



В. С. Олійник, О. І. Бұра

Прикарпатський національний університет ім. Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ, Україна

ВПЛИВ ЛІСУ НА ТЕРМІЧНИЙ, ЛЬОДОВИЙ ТА РІВНЕВИЙ РЕЖИМИ РІЧОК УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

Проаналізовано кількісні показники температур води, льодових явищ і амплітуди рівнів річок для висотного діапазону 300-1600 м н.р.м. До чинників їх формування віднесено територіальну мінливість гідрокліматичних умов на двох протилежних мегахвилах гірської системи та вплив на них висоти, площі і лісистості водозборів. Зазначено, що для північно-східного мегахвила льодові явища та повеневі рівні води пересічно в 1,5 рази більші, ніж на південно-західному мегахвилі, а літні показники температури води відповідно менші на 1-3 °С. Розраховані показники зростання рівнів води та зниження її літніх температур із збільшенням площі та висоти водозборів. Висвітлено вплив лісу на тепловий, льодовий і рівневий режими річок. З'ясовано, що у всіх лісорослинних умовах регіону збільшення лісистості водозборів спричиняє зниження літніх температур води, підвищення її зимових показників, уповільнення настання льодоставу, його тривалості, зменшення товщини льоду та зниження амплітуди річкового стоку. Наведені результати множинного кореляційного аналізу із розрахованими емпіричними залежностями літніх температур води, тривалості льодових явищ і показників амплітуд рівнів від висоти, площі та лісистості 31 водозбору північно-східного мегахвила і 24 водозборів південно-західного мегахвила. Тіснота зв'язків аналізованих характеристик водозборів досить висока ($R = 0,75 - 0,95$). Зазначено, що градієнти впливу лісу на зниження температур води на обох мегахвилах приблизно однакові, а саме 10 % збільшення лісистості водозборів зумовлює зниження середніх літніх температур на 0,3 °С, а середніх максимальних значень на – 0,5 °С. Простежено істотну відмінність у градієнтах зменшення амплітуди рівнів води на річках північно-східного і південно-західного мегахвила. У першому випадку за 10 % збільшення лісистості він становить 12,7 см, у другому – 8,6 см. Відзначено істотний гідрологічний ефект високолісних водозборів (>65-70 %) і низький – малозаліснених басейнів (<35-50 %). Акцентовано увагу на шляхах підвищення гідрологічного режиму річок з допомогою лісу і лісгосподарської діяльності, а саме оптимізації лісистості у краєвому низькогір'ї і міжгірних зниженнях рельєфу, веденні господарства за водозбірним принципом і створенні водоохоронних лісосмуг.

Ключові слова: лісистість; висота і площа водозборів; тепловий і льодовий режими річок.

Вступ / Introduction

В умовах зростання впливу людини на довкілля та потепління клімату, що супроводжується інтенсифікацією шкідливих стихійних явищ, досить дбайливого ставлення заслуговують ліси, які сприятливо впливають на власне і навколишнє середовище. Особливою мірою це стосується гірських умов Карпат, лісовий покрив яких характеризується найвищою в Україні потенційною продуктивністю ($7 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \text{ на рік}^{-1}$) [1] та лісистістю (65 %) [5]. Водночас, різкорозчленований рельєф, зливові опади, вітрова діяльність та інші метеоявища спричиняють тут найвищий для України рівень стихії, особливо вітровалів лісу і паводків і супутніх ерозійних процесів [14]. Розвиток стихії має висотний характер [22] із найбільшою інтенсивністю на гіпсометричних рівнях до 800 м н.р.м. із антропогенно перетвореною природою, зокрема різким зниженням лісистості низки водозборів нижче від екологічно допустимого рівня (<50 %, а інколи й до 20 %) [19] та змінами, що спри-

чиняються лісозаготівлями (≈ 92 %) [5].

З позиції виконання лісами захисних функцій для карпатських умов досить актуальним є їх позитивний вплив на регулювання режиму річкового стоку, яким формується понад 30 % водних ресурсів України. Тому використання лісівничого компонента у системі захисту від водних стихій і примноження водних багатств краю має немаловажне державне значення, зокрема для впорядкування структури угідь [20].

Наразі для регіону відносно добре вивчені особливості формування паводкового стоку і певною мірою впливу на нього лісу та лісгосподарської діяльності. Водночас, із уваги випущено амплітуди рівнів річок та особливості їх термічного і льодового режимів. Вони мають істотне значення для безпеки прилеглих ділянок, функціонування рибних нерестовищ, малої гідроенергетики, водопостачання та повинні відповідати світовим тенденціям щодо використання водного середовища в рекреаційних цілях [10]. Тому з наукових і прикладних

Інформація про авторів:

Олійник Василь Степанович, д-р с.-г. наук, професор, кафедра лісового та аграрного менеджменту.

Email: vasyliiynyk@pnu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0003-2039-9330>

Бұра Олег Ігорович, аспірант, кафедра лісового та аграрного менеджменту. Email: oleh.bura.22@pnu.edu.ua;

<https://orcid.org/0009-0006-9996-0520>

Цитування за ДСТУ: Олійник В. С., Бұра О. І. Вплив лісу на термічний, льодовий та рівневий режими річок Українських Карпат. Науковий вісник НЛТУ України. 2025, т. 35, № 1. С. 33–39.

Citation APA: Olijnyk, V. S., & Bura, O. I. (2025). Forest influence on the thermal, ice and level regimes of rivers of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of UNFU*, 35(1), 33–39. <https://doi.org/10.36930/40350104>

позицій досить важливим є кількісне з'ясування впливу лісистості річкових водозборів на ці важливі елементи гідрологічного режиму території.

Об'єкт дослідження – річкові басейни у різних лісорослинних умовах у висотному діапазоні 300-1600 м н.р.м.

Предмет дослідження – методи і засоби встановлення температурних показників річкових вод за сезонами року та рівневого і льодового їх режимів у холодний сезон на водозборах різної лісистості, пізнання яких дають змогу вдосконалити екологічну структуру їх угідь.

Мета роботи – кількісно оцінити вплив лісу на показники термічного і льодового режимів річок та амплітуду їх рівнів у різних природних умовах Українських Карпат, що дасть можливість повніше враховувати його поліфункціональну роль, передусім захисні і середовищотвірні властивості.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

- 1) проаналізувати середні максимальні та сезонні температури води річок у різних лісорослинних умовах, що дасть змогу кількісно встановити їх зміни під впливом висоти і лісистості водозборів;
- 2) проаналізувати дати початку і тривалості льодоставу, товщину льоду та річну амплітуду рівнів стоку, спричиненого весняним водопіллям і літніми паводками на аналізованих водозборах, що дасть змогу виявити вплив лісу на покращення річкового режиму;
- 3) визначити основні напрями лісгосподарської діяльності стосовно покращення термічного, льодового і рівневого режимів річок Українських Карпат, яку можна використати під час упорядкування структури угідь, що забезпечить покращення екологічної ситуації у регіоні та зниження у ньому інтенсивності стихійних явищ.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У низці наукових публікацій із цієї проблеми у регіональному плані висвітлено переважно такі її особливості:

1) з'ясовано, що для Карпат властива територіальна мінливість окремих елементів гідрологічного режиму річок, пов'язана із природними відмінностями різних меґасхилів гірської системи та її гіпсометричними рівнями. У дослідженнях лісівничого спрямування охарактеризовано водний баланс лісу в різних висотних поясах, зокрема буковому [6] і ялиновому [15] із змінами, що зумовлюються різними способами його рубань, а також вплив лісистості на формування повеней [16]. Незважаючи на те, що лісистість водозборів разом з опадами та рельєфом віднесено до важливих стокоформувальних факторів [9], кількісне її оцінювання для термічного, льодового і рівневого режимів річок регіону у літературі не висвітлено. При цьому у направах посилення захисних властивостей лісу [20] не враховано його впливу на ці показники водного режиму території і відповідного удосконалення ведення лісового господарства;

2) за останнє 10-річчя появилися різнопланові наукові публікації щодо впливу потепління клімату на лісові екосистеми та водні ресурси. Наразі відзначено певні зміни у лісовому середовищі, зокрема всихання ялиників Карпат [18] та сусідніх сосняків Полісся [8] із нагромадженням сухоостою і насаджень, уражених ксилофаго-мікозним комплексом. Прогнозують істотне зниження життєдіяльності лісів із 2040 р. унаслідок збільшення температур повітря на 1,5-2,0 °C [4]. Водні ресурси України ще не зазнали істотних змін під впливом потепління – є тільки слабкий тренд у цьому про-

цесі [13]. Для Карпат він змінюється у межах точності обліку річкового стоку – 5 % [21]. Погляди на його зміни у майбутньому суперечливі – одні прогнози свідчать, що він буде збільшуватися із 2050-х років із одночасною інтенсифікацією стихійних явищ [3], інші [7] – що впродовж 40-70-х років ХХІ ст. його мінливість буде в межах природних флуктуацій.

Загалом відсутність наразі кількісних даних щодо впливу лісу на тепловий і льодовий режими річок та амплітуду їх рівнів, а також неясні прогнози щодо майбутніх гідрометеорологічних ситуацій актуалізують вивчення цього питання з метою опрацювання системи заходів запобігання негативним процесам.

Матеріали та методи дослідження. Вивчення зазначених питань здебільшого ґрунтувалося на методиці дослідження захисних властивостей лісу [6, 15] та містило такі види робіт:

- 1) порівняльний аналіз показників температури, льодових явищ та амплітуди рівнів річок для чотирьох пар сусідніх водозборів-аналогів, що істотно відрізняються рівнем лісистості (в 1,6-1,9 рази), але близькі за опадами, площею і гіпсометричним розташуванням;
- 2) статистичний аналіз із розрахунками емпіричних залежностей основних елементів гідрологічного режиму річок від висоти, площі і лісистості їх водозборів.

Для цього було залучено 55 річкових басейнів у висотному діапазоні 300-1600 м н.р.м., на яких гідрометеослужбою здійснювали спостереження за стоком води. Для характеристик водозборів, їх річкового стоку та лісового покриву використано джерело [19], матеріали гідрометеослужби та лісовпорядкування за 2009-2016 роки. Оброблення даних здійснювали за допомогою загальноприйнятого кореляційного методу із використанням програми Excel. Із методичних позицій аналіз впливу лісу на зазначені гідрологічні процеси здійснювали окремо для двох меґасхилів гірської системи – північно-східного і південно-західного, які відрізняються гідрокліматичними умовами. Основною лісотвірною породою на південно-західному меґасхилі є бук лісовий – близько 60 %, а на північно-східному – ялина європейська – майже 75 %.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Формування і поширення складників гідрологічного режиму річок Карпат визначаються комплексом метеорологічних, рельєфних, територіальних та лісівничих чинників. Зокрема, є істотні відмінності у цих явищах на протилежних меґасхилах гірської системи. Згідно з даними гідрометеослужби, річні температури навітряного і теплішого південно-західного її схилу на 2 °C вищі, ніж підвітряного, північно-східного меґасхилу і відповідно на 20 % отримують більше опадів; при цьому льодостав у першому випадку менш стійкий, ніж у другому. Водночас, із збільшенням висоти рельєфу в обох випадках знижується вертикальний градієнт середньої багаторічної температури води влітку, а в зимовий сезон – зростає тривалість льодоставу.

На тлі таких закономірностей формування і поширення термічного, льодового і рівневого режимів річок Карпат неоднозначну роль для нього відіграє лісовий покрив, зокрема ступінь лісистості водозборів. Це наочно проявляється за умиви порівняння температур води для різних сезонів року, тривалості льодоставу, товщи-

ни льоду і змін рівнів води внаслідок сніготанення, скресання річок і дощових паводків на парних водозборах із

різною залісненістю в основних лісових формацій регіону (табл. 1).

Табл. 1. Показники термічного, льодового і рівневого режимів річок на водозборах із різною лісистістю /
Indicators of thermal, ice, and water level regimes of rivers in watersheds with different forest cover

Характеристика водозборів і гідрологічного режиму та сезони року	Північно-східний мегасхил				Південно-західний мегасхил			
	Мішані ліси		Ялинові ліси		Букові ліси		Мішані ліси	
	р. Стрий до с. Завадівка	р. Опір до м. Сколе	р. Путиля до смт Путиля	р. Серет до с. Лопушна	р. Уж до смт Жорнава	р. Люта до с. Чорноголова	р. Голятинка до смт Майдан	р. Ріка до с. Верхній Бистрий
Основні природно-лісові характеристики водозборів								
Площа, км ²	740	733	181	152	286	169	86	165
Середня висота, м н.р.м.	800	820	960	910	670	700	790	920
Річні опади, мм	1254	1220	1000	970	1303	1311	1111	1166
Лісистість, %	36	69	50	83	45	76	43	69
Домінантна порода, %	Ял,65	Ял,70	Ял,80	Ял,70	Бк,65	Бк,65	Ял,80	Ял,67
Середні показники температури води (°C)								
Зимові	0,2	0,4	0,2	0,6	0,8	1,0	0,5	0,6
Весняні	6,8	6,2	5,3	5,6	7,0	7,0	6,2	5,5
Літні	15,6	14,4	15,6	14,8	17,1	16,8	16,0	14,4
Осінні	8,6	7,9	8,2	8,6	8,8	8,6	8,2	8,2
Максимальні	26,8	22,5	24,2	21,9	26,6	24,8	25,3	22,2
Середні показники льодових явищ та амплітуди рівнів води								
Дати: початку закінчення	27.XI 20.III	1.XII 19.III	30.XI 24.III	6.XII 18.III	4.XII 8.III	10.XII 9.III	30.XI 18.III	9.XII 12.III
Тривалість доби:								
– льодоставу	85	54	86	41	48	33	50	23
– льодових явищ	115	109	111	99	94	68	109	80
Товщина льоду, см	26	21	21	18	17	16	19	14
Річна амплітуда коливання рівнів води, см	292	182	156	94	159	127	156	136

Загалом для аналізованих чотирьох пар басейнів-аналогів збільшення лісистості від 35-50 до 69-83 %, тобто із низьких і середніх показників до високих (в 1,7 раза), спричиняє:

- а) незначне підвищення (на 0,1-0,4 °C) зимових температур води і помітне охолодження води влітку – на 0,3-1,4 °C в VI-VIII місяці і на 1,8-4,3 °C – її максимальних показників;
- б) на 4-9 діб уповільнює початок формування льодових процесів на річках та у 1,5-2,2 рази зменшує тривалість льодоставу та від 6 до 38 % максимальну товщину льоду;
- в) від 16 до 60 % зменшує амплітуду коливання рівнів води, що покращує регулювання річок.

Отже, щодо впливу лісу на термічний і льодовий режими річок, то у холодний сезон року він відіграє утеплювальну роль, а у теплий – охолоджувальну. У перехідні сезони року чіткої закономірності у цих процесах не простежено. Окрім цього, виявлено певні територіальні відмінності льодового і водного режимів річок на двох протилежних мегасхилах гірської системи Карпат. В умовах більш теплого південно-західного мегасхилу із нестійким льодовим режимом, його показники менші, ніж на північно-східному мегасхилі із суворішими зимами. Тому річна амплітуда рівнів води та роль лісистості водозборів у її регулюванні у першому випадку менші порівняно з другим. Що ж стосується впливу лісу на температуру води обох мегасхилів, то помітно територіальні відмінності у її ефективності не відзначено.

Простежуються істотні відмінності щодо впливу лісу на стан вод гідрографічної мережі впродовж року. У холодний сезон внаслідок мінливості метеорологічних умов, зокрема м'якості чи суворості зим, вплив лісу на такі елементи термічних і льодових явищ, як їх тривалість, дати появи і закінчення, товщину льоду та показники температури води – неоднозначний. Коефіцієнт

парної кореляції частки лісистості водозборів із цими елементами змінюються у межах 0,1-0,5 і їх зв'язки статистично оцінюються як слабкі та помірні.

Значно інша картина спостерігається у березні внаслідок скресання річок і процесів сніготанення на водозбірних площах, що сумарно формують весняні повені. Пізніші зливи теплої періоду спричиняють інтенсивні дощові паводки. В обох випадках їх рівні у руслах значно залежать від частки лісистості водозборів. Коефіцієнти парної кореляції між ними на обох мегасхилах гірської системи перевищують 0,5-0,7 і статистично оцінюються як значні і високі. Ще більш істотний рівень залежності від лісистості середніх літніх сезонних і максимальних температур води. У цьому вимірі зв'язки набувають майже функціонального характеру – його кореляційні коефіцієнти сягають показників 0,8-0,9.

Нааявність достовірних кореляційних зв'язків між лісистістю і показниками амплітуди рівнів води річок упродовж року та її температурами у літній сезон дає підстави для розрахунку регресивних залежностей (табл. 2), які можна використовувати для екологічного впровадження структури угідь на водозбірних площах.

Результати статистичного оброблення показників літніх температур річкової води на водозборах із різною лісистістю обох мегасхилів Карпат свідчать про таке:

- 1) при неістотній відмінності лісистості водозборів цих двох частин гірської системи на південно-західному її мегасхилі, через особливості його гідрокліматичних умов, показники температури води на 1,3-2,5 °C вищі, ніж на північно-східному, прохолоднішому мегасхилі;
- 2) в обох випадках показники температур значно залежать від висоти і лісистості водозборів, а саме їх збільшення спричиняє охолодження вод;
- 3) градієнти зниження температур води на 100 м підняття висоти водозборів і на 10 % збільшення їх лісистості на обох мегасхилах Карпат приблизно однакові – в першо-

- му випадку вони становлять 0,5-0,7 °С, а в другому – 0,3-0,5 °С;
- 4) за впливом на температуру вод теплого сезону букова та ялинові деревостани протилежних мегасхилів між собою істотно не відрізняються.
- З позицій виконання лісами захисних функцій досить вагоме значення має зниження ними максималь-

них піків весняного водопілля і літніх паводків, які найбільш шкідливі із комплексу стихійних явищ у Карпатському регіоні. Кореляційний аналіз процесів формування амплітуди максимальних рівнів паводків над мінімальними засвідчує, що вона значно залежить від площі і лісистості водозборів ($R \approx 0,8$).

Табл. 2. Залежність основних показників температури і рівнів води від лісистості водозборів на різних мегасхилах Карпат / Dependence of key temperature indicators and water levels on the forest cover of catchments across various megaslopes of the Carpathians

Характеристика	Північно-східний мегасхил	Південно-західний мегасхил
Природні особливості водозборів		
Кількість, шт.	31	24
Площа, км ² :		
– крайні варіанти	74-1140	51-1280
– середні показники	350	350
Висота, м н.р.м:		
– крайні варіанти	300-1600	300-1600
– середні показники	740	800
Лісистість водозборів, %		
– крайні варіанти	25-85	22-89
– середні показники	55	62
Емпіричні залежності температури води (t , °С) від висоти (H , м н.р.м.) і лісистості ($f_{\text{л}}$, %) водозборів		
а) для середніх літніх температур ($t_{\text{л}}$) за VI-VIII місяці		
– коефіцієнт кореляції	$R = 0,95^{\pm 0,02}$	$R = 0,94^{\pm 0,02}$
– рівняння регресії	$t_{\text{л}} = 22,9^{\pm 0,007} \cdot H - 0,03 \cdot f_{\text{л}}$	$t_{\text{л}} = 24,2^{\pm 0,007} \cdot H - 0,03 \cdot f_{\text{л}}$
– температура води:		
при $H = 300$ м (поле-ліс)	20,8-18,8	22,1-19,9
при $H = 1200$ м (поле-ліс)	14,5-12,5	15,8-12,8
б) для максимальних багаторічних температур ($t_{\text{м}}$)		
– коефіцієнт кореляції	$R = 0,83^{\pm 0,04}$	$R = 0,89^{\pm 0,05}$
– рівняння регресії	$t_{\text{м}} = 30,9^{\pm 0,005} \cdot H - 0,05 \cdot f_{\text{л}}$	$t_{\text{м}} = 33,6^{\pm 0,007} \cdot H - 0,05 \cdot f_{\text{л}}$
– температура води:		
при $H = 300$ м (поле-ліс)	29,5-24,9	31,5-26,5
при $H = 1200$ м (поле-ліс)	24,9-19,9	25,2-20,2
Емпіричні залежності амплітуди рівнів води у річках (ΔP , см) від площі (F , км ²) і лісистості ($f_{\text{л}}$, %) водозборів		
– коефіцієнт кореляції	$R = 0,75^{\pm 0,05}$	$R = 0,78^{\pm 0,04}$
– рівняння регресії	$\Delta P = 172^{\pm 0,13} \cdot F - 0,86 \cdot f_{\text{л}}$	$\Delta P = 213^{\pm 0,06} \cdot F - 1,22 \cdot f_{\text{л}}$
– амплітуда рівнів:		
при $F = 100$ км ² (поле-ліс)	185-99	219-97
при $F = 1000$ км ² (поле-ліс)	302-216	273-151

На обох мегасхилах Карпат збільшення площі водозбору на 100 км² сприяє зростанню рівнів води у руслах на 8-13 см. При цьому збільшення лісистості водозборів на 10 % зумовлює їх зменшення на 9-14 см. Водночас, є певні відмінності у цих процесах на протилежних мегасхилах. В умовах більш вологого, теплого і багатшого в едафічному вимірі південно-західного мегасхилу, роль лісу у регулюванні рівнів річок більш вагома, ніж площі. На північно-східному мегасхилі, навпаки, роль площі більш істотна, ніж лісу. Порівняно з польовими умовами ліс у першому випадку знижує амплітуду рівнів залежно від розмірів водозборів в 1,9-2,7 рази, а в другому – 1,4-1,9 рази.

Варто зазначити, що попри відсутність чітко вираженого впливу лісу на льодостав регіону загалом, а також для окремих його частин – це явище все ж такі притаманне гірських річок. Передусім це стосується усього північно-східного мегасхилу Карпат. Тут, як свідчать розрахунки, навіть добре виражена відмінність у льодових явищах за висотними поясами (табл. 3). При цьому на верхніх гіпсометричних рівнях ефект лісу вищий, ніж на нижніх. У цій таблиці рівняння множинної регресії мають такий вигляд:

$$T_{\text{л}} = 81^{\pm 0,05} \cdot H - 0,25 \cdot f_{\text{л}}; \quad (1)$$

$$T_{\text{л}} = 118^{\pm 0,02} \cdot H - 0,36 \cdot f_{\text{л}}. \quad (2)$$

Табл. 3. Залежність тривалості льодових явищ ($T_{\text{л}}$, доби) від висоти (H , м н.р.м.) і лісистості ($f_{\text{л}}$, %) водозборів на північно-східному мегасхилі Карпат / Dependence of the duration of ice phenomena on altitude and forest cover of catchments on the north-eastern megaslope of the Carpathians

Характеристика	Висоті пояси лісів	
	буково-яли-цевих	буково-ялицево-ялинових і ялинових
Висотний діапазон м н.р.м.	500-800	>800
Середня лісистість, %	50	70
Коефіцієнт кореляції:		
– парної (між $T_{\text{л}}$ і $f_{\text{л}}$)	$r = -0,62^{\pm 0,12}$	$r = -0,58^{\pm 0,16}$
– множинної (між $T_{\text{л}}$, $f_{\text{л}}$ і H)	$R = 0,78^{\pm 0,08}$	$R = 0,70^{\pm 0,08}$
Рівняння множинної регресії	(1)	(2)
Тривалість льодових явищ, доби:		
– для польових умов	116	137
– для сучасної лісистості	104	112
– для лісових масивів	91	101

Отже, наведені результати досліджень свідчать, що в складних природних умовах Українських Карпат лісовому покриву щодо впливу на річкові води належить вагома тепло-, льодо- і стокорегулювальна роль. У кількісному вимірі вона не менша, ніж вплив інших гідрологічних чинників. Тому для регіону досить ак-

туальною є використання цієї ролі лісу у природоохоронному та господарському аспектах.

Обговорення результатів дослідження. Результати аналізу літературних джерел, гідрометеорологічних даних та лісового фонду свідчать, що тепловий і льодовий режими карпатських річок та амплітуда їх рівнів значно залежить від [9]:

- територіальних змін природних особливостей регіону, передусім відмінностей у гідрокліматичних умовах південно-західного і північно-східного мегасхилів гірської системи;
- геоморфологічних умов гірських водозборів, зокрема збільшення їх висоти і площі, що вагомо впливає на зазначені елементи гідрологічного режиму;
- істотного тепло- і стокорегулювального впливу на гідрологічні умови лісового покриття.

Оцінюючи територіальну мінливість гідрокліматичних елементів регіону передусім варто зазначити, що південно-західний його мегасхил, через тепліший і вологіший клімат порівняно із північно-східним мегасхилом, характеризується меншою стійкістю льодоставу на річках і змін їх рівнів, а в літній період – вищими температурами води [10]. Як свідчать наші розрахунки, пересічна тривалість льодових явищ, амплітуд рівнів води та її максимальних температур у першому випадку відповідно становить 76 діб, 75 см і 34 °C, а у другому – 107 діб, 274 см і 31 °C.

Важливими абіотичними чинниками зміни теплового, льодового і рівневого режимів гідрографічної мережі є висота водозбірних площ та їх розміри. На обох мегасхилах вертикальний градієнт зниження середніх температур води у літній сезон року на 100 м підняття висоти, як уже зазначалося, майже однаковий. Найпроходніший у регіоні північно-східний мегасхил характеризується відносно чітким формуванням льодоставу із висотним збільшенням його тривалості [11]. Щодо площ водозборів, то із їх розширенням збільшуються рівні весняних повеней і літніх паводків. Максимуму вони сягають при площі 1500 км². Гідрологічні та картографічні матеріали свідчать, що це зазвичай приатаманно водозборам головних річок регіону при виході їх із гірської території.

У цих умовах важливим тепло-, льодо- і стокорегулювальним чинником виступає лісовий покрив, який знижує літні і підвищує зимові температури води, зменшує інтенсивність льодових явищ та амплітуду коливання рівнів води на річках [12]. Його ефективність значно залежить від ступеня вкриття ним площі водозборів, який змінюється від 20 до 95 %. Це найбільш властиво для високолісних їх категорій (>65-70 %). Гідрологічний режим низькозаліснених басейнів (<35-50 %) – невисокий. Стокорегулювальна роль лісистості менше 30 % майже не відчутна. Отримані показники загалом узгоджуються із попередніми нашими даними, які характеризують паводкорегулювальне значення лісу [15].

Дослідження свідчать [18], що ліс є потужним гідрологічним фактором, який варто враховувати під час ведення господарств. Основний шлях посилення цих властивостей лісу – підвищення лісистості гірських водозборів. Проте це досить проблематичне питання, оскільки Карпати належать до регіону з найвищою лісистістю в Україні. До того ж упродовж століть тут склалися певне співвідношення лісових і аграрних угідь. Збалансувати цю проблему можна шляхом не тотально-

го підвищення лісистості, а по окремих частинах регіону, де її рівень значно нижчий від екологічно оптимального значення. До них належать смуги краєвого низькогір'я на обох мегасхилах із лісистістю приблизно 45 %, обширні площі внутрішньокарпатських депресій рельєфу (Стрийсько-Сянська та Воловецько-Міжгірська верховини) із пересічними показниками лісистості 35 % [6, 16], а деякі з них і меншим рівнем. За неможливості збільшення лісистості з тих чи інших причин досить важливими шляхами посилення водорегулювальних властивостей лісу є: ведення господарства за водозбірним принципом [6]; створення протирозійних і водоохоронних лісосмуг із заплавних вільхових і ясеневих-вільхових порід [2]; застосування природооохоронних технологій господарства (врахування крутизни схилів, таксаційних показників деревостанів, удосконалення способів і технологій рубань та віддалей трелювання деревини [11]; фітомеліорація розсіпів і осипищ, а за потреби – екологічно доцільне відновлення верхньої межі лісу [15].

У роботі [17] розглянуто інструменти NWS для прогнозування стадій річки в прибережних зонах. Автори вважають, що національна метеорологічна служба NWS (англ. *National Weather Service*) є федеральним агентством, уповноваженим надавати прогнози річок і повеней для порятунку життів і майна та підтримки економіки країни. Щоб виконати цю місію, NWS надає прогнозований рівень річок через п'ять днів у понад 4 тис. місцях. Центр прогнозування річок Нижньої частини Міссісіпі NWS (LMRFC) відповідає за надання прогнозів для річок, які впадають у Мексиканську затоку від межі штатів Міссісіпі/Алабама до межі штатів Луїзіана/Техас. LMRFC надає прогнози в багатьох місцях у припливних гирлах і естуаріях або поблизу них, які можуть постраждати від вітрів, припливів і штормових нагонів, а також річкових потоків через сильні дощі вгору за течією. У такому фізичному середовищі, де наслідки розливу річки внаслідок сильних опадів поєднуються з наслідками вітрів, припливів і штормових нагонів уздовж узбережжя, моделі NWS знаходяться в зародковому стані. У дуже небагатьох із цих місць NWS має числові моделі, здатні моделювати складну гідродинаміку цього середовища. Було розроблено численні інструменти, щоб допомогти прогнозистам у складанні цих критичних прогнозів.

Загалом вперше проведені нами дослідження впливу лісу на термічний, льодовий і рівневий режими річок території Українських Карпат та його кількісна оцінка свідчить про вагому його роль у цих процесах. Проте вона мінлива та значно залежить від лісорослинних умов, висоти, площі водозборів та ступеня їх залісненості. Досягнуті результати розширюють знання щодо багатофункціонального значення лісу та можливостей диференційованого підходу до оптимізації лісистості у регіоні, використовуючи отримані емпіричні формули в проєктах покращення лісівничо-екологічної ситуації на конкретних водозборах.

Отже, внаслідок виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – вперше кількісно оцінено вплив лісу на елементи водного режиму річок Українських Карпат – їх температуру, льодові явища, амплітуду рівнів та просторову мінливість, що розширюють лісогідрологічні знання, як невід'ємного складника лісівничої науки.

Практична значущість результатів дослідження – отримані результати можуть бути враховані під час опрацювання регіональних і місцевих систем оптимізації структури угідь, захисті від стихійних явищ та у рекреаційному і господарському аспектах.

Висновки / Conclusions

Кількісно оцінено вплив лісу на показники термічного і льодового режимів річок та на амплітуду їх рівнів у різних природних умовах Українських Карпат, що дало можливість дослідити закономірності мінливості температури води гірських річок для північно-східного і південно-західного мегасхилів регіону та з'ясувати вплив на них висоти, площі і лісистості водозборів. За результатами проведеного дослідження можна зробити такі основні висновки.

1. З огляду на мінливість гідрокліматичних умов на більш прохолодному північно-східному мегасхилі гірської системи, льодові явища і рівні води у повені пересічно в 1,5 рази інтенсивніші, ніж на теплішому південно-західному мегасхилі, а літні температури води відповідно менші на 1-3 °C. Збільшення висоти водозборів в усіх частинах Карпат однаково зменшує температури води (на 0,5 °C при 100 м піднятті їх рівнів). Із збільшенням площі водозборів зростає максимальний стік повеней (на 8-13 см при розширенні їх розмірів на 100 км²), а при збільшенні лісистості вони знижуються (на 9-14 см на кожні 10 % її збільшення).
2. З'ясовано, що у складних природних умовах гірської системи лісовому покриву відносно водних ресурсів належить вагома тепло-, льодо-, і стокорегулювальна роль. У всіх лісорослинних умовах у теплий сезон року він до 3-5 °C охолоджує річкові води, а в зимовий – на 0,2-0,4 °C сприяє їх потеплінню. Ліс уповільнює початок формування льодових явищ, зменшує товщину льоду та на 80-150 см, порівняно з польовими угіддями, знижує пікові найшкідливіші рівні весняних повеней і літніх паводків. Тому зі збільшенням лісистості водозборів загалом покращується їх гідрологічний режим. Ця роль лісу сильніше проявляється на південно-західному мегасхилі, ніж на північно-східному. У статистичному аспекті ця залежність оцінюється достовірними коефіцієнтами кореляції, що змінюються від 0,6-0,95.
3. Посилення аналізованих властивостей лісу повинно бути невід'ємною частиною системи заходів щодо збереження і підвищення його захисної ролі загалом. У цьому разі найбільш актуальною є оптимізація лісистості на низькозаліснених водозборах краєвого низькогір'я обох мегасхилів та обширних міжгірних дисперсіях рельєфу (Стрийсько-Сянська і Воловецько-Міжгірська верховини), де вона зазвичай менша як 50 %. Проте за кожної конкретної ситуації це питання потребує спеціальних обґрунтувань і проєктів. Іншими важливими лісівничо-екологічними заходами може бути створення водоохоронних смуг вздовж гідрографічної межі та ведення господарства за водозбірним принципом.

References

1. Bikes, I. F., Pyvovar, T. S., Pasternak, V. P., Bursa., M. I., Lialin, O. I., & Buksha, T. I. (2020). Application of the Paterson model to assess climate change impact on the potential productivity of Ukrainian forests. *Forestry and Forest Melioration*, 137, 62–71. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.137.2020.62>
2. Borsukevych, L. M. (2023). Protection and sustainable use of floodplain forests of Ukraine by using the habitat concept of nature conservation. *Scientific Bulletin of UNFU*, 33(3), 13–18. <https://doi.org/10.36930/40330302>
3. Boychenko, S., Voloshchuk, V., Movchan, Y., Serdjuchenko, N., Tkashehenko, O., & Savchenko, S. (2016). Features of climate change of Ukraine: Scenarios, Consequences for nature and agroecosystems. *Biotechnologu*, 64(4), 96–113. <https://doi.org/10.18372/23061472.69.11061>
4. Budnic, Z. M., Hrytsyuk, V. V., Kondratyuk, N. V., Pisarenko, O. V., & Tsipan, Y. R. (2023). The influence of climatical factors on the forest ecosystems of the Rivne. *Agricultural Sciences*, 2(102), 18–30. <https://doi.org/10.31713/vs220232>
5. Chaskovskyy, O. H., Karabchuk, D. Yu., & Ivan, A. P. (2019). Forest disturbance in the Ukrainian Carpathians from 1984 to 2016. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(2), 9–14. <https://doi.org/10.15421/40290201>
6. Chubatyy, O. V. (1984). Mountain forests are regulators of the water regime. Uzhhorod, Ukraine: Carpathians, 104 p. URL: <https://carpaty.net/?p=29106>
7. Didovets, I., Krysanova, V., Bürger, G., Snizhko, S., Balabukh, V., & Bronstert, A. (2019). Climate change impact on regional floods in the Carpathian region. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 22, article ID 100590. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.01.002>
8. Getmanchuk, O. V., Kuchyluk, O. V., Vouyuyuk, V. P., & Borodavka., & V. O. (2017). The regional changes of climate as primary causes of strong withering of pine stands in Volyn Polissya. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(1), 20–24. <https://doi.org/10.15421/40270127>
9. Hrebin, V. V. (2010). Modern water regime of rivers of Ukraine (landscape and analysis): Monograph. Kyiv, Ukraine: Nika-Center, 316. URL: <https://elib.chdtu.edu.ua/e-books/4109>
10. Khilchevsiy, V. K. (2021). Recreational aquatic environment quality assessment: Global trends, WHO guidelines, EU bathing water directive. *Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology*, 4(62), 6–7. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.4.1>
11. Kokots, S. Yu., Kudra, V. S., & Korzhov, V. L. (2017). Studies of natural-production aspects of mountain logging (on the example of the state enterprise "Slavske forestry"). *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(5), 25–29. <https://doi.org/10.15421/40270504>
12. Kulchitskyi-Zhyhaylo, I. Ye. (2018). The character of location of forests within the Carpathian mountains catchment as a factor of spring flood formation. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(5), 69–73. <https://doi.org/10.15421/40280515>
13. Lyalko, V. I., Elistratova, L. A., & Apostolov, V. V. (2014). Use of the data of ground and space monitoring of environment temperature for the analysis of modern changes of the climate in Ukraine. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 3, 109–115. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2014.07.109>
14. Lyalko, V. I., Elistratova, L. O., Apostolov, O. A., Khodorovsky, A. Ya., & Czechniy, V. M. (2018). Express-evaluation of potentially erosive soils on the territory of Ukraine by using the remote sensing data with consideration of climatic factors and vegetation. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 2018(3), 87–94. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2018.03.087>
15. Oliynyk, V. S., & Rak, A. Yu. (2018). Ways to promote protective properties and sustainability of forests of Gorgany. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(5), 9–4. <https://doi.org/10.15421/40280501>
16. Oshurkevych-Pankivska, O. Ye., & Pankivskyi, Yu. I. (2018). Influence of forest on snow accumulation and melting in the mountains. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(5), 31–34. <https://doi.org/10.15421/40280506>
17. Reed, D. B., Grascchel, J. S., Welch, D. M., & Ramirez, D. A. (2009). NWS tools to forecast river stages in the coastal zones. *OCEANS 2009, Biloxi, MS, USA*, pp. 1–7. <https://doi.org/10.23919/OCEANS.2009.5422462>
18. Shparyk, Y. (2019). Ecological results of Norway spruce forests decline in main forest types of the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 18, 145–153. <https://doi.org/10.15421/411915>
19. Surface water resources of the USSR: Basic Hydrological Characteristics. (1976). Vol. 6(1). Leningrad, USSR: Hydrometeoizdat, 624 p. URL: <https://www.livre-rare-book.com/book/30016025/albfff9ac9454ba6f06>
20. Tkachuk, O. M., & Oliynyk, V. S. (2019). Forestry component in the protection system against harmful phenomena in the Precar-

- pathian region. *Forestry and Forest Melioration*, 134, 24–32. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.134.2019.24>
21. Yushchenko, Y. S., Nykolaiev, A. M., Pasichnyk, M. O., Palanychko, O. V., & Buzei, O. V. (2023). Changes in the water flow regime of the Siret river in the period of global warming. *Scientific Perspectives*, 11(41), 419–434. [https://doi.org/10.52058/2708-7530-2023-11\(41\)-419-434](https://doi.org/10.52058/2708-7530-2023-11(41)-419-434)
 22. Zeinalian, A. M., & Olijnyk, V. S. (2021). Influence of meteorological phenomena on resilience of Gorgan spruce forests in the Ukrainian Carpathians. *Forestry and Forest Melioration*, 139, 3–9. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.139.2021.3>

V. S. Olijnyk, O. I. Bura

Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ivano-Frankivsk, Ukraine

FOREST INFLUENCE ON THE THERMAL, ICE AND LEVEL REGIMES OF RIVERS OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS

The paper presents the results of the analysis of quantitative indicators of water temperatures, ice phenomena and amplitude of river levels for the altitude range of 300-1600 m above sea level. In the course of research, the factors of their formation are found to include the territorial variability of hydroclimatic conditions on two opposite megaslopes of the mountain system and the influence of the height, area and forest cover of the catchments on them. Firstly, it is noted that for the north-eastern megaslope, ice phenomena and flood water levels are on average 1.5 times greater than on the south-western megaslope, and summer water temperatures are respectively lower by 1-3 °C. The indicators of water level growth and summer temperature decrease with increasing area and height of the catchments were calculated. The influence of the forest on the thermal, ice and level regimes of the rivers is highlighted. Moreover, it was found that in all forest vegetation conditions of the region, an increase in the forest cover of water catchments causes a decrease in summer water temperatures, an increase in its winter indicators, a slowdown in the onset of ice damming, its duration, a decrease in ice thickness and a decrease in the amplitude of river runoff. Furthermore, the results of multiple correlation analysis with the calculated empirical dependencies of summer water temperatures, the duration of ice phenomena and indicators of level amplitudes on the height, area and forest cover of 31 catchments of the north-eastern megaslope and 24 catchments of the southwestern megaslope are presented. The tightness of the relationships of the analyzed characteristics of the catchments is quite high ($R = 0.75 - 0.95$). It is also revealed that the gradients of the forest impact on the reduction of water temperatures on both megaslopes are approximately the same, namely, a 10 % increase in the forest cover of watersheds contributes to a decrease in average summer temperatures by 0.3 °C, and average maximum values by – 0.5 °C. A significant difference is observed in the gradients of the decrease in the amplitude of water levels on the rivers of the north-eastern and south-western megaslopes. In the first case, with a 10 % increase in forest cover, it is 12.7 cm, in the second it is 8.6 cm respectively. A significant hydrological effect of highly forested watersheds (>65-70 %) and a low one – of sparsely forested basins (<35-50 %) was noted. Thus, the focus is on ways to improve the hydrological regime of rivers using forests and forestry activities, namely, optimizing forest cover in the regional lowlands and intermountain depressions, managing the economy according to the watershed principle, and creating water protection forest belts.

Keywords: forest cover; height and area of watersheds; thermal and ice regimes of rivers.