

УДК 528.942: 551.577.21

АНАЛІЗ ЗВ'ЯЗКІВ МІЖ РІЧНИМИ НОРМАМИ КІЛЬКОСТІ ОПАДІВ ТА МОРФОМЕТРИЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ РЕЛЬЄФУ ДЛЯ МЕТЕОСТАНЦІЙ ЗАХОДУ УКРАЇНИ

Мкртчян О.С., Шубер П.М.

Львівський національний університет імені Івана Франка

В статті наведено методику та результати аналізу зв'язків між річними нормами кількості опадів та рядом морфометричних показників рельєфу для метеостанцій заходу України. Виявлено, що відмінності в кількостях опадів між гірськими та рівнинними метеостанціями головних чином пояснюються відмінностями ступеню розчленованості рельєфу, тоді як відмінності, пораховані окремо для гірських і окремо для рівнинних метеостанцій, більшою мірою пов'язані з відмінностями у абсолютних висотах станцій. Доволі сильний вплив на кількість опадів має також макроекспозиція, порахована для ділянок поверхні розмірами 50-70 км, причому найбільше опадів отримують поверхні, нахилені на північний захід. Результати даного дослідження можуть використовуватись у розробці більш ефективних методик детального картування розподілу кількостей опадів та інших кліматичних характеристик.

Ключові слова: річні норми опадів; морфометричні показники, регресійний аналіз.

Вступ. Кількість атмосферних опадів є важливим кліматичним елементом, який визначає надходження атмосферної вологи на земну поверхню і є однією з головних складових водного балансу території. Інформація про її просторовий розподіл необхідна для просторових досліджень водного балансу території, водного режиму ґрунтів і забезпеченості сільськогосподарських рослин вологою, туристично-рекреаційних ресурсів тощо. Оскільки кількість метеорологічних станцій та метеопостів, на яких здійснюють вимірювання кількостей атмосферних опадів, є обмеженою, а відстані між сусідніми пунктами вимірювань можуть складати десятки км, картування кліматичних характеристик передбачає здійснення інтерполяції – відтворення структури просторового поля певної змінної за значеннями цієї змінної (та, можливо, пов'язаних із нею інших змінних) в окремих пунктах цього поля. Нами опубліковано ряд досліджень, в яких запропоновано ефективну методику інтерполяції даних і створення точних, теоретично і статистично обґрунтованих просторових шарів (цифрових карт) розподілу показників середньомісячних температур та річних сум опадів для західних регіонів України на основі методу регресійного кригінгу [2-5, 7].

В якості допоміжних даних-предикторів ця методика використовує морфометричні показники, отримані з цифрових моделей рельєфу (ЦМР). Детальність сучасних ЦМР, зокрема таких, що наявні у вільному доступі, складає десятки м, що на порядки менше від просторової щільності мережі метеостанцій і метеопостів. За умови наявності тісного зв'язку між певними кліматичними характеристиками та параметрами рельєфу останні можливо використовувати в якості індикаторів просторового розподілу перших (допоміжної просторово розподіленої інформації).

Так, при побудові моделі множинної регресії (перший етап методу регресійного кригінгу) у пунктах спостережень за кліматичними характеристиками визначають статистичний зв'язок цих характеристик із параметрами рельєфу, після чого обраховують ймовірні значення кліматичних характеристик для території поміж цими пунктами, використовуючи наявну для них інформацію про рельєф.

Тісний зв'язок між кліматом та рельєфом є добре відомим і висвітленим у літературі. Добре вивченим є явище спрямованої зміни певних кліматичних характеристик зі збільшенням абсолютної висоти місцевості, що знайшло відображення у поняттях вертикального градієнту (середніх і максимальних температур, кількостей опадів, тощо). Експозиція і похил поверхні землі впливають на кліматичні характеристики через безпосередній вплив на надходження сонячної радіації, форма і ступінь відкритості поверхні – через вплив на вітровий режим. На розподіл мінімальних температур впливає частота виникнення температурних інверсій і їхня інтенсивність, яка є найбільшою у замкнутих пониженнях з ускладненим відтоком холодного повітря. Комплексний вплив рельєфу на місцевий клімат виражається в бар'єрному, депресійному, улоговинному та деяких інших ефектах, що навіть дозволило запропонувати обґрунтувати поняття орокліматогенних комплексів як різновиду природних комплексів, що включають усю сукупність рис природи певної території, обумовлених кліматичним впливом орографії [6]. Особливості впливу гірського рельєфу на різні кліматичні характеристики детально охарактеризовані в [1].

Методика дослідження. Метою нашого дослідження було з'ясування характеру впливу ряду морфометричних показників на річні норми кількості опадів для метеостанцій західних регіонів України. Об'єктом аналізу слугували дані пльовіо-

метричних спостережень 34 метеостанцій, розміщених в межах західних регіонів України, для яких розроблені тривалі безперервні ряди спостережень за кількостями опадів. За цими даними було обраховано кліматичні норми річних кількостей опадів за період 1961 – 1991 років.

Джерелом цифрової інформації про рельєф була ЦМР території досліджень, створена в ході Радарної топографічної місії Шаттлу 2000 р. і наявна у відкритому доступі (сайт <http://srtm.usgs.gov>). Первинна роздільна здатність (розмір растрового пікселя) цієї ЦМР становить близько 90 м, проте її було зменшено до 720 м задля зменшення навантаження на обчислювальні ресурси в ході розрахунків. Крім того, занадто детальний рівень аналізу (десятки метрів) ми вважали недоцільним з огляду на те, що на такому масштабному рівні суттєвий вплив на кліматичні характеристики мають характер підстилаючої поверхні, наявність і віддаль до населених пунктів і водних об'єктів та інші фактори, які ми не враховували у нашому дослідженні і які можуть суттєво модифікувати вплив власне рельєфу.

Усі 34 метеостанції було віднесено до 2 груп: рівнинні та гірські. До гірських умовно віднесено метеостанції, розташовані на абсолютній висоті понад 500 м, а також розташовані ще нижче метеостанції Закарпаття, яке зазнає вираженого орокліматогенного впливу карпатської дуги (усього – 14 метеостанцій). До рівнинних віднесено метеостанції, розташовані на північ від Карпат на абсолютних висотах менше 500 м.

Для аналізу зв'язку між кількісними величинами використовують регресійний аналіз – аналіз, який ставить за мету дослідження зв'язків між залежною змінною та однією або більше незалежними змінними. Вид такого зв'язку визначають параметри моделі регресії, а силу зв'язку – коефіцієнти кореляції та детермінації. В нашому дослідженні регресійний аналіз використано для дослідження взаємозв'язку між річною нормою опадів та рядом морфометричних показників, які можуть мати вплив на її розподіл. Так, універсально поширеним явищем є регулярна зміна кількості опадів з висотою місцевості, причому характер і знак цієї залежності відрізняються залежно від кліматичного поясу та ступеню континентальності клімату. На кількість атмосферних опадів впливає навітряне або підвітряне експозиційне положення щодо руху вологих повітряних мас і атмосферних фронтів (зумовлюючи бар'єрний ефект та ефект вітрової тіні). Вертикальне розчленування поверхні може впливати на рівні опадів через збільшення турбулентності повітряних потоків.

Растрові шари, які відображають перелічені морфометричні показники, нескладно отримати

шляхом застосування до ЦМР відповідних ГІС-операторів. Проте існує проблема вибору оптимального просторового масштабу аналізу. Цей масштаб визначається розмірами ділянки території, в межах якої розвиваються і знаходять прояв синоптичні процеси, що зазнають впливу відповідної властивості рельєфу (рух синоптичних вихорів та атмосферних фронтів, розвиток локальних конвекційних утворень тощо). Через це значення морфометричного показника, обраховане і усереднене в певній околиці пункту спостережень може в ряді випадків бути кращим предиктором річної кількості опадів, ніж його значення визначене безпосередньо у цьому пункті [1].

Локальні морфометричні показники (похил поверхні, її експозиція, вертикальне розчленування тощо) обраховуються за допомогою алгоритмів (фокальних операторів), що застосовуються до даних у плаваючому вікні. Відповідно різні значення параметрів рухомого вікна дають змогу обчислювати ці показники на різних просторових (масштабних) рівнях. Так, вертикальне розчленування обраховувалось як дисперсія значень абсолютної висоти у плаваючому вікні – коли відповідного діаметру. Фактор експозиції обраховувався як різниця у середніх абсолютних висотах у двох протилежних 45-градусних секторах кола з центром у даному пункті (пікселі).

Таким чином, побудова моделі множинної регресії загалом полягає у підборі набору морфометричних показників (та відповідних параметрів масштабу – радіусів рухомого вікна, в якому вони обраховуються), який виявляє найбільший ступінь зв'язку з відповідним кліматичним елементом (в нашому випадку, річною кількістю опадів).

Сила та значимість зв'язку визначаються рядом статистичних параметрів, серед яких – коефіцієнт кореляції Пірсона (R); коефіцієнт детермінації (квадрат коефіцієнта кореляції), щодорівнює частці варіабельності залежної змінної, яку „пояснюють” незалежні змінні; t-критерій Стюдента; F-критерій Фішера; рівень статистичної значимості зв'язку (p-рівень); коефіцієнт часткової кореляції (визначає «унікальний» внесок певної незалежної змінної за сталих значень інших змінних). Здійснюючі покрокову регресію з використанням усіх наявних даних, на основі зазначених статистичних параметрів визначений оптимальний набір морфометричних показників для регіону в цілому, а також окремо для рівнинних та гірських метеостанцій.

Результати досліджень та їх аналіз. Результати аналізу наведені у табл. 1-3. Як можна бачити з табл. 1, сила зв'язку між річними нормами кількості опадів та морфометричними показниками

рельєфу виявилась доволі значною: коефіцієнт множинної кореляції становив понад 0,98. Серед усіх врахованих змінних, найбільшу силу впливу виявив показник вертикального розчленування (коефіцієнт часткової кореляції 0,91), що показує, що відмінності в вертикальному розчленуванні впливають на кількість опадів сильніше, ніж відмінності в абсолютних висотах метеостанцій (аналогічний результат ми отримали і в іншому дослідженні [5]). Вплив вертикального розчленування на кількості опадів ймовірно має місце через посилення турбулентності повітряних мас. Фактор експозиції (нахиленості поверхні по-відношенню до пануючих повітряних мас) найчіткіше виявляється на масштабному рівні близько 50 км. При цьому найбільшу, за однакових інших умов, кількість опадів отримують поверхні, нахилені на північний захід.

Окремі розрахунки, здійснені для гірських і рівнинних метеостанцій, дають дещо відмінну картину. Сила зв'язку між річними нормами кількості опадів та морфометричними показниками рельєфу, порахована окремо для рівнинних метеостанцій (табл. 2) виявилась дещо нижчою ($R = 0.96$). При цьому вплив вертикального розчленування виявився статистично малозначимим. Найсильніше пов'язаним з кількостями опадів морфометричним показником тут виявилась абсолютна висота, проте її вплив є меншим, порівняно з регіоном досліджень у цілому. Вплив фактору експозиції виявився більш складним і проявився на більшому просторовому масштабі (70 км). Щодо гірських метеостанцій, набір факторів та загальна сила зв'язку моделі виявились дуже подібними до моделі, розрахованої для території у цілому. Відмінність полягала в тому, що в цьому випадку найбільш значимим фактором виявилась абсолютна висота, тоді як вплив вертикального розчленування є дещо слабшим.

Окремо було проаналізовано причини відмінностей в річних кількостях опадів між рівнинними і гірськими метеостанціями. Значення кількостей опадів для гірських та рівнинних метеостанцій загалом суттєво відрізняються: для рівнинних станцій середнє значення складає 666,7 мм (стандартне відхилення 79,5 мм), для гірських – 1036,1 мм (стандартне відхилення 255,8 мм). Постає питання: чи можна пояснити цю відмінність наслідками впливу певних морфометричних показників, значення яких суттєво відрізняються для гірських і рівнинних місцеположень?

Для відповіді на це питання використано метод коваріаційного аналізу, який дає змогу одночасно врахувати вплив на певну величину чинників як кількісної, так і якісної природи. В нашому випадку він показав, що, за умови врахування впливу

показника вертикального розчленування, вплив фактору гори/рівнина на річну кількість опадів є статистично незначущим ($p = 0,79$). В той же час при виборі в якості кількісного чинника величини абсолютної висоти станції фактор гори/рівнина впливав значущою мірою. З цього робимо висновок, що відмінності в величинах річних кількостей опадів між рівнинними та гірськими метеостанціями пояснюються в першу чергу більшим розчленуванням гірського рельєфу порівняно з рівнинним.

Варто порівняти отримані результати з нашим попереднім дослідженням, в якому визначались залежності між морфометричними показниками рельєфу та екстремальними річними значеннями добових сум опадів для західних регіонів України [5]. Дане дослідження виявило, що вертикальне розчленування рельєфу є фактором, що впливає на розподіл екстремальних значень сум опадів найбільш помітно; простежується також деякий вплив фактору експозиції. В той же час вплив показника абсолютної висоти на екстремальні значення добових сум опадів виявився відсутнім.

Висновки. Дослідження виявило статистично значимий зв'язок із нормою кількості опадів таких морфометричних показників, як абсолютна висота метеостанції; ступінь розчленованості рельєфу в околицях метеостанції (до 10 км); макроекспозиція рельєфу в околицях метеостанції (до 50-70 км). Різний просторовий масштаб прояву зв'язків вказує на можливий вплив різних метеорологічних процесів з різними характерними розмірами структурних утворень. Так, абсолютна висота і ступінь розчленування рельєфу можуть впливати на розвиток місцевих конвекційних утворень, тоді як макроекспозиція може мати вплив на динаміку синоптичних вихорів та атмосферних фронтів.

Список літератури

1. Барри Р. Погода и климат в горах. – Ленинград, 1984.
2. Мкртчян О., Шубер П. Интерполяція даних метеоспостережень кількостей опадів та інших кліматичних змінних методом регресійного кригінгу // О. Мкртчян, П. Шубер // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. – 2013. – Вип. 42. – С.258-264.
3. Мкртчян О., Шубер П. Методика геопросторового моделювання та картування кліматичних характеристик за даними спостережень / О. Мкртчян, П. Шубер // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. – 2011. – Вип. 39. – С. 245-253.
4. Мкртчян О.С., Шубер П.М. Геоінформаційне моделювання температурного поля західних регіонів України / О. Мкртчян, П. Шубер // Фізична географія і геоморфологія. – 2009. – Вип.57. – С.104-112.
5. Мкртчян. О., Шубер П. Интерполяція екстремальних річних значень добових сум опадів для західних

Таблиця 1

Результати статистичного аналізу зв'язків, весь регіон досліджень

Статистичні параметри моделі множинної регресії: R= 0,98463773; R ² =0,96951147; скориговане R ² =0,96530615; F(4,29)=230,54					
<i>Морфометричний показник</i>	Beta	B	t(29)	p-рівень	Часткова кореляція
Абсолютна висота, локальна	0,79	0,65	10,57	0,000000	0,89
Абсолютна висота, вікно 7 км	-0,62	-0,54	-6,04	0,000001	-0,75
Фактор експозиції, сектори ПнЗх/ПдСх, вікно 50км	-0,30	-1,23	-8,77	0,000000	-0,85
Вертикальне розчленування, вікно 10 км	0,77	2,36	12,03	0,000000	0,91

Таблиця 2

Результати статистичного аналізу зв'язків, рівнинні метеостанції

Статистичні параметри моделі множинної регресії: R=0,96107387; R ² = 0,92366299; скориговане R ² =0,90934980; F(3,16)=64,532					
<i>Морфометричний показник</i>	Beta	B	t(16)	p-рівень	Часткова кореляція
Абсолютна висота, локальна	0,57	0,61	6,85	0,000004	0,86
Фактор експозиції, сектори ПнЗх/ПдСх, вікно 70 км	-0,78	-1,30	-6,23	0,000012	-0,84
Фактор експозиції, сектори Зх/Сх, вікно 70 км)	0,45	1,28	3,81	0,001554	0,69

Таблиця 3

Результати статистичного аналізу зв'язків, гірські метеостанції

Статистичні параметри моделі множинної регресії: R= 0,98400034; R ² =0,96825666; скориговане R ² = 0,95414851; F(4,9)=68,631					
<i>Морфометричний показник</i>	Beta	B	t(16)	p-рівень	Часткова кореляція
Абсолютна висота, локальна	1,09	0,68	8,95	0,000009	0,95
Абсолютна висота, вікно 7 км	-0,73	-0,61	-5,52	0,000369	-0,88
Фактор експозиції, сектори ПнЗх/ПдСх, вікно 50 км	-0,41	-1,37	-6,90	0,000070	-0,92
Вертикальне розчленування, вікно 10 км	0,61	2,43	7,87	0,000025	0,93

регіонів України / О. Мкртчян, П. Шубер // Географічна наука і практика: виклики епохи. Мат-ли міжнар. наук-практ. конференції присв. 130-річчю географії у Львів. ун-ті.– Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2013. – Т.3. – С. 116-118.

6. Оленев А.М. Воздействие макрорельефа на климат и ландшафтные комплексы –Свердловск, 1987. – 85 с.
7. Мкртчян А., Шубер П. Геостатистическая интерполяция данных наблюдений метеостанций / О. Мкртчян,

П. Шубер // Географическое образование и наука в России: история и современное состояние. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию создания Географического института в Петрограде и 90-летию отечественного высшего географического образования / Под ред. Н.В. Каледина, В.В. Дмитриева, Т.А. Алиева. – С.-Петербург, ВВМ, 2010. –С.847 – 855.

Мкртчян А.С., Шубер П.М. Анализ связей между годовыми нормами количества осадков и морфометрическими показателями рельефа для метеостанций запада Украины. В статье приводятся методика и результаты анализа связей между годовыми нормами количества осадков и рядом морфометрических показателей рельефа для метеостанций запада Украины. Выявлено, что отличия в количествах осадков между горными и равнинными метеостанциями в основном объясняются отличиями в степени расчлененности рельефа, тогда как отличия, рассчитанные по отдельности для горных и равнинных метеостанций, в большей мере связаны с отличиями в абсолютных высотах станций. Достаточно сильное влияние на количество осадков также имеет макроэкспозиция, рассчитанная для участков поверхности размерами 50-70 км, причем наибольшее количество осадков получают

поверхности, наклоненные на северо-запад. Результаты данного исследования могут быть использованы при разработке более эффективных методик детального картирования распределения количеств осадков и других климатических характеристик.

Ключевые слова: годовые нормы осадков, морфометрические показатели, регрессионный анализ.

Mkrtchian A., Shuber P. Analysis of relationships between annual precipitation norms and terrain attributes for the meteorological stations in Western Ukraine. The method and results of the analysis of relationships between annual precipitation norms and a number of terrain attributes for the meteorological stations of western Ukraine have been described. It has been found that the differences between the stations situated in mountainous areas and those situated in plains are mainly explained by the differences in the terrain ruggedness, while the differences in precipitation that have been separately calculated for mountains and plains are more connected with the elevation differences. There has also been rather strong influence of aspect factor calculated for 50-70 km neighborhood, the highest amounts of precipitation associated with North-Western aspect. The results of this research can be used in the development of more effective techniques for the detailed mapping of the distribution of precipitation and other climatic characteristics.

Key words: annual precipitation norms, terrain attributes, regression analysis.