

Кафедра метеорології та кліматології

Бойчук Дмитро Олексійович,
Освітня програма «Метеорологія», ОР Магістр
Науковий керівник: канд. фіз.–мат. наук, с.н.с. Олег Скриник
Рецензент: к.г.н., Віталій Шпиг

ОЦИФРОВУВАННЯ, КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ, ФІЗИКО- СТАТИСТИЧНИЙ ТА КЛІМАТОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ НАЙРАНІШИХ (1808-1880 РР.) ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ В УКРАЇНІ

Актуальність. Історичні часові ряди інструментальних спостережень за погодою надзвичайно важливі для вивчення клімату нашої планети. Наприклад, історичні дані вимірювання основних метеорологічних величин, таких як температура повітря, атмосферний тиск і опади, використовують для оцінки кліматичних трендів, для дослідження мінливості регіонального чи глобального клімату, для створення та/або оцінки історичних кліматичних реконструкцій, глобальних реаналізів та інших цифрових кліматичних продуктів. Однак, незважаючи на великі зусилля кліматологічної спільноти, як на національних, так і на міжнародному рівнях, щодо залучення та використання усіх таких даних для дослідження та моделювання клімату, значна їх частина досі знаходиться лише у паперовому (неоцифрованому) форматі. Тому, згідно рекомендацій Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО), діяльність із порятунку історичних метеорологічних/кліматичних даних (формування цифрових архівів зображень паперових носіїв та їх оцифрування) має бути продовжена і, ймовірно, посилена, оскільки важлива інформація, яка досі прихована у довідниках, метеорологічних реєстрах, звітах, записах, нотатках тощо, може допомогти усунути існуючі “білі плями” в нашому розумінні та знаннях щодо еволюції клімату.

Основна мета кваліфікаційної роботи – порятунок (оцифрування) даних найраніших (до 1880 р.) інструментальних метеорологічних спостережень, проведених на території сучасної України, їх детальний контроль якості та

попередній фізико-статистичний та кліматологічний аналіз. Результати кваліфікаційної роботи були отримані в рамках волонтерського наукового проекту, виконаного в Українському гідрометеорологічному інституті (УкрГМІ, Україна) у тісній співпраці з Центральною геофізичною обсерваторією (ЦГО, Україна), Національним університетом біоресурсів і природокористування (Україна), Університетом Гіссена (Німеччина), Метеорологічним офісом Гедлі Центру (Англія) та Ягелонським Університетом (Польща). Волонтерський проект є частиною міжнародної ініціативи реконструкції атмосферної циркуляції над Землею (ACRE) [1]. Цифровий архів врятованих даних є у вільному доступі для наукових цілей [4].

Методологія. Процес порятунку та оцифрування даних був організований відповідно до рекомендацій ВМО [5]. На початковому етапі проведена комплексна та повна інвентаризація всіх паперових джерел, що містять дані досліджуваного періоду та які знаходяться у спеціалізованому архіві ЦГО. Цей етап допоміг більш ефективно спланувати та організувати подальшу роботу. Після інвентаризації було проведено сканування виявлених паперових носіїв та створення цифрової бази їх зображень. Оцифрування метеорологічної інформації було проведено використовуючи створений цифровий архів зображень. Переведення метеорологічних даних у цифровий формат було здійснено “вручну”, оскільки всі виявлені паперові носії містили записи метеорологічних вимірів, здійснені від руки безпосередньо спостерігачем чи переписані на пізнішому етапі з оригінальних носіїв. Деякі паперові джерела містять вимірювання температури повітря, атмосферного тиску, опадів та кількох інших параметрів, таких як вологість, максимальна/мінімальна температура повітря тощо. Однак, оцифровано було лише значення трьох перших параметрів, згаданих вище. При відсутності інформації про календар, припускалося, що він був юліанським (старий стиль), оскільки григоріанський календар (новий стиль) був офіційно

запроваджений на території України приблизно в 1918 році. Формат записів у паперових джерелах змінювався не тільки для різних станцій, а й для різних періодів на одних і тих самих станціях. Деякі друковані книги містять коротку інформацію про прилади, особливості розташування, практику спостережень та примітки спостерігача. Більшість нотаток написані дореформною російською мовою, проте на кількох станціях є також коментарі французькою та німецькою мовами.

Для обробки та контролю якості оцифрованих даних було застосовано ряд спеціалізованого програмного забезпечення. Контроль якості було проведено на трьох часових масштабах: строковому (здійснений за допомогою R пакету `dataresqc`), добовому (R пакет `INQC`) та місячному (R пакет `НOMER`). Подальший фізико-статистичний аналіз оцифрованих часових рядів та їх візуалізація були проведені з допомогою зазначених вище пакетів та власних скриптів, створених в програмному середовищі R.

Створені цифрові архіви врятованих часових рядів представлено у двох форматах: таблиці Excel, де дані збережено у вигляді максимально наближеному до оригінальних паперових носіїв, та у вигляді файлів даних у Station Exchange Format (SEF). Останній формат рекомендовано Службою порятунку даних C3S (Copernicus Climate Change Service), для полегшення подальшого використання оцифрованої інформації. Перетворення даних у SEF було виконано за допомогою програмного забезпечення `dataresqc`.

Результати. В ході виконання роботи було створено дві версії цифрової бази даних. Перша версія [2,3] охоплювала період інструментальних метеорологічних вимірювань до 1850 року (включно), що проводилися на території сучасної України. У другій версії - базу даних було розширено до періоду від початку роботи станцій (найраніші спостереження було знайдено для станції Херсон за 1808 рік) до 1880 р. (включно). На Рис. 1 показано географічне розташування метеорологічних станцій, дані яких було виявлено

за результатами проведеної інвентаризації та оцифровано під час виконання кваліфікаційної роботи. В загальній кількості було виявлено та опрацьовано 56 паперових носіїв (таблиць, метеорологічних журналів, тощо): 26 для періоду до 1850 р. та 30 для періоду 1851-1880 рр.. Кожне з джерел містить приблизно 1/2-річні часові ряди метеорологічних спостережень для однієї станції. Паперові метеоархіви знаходяться в досить хорошому стані, тому переважну більшість записаних значень (вимірів метеорологічних змінних) можна було чітко ідентифікувати та оцифрувати.

Загальна кількість врятованих значень метеорологічних змінних становить 165 980 значень за період 1808-1850 та 264 029 значень для періоду 1851-1880 рр.

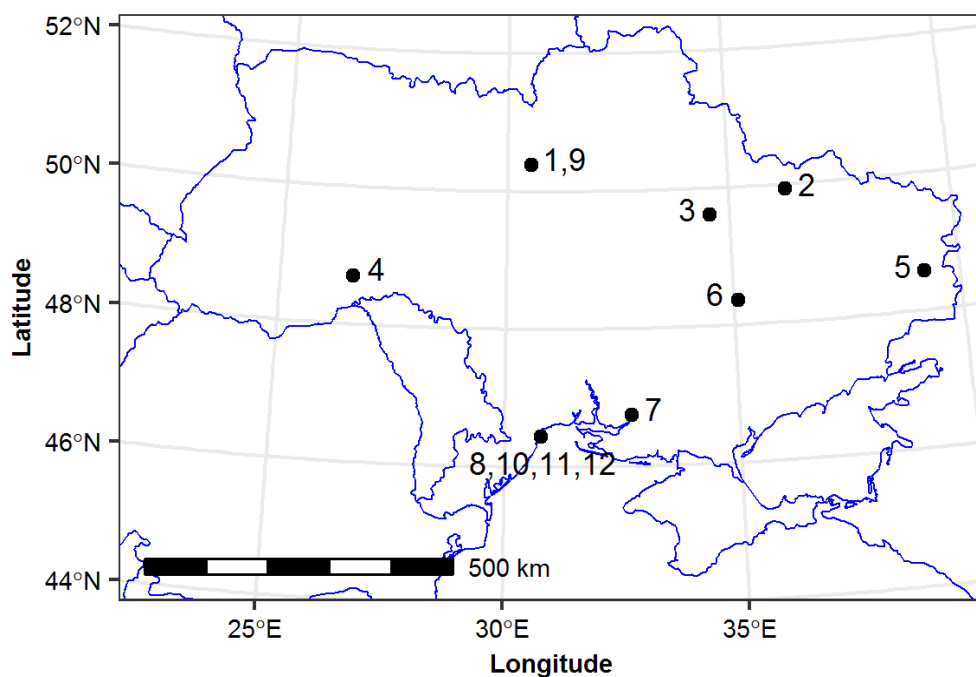


Рис. 1. Розташування врятованих станцій на території України: (1) Київ; (2) Харків; (3) Полтава; (4) Кам'янець-Подільський; (5) Луганськ; (6) Дніпро; (7) Херсон; (8) Одеса; (9) Київ, дендропарк; (10) Одеса, маяк; (11) Одеса, Воронцовський маяк; (12) Одеса, садівництво

Первинний контроль якості був проведений в табличному редакторі Excel. Вбудованими засобами було перевірено оцифровані дані на предмет

грубих помилок оцифрування (наприклад, нецифрові значення, набрані помилково, тощо) та проведено їх додаткову перевірку на основі відповідних зображень паперових носіїв. Контроль якості на строковому часовому масштабі виявив досить значну кількість записів метеорологічних спостережень, надійність яких може викликати сумнів. Найбільш типова помилка/застереження, яку зафіксувало програмне забезпечення `dataresqc` - повторення однакових значень протягом декількох строків спостережень, чи навіть декількох днів. Іншими типовими помилками/застереженнями були невідповідність часової різниці строків спостережень до рекомендованої ВМО, то неоднорідність розподілу десяткових цифр у записах метеорологічних спостережень. На добовому масштабі контроль якості виявив значно меншу кількість підозрілих чи помилкових значень. Порівняння врятованих часових рядів атмосферного тиску за допомогою програмного забезпечення `HOMER` показало гарне узгодження даних на різних станціях. Потрібно відмітити що процедура контролю якості не дала повної інформації щодо якості врятованих записів через значні пробіли у даних та невелику кількість наявних метеорологічних станцій. Дані про врятовану температуру повітря та тиск з деяких станцій слід використовувати обережно через деякі розбіжності з усередненими значеннями, опублікованими в інших джерелах.

В якості первинного фізико-статистичного аналізу було пораховано основні статистичні характеристики оцифрованих часових рядів на строковому, добовому та місячному масштабах. Проведено порівняння розрахованих значень із аналогічними характеристиками, отриманими на основі сучасної метеорологічної інформації. Відмічено можливість використання оцифрованих даних для аналізу кліматиматичних змін та кліматичної мінливості в Україні. Крім того, проведено порівняння оцифрованих даних із даними історичного реаналізу 20CRv3.

Висновки. У цій роботі описана діяльність з порятунку метеорологічних спостережень за період 1808-1880 рр., проведених на дванадцяти українських

метеорологічних станціях. Завдяки проведеній роботі, ці унікальні історичні дані метеорологічних спостережень, які проводилися в Україні до 1880 року, стали доступними для обробки та наукового аналізу. Врятований набір даних може використовуватися для різних метеорологічних і кліматологічних цілей, включаючи аналіз екстремальних кліматичних подій, бути залученим до створення кліматичних реаналізів і може розглядатися як важливе доповнення до вже існуючих світових оцифрованих архівів оригінальних метеорологічних вимірювань, виконаних у 19 ст.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Allan R., Brohan P., Compo G. P., Stone R., Luterbacher J., Brönnimann S. 2011. The International Atmospheric Circulation Reconstructions over the Earth (ACRE) Initiative, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 92, 1421–1425. <https://doi.org/10.1175/2011BAMS3218.1>
2. Boichuk D., Skrynyk O.A., Sidenko V., Aguilar E., Skrynyk O.Y. 2019. Extreme air temperature in Ukraine: data rescue, homogenization and trend analysis. Vienna, Austria: General Assembly of the European Geosciences Union, 7–12 April 2019, EGU2019-429
3. Skrynyk, O.Y., Luterbacher, J., Allan R., Boichuk, D., Sidenko, V., Skrynyk, O.A., Palarz, A., Oshurok, D., Хoplaki, E., Osadchyi, V. (2020) Ukrainian early (pre-1850) historical weather observations. *Geoscience Data Journal*, 00, 1-19. <https://doi.org/10.1002/gdj3.108>
4. Ukrainian early (pre-1850) historical weather observations. <https://doi.org/10.15407/uhmi.report.01> [Accessed 18th May 2022.].
5. WMO (World Meteorological Organization). 2016. Guidelines on Best Practices for Climate Data Rescue. WMO-No. 1182, pp. 30. Geneva, Switzerland: WMO.

Ціла Анна Юріївна,
Освітня програма «Метеорологія», ОР Магістр
Науковий керівник: к.г.н., Віталій Шпиг
Рецензент: к.г.н., Світлана Пясецька

ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ ЗАГАЛЬНОЇ ХМАРНОСТІ ТА ЇЇ РІЧНИЙ ХІД НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ВПРОДОВЖ 1981-2020 РР.

Актуальність. Хмарність є однією з важливих характеристик клімату. За характеристиками режиму хмарності можна визначати особливості циркуляції атмосфери, планетарне альbedo кліматичної системи, ефективне випромінювання підстильної поверхні, можливий розподіл опадів, тому кількісна оцінка змін хмарності в сучасних умовах є актуальною. Зміни індексів циркуляції повинні позначитися на змінах як кількісних показників хмарного покриву, так і на повторюваності основних форм хмар.

Аналіз кліматичних досліджень хмарного покриву та його фактичних змін над територією України [2-9], які виконувалися вітчизняними науковцями, показав, що вони ґрунтуються виключно на основі даних наземних спостережень. Особливості просторового розподілу окремих характеристик було отримано із використанням багаторічних спостережень однакової довжини на всіх метеостанціях вітчизняної мережі. Мікро- та макрофізичні характеристики хмарності було отримано на основі даних літакових та аерологічних зондувань. Вітчизняні дослідження, які присвячені коливанням хмарності внаслідок змін клімату, ґрунтуються на даних наземних спостережень, причому у залежності від мети дослідження та часу його проведення, на рядах різної довжини.

Основна мета кваліфікаційної роботи – проаналізувати просторовий розподіл на території України загальної та нижньої хмарності, їх річний хід (по місяцях) в окремі десятиліття по відношенню до нової кліматичної норми.

Методи та матеріали дослідження. В якості вхідних для цього дослідження слугували дані ERA5 щодо загальної (Total cloud cover) та нижньої (Low cloud cover) хмарності для кожного місяця впродовж року для періоду 1981-2020 рр. Горизонтальна роздільність сітки становила 0,25 градуса. Також використано дані

загальної та нижньої хмарності, що вимірюються в балах (від 0 до 10), які було отримано у галузевому державному архіві матеріалів гідрометеорологічних спостережень Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ГДА МГС), який функціонує на базі Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського. Зібрано середньомісячні дані з 5 метеорологічних станцій у період з 1981 по 2020 рік: Київ, Миколаїв, Харків, Ужгород та Кропивницький.

Дані реаналізу ERA5 зберігалися у форматі NetCDF. Подальша їх обробка та розрахунки здійснювалися за допомогою програмного пакету CDO (Climate Data Operators) та мови Fortran. Візуалізація проводилася із використанням програмного пакету Panoply, розробленого у США в Інституті космічних досліджень імені Годдарда (NASA Goddard Institute for Space Studies), та мови R.

Кліматична норма для кожного місяця року визначалася згідно [10]. Досліджуваний період розбивався на чотири десятиліття: 1981-1990 рр., 1991-2000 рр., 2001-2010 рр. та 2011-2020 рр. У межах кожного десятиліття для кожного місяця року здійснювалося осереднення. Далі у кожній точці простору визначалося відхилення загальної та нижньої хмарності для даного десятиліття у порівнянні із новою кліматичною нормою.

Обчислення значень у точках простору, які відповідають географічним координатам метеостанцій Київ, Миколаїв, Харків, Ужгород та Кропивницький (див. рис. 1), здійснювалися за допомогою білінійної інтерполяції, котра згідно [1] є однією із кращих для метеорологічних полів.

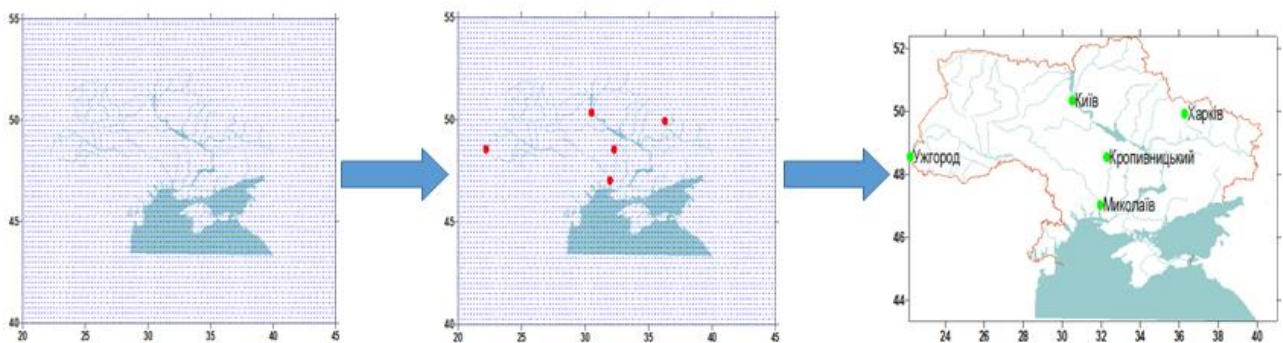


Рис. 1. Вузли сітки ERA5 та метеостанції для яких здійснювалася інтерполяція

Результати. Для кожного місяця року за даними реаналізу було отримано розподіл загальної та нижньої хмарності по території для періоду нової кліматичної норми (див. рис. 2) та окремо для чотирьох десятиліть (1981-1990, 1991-2000, 2001-2010, 2011-2020 рр.). На основі отриманих даних було проаналізовано особливості річного ходу у просторовому розподілі загальної та нижньої хмарності.

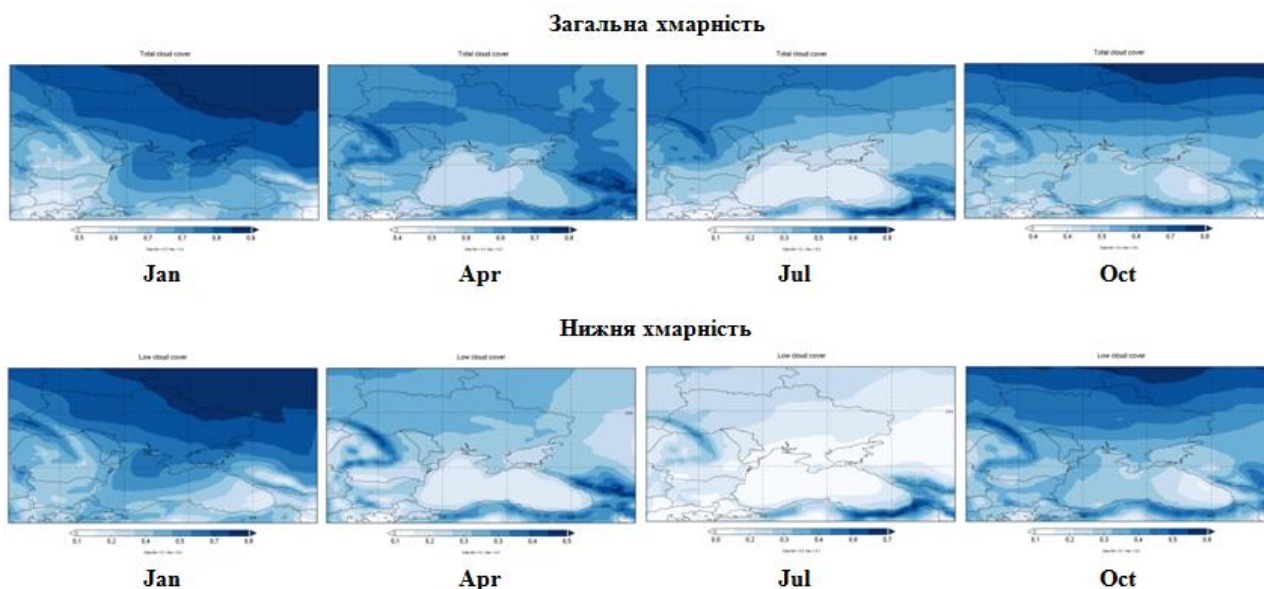


Рис. 2. Розподіл загальної та нижньої хмарності по території у центральні місяці сезонів (кліматична норма 1981-2010 рр.)

Так, у зимові місяці найвища хмарність фіксувалася у січні, а найменша – у грудні. Для січня також було характерне деяке зменшення хмарності під час досліджуваного періоду. Загальна хмарність знаходилася в межах 5-10 балів з вищими значеннями у західному регіоні, а найменшими – у південному. Нижня ж мала значні коливання від 2 до 9 балів. Найвищі значення були притаманні північному та східному регіонам, а найменші так само південному.

З наближенням до теплого періоду хмарний покрив поступово зменшується. У весняні місяці для загальної хмарності були характерні значення у 4-9,5 з найвищими показниками у північному та східному регіонах та найменшими у південному. Нижня хмарність знаходилася в межах від 3-7 балів у березні до 1-7 у травні з найвищими значеннями у північному регіоні та найнижчими у південному.

Загалом, у весняні місяці відмічається тенденція до зменшення хмарного покриву у досліджуваний період.

У літні місяці фіксувався мінімум хмарності. Для загальної хмарності він припадав на серпень, для нижньої – на липень. Загальна хмарність знаходилася в межах 4-8 балів. Дещо вищими значеннями виділявся західний гірський район. Найвищі значення припадали на північний та західний регіони, а найменші, як і в інші місяці, на південний. Також, була помітна тенденція до зменшення хмарного покриву з часом. Нижня хмарність знаходилася в межах 1-5 балів, у західному гірському районі досягаючи 6,5-7 балів. Найвищі значення відмічалися у західному регіоні, частково північному, найменші – у південному.

Загальна хмарність в осінні місяці знаходилася в межах 4-9,5, іноді 10 балів. Найвищими значення були у північному регіоні, найменшими – у південному. Південний регіон в цілому мав значні коливання у часі та просторі. У вересні відмічалось деяке зменшення хмарного покриву з часом. Нижня хмарність знаходилася в межах від 1-6,5 до 1-9 балів з найвищими показниками у північному регіоні, частково у західному та найменшими у південному.

У ході аналізу відмінностей у горизонтальному розподілі загальної та нижньої хмарності для кожного із чотирьох десятиліть, які досліджувалися, відносно сучасної кліматичної норми (див. рис. 3, 4) було виявлено, що за загальною хмарністю у зимові місяці весь досліджуваний період в середньому переважало зростання хмарного покриву відносно кліматичної норми, особливо у січні. Зменшення найбільш характерним було для першого-третього десятиліть у грудні та третього-четвертого десятиліть у лютому, дещо менш значним для першого-другого десятиліть у січні та лютому.

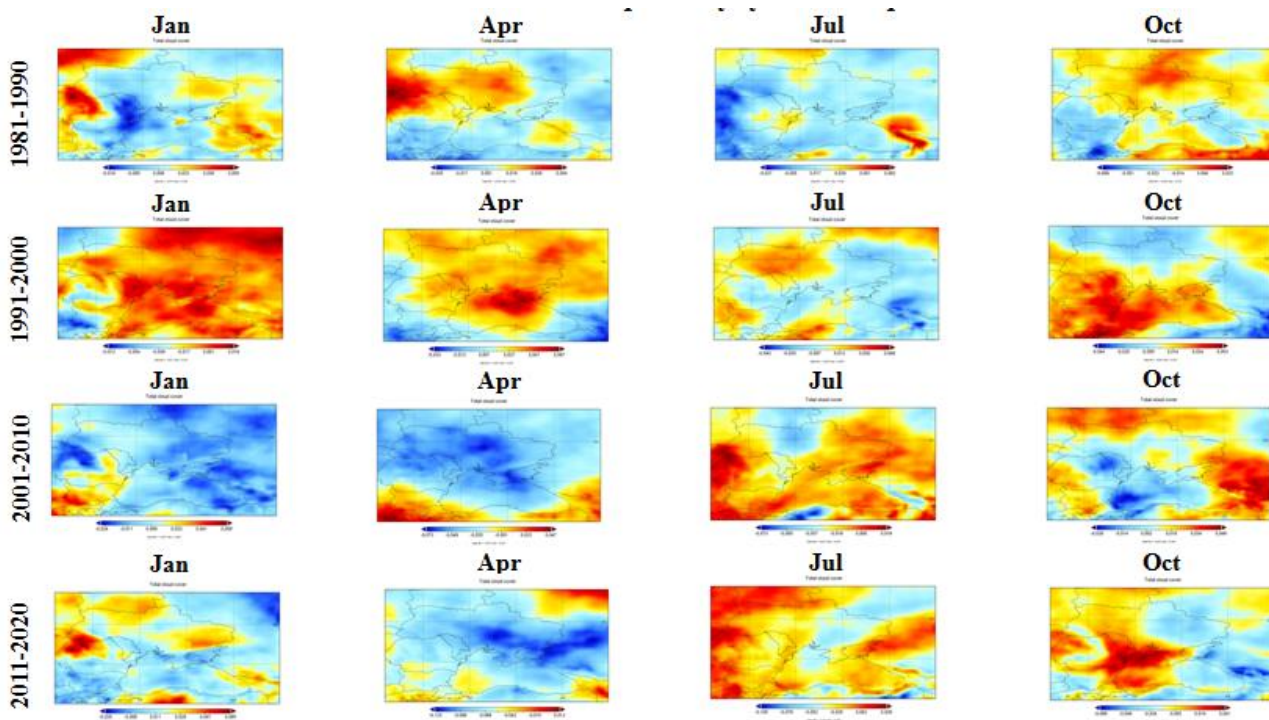


Рис. 3. Просторовий розподіл за місяцями відхилення середньої за десятиліття загальної хмарності у порівнянні із кліматичною нормою

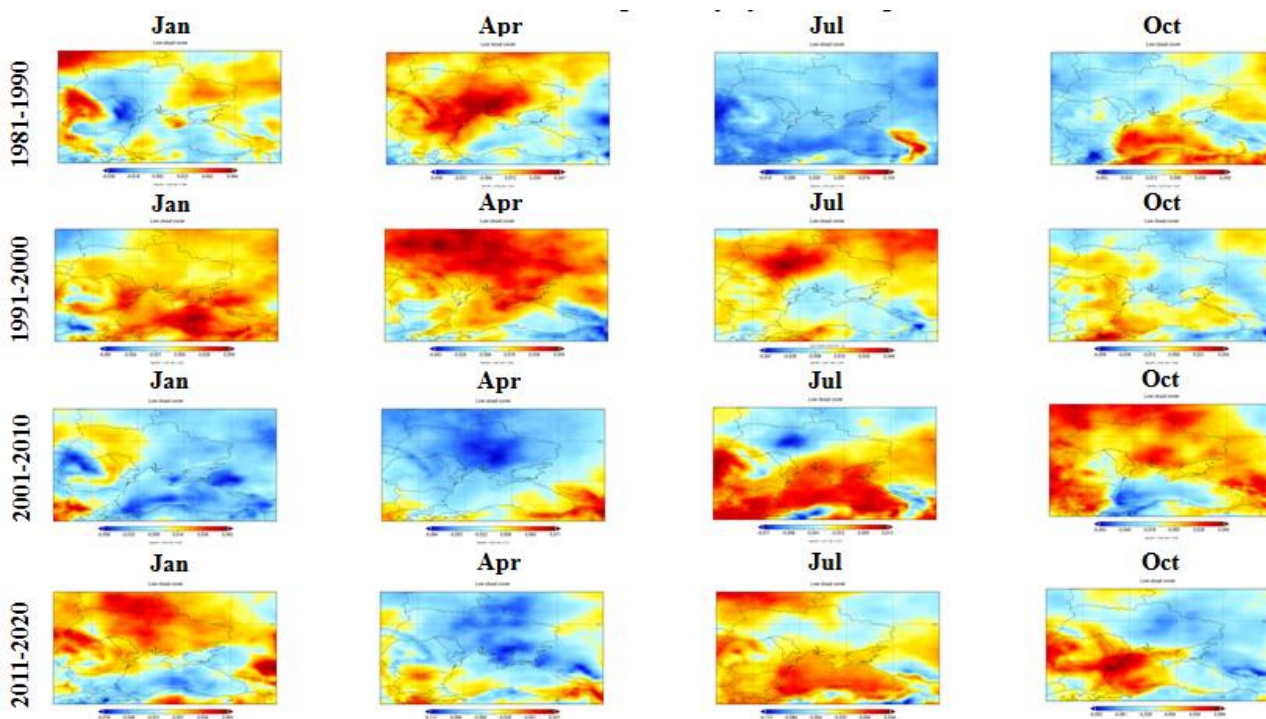


Рис. 4. Просторовий розподіл за місяцями відхилення середньої за десятиліття нижньої хмарності у порівнянні із кліматичною нормою

У весняні місяці зростання переважало у другому десятилітті для всіх місяців. В першому ж десятилітті фіксувався коливальний характер змін, а у третьому та

четвертому зміни набули від'ємних значень, особливо у квітні, що був суто від'ємним.

У літні місяці загальна хмарність мала неоднорідні відмінності. Для червня характерним було переважне зростання хмарності у першому десятилітті, а надалі воно майже не фіксувалося. Для липня та серпня відмічалися зміни в обидві сторони. Проте для останнього переважало досить інтенсивне зменшення хмарного покриву впродовж третього та четвертого десятиліть.

У вересні в першому десятилітті фіксувалися більш-менш рівномірні коливання, в другому зміни були додатні, третьому – переважно від'ємні, четвертому – від'ємні. Для жовтня характерними були коливання майже весь період, окрім четвертого десятиліття, коли значення були суто від'ємними. У листопаді відмічалось поступове зростання хмарності у досліджуваній період.

Для нижньої хмарності у зимові місяці збільшення хмарного покриву фіксувалося дещо частіше, ніж зменшення. У грудні, починаючи від переважного зменшення в перші два десятиліття, хмарність зросла у третьому та четвертому. У січні зменшення переважало лише у третьому десятилітті, а у лютому – другому та четвертому.

У весняні місяці для перших двох десятиліть було більш характерним зростання хмарності, проте у третьому та четвертому для травня фіксувалося переважне зменшення, а для березня та квітня відбулися лише від'ємні зміни.

У літні місяці в перших двох десятиліттях зростання хмарності помітно переважало над зменшенням. Проте, у третьому та четвертому ці зміни мали лише від'ємний характер, хоча і з незначним зростанням для червня у четвертому десятилітті.

Для вересня відмічалось переважаюче зростання хмарності, проте у третьому десятилітті воно почало поступово набирати від'ємного характеру, а у четвертому хмарність мала лише від'ємні значення. Для жовтня характерним було переважаюче зменшення у весь період, окрім третього десятиліття з суто додатковими показниками. У листопаді зростання переважало над зменшенням.

Також проведено дослідження річного ходу хмарності між десятиліттями з урахуванням сучасної кліматичної норми для п'яти метеорологічних станцій: Київ, Харків, Кропивницький, Миколаїв, Ужгород (див. рис. 5). За загальною хмарністю для Києва у період січня-лютого характерні незначні відмінності між десятиліттями. Друге та четверте десятиліття виділяються трохи меншими показниками, ніж перше, третє та кліматична норма. Для березня-квітня характерне деяке зменшення хмарності у третьому та четвертому десятилітті. У наземних спостереженнях відносно реаналізу четверте десятиліття має нижчі значення. З червня по жовтень хід хмарності аналогічний березню-квітню. Відмінності між першими десятиліттями незначні, дещо вищі вони для третього та ще більші для четвертого, особливо за наземними спостереженнями. У листопаді-грудні всі періоди мають майже однакові значення. Для першого десятиліття характерне незначне зростання у червні-липні.

Нижня хмарність у Києві має схожий річний хід, проте з деякими відмінностями. Загалом третє та четверте десятиліття відрізняються від інших періодів у меншій мірі, а у серпні-жовтні більш низькі відносно інших періодів значення припадають лише на четверте десятиліття. У листопаді-грудні відмінності між періодами незначущі і тільки останнє десятиліття за наземними спостереженнями є дещо менш хмарним. Незначне зростання припадає на квітень-червень у другому десятилітті.

Харків за даними реаналізу для загальної хмарності досить стабільний. Річний хід має коливальний характер з трохи нижчими значеннями для третього десятиліття та помітно нижчими для четвертого. Відмінності майже відсутні у січні та листопаді-грудні. Для лютого-березня відмічаються нижчі показники у четвертому десятилітті. У квітні-жовтні різниця між періодами вже більш помітна частково для третього та значною мірою для четвертого десятиліття. Незначне зростання хмарності припадає на червень-липень для першого десятиліття та на березень-червень для другого.

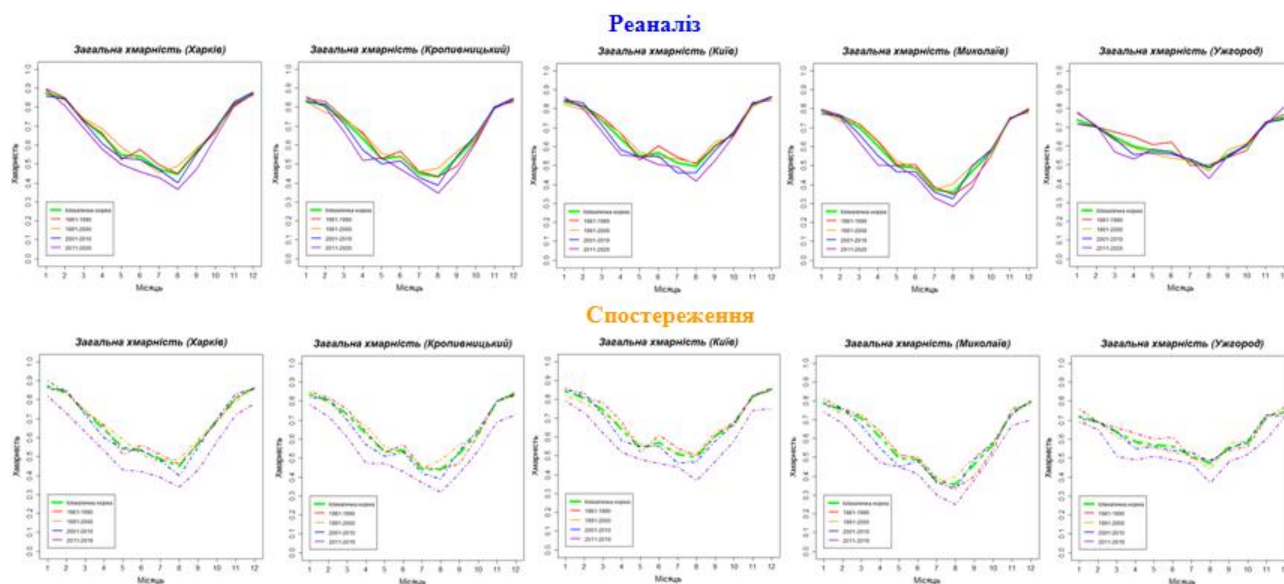


Рис. 5. Річний хід загальної хмарності на метеостанціях України за даними реаналізу та наземних спостережень

Хід нижньої хмарності за реаналізом переважно відповідає загальній, а у наземних спостережень є деякі відмінності. Протягом усього року четверте десятиліття має дещо нижчі показники відносно інших періодів. Третє десятиліття є нижчим тільки з березня по вересень. Інші показники весь час мають більш-менш однорідні коливання. Відносно наземних спостережень, реаналіз надає трохи менші розбіжності між періодами. Для нижньої хмарності також фіксується незначне зростання, припадає воно на червень-липень для першого десятиліття та на квітень-червень для другого.

У Кропивницькому за загальною хмарністю відмінності між реаналізом та наземними спостереженнями майже не відмічаються. В обох випадках вона змінюється від незначних коливань між періодами у січні-лютому до більш значущих у березні-жовтні та майже повної їх відсутності у листопаді-грудні. Проте, наземні спостереження надають помітно менші дані для четвертого десятиліття у всьому річному ході відносно інших періодів. Зростання відбувається у другому десятилітті для квітня-травня та липня-вересня.

Хід нижньої хмарності в цілому відповідає загальній, але з деякими відмінностями. Коливання між періодами є дещо нижчими відносно загальної

хмарності. Також, з березня по серпень дещо нижчим відносно інших періодів є і третє десятиліття. У цей період значення знаходяться майже на рівні четвертого десятиліття, проте все ще переважно вищі. Фіксується незначне зростання хмарності у другому десятилітті. За реаналізом воно припадає на травень, за наземними спостереженнями – на квітень-червень.

У Миколаєві, як і на інших станціях, фіксується зменшення хмарності у третьому та четвертому десятиліттях. За реаналізом загальна хмарність у третьому десятилітті мала менші значення переважно з лютого по червень, у четвертому – з лютого по листопад. Також, дещо менші відносно інших періодів значення фіксувалися у першому десятилітті з серпня по жовтень. В той же час у другому десятилітті фіксувалося зростання з липня по жовтень. Незначне зростання фіксується у липні-вересні для другого десятиліття. Дані з наземних спостережень переважно відповідають реаналізу, але зменшення хмарності у четвертому десятилітті триває протягом всього року.

Для нижньої хмарності не характерні значні коливання та відмінності між періодами. Виділяється лише зменшення хмарності у третьому десятилітті з лютого по липень та у четвертому з лютого по жовтень. Також, фіксується незначне зростання у першому десятилітті з січня по березень та у другому з серпня по вересень.

Для Ужгорода коливання хмарного покриву більш неоднорідні. За загальною хмарністю, як і на інших станціях, розрізняється хід хмарності у четвертому десятилітті. Для реаналіза відмічається зростання хмарного покриву у першому та четвертому десятилітті в січні. З лютого по липень перше десятиліття також помітно вище середніх значень інших періодів. В той же час фіксується зменшення хмарного покриву у четвертому десятилітті протягом лютого-квітня та липня-вересня. В грудні ж значення знову стають додатними відносно інших періодів. Також, незначне зменшення припадає на квітень у третьому десятилітті. Відповідно до наземних спостережень, це зменшення виражено менше. В той же час четверте десятиліття весь рік має помітно нижчі значення відносно інших періодів, а зростання не фіксується взагалі.

Висновки. Над територією України вищі значення як загальної, так і нижньої хмарності, характерні для холодного періоду з максимумом у січні, а нижчі – у теплий з мінімумом у липні-серпні.

У північних та західних регіонах значення загальної хмарності є найвищими. Дещо меншою загальною є у центральних та східних регіонах і найменшою – у південних.

Найвищі значення нижньої хмарності спостерігаються на півночі України, в окремі десятиліття – на сході та заході. Найменші її значення, як і для загальної хмарності, фіксуються у південних регіонах.

Було виявлено дві особливості просторового розподілу у полі як загальної, так і нижньої хмарності: 1) у Карпатах та Кримських горах середні місячні величини хмарності є більшими (до декількох балів) у порівнянні із прилеглими територіями; 2) у теплу частину року акваторія Чорного та Азовського морів є областю найнижчих значень хмарного покриву.

Аналіз змін хмарного покриву впродовж останніх чотирьох десятиліть (1981-1990, 1991-2000, 2001-2010, 2011-2020 рр.) у порівнянні із новою кліматичною нормою показав, що над територією України вони мали коливальний характер, в окремі десятиліття спостерігалися як зменшення хмарності, так і її збільшення. Проте, для певних місяців простежуються тенденції до зменшення хмарного покриву з часом. Найбільш характерними вони є для весіннього та літнього періодів. Частково подібні зміни можна відмітити і для осінньо-зимового періоду. Зменшення нижньої хмарності переважає над загальною.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гандин Л.С. Объективный анализ метеорологических полей. Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 288 с.
2. Заболоцька Т.М. Динаміка змін хмарного покриву над територією України в умовах сучасного клімату// Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту: Зб. наук. пр. — 2010. — Вип. 259. — С. 91-103.

- 3 Заболоцька Т.М., Підгурська В.М., Шпиталь Т.М. Вертикальний і горизонтальний розподіл фазового стану в хмарах різних форм // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту: Зб. наук. пр. — 2011. — Вип. 260. — С. 80-94.
- 4 Заболоцька Т.М., Підгурська В.М., Шпиталь Т.М. Особливості змін хмарного покриву над територією України протягом 1961 – 2008 рр. // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту: Зб. наук. пр. — 2011. — Вип. 260. — С. 54-66.
- 5 Заболоцька Т.М., Підгурська В.М., Шпиталь Т.М. Просторово-часові зміни кількості хмар над територією України // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2002. – Вип. – 250. – С. 100-106.
6. Заболоцька Т.М., Шпиталь Т.М. Горизонтальний розподіл вогдості у хмарах різних типів // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту: Зб. наук. пр. — 2009. — Вип. 258. — С. 106-113.
7. Заболоцька Т.М., Шпиталь Т.М. Кліматичні зміни повторюваності основних форм хмар // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту: Зб. наук. пр. — 2012. — Вип. 261. — С. 87-105.
8. Заболоцька Т.М., Шпиталь Т.М. Кліматичні зміни повторюваності ясного й похмурого стану неба за загальною та нижньою хмарністю // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту: Зб. наук. пр. — 2013. — Вип. 265. — С. 7-14.
9. Клімат України / за ред. Ліпінського В.М., канд. фіз.-мат. наук Дячука В.А., канд. геогр. наук Бабіченко В.М. Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, 2003. – 344 с.
10. Arguez A., Vose R. S. The Definition of the Standard WMO Climate Normal: The Key to Deriving Alternative Climate Normals. Bulletin of the American Meteorological Society. 2011. 92(6), P. 699-704.