19 November 2018 00UTC CAMS Forecast 1+096 VT: Friday 23 November 2018 00UTC Model: ENSEMBLE Height level: Surface Parameter: Carbon Monoxide [ppm3]</p> 
7	<p>Сонячне випромінювання. Цей набір даних забезпечує історичні значення глобальної, прямої та дифузної сонячної енергії опромінення, а також пряме нормальне опромінення на широту/довготу Покриття земельних поверхонь та прибережних районів Європи, Африки та частини Півдня Америки. Він створюється з 15-хвилинних вирішених часів в кожній точці сітки.</p>	<p>Global Horizontal Irradiation version 4.6</p> 
8	<p>Глобальні прогнози для двох основних довгоживучих парникових газів раз на день. Цей набір даних складається з 5-денних прогнозів високої роздільної здатності вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) та метану (CH<sub>4</sub>). Крім того, оксид вуглецю (CO) та метеорологічні параметри, що стосуються прогнозування парникових газів</p>	<p>Column-mean molar fraction of carbon dioxide 27 April 2024 00 UTC T+24</p> 

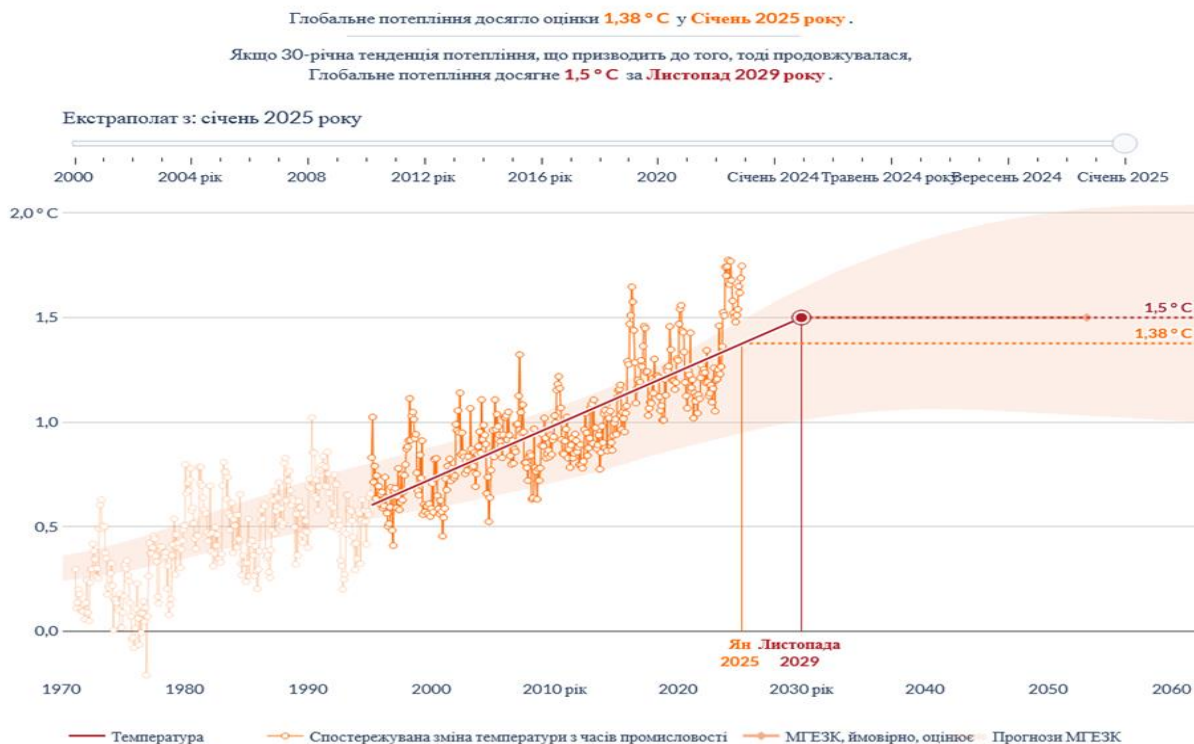
9	<p>Європейські прогнози якості повітря. Цей набір даних забезпечує щоденні прогнози якості повітря при європейському спостереженні станції після оптимізації за допомогою статистичного методу після обробки під назвою Статистика виходу моделі (MOS). Неоптимізовані "сирі" прогнози також надаються в тому ж форматі</p>	<p>Average concentrations of European stations for O<sub>3</sub> Example for 03/06/2023</p> 
10	<p>Європейські реаналізи якості повітря. Цей набір даних забезпечує щорічні реаналізи якості повітря для Європи на основі як нерозв'язаних, так і підтверджених спостережень. CAMS виробляє щорічні реаналізи якості повітря для європейського домену при значно більшій просторовій роздільній здатності (0,1 градуса, приблизно 10 км), ніж це доступно у глобальних реаналізах. В даний час виробництво базується на ансамблі одинадцяти систем асиміляції даних про якість повітря по всій Європі. Середній ансамбль обчислюється з окремих результатів, оскільки продукти ансамблів отримують в середньому кращі показники, ніж індивідуальні продукти моделі. Розповсюдження між одинадцятьма моделями може бути використане для забезпечення оцінки невизначеності аналізу</p>	<p>CAMS European air quality reanalysis PM2.5 ensemble median, 1 Apr 2018</p> 
11	<p>Служби сонячного випромінювання CAMS забезпечують історичні цінності (2004 до теперішнього часу) глобального (GHI), прямого (BNI) та дифузного (DHI) сонячного опромінення, а також прямого нормального опромінення (BNI). Метою є задоволення потреб європейського та національного розвитку політики та вимог як комерційних, так і громадських послуг, наприклад, для планування, моніторингу, підвищення ефективності та інтеграції систем сонячної енергії в електромережі</p>	<p>Global Horizontal Irradiation</p> 

12	Прогнози озону	
13	Індекси теплового комфорту, отримані з реаналізу ERA5. Цей набір даних забезпечує повну історичну реконструкцію для набору індексів, що представляють тепловий стрес людини та дискомфорт на свіжому повітрі	

Панель Copernicus C3S, яка стосується глобального моніторингу температури дозволяє відповісти на питання: Наскільки ми близькі, щоб досягти глобального потепління?

Досягнення 1,5 °C глобального потепління вище доіндустріального рівня – ліміт, узгоджений за Паризькою угодою, може відчувати себе дуже віддаленою реальністю, але це може бути ближче, ніж ми вважаємо. Експерти припускають, що це, ймовірно, відбудеться між кінцем 2020-х та початку 2050-х років. На рисунку 7 можна побачити, де людство зараз і як скоро воно досягне межі, якщо потепління відбуватиметься в сьогоdnішньому темпі.

Інтерактивний веб-додаток Climate Pulse, розроблений та підтримується послугою клімату Copernicus (C3S). Ця сторінка надає щоденні графіки та карти глобальної температури поверхневого повітря та температури поверхні моря, оновлену поблизу реального часу, а також архів минулих щоденних, щомісячних та щорічних карт (рис. 9). Графіки, що відображаються, базуються на даних кліматичного реаналізу ERA5, глобального набору даних, що виробляється для C3S Європейським центром прогнозів погоди середньої дальності (ECMWF).



**Рис. 8. Глобальне потепління за даними Copernicus** (знімок з екрану) <https://apps.climate.copernicus.eu/global-temperature-trend-monitor/?tab=plot>

Інтерактивний клімат-атлас Copernicus є веб-застосунком послуги клімату Copernicus (C3S), що дозволяє проводити гнучкі тимчасові та просторові дослідження та аналіз останніх минулих тенденцій і прогнозованих майбутніх змін для широкого спектру ключових клімату Змінні та для декількох наборів даних (зазвичай використовуються як альтернативні докази для оцінки зміни клімату).

Клімат-атлас Copernicus створений у трьох основних панелях (інформація, вибір та дисплей), як показано на рисунку 10. Інформаційна панель (а) відображає інформацію (заголовок та повний опис) поточного вибору. Панель вибору (b) дозволяє вибирати конкретний набір даних, змінну/індекс та розмір аналізу. На панелі дисплея (c) показані різні інтерактивні кліматичні продукти, пов'язані з поточним вибором, такі як карти, що показують просторову інформацію для повного географічного ступеня або часові ряди, смуги та інші продукти, що відображають регіональну інформацію для заздалегідь визначеної (або індивідуальної) області.

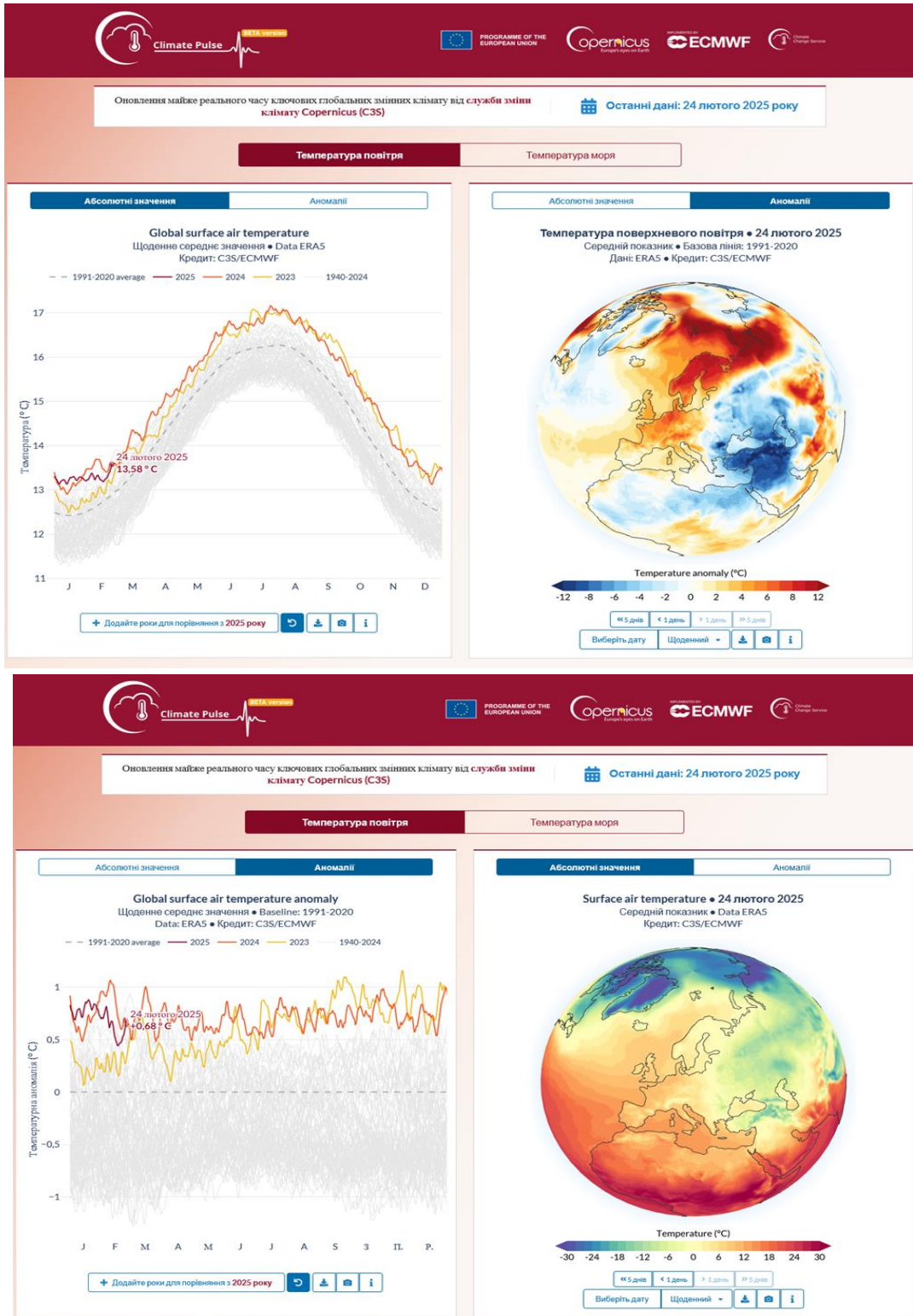
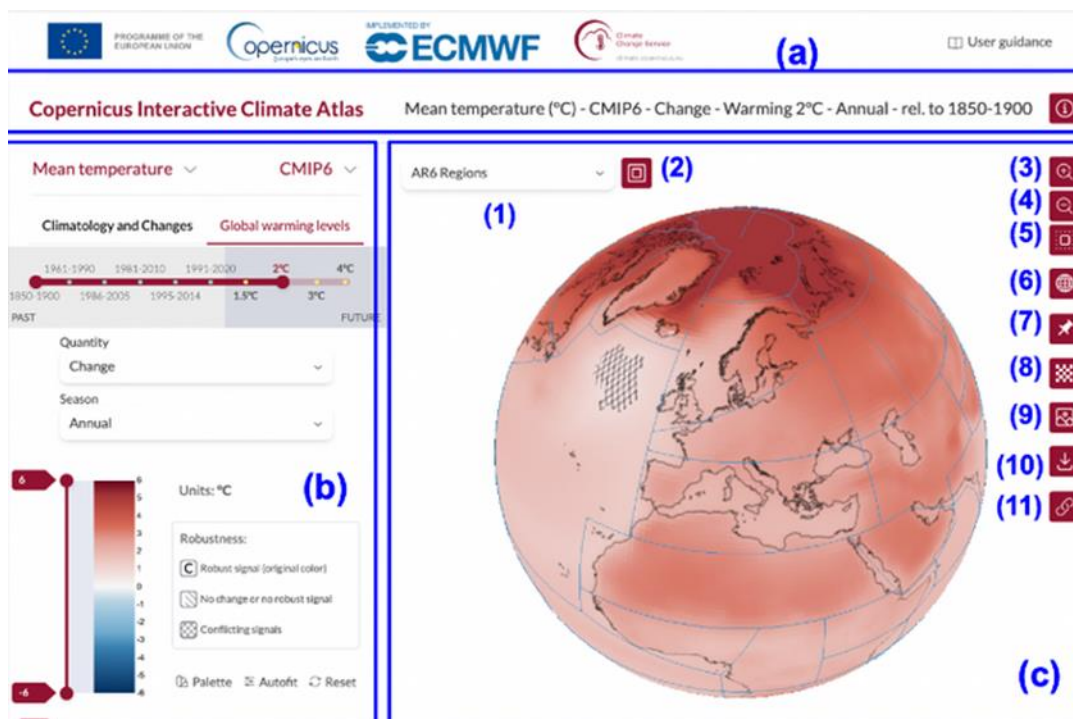


Рис. 9. Приклад використання веб-додатку Climate Pulse (знімок з екрану)  
<https://apps.climate.copernicus.eu/global-temperature-trend-monitor/?tab=plot>

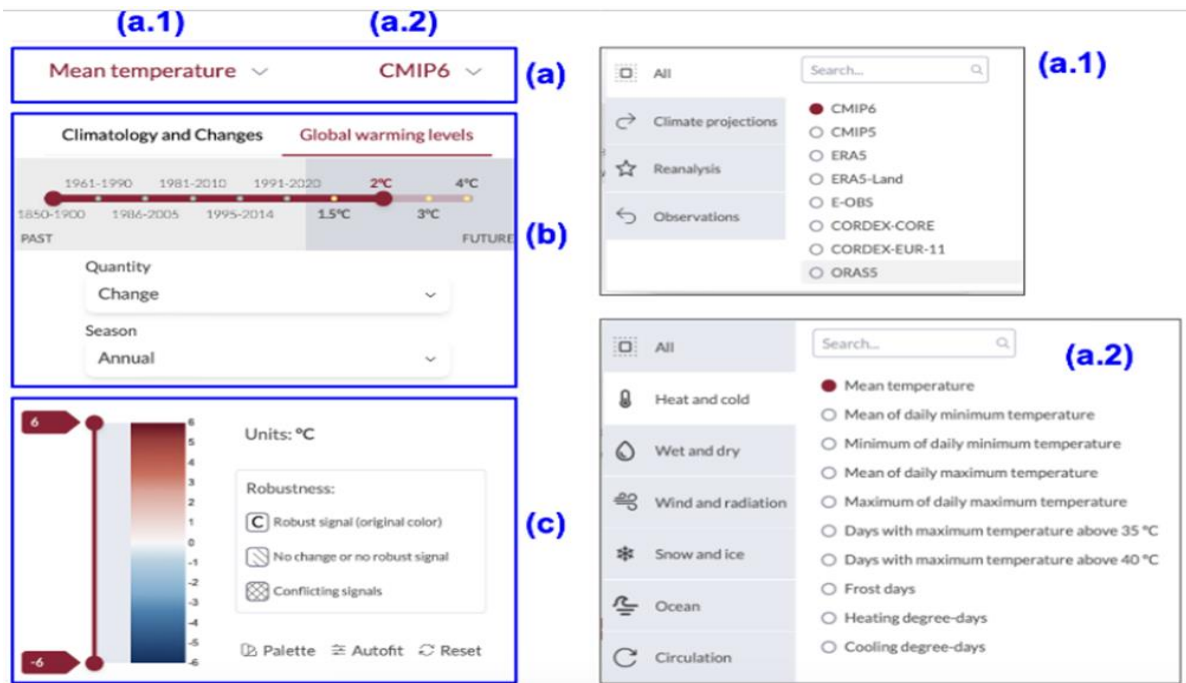


**Рис. 10. Основний екран Atlas C3S, що відображає три основні панелі:**  
 а – інформація, (b) – вибір, (c) – дисплей

Конфігурація за замовчуванням відображає інтерактивну карту з просторовою інформацією сигналу зміни клімату (відносно доіндустріального періоду 1850–1900) для середньої температури для 2 °C глобального потепління, отриманого з ансамблю глобальних кліматичних прогнозів CMIP6.

Інформаційна панель на рисунку 9а відображає інформацію (змінну, набори даних та розмір аналізу) для поточного вибору. Це використовується як заголовок відповідних графічних кліматичних продуктів, що відображаються на панелі (c). Повний опис із вичерпною інформацією надається, натиснувши кнопку інформації "I" в правій частині інформаційної панелі.

Панель вибору включає різні варіанти, необхідні для визначення кліматичного продукту, що цікавить, і організований у трьох основних модулях, як показано на рисунку 11. Палітра кольору та діапазон відображених значень (включаючи параметри автоматичного відновлення діапазонів відповідно до поточного подання).

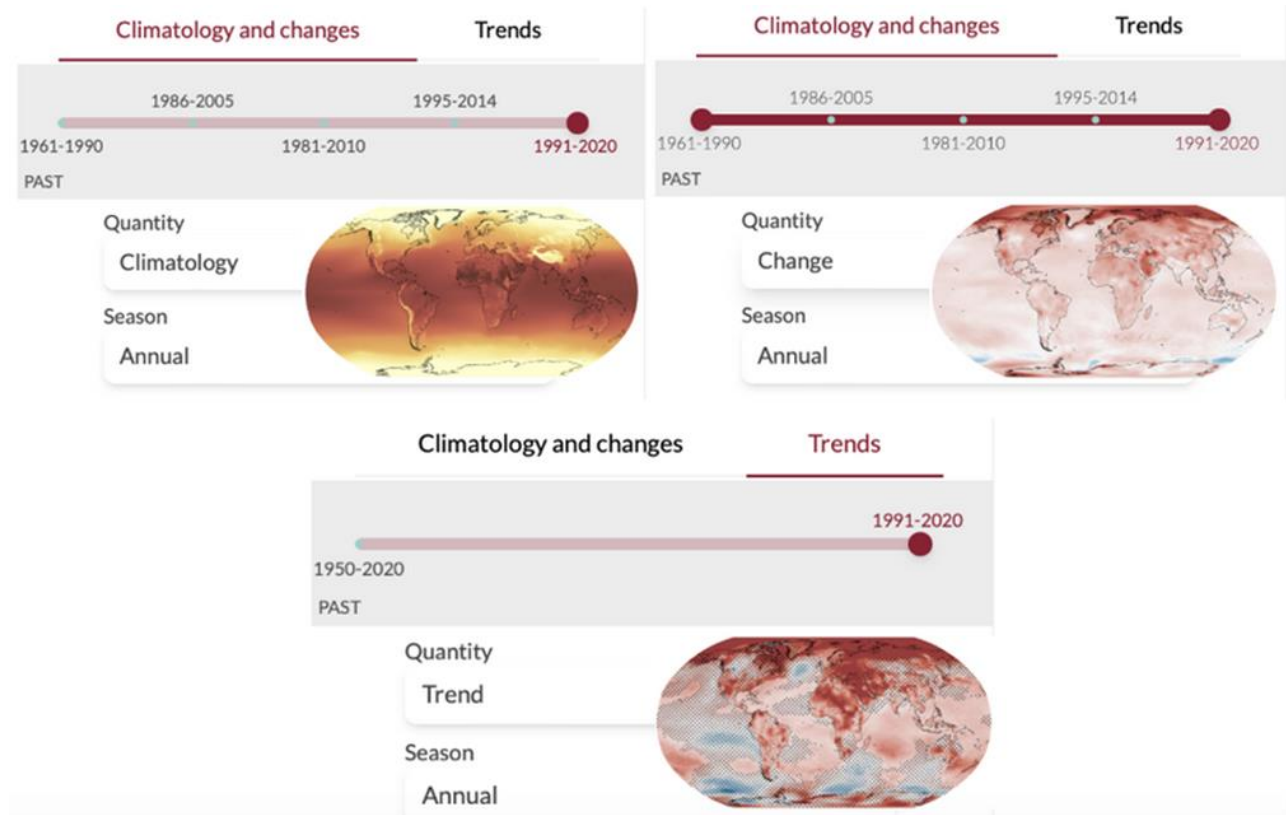


**Рис. 11. Елементи панелі вибору Атласу C3S, що показують конкретний вибір конфігурації за замовчуванням: (а) змінна/індекс та набір даних, (b) розмір аналізу та (c) палітри кольору та діапазон значень (включаючи відображення Параметри автоматичного відновлення діапазонів відповідно до поточного подання). Варіацію змінних та наборів даних на панелях (a.1) та (a.2) проілюстровано на правих панелях, остання з яких фільтрує певну категорію тепла та холоду**

Вибір набору даних визначає розміри аналізу, доступні в атласі C3S (рис. 10b), які відрізняються для спостережень/повторного аналізу та для прогнозів клімату. В обох випадках показчик «season» дозволяє вибрати конкретний місяць або сезон, що цікавить, для відображення змінних / індексів (вони спочатку визначені з місячним або річним агрегуванням, а останні недоступні для окремих сезонів). Агрегування місячних часових рядів для отримання певного сезонного / річного часового ряду виконується з використанням середнього значення за винятком екстремальних індексів мінімум / максимум щоденної мінімальної температури та максимуму 1-денної / 5-денної накопиченої кількості опадів, які агрегуються з використанням відповідного мінімуму або максимуму (тобто сезонні / річні екстремуми є екстремумами відповідних місячних значень), і «підрахунок» `indexs Days with maximum temperature above 35/40 °C` і днів з морозом, які

агреговані за допомогою суми (тобто сезонні / річні підрахунки – це сума щомісячних підрахунків).

Для наборів даних спостереження та реаналізу атлас C3S дозволяє аналізувати кліматичні зміни та тенденції протягом ряду заздалегідь визначених періодів (рис. 12).



**Рис. 12. Розміри аналізу для наборів даних спостереження та реаналізу** (для ERA5 в цьому випадку), що показує кліматологію (на період 1991–2020 років) та зміни (на період 1991–2020 роки, відносно 1961–1990) у верхній частині та тенденціями (для сучасного періоду 1991–2020 років) внизу

Необхідно звернути увагу на те, що карти вставки включаються лише для ілюстративних цілей для візуалізації кліматичних продуктів, що відповідають конкретним розмірам аналізу. Ці виміри характеризують останні історичні зміни та тенденції.

Зокрема, вибір «кліматологія та зміни» дозволяє вибирати ряд заздалегідь визначених довідкових історичних періодів: 1850–1900 (зазвичай використовується як посилання на доіндустріальні умови), 1961–1990, 1981–

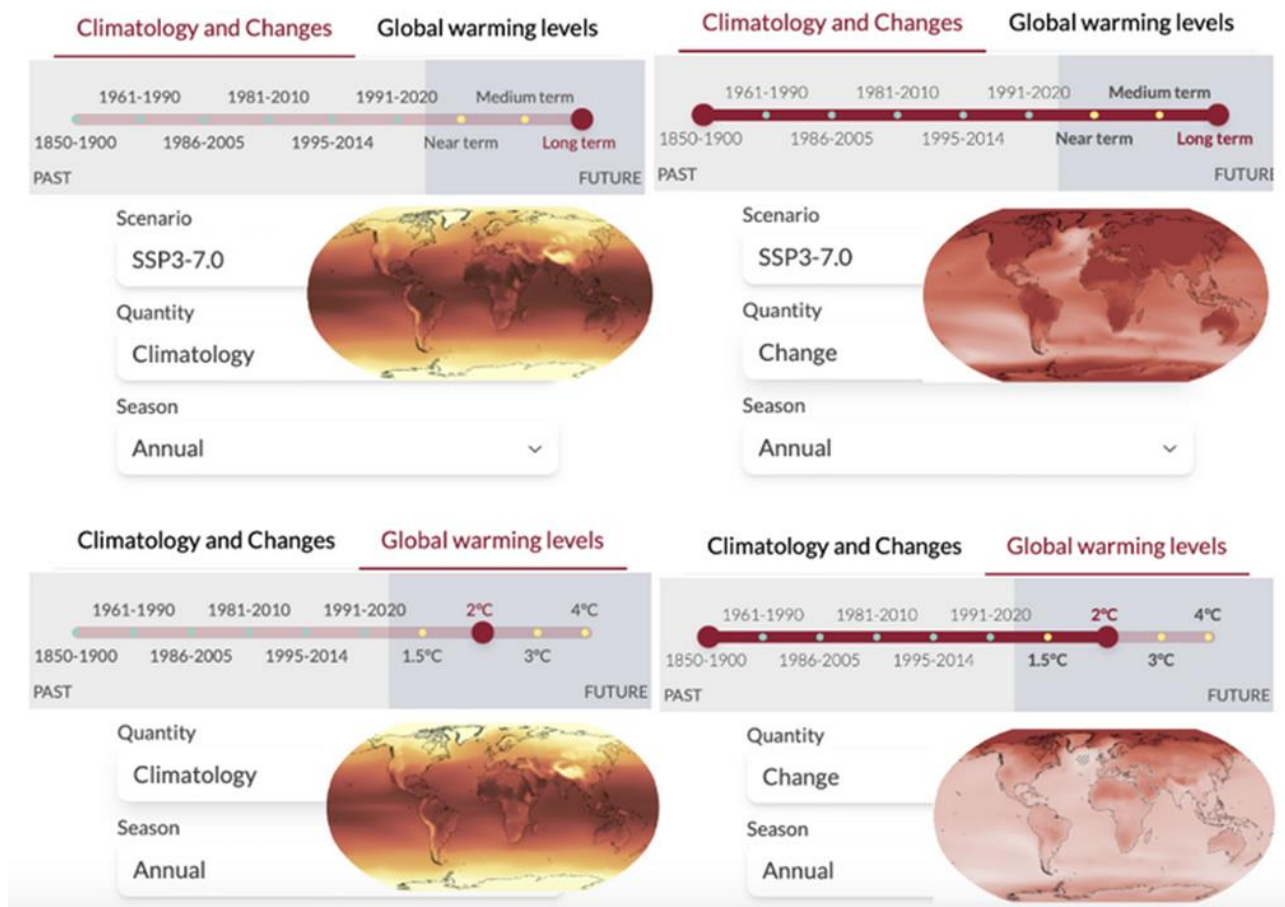
2010 та 1991–2020 (три 30-ти річні періоди, рекомендовані WMO для визначення кліматичних норм) та 1986–2005 та 1995–2014 років (20-річні загальні періоди, що використовуються в IPCC AR5 та AR6, відповідно, для визначення сучасних кліматичних умов). Меню вибору дозволяє вибрати «кліматологію», для середніх сукупних значень щомісячного / сезонного / річного часового ряду вибраної змінної у еталонному періоді або «зміни», для відмінностей між кліматологією референтного періоду та вибраним базовим (рис. 12, зверху). Особливий вибір кліматології або змін може бути обраний у віконці кількості.

Вибір «тенденцій» дозволяє вибрати два періоди (1950–2020 та 1991–2020) як посилання на аналіз довгострокових та сучасних тенденцій щомісячних / сезонних / річних часових рядів відповідно. У цьому випадку єдиним варіантом віконця кількості є "тенденція".

Для наборів даних про *кліматичну проєкцію*, окрім історичних періодів, які поширені у спостереженнях та реаналізі, «кліматологія та зміни» вимір дозволяє досліджувати майбутні періоди (довгі, середньо- та довгострокові, визначені як 2021–40, 2041–60 та 2081–2100 відповідно) через різні сценарії викидів (RCP або SSP залежно від набору даних), як показано на рисунку 13 (вгорі).

Панелі в нижній частині показують однакову інформацію, але для 2 °C глобального потепління. Зауважте, що карти вставки включаються лише для ілюстративних цілей для візуалізації кліматичних продуктів, що відповідають конкретним розмірам аналізу. Ці розміри характеризують майбутні зміни клімату від різних вимірів аналізу (що дозволяє візуалізувати відмінності між регіональними температурами для кінця століття за сценарієм високого викиду та для глобального потепління 2 °C).

Зауважимо також, що для наборів даних про кліматичну проєкцію деякі історичні минулі періоди (зокрема, останні періоди) не повністю висвітлюються даними історичних сценаріїв (наприклад, історичні моделювання для кінця CMIP5/CORDEX та CMIP6 у 2005 та 2014 роках відповідно). Прагматичне наближення до вирішення цього питання – використання даних сценаріїв для заповнення відсутніх сегментів. Наприклад, на 2006–2020 роки, краще використовувати перші роки перехідних проєкцій RCP8.5, які є найпоширенішими наявними сценаріями та в яких викиди близькі до тих, що спостерігаються.



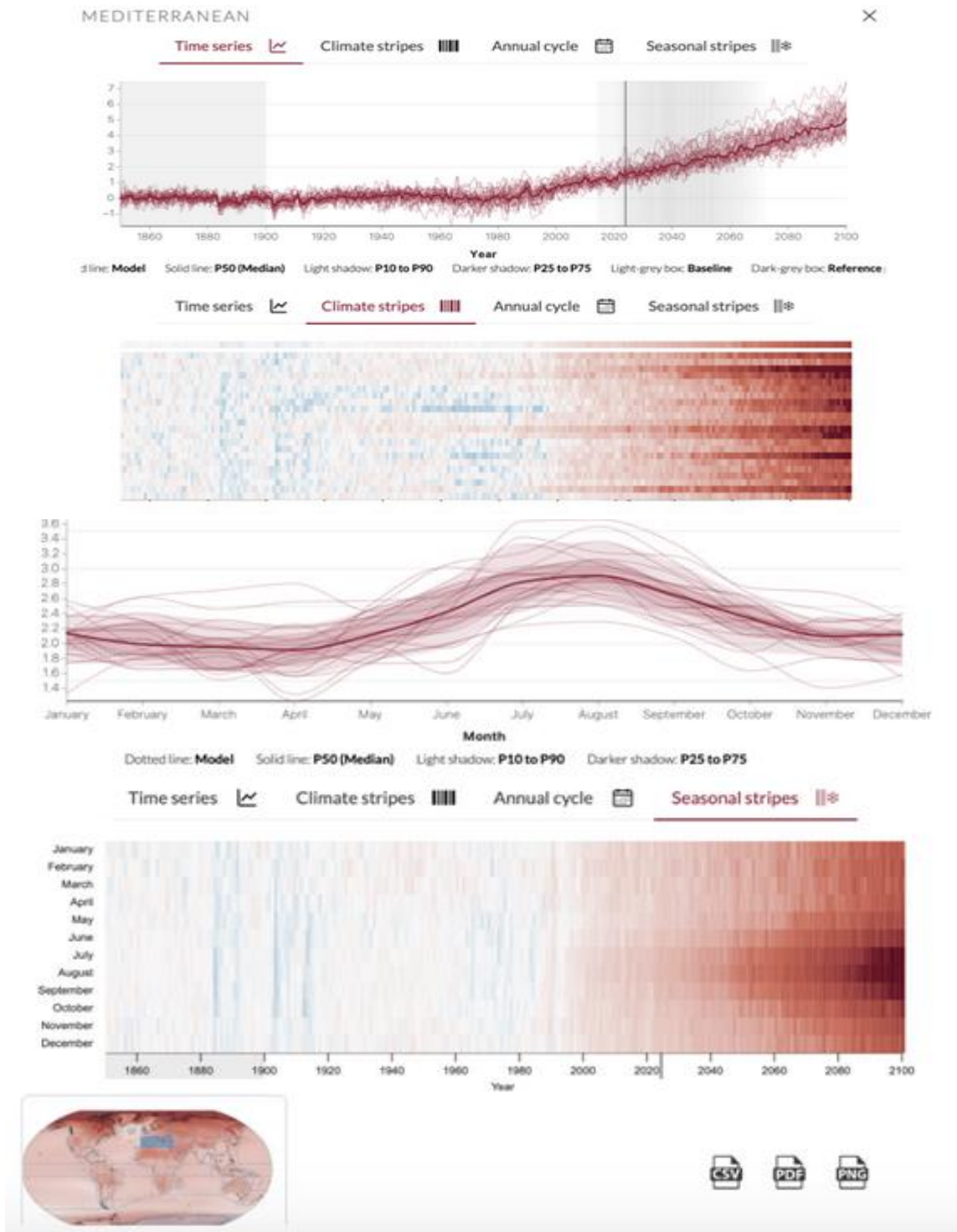
**Рис. 13. Розміри аналізу для проєкційних наборів даних.**

Верхні панелі відповідають кліматології (зліва) та зміни (праворуч) відносно 1850–1900 (праворуч) середньої температури, що відповідає довгостроковому майбутньому періоду (2081–2100) для високого сценарію SSP3-7.0.

Різні аспекти регіональної інформації відображаються за допомогою різних графічних продуктів (рис. 14), що будують часові ряди вибраного сезону: 1) часовий ряд, 2) кліматичні смуги, 3) щорічні ділянки циклу, 4) сезонні кліматичні смуги. Усі ці графічні елементи динамічно оновлюються при зміні вибору на панелі вибору.

Усі графічні регіональні інформаційні продукти дозволяють експортувати результати у форматах PDF та PNG, а також експортувати (у файлах CSV) базові дані (числа). Вставка внизу представляє інформацію про карту, підкреслюючи вибрану область.

На панелі часових рядів відображається щорічні / сезонні особливості з року в рік, по історичних чи історичних та майбутніх кліматичних періодах.



**Рис. 14.** Різні графічні продукти для регіональної інформації про середні зміни температури на  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  глобального потепління: над попередньо визначеним середземноморським регіоном AR6: часові ряди, кліматичні смуги, щорічний цикл та сезонні кліматичні смуги, зверху вниз.

Для спостережень панель часових рядів відображає регіонально об'єднану річну / сезонну серію. Для прогнозів клімату часові ряди відображають регіонально об'єднані річні / сезонні серії для необроблених значень або змін (аномалії відносно вибраної базової лінії в цьому випадку) для всіх моделей, що утворюють ансамбль, а також медіану ансамблю. Сіре затінення вказує на конкретний вибраний період, який представлений на карті. Що стосується рівня глобального потепління, зона затінення демонструє різну сіру інтенсивність затінення відповідно до перекриття 20-річних періодів, коли рівень потепління спочатку досягається за різними моделями (більша інтенсивність відтінку вказує на роки з більш високим перекриттям). Детальна (відсоткова) інформація надається шляхом наведення вказівника на окремій лінії.

Сюжет кліматичних смуг з графікою "зігрівання смуг" (введено Ед Хокінс, <https://www.showyourstripes.info>), які є простими та переконливими візуальними уявленнями про зміну температури. Кліматичні смуги впроваджуються в Атласі C3S, використовуючи хронологічно впорядковані вертикальні смуги впродовж періоду 1950–2100 рр. (роки, що охоплюють історичні та проєктовані при моделюванні) для представлення річних / сезонних первинних значень або змін (аномалій відносно обраного базового рівня) вибраної змінної та сценарію. Смуги розділені вертикально, щоб представити кожне з моделювання / моделей (для кліматичних проєкцій), що утворюють ансамбль (з медіаною ансамблю вгорі). Кольори від синього / коричневого до червоного / зеленого позначають від негативних до позитивних змін (або мінімальних до максимальних значень).

## 4. ДОСТУП ДО ДАНИХ

В основі Copernicus знаходиться комплекс супутників Sentinel, які проводять величезну кількість щоденних спостережень за земною екосистемою. Технологічна спроможність Copernicus, особливо з точки зору доступності, зробила Copernicus найбільшим постачальником даних у світі.

Наступна схема (рис. 15) ілюструє концептуальні елементи Copernicus, оскільки вона стосується доступу до даних.

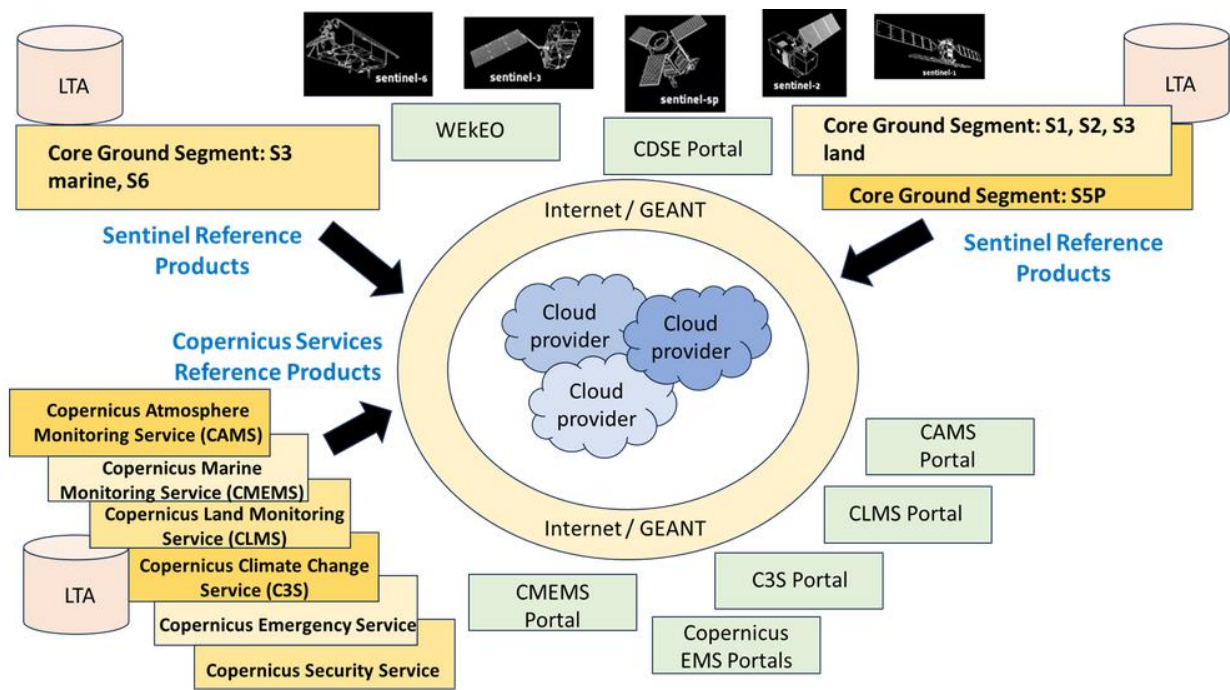


Рис. 15. Концептуальні елементи Copernicus

Просторовий компонент Copernicus, представлений поточним набором супутників Sentinel.

Елементи послуг Copernicus беруть довідкові продукти Sentinel та використовують їх разом з іншими джерелами даних для отримання довідкових продуктів Copernicus Services. Кожна служба Copernicus звертається до конкретної теми. Референтні розробки архівовані місцево в довгостроковому архіві (LTA). Більш детальну інформацію про послуги Copernicus можна знайти за посиланням

<https://www.copernicus.eu/en/copernicus-services> .

Серії веб-порталів (зелені поля) дозволяють користувачам отримувати доступ до наявних довідкових продуктів. Кожен веб-портал розроблений для вирішення конкретного набору потреб користувача. Кожен портал також пропонує різноманітні механізми доступу до даних. Одним із загальних механізмів доступу до даних є дозвіл користувачеві завантажувати дані на свій комп'ютер (наприклад, передача з хмарного сховища через Інтернет або спеціалізована мережа, така як Geant, до середовища зберігання даних користувача). Ще одним загальним механізмом доступу до даних є можливість користувача отримати доступ до даних безпосередньо в середовищі хмарних обчислень, пов'язаних із хмарним сховищем. Цей другий метод має перевагу в тому, що користувач може мінімізувати своє місцеве середовище зберігання та обробку даних.

Окрім даних із супутників Sentinel Copernicus пропонує дані глобальної мережі інших супутників та наземних датчиків сигналу повітря та морських засобів для створення детальних зображень земної екосистеми. Інформацію про місії, що надають Copernicus, можна знайти за посиланням <https://www.copernicus.eu/en/contributing-missions>.

*Портал Ecosystem Space Data Copernicus (CDSE).* CDSE включає інструменти візуалізації для допомоги з пошуком даних та виявленням разом із різноманітними інструментами обробки даних. Він також пропонує обробку на вимогу та доступ до хмарного середовища обробки.

Портал CDSE розташований за посиланням <https://dataspace.copernicus.eu>, де можна знайти деталі механізму доступу до даних.

*Портал Wekeo* пропонує доступ до довідкових продуктів та послуг Copernicus та дані з ряду інших порталів (наприклад, метеорологічні супутники Eumetsat). Wekeo включає інструменти візуалізації для допомоги в пошуку даних та виявлення разом із різноманітними інструментами обробки даних. Він також пропонує доступ до хмарного середовища обробки. Портал Wekeo розташований за посиланням <https://www.wekeo.eu>, де можна знайти деталі наявних механізмів доступу до даних.

*Портал моніторингу атмосфери Copernicus (CAMS)* пропонує доступ до референтних продуктів, створених службою моніторингу атмосфери Copernicus, які отримані від референтних продуктів Sentinel разом з іншими супутниковими та наземними спостереженнями. Портал CAMS призначений для підтримки підприємств, розробників політики та вчених щодо складу

нашої атмосфери. Портал CAMS розташований за посиланням <https://atmosphere.copernicus.eu>, де можна знайти деталі механізмів доступу до даних.

*Портал служби моніторингу морського середовища Copernicus (CMEMS)* пропонує доступ до референтних продуктів, створених службою моніторингу Copernicus, яка отримана з референтних продуктів Sentinel разом з інших супутників та морських спостережень. Портал CMEMS призначений для підтримки всіх, хто потребує найсучасніших даних про стан океану. Портал CMEMS розташований за посиланням <https://marine.copernicus.eu>, де можна знайти деталі механізмів доступу до даних.

*Портал служби моніторингу земель Copernicus (CLMS)* пропонує доступ до референтних продуктів, створених службою моніторингу земель Copernicus, яка отримана від референтних продуктів Sentinel разом з іншими супутниковими спостереженнями та вимірюваннями в SITU. Портал CLMS призначений для надання глобальної інформації про покриття земель та її зміни, використання земель, руху землі, станції рослинності, водного циклу та змінних енергетики землі. Портал CLMS розташований за посиланням <https://land.copernicus.eu>, де можна знайти деталі наявних механізмів доступу до даних.

*Портал служби зміни клімату Copernicus (C3S)* пропонує доступ до референтних продуктів, створених послугою клімату Copernicus, яка отримана з референтних продуктів Sentinel разом з іншими супутниковими спостереженнями та вимірюваннями на SITU. Портал C3S надає інформацію щодо минулого, теперішнього та майбутнього (прогнозування) глобального клімату. Портал C3S розташований за посиланням <https://climate.copernicus.eu/>, де можна знайти деталі механізмів доступу до даних.

*Портали Служба екстреної допомоги Copernicus (EMS)*. Служба екстреної допомоги Коперника складається з декількох порталів, що стосуються конкретних тем:

- Служба картографування, розташована за посиланням <https://emergency.copernicus.eu/mapping>, де користувачі можуть згенерувати карти, отримані від референтних продуктів Sentinel разом з іншими супутниковими спостереженнями та вимірюваннями на SITU. Зверніть увагу, що можна отримати доступ до карт лише з історичних запитів.

- Європейська система поінформованості про повені (EFAS), розташована за посиланням <https://european-food.emergency.copernicus.eu>, де доступні карти та гідрологічні дані, отримані з декількох джерел, включаючи довідкові продукти Sentinel.
- Глобальна система поінформованості про повені (GLOFAS), розташована за посиланням <https://www.globalfloods.eu>, де доступні глобальні прогнози повені, отримані з чисельних моделей прогнозування погоди.
- Європейська інформаційна система лісових пожеж (EFFIS), розташована за посиланням <https://forest-fire.emergency.copernicus.eu>, де доступні дані пожежної небезпеки для Європи, що походять з декількох джерел, включаючи довідкові продукти Sentinel.
- Глобальна інформаційна система Wildfire (GWIS), розташована за посиланням <https://gwis.jrc.ec.europa.eu>, де надаються дані про глобальну небезпеку пожежі.
- Європейська обсерваторія посухи (EDO), розташована за посиланням <https://ddrought.emergency.copernicus.eu/edov2>, де дані про посухи та карти для Європи доступні з декількох джерел, включаючи довідкові продукти Sentinel.
- Глобальна обсерваторія посухи (GDO), розташована за посиланням <https://ddrought.emergency.copernicus.eu/gdo>, де доступні глобальні дані та карти.

Служба безпеки Copernicus складається з декількох порталів, що стосуються конкретних тем:

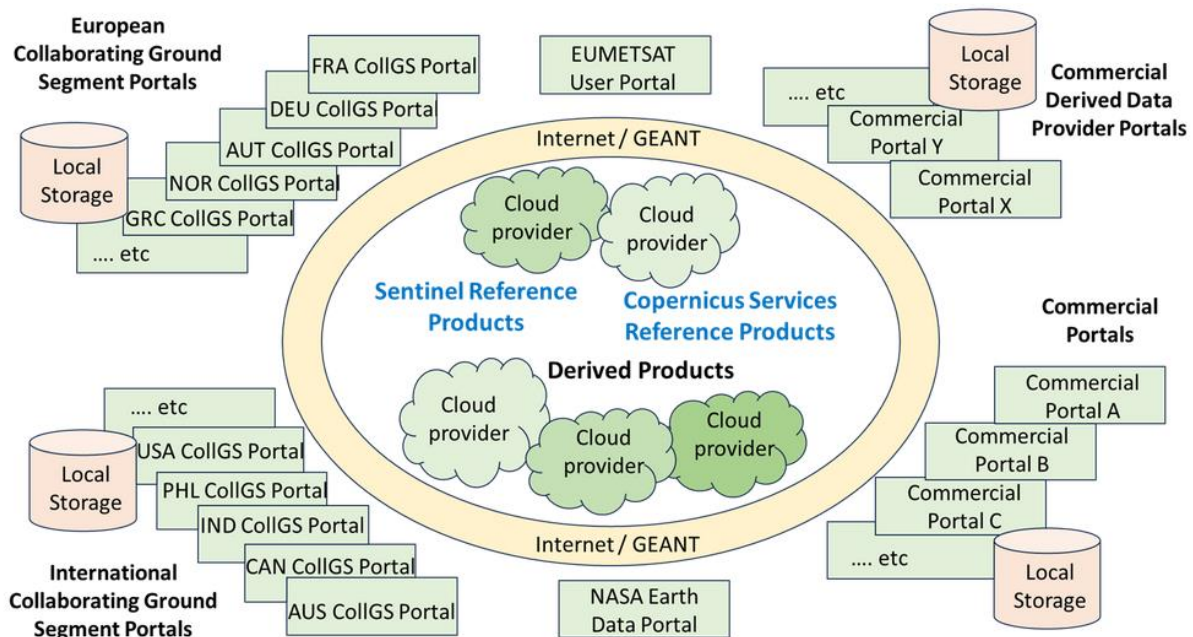
- Моніторинг зовнішніх кордонів Європейського Союзу <https://www.frontex.europa.eu>
- Морські спостереження <https://www.emsa.europa.eu/copernicus.html>
- Підтримка зовнішніх та безпечних дій ЄС (SESA), <https://sesa.security.copernicus.eu>, допомагає ЄС та його державам членам у моніторингу реалізації закону ЄС та вирішення проблем безпеки, що виникають.

Служби безпеки Copernicus забезпечують обмежений доступ загальнодоступного доступу до даних або інформації. Ці сайти призначені насамперед для інституційних користувачів, таких як правоохоронні органи. Як і всі послуги Copernicus, служби безпеки використовують довідкові продукти Sentinel та інші джерела даних для досягнення своїх цілей.

Жоден з порталів для послуг Copernicus не пропонує прямий доступ до довідкових продуктів Sentinel.

Портали програми Copernicus пропонують надійне, добре задокументоване та надійне джерело своєчасних високоякісних даних у вигляді референтних продуктів.

Портали програми Copernicus є публічно доступною частиною великої екосистеми даних, побудованої на супутникових місіях Sentinel. Довідкові продукти Sentinel генеруються основними сегментами заземлення та довідковими продуктами Copernicus Services, що генеруються послугами Copernicus, використовуючи як введення референтних продуктів Sentinel та інших джерел даних. Ці довідкові продукти представляють високоякісні дані, які генеруються в оперативному середовищі, що підлягають контролю та моніторингу конфігурації. Довідкові продукти можна чітко ідентифікувати. Наступна схема (рис. 16) ілюструє параметри доступу до даних, які існують поза програмою Copernicus.



**Рис. 16. Параметри доступу до даних, які існують поза програмою Copernicus [1]**

Ці портали були класифіковані як:

Європейські портали сегменту співпраці. Це, як правило, дзеркальні колекції довідкових продуктів Sentinel, побудованих національними

організаціями, що охоплюють національні сфери, що цікавлять та включають конкретні послуги чи теми. Ці засоби отримують довідкові продукти з основних сегментів землі та / або послуг Copernicus, що підлягають формальній угоді. Ці портали можуть зацікавити користувача, зацікавленого доступом до даних рідною мовою, використовуючи доступні послуги або потенційно кращі швидкості доступу залежно від місця розташування користувачів. Незважаючи на те, що ці портали працюють поза програмою Copernicus, слід зазначити, що розробці деяких із цих систем сприяли фінансування ЄС. Більше інформації про ці портали можна знайти на [веб – сайті https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/collaborative](https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/collaborative).

Міжнародні портали сегменту співпраці: вони схожі за концепцією з їх європейськими колегами, але мають на меті обслуговувати своїх регіональних користувачів. Як і європейські сегменти співпраці, ці засоби отримують довідкові продукти з основних сегментів наземних та/або послуг Copernicus, що підлягають офіційній угоді. Ці портали, як правило, створені для полегшення доступу до даних Copernicus, де хороші мережеві з'єднання з Європою були складними.

Комерційні портали. Вони, як правило, пропонують доступ до довідкових продуктів, а також послуги з оплатою використання, які можуть включати хмарні обчислення, доступ до комерційних супутникових даних та різні набори інструментів.

Портали провайдера даних комерційних даних. Вони, як правило, пропонують послуги з оплатою за використання та продукти, які впливають із довідкових продуктів Copernicus та інших джерел даних. Ці портали, як правило, мають конкретну тему, таку як морські програми або управління активами.

На додаток до чотирьох груп вищезазначених порталів, існує також ряд порталів урядової організації, які пропонують доступ до найрізноманітніших даних, включаючи дані Sentinel. Портал користувачів Eumetsat (<https://user.eumetsat.int/data-access>), надає посилання на всі механізми доступу до даних Eumetsat (включаючи портал Wekeo). Використовуючи ці механізми доступу до даних, можна отримати доступ до великого каталогу даних, включаючи довідкові продукти Sentinel. Портал даних NASA Earth, розташований на [веб-сайті https://www.earthdata.nasa.gov](https://www.earthdata.nasa.gov), аналогічно пропонує доступ до великого каталогу даних, насамперед із місій NASA, але також включаючи продукти, отримані з даних Sentinel.

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Мета практичної – навчитися завантажувати, візуалізувати та зберігати для подальшої роботи дані з вебпорталу Copernicus, що містять інформацію, корисну для оцінки кліматичних ризиків.

Перед виконанням практичної роботи для визначення засвоєння теоретичних питань необхідно пройти on-line тест за посиланням <https://flashcards.world/mysets/1567518311/>.

Для виконання практичної роботи потрібно використати 3 бази даних:

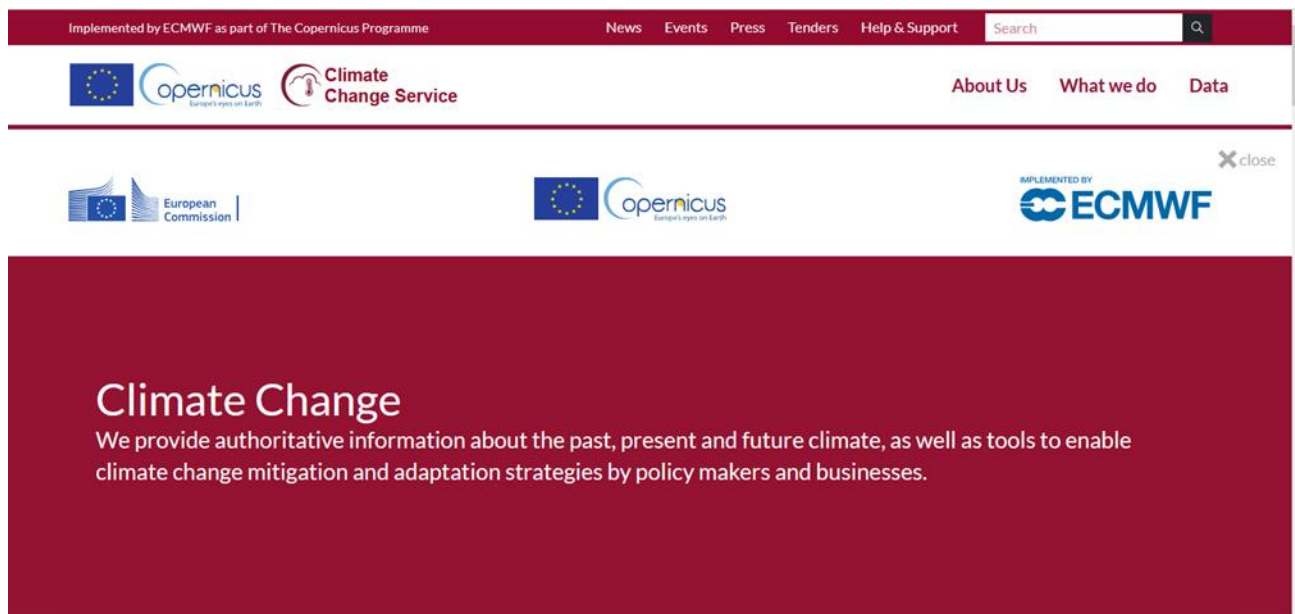
1. Індекси теплового стресу: «Climate extreme indices and heat stress indicators derived from CMIP6 global climate projections» [2]

2. Індикатори ризику екстремальних опадів: «Extreme precipitation risk indicators for Europe and European cities from 1950 to 2019» [3]  
<https://www.copernicus.eu/en/access-data/copernicus-services-catalogue/extreme-precipitation-risk-indicators-europe-and-european>

3. Індикатори ризику повеней в Європейських містах: «Flood risk indicators for European cities from 1989 to 2018» [4]

*Хід виконання практичної роботи.*

1. Реєстрація на порталі (рис. 17).



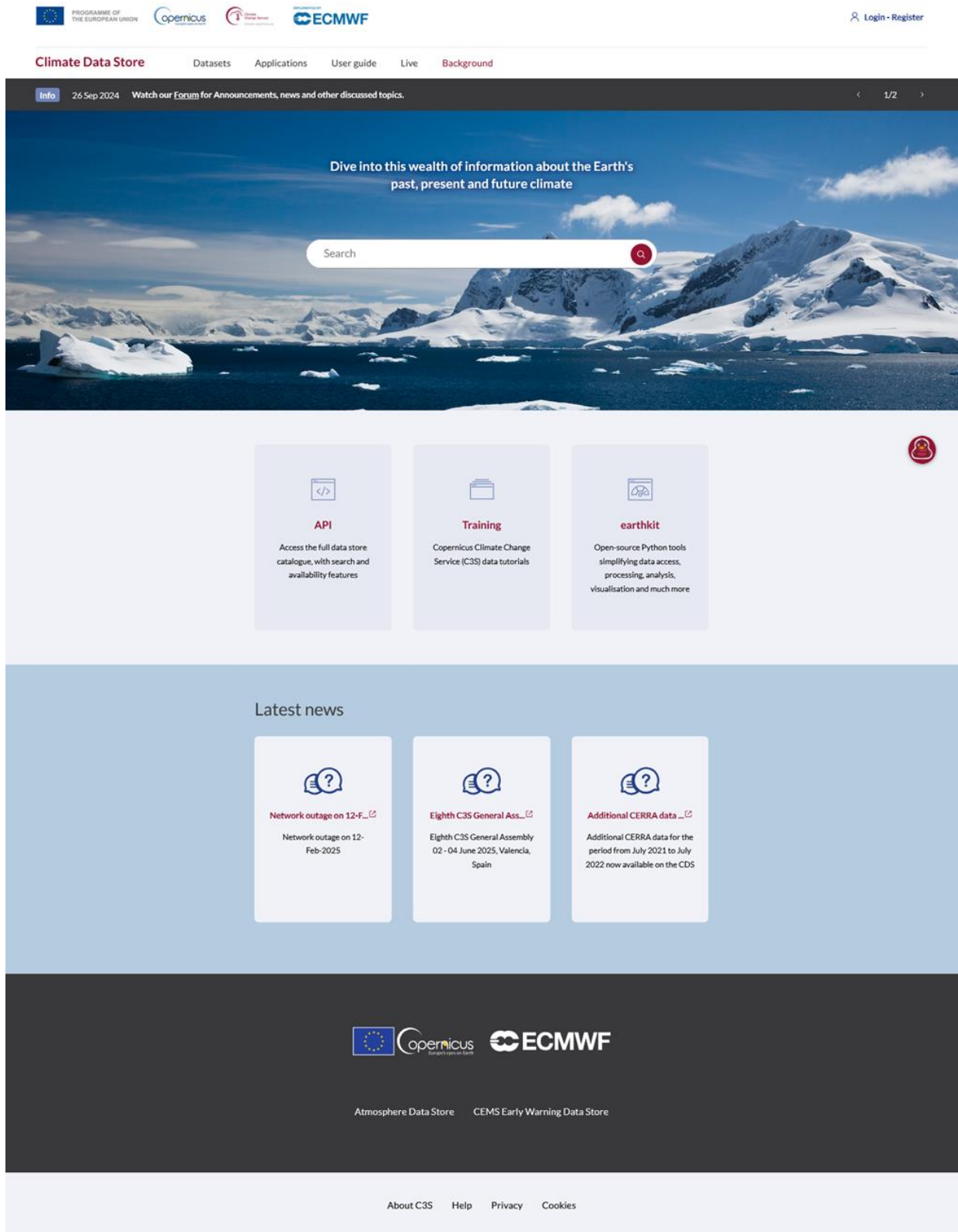


Рис. 17. Стартова сторінка <https://climate.copernicus.eu/>

## 2. Завантаження даних.

Для цього необхідно створити та запустити скрипт (рис.18). Перед виконанням коду потрібно пройти авторизацію на сайті (увійти у систему, бути в системі в момент запуску коду).

```
In [1]: #!/usr/bin/env python
import cdsapi
c = cdsapi.Client()
c.retrieve('reanalysis-era5-complete', { # Запити відповідають синтаксису MARS
    # див. документацію MARS
    # дати
    'date' : '2013-01-01',
    # номери вертикальних рівнів
    'levelist': '1/10/100/137',
    # тип вертикального рівня. Напр., 'ml' - рівень моделі
    'levtype' : 'ml',
    # Параметр, довідка://apps.ecmwf.int/codes/grib/param-db/
    'param' : '130',
    # тип даних. Напр., 'oper' - атмосферна модель
    'stream' : 'oper',
    # часовий інтервал, години (цифри:від/до/інтервал)
    'time' : '00/to/23/by/6',
    # тип полів. Напр., 'an' - аналіз
    'type' : 'an',
    # крайні точки території в градусах: (N/W/S/E)
    'area' : '80/-50/-25/0',
    # просторово-роздільна здатність (градуси широти/довготи)
    'grid' : '1.0/1.0',
    # формат завантаженого файлу
    'format' : 'netcdf',
    # назва завантаженого файлу
}, 'ERA5-ml-temperature-subarea.nc')
```

**Рис. 18. Фрагмент коду для завантаження даних реаналізу ERA5 із веб-порталу Copernicus Data Store**

Далі обираємо необхідні дані (рис.19–24)

The screenshot shows the Copernicus Data Store interface. At the top, there are navigation links: 'Climate Data Store', 'Datasets', 'Applications', 'User guide', 'Live', and 'Background'. The main heading is 'Extreme precipitation risk indicators for Europe and European cities from 1950 to 2019'. Below the heading, there are three tabs: 'Overview', 'Download' (which is active), and 'Documentation'. Under the 'Download' tab, there is an 'Info' section with a date '29 Jan 2025' and a message: 'This dataset is no longer supported by the data providers. Data and documentation are provided as is. Users are encouraged to use our Forum to raise any item of discussion with respect to this dataset.' Below this, there is a section for 'Spatial coverage' with a 'Clear all' link and a search bar. The search bar has 'City' selected and 'Europe' checked. There is also a 'Variable' section with 'Select all' and 'Clear all' links. On the right side, there are sections for 'References' (with a DOI: 10.24381/cds.3a9c4f89), 'Licence' (with a link to 'Licence to use Copernicus Products'), 'Publication date' (2021-09-23), and 'Update date' (2025-01-31). There is also a small red circular icon with a white figure in the bottom right corner.

**Рис. 19. Покрокова інструкція для отримання даних. Крок 1**

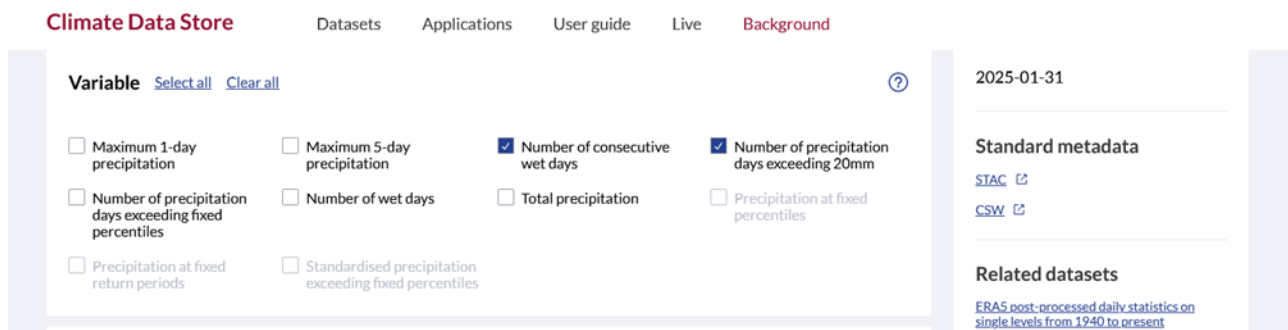


Рис. 20. Покрокова інструкція для отримання даних. Крок 2

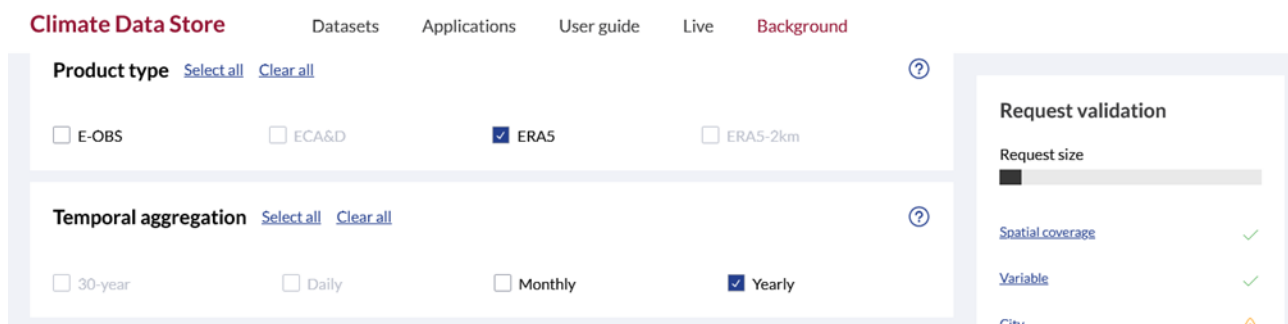
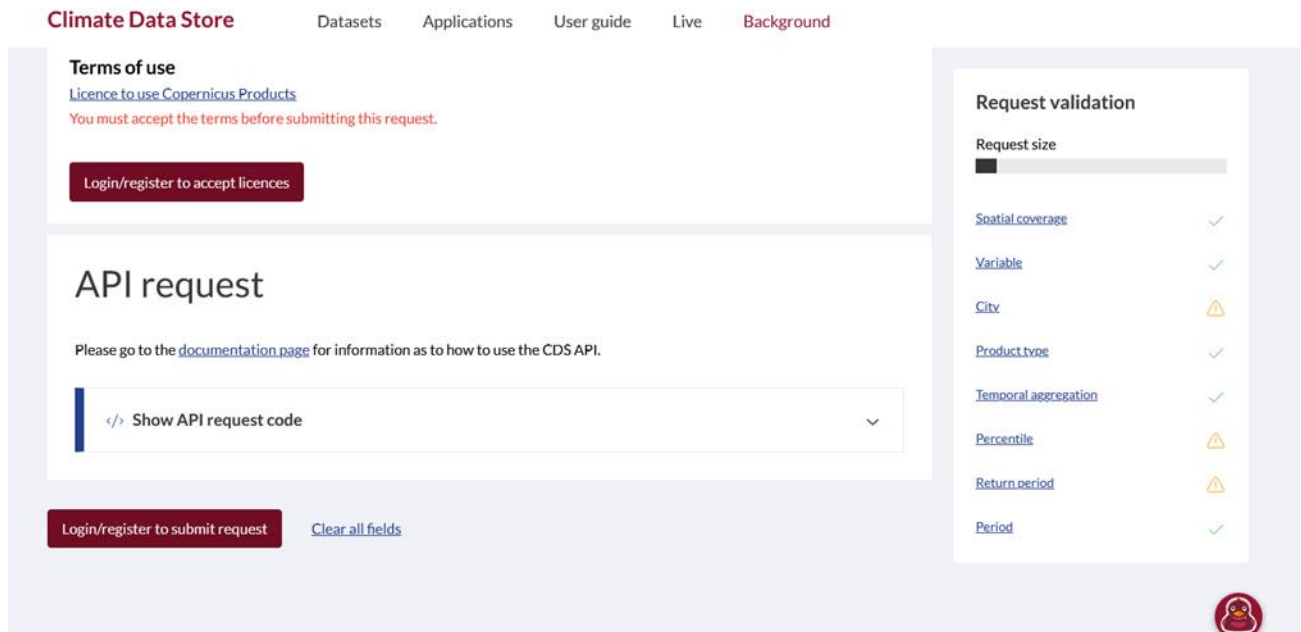


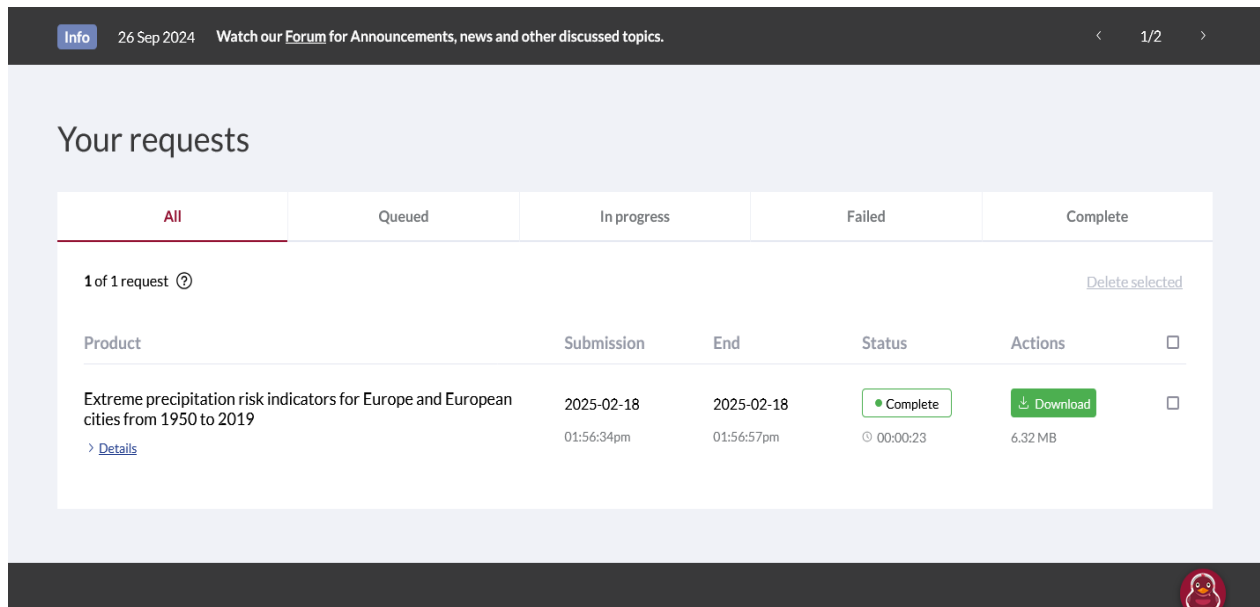
Рис. 21. Покрокова інструкція для отримання даних. Крок 3



Рис. 22. Покрокова інструкція для отримання даних. Крок 4

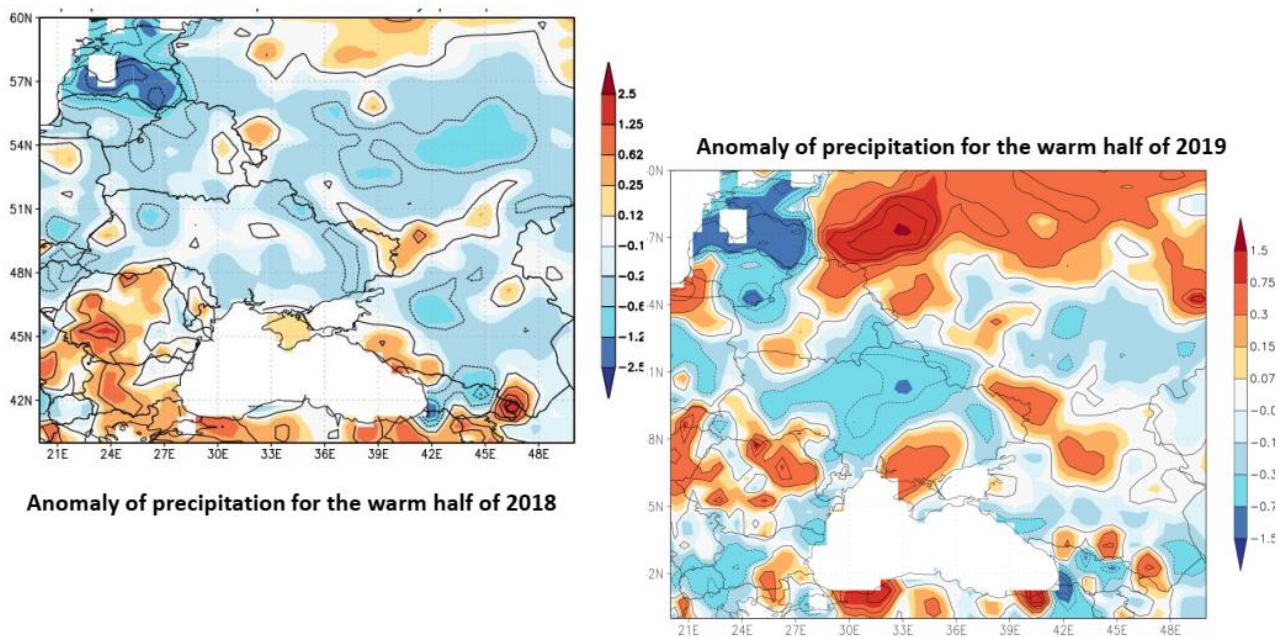


**Рис. 23. Покрокова інструкція для отримання даних. Крок 5**



**Рис. 24. Покрокова інструкція для отримання даних. Крок 6**

3. Візуалізація даних. Оформити рисунок подібним чином до рисунку 25.



**Рис. 25. Приклад візуалізації отриманих результатів**

4. Провести аналіз просторового розподілу отриманих показників в межах Європи, та окремо для території України.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Copernicus Climate Change Programme: User Learning Service Content *Florian Dierickx* 2019–04–28. 141 P.
2. Sandstad, M., Schwingshackl, C., Iles, C., (2022): Climate extreme indices and heat stress indicators derived from CMIP6 global climate projections. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). DOI: 10.24381/cds.776e08bd
3. Mercogliano, P., Rianna, G., Reder, A., Raffa, M., Mancini, M., Stojiljkovic, M., de Valk, C., and van der Schrier, G., (2021): Extreme precipitation risk indicators for Europe and European cities from 1950 to 2019. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). DOI: 10.24381/cds.3a9c4f89
4. Mercogliano, P., Rianna, G., Reder, A., Raffa, M., Padulano, R., Essenfelder, A., Mazzoli, P., and Bagli, S., (2021): Flood risk indicators for European cities from 1989 to 2018. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). DOI: 10.24381/cds.9d3db0eb
5. Andrew Gettelman, Richard B. Rood. Demystifying Climate Models A Users Guide to Earth System Models. Earth Systems Data and Models. Volume 2. (2016). 274 P. DOI 10.1007/978–3–662–48959–8
6. Dupar, M., with McNamara, L. and Pacha, M. (2019). Communicating climate change: A practitioner’s guide. Cape Town: Climate and Development Knowledge Network.
7. <https://ecmwf-projects.github.io/copernicus-training-c3s/reanalysis-climatology.html> – Tutorial on Climatologies using Climate Data from C3S
8. Каталог послуг Copernicus – [https://www.copernicus.eu/en/accessing-data-where-and-how/copernicus-services-catalogue?combine=&cc\\_source\\_service\\_target\\_id%5B2770%5D=2770](https://www.copernicus.eu/en/accessing-data-where-and-how/copernicus-services-catalogue?combine=&cc_source_service_target_id%5B2770%5D=2770)
9. <https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/derived-utci-historical?tab=overview>

*Навчальне видання*

**АНАЛІЗ І ВІЗУАЛІЗАЦІЯ  
КЛІМАТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ  
ЗА ДОПОМОГОЮ ПЛАТФОРМИ  
COPERNICUS**

**ЕЛЕКТРОНІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до практичних робіт  
для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти  
спеціальності Е4 Науки про Землю

**Електронне практичне видання**

***Укладачі:***

**Боровська Галина Олександрівна  
Галич Єлизавета Анатоліївна**

*В авторській редакції*

Затв. авт. 29.07.2025. Шрифт Times New Roman.  
Системні вимоги: операційна система сумісна з програмним забезпеченням  
для читання файлів формату PDF.  
Обсяг 2,8 МБ. Зам. № 2978.

Видавець і виготовлювач  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011 р.  
вул. Університетська, 12, м. Одеса, 65082, Україна  
Тел.: (048) 723 28 39, e-mail: druk@onu.edu.ua