

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ВЕБ-СЕРВІСІВ В ГІДРОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ ПРИ ОЦІНЦІ ВПЛИВУ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА РІЧКОВИЙ СТІК

В. А. Овчарук, д-р геогр. наук, проф.

Кафедра гідрології суші

valeriya.ovcharuk@gmail.com

В сучасних гідрологічних дослідженнях виникає необхідність врахування зміни клімату з використанням даних глобального та регіонального моделювання. В цьому випадку важливим є доступність результатів кліматичних проєкцій метеорологічних величин на різні проміжки часу – в довгостроковій та короткостроковій перспективі, в іноді й в минулому (палеокліматичне моделювання). Нижче розглянемо один з сучасних інструментів запропонований IPCC на базі шостої оціночної доповіді[1].

Інтерактивний атлас IPCC WGI. Новий інструмент для гнучкого просторового та часового аналізу значної частини спостережуваної та прогнозованої інформації про зміну клімату, що лежить в основі внеску Робочої групи I до Шостого оціночного звіту, включаючи регіональний синтез факторів кліматичного впливу (CID) <https://interactive-atlas.ipcc.ch/>.

Для полегшення використання інтерактивного Атласу користувачами з різними потребами, він містить два альтернативні інтерфейси: простий (зосереджений на кліматичному майбутньому) та розширений.



Простий інтерфейс призначений для широкої громадськості, ЗМІ, викладачів та осіб, що приймають рішення, оскільки він розширює інформацію про кліматичне майбутнє для різних рівнів глобального потепління, представлених у SPM. Розширений інтерфейс більше призначений для дослідників та практиків.

Простий інтерфейс (кліматичне майбутнє) дозволяє досліджувати один набір даних (CMIP6, останні доступні прогнози зміни клімату) та представляє спрощений селектор QUANTITY & SCENARIO, де доступні лише рівні глобального потепління (розраховані за сценарієм SSP5-8.5 та відносно заздалегідь визначеного базового періоду: 1850-1900).

Конкретний вибір набору даних, змінної, кількості та сценарію, а також сезону визначає кінцевий продукт (наприклад, «CMIP6 - Зміна середньої температури (T) °C - Потепління на 2°C SSP5-8.5 (відносно 1981-2010) - Щорічно»), який відображається глобально на карті, розташованій у

центрі екрана. Карта показує середні значення або зміни ансамблю (абсолютні або відносні – відносні зміни середнього значення ансамблю – залежно від змінної) та динамічне оновлюється при зміні будь-якого з елементів вибору (зазвичай, контрольного періоду або рівня потепління, сценарію, базової лінії або сезону для дослідження заданої змінної для певного набору даних).

Елементи керування праворуч дозволяють: збільшувати (+) та зменшувати (-) масштаб; змінювати проєкцію (Робінсон, тихоокеанська проєкція Робінсона, стереографічна північ та південь); показувати/приховувати шар координатної сітки зі значеннями широти/довготи; показувати походження даних та метадані для обробки даних (наприклад, підгрупування, сітка, розрахунок індексу, коригування зміщення); завантажувати рисунки та базові дані (експорт PNG, PDF – зображень – або GeoTIFF/NetCDF – файлів чисел/даних); ділитися відображеною інформацією (отримання постійного посилання або поширення в соціальних мережах); отримувати інформацію про певні точки та дублювати карту (для перегляду двох продуктів поруч; наприклад, для порівняння глобальної інформації CMIP5/6 та регіонального CORDEX або результатів для різних рівнів потепління); розгортати на весь екран (рис.1).



Рисунок 1 – Інтерфейс елементів керування атласу IPCC WGI.

Колірна панель ліворуч є інтерактивною та дозволяє користувачеві вибрати мінімальні/максимальні значення та значення позначок. Кольори відображаються в безперервній шкалі, але наведення курсора або клацання на кольоровій панелі дозволяє вибрати певний сегмент значень та виділити на карті. Символи під кольоровою шкалою показують легенду методів, що представляють надійність/ невизначеність (немає/ значущість для спостережень та немає/простий/ розширений для модельних проєкцій).

Регіональна інформація в атласі відображається у вигляді:

- часових рядів;
- графіків рівня глобального потепління (GWL);

- річного циклу;
- діаграм розсіювання;
- зведених таблиць;
- кліматичних смуг;
- сезонних кліматичних смуг.

Панель часових рядів (для спостережених даних) відображає регіонально агреговані річні/сезонні ряди, включаючи тренд для вибраного періоду (суцільний або пунктирний/пунктирний, якщо значуще/незначуще на рівні 0,05), коли вибрано цю величину (рис. 2). Сіре затінення вказує на вибраний період, як представлено на карті. Тренд агрегованих значень доповнює інформацію про тренд у вигляді сітки, надану на карті, та дозволяє досліджувати тренди в різних просторових масштабах.

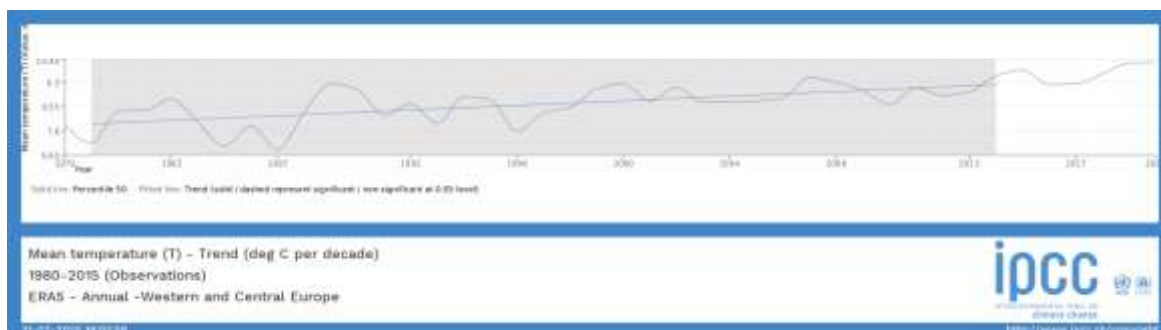


Рисунок 2 – Приклад часового ряду спостереженої середньорічної температури (1980-2015) за даними ERA5 для Західної та Центральної Європи.

Панель часових рядів (для модельних симуляцій) відображає регіонально агреговані річні/сезонні ряди (рис. 3) для необроблених значень або змін (у цьому випадку аномалій відносно вибраної базової лінії) для всіх симуляцій, що утворюють ансамбль, а також медіану ансамблю.



Рисунок 3 – Приклад часового ряду зміни максимальних добових опадів за сценарієм RCP 8.5(2021-2040) за даними CORDEX Europe для басейну Дунаю.

Сіре затінення вказує на вибраний конкретний період, як представлено на карті; у випадку рівнів глобального потепління, область затінення демонструє різну інтенсивність відповідно до перекриття 20-річних періодів, де рівень потепління вперше досягається різними моделями (вища інтенсивність вказує на роки з більшим перекриттям).

Детальну інформацію можна отримати, навівши курсор на окремі лінії або відобразивши селектор «Моделі» внизу, де можна вибрати та виділити кілька моделей у ансамблі. Поруч із селектором моделей фільтр «Маска» дозволяє вибрати інформацію лише про сушу або гори.

Панель річного циклу (для спостережених значень) відображає регіонально агреговані місячні кліматологічні дані для вибраної змінної та періоду (рис. 4).

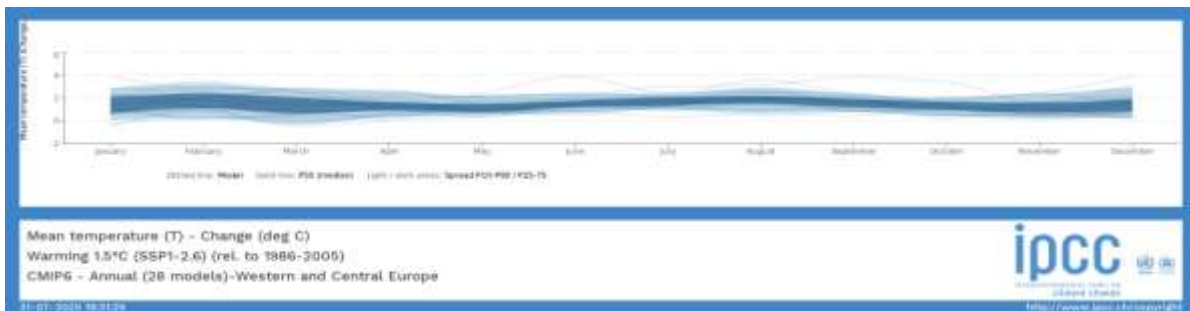


Рисунок 4 – Приклад річного циклу температури повітря за сценарієм SSP1-2.6, модель CMIP6 для Західної та Центральної Європи.

Панель зведеної таблиці (для моделей) надає інформацію про вибрану змінну, сценарій та сезон для різних періодів або рівнів глобального потепління (рис. 5). Різна статистика відображається у стовпцях (медіана та різні квантильні діапазони). Фільтр «Маска» дозволяє вибрати інформацію лише про сушу або гори.

Period	Scenario	Median (%)	P25 P75	P10 P90	P5 P95
Warming 1.5°C	SSP5-8.5	21	0.9 4.9	-0.4 6.8	-1.3 7.8
Warming 2°C	SSP5-8.5	15	-0.0 4.9	-1.9 7.0	-3.1 8.7
Warming 3°C	SSP5-8.5	18	-0.6 5.8	-3.6 10.5	-3.9 12.9
Warming 4°C	SSP5-8.5	0.3	-2.4 6.1	-4.8 10.3	-5.8 16.3

Рисунок 5 – Приклад табличного представлення інформації за різних сценаріїв та періодів.

Панель кліматичних смуг (лише для модельних проєкцій) натхненна графікою «смуг потепління» (запропоновано Едом Хокінсом), яка є простим та переконливим візуальним представленням зміни температури за допомогою серії кольорових смуг, упорядкованих у хронологічному порядку; смуги відображають мінімалістичний стиль, задуманий для

використання лише кольору, щоб уникнути технічних відволікань під час передачі інформації ненауковцям. Кліматичні смуги реалізовані в інтерактивному атласі за допомогою хронологічно впорядкованих вертикальних смуг вздовж періоду 1950-2100 років (що охоплює історичні та прогнозовані симуляції) для представлення річних/сезонних необроблених значень або змін (у цьому випадку аномалій відносно вибраної базової лінії) вибраної змінної та сценарію. Смуги розділені вертикально для представлення кожного з симуляцій/моделей, що утворюють ансамбль (з медіаною ансамблю зверху). Кольори від синього/коричневого (рис. 6) до червоного/зеленого вказують на зміни від негативних до позитивних (або від мінімальних до максимальних значень).



Рисунок 6 – Сезонні смуги зміни річної суми опадів у % за сценарієм SSP5-8.5, модель CMIP6 для Західної та Центральної Європи.

Панель сезонних смуг (лише для модельних проєкцій) подібна до панелі кліматичних смуг, але включає щомісячні значення вертикально (рис. 7) замість результатів моделі, відображаючи результати для ансамблевої мультимодельної медіани.



Рисунок 7 – Сезонні смуги зміни температури поверхні моря у °C за сценарієм SSP5-8.5, модель CMIP6 для Західної та Центральної Європи.

Таким чином, використання можливостей сучасного інтерактивного атласу розширює діапазон інструментів урахування впливу зміни клімату на водний режим річок і рекомендується, як для використання в навчальному процесі при виконанні кваліфікаційних робіт магістрів, так і для наукових досліджень.

Перелік посилань

1. *Interactive Atlas*. Міжурядова група експертів зі зміни клімату (IPCC). URL: <https://interactive-atlas.ipcc.ch/> (дата звернення: 20.11.2025).