

Володимир ЗЕЛЕНЧУК, Дарія ХОЛЯВЧУК

ДЕНДРОХРОНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ У ДОСЛІДЖЕННІ НЕБЕЗПЕЧНИХ ГЕОМОРФОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У КАРПАТАХ

Охарактеризовано особливості застосування дендрохронології у дослідженні найпоширеніших небезпечних схилових процесів: снігових лавин, зсувів, каменепадів та селевих потоків. Визначено потенціал дендрохронологічних методів у просторово-часовій реконструкції схилових геоморфологічних процесів. Розглянуто техніки та інструменти польових та лабораторних дендрохронологічних методів для досліджень схилових процесів. Означено апробації методів на прикладах Східних Карпат та подальші перспективи дендргеоморфологічних досліджень.

Ключові слова: дендргеоморфологічні методи, небезпечні геоморфологічні процеси, Карпати, снігові лавини, кільця дерев.

Постановка науково-практичної проблеми. Актуальність і новизна дослідження. Схилі процеси охоплюють близько 80% земної поверхні, а тому їхнє вивчення важливе в контексті глобальних геодинамічних досліджень. На регіональному рівні, гірські території, Східні Карпати зокрема, найбільш вразливі до активності та інтенсивності схилових процесів. Такі процеси, які порушують стабільність ландшафтів, набувають нової сили на тлі глобальних кліматичних змін та наростаючого антропогенного навантаження [2, 19, 30, 57, 58]. Зокрема, екзодинамічні процеси часто трансформують структуру гірських ландшафтів Східних Карпат [4]. Про специфіку небезпечних геоморфологічних процесів в Східних Карпатах, як і Українських Карпатах зокрема, йдеться у низці досліджень Кравчука [1], Рожка [3], Тихановича [5], Холявчук, Зеленчука [6], Шушняка [7], Дубіс [24], Ковальчука [35], Skrzypczak [55]; Польських Карпат в працях Gorczyca [27], Lajczak [36], Mika [41]; Румунських Карпат в працях Bălteanu [10], Pop [43], Voiculescu [61, 63].

Означенні дослідження вказують на те, що динаміка цих процесів та пов'язана з ними мінливість гірських ландшафтів потребують якісного моніторингу, комплексної оцінки та прогнозування. Окрім того, актуальним залишається вивчення згаданих процесів з огляду на їх періодичну активізацію у Карпатському регіоні. Українська частина Карпат практично не покрита автоматизованими спостереженнями за ходом та морфометричними характеристиками небезпечних геоморфологічних процесів, особливо у віддалених та важкодоступних гірських ділянках. Відповідно, моніторинг та дослідження таких процесів ускладнене. Натомість для реконструкції таких процесів у залісненому середньогір'ї ефективними можуть стати дендрохронологічні методи, оскільки дають змогу просторово реконструювати геоморфологічні небезпечні процеси та виявити їх

характер та динаміку прояву [32]. Ретроспективний аналіз таких досліджень вказує на низький рівень застосування таких методів в Карпатах, а в Українських Карпатах взагалі таке застосування, опубліковане у рейтингових журналах взагалі не знайдено [18].

Відповідно дослідження спрямоване на виявлення можливостей використання дендрохронологічних методів у реконструкції, ідентифікації сучасних небезпечних геоморфологічних процесів та застосування їх для регіону Карпат.

Аналіз попередніх публікацій і методика досліджень. Основи дендрохронологічного методу закладені ще у 40-х рр. ХХ ст. Douglass та його послідовником Wissler [23]. Зокрема, Дугласом інтерпретовано метод як аналіз кілець дерев, за допомогою якого можна побудувати точні хронології кілець для цілей датування, для отримання кліматичної інформації чи для спеціалізованих завдань конкретної галузі дослідження. Автори також оцінили ефективність цього методу, його придатність, принципи інтерпретації та застосування. Вперше автор підкреслює увагу на відмінностях методу від кореляційних хронологічних методів [23].

Ще декілька десятиліть тому дендрохронологічні методи обмежувалися аналізом та інтерпретацією послідовностей кілець дерев та інших природних явищ, які підпорядковувались ритмічному річному приросту. За допомогою аналізу часових рядів у праці Katz та Weber [31] вперше показано, що застосування звичайних базових методів може бути значно розширене [31]. Guibal та Guiot наголошують на залежності динаміки, ширини нових кілець від різноманіття факторів [28]. Для прикладу, дерева одного виду, що ростуть одночасно в однотипних кліматичних умовах демонструють подібні характеристики кілець. Відповідно існує узгодженість у річних варіаціях протягом тривалих періодів часу, що дає змогу їх

синхронізувати та датувати. Таким чином зразки деревини з дерев, які були знищені в невідомий час, можуть бути датовані шляхом порівняння з базовою хронологією, тобто зразками тих дерев, які зазнали впливу від прояву геоморфологічного процесу, але не були повністю знищені [28].

Основи застосування дендрохронологіч-

них методів у реконструкції небезпечних геоморфологічних процесів закладено у працях Alestalo (1971) [8], Shroder (1980) [50]. Більшість дендргеоморфологічних досліджень гірських регіонів сьогодні проводяться у Швейцарії, Чеській республіці, Франції, Іспанії, Італії, Польщі, Румунії, США (табл.1).

Таблиця 1

Застосування дендргеоморфологічних методів у світовій практиці для реконструкції небезпечних геоморфологічних процесів

Геоморфологічні процеси	Дендргеоморфологічні індикатори	Породи дерев, які аналізувались	Регіони апробації, автори та рік
Зсуви	Порушення росту деревини.	<i>Pinus uncinata</i>	Південно-східні Французькі Альпи. Saez J., Corona C., Stoffel M та інші (2012) [46]
Зсуви	Шрами від ударів, реакція деревини (порушення росту).	<i>Picea mariana</i> , <i>Abies balsamea</i>	Північне узбережжя Квебеку, Канада. Germain D., Dagenais-Du-For та інші (2018) [26]
Селі	Рубці та порушення росту.	Pinus montana	Центрально-Італійські Альпи. Santilli M., Pelfini M (2002) [47]
Селі та лавини	Порушення росту, рубці від ударів.	<i>Picea abies</i>	Австрійські Альпи. Kogelnig-Mayer B., Stoffel M та інші (2011) [33]
Каменепади	Рубці та порушення росту.	<i>Larix decidua</i> , <i>Picea abies</i> , <i>Pinus cembra</i>	Швейцарські Альпи. Schnewly D., та Stoffel M., (2008) [48]
Снігові лавини	Пошкоджені лісові формації, відсутність кори, шрами від удару, зміна темпу росту.	<i>Picea engelmannii</i> , <i>Populus tremuloides</i>	Передовий хребет, Колорадо, США. Rayback S., (1998) [45]
Снігові лавини	Рубці, коливання ексцентриситету в деревині, різкі зміни росту.	<i>Nothofagus pumilio</i>	Санта-Крус, Аргентина. Casteller A., Villalba R., Mayer A та Stockli V., (2009) [20]
Снігові лавини	Порушення росту	<i>Abies bornmuelleriana</i>	Кастамону, Туреччина. Köse N., Aydin A., Akkemik Ü та інші (2010) [34]
Снігові лавини	Пригнічення росту, деформація деревини	<i>Abies balsamea</i>	Президентський хребет, Білі гори, США. Martin та Germain D., (2016) [39]
Зсуви, каменепади, селі та лавини	Рубці, пригнічення росту	<i>Abies densa</i> , <i>Pinus wallichiana</i> , <i>Abies webbiana</i> , <i>Picea smithiana</i> , <i>Cedrus deodara</i> , <i>Abies pindrow</i> , <i>Pinus roxburghii</i>	Індійські Гімалаї, долина Кулу. Bhattacharyya A., Stoffel M., Shekhar M., (2017) [12].
Зсуви, каменепади, селі та лавини	Оголення коренів, рубці	<i>Schizolobium parahyba</i>	Сан-Паулу, Бразилія. Bovi R., Chartier M., (2018) [17].

З-поміж найцитованих досліджень у гірських регіонах варто виокремити застосування дендрохронології для реконструкції селевих потоків в Альпах та оцінки ризиків для інфраструктури [15]. Bollschweiler та Stoffel відібрали 556 зразків хвойних порід *Larix decidua*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris* та виявили 333 порушення росту дерев, за допомогою яких було датовано 39 селевих потоків у період між 1743 і 2003 роками нашої ери [9, 15]. Динаміку

селевих потоків Французьких Передальп із застосуванням дендргеоморфології та аналізу діахронічної ортофотографії застосовано Blanpied, Astrade та Ployon [14]. Аналіз здійснювався за допомогою інтегративного підходу, заснованого на дендргеоморфологічних методах у поєднанні з аналізом діахронічної ортофотографії. За допомогою такої методики досліджено частоту та просторовий прояв селів. На основі дендргеоморфологічного аналізу було

зафіксовано 315 порушень росту дерев, зокрема на хвойні породи припало 68%, відповідно на листяні 32% від загальної вибірки. Окрім того, реконструйовано 21 селевий потік, починаючи з початку ХХ століття [14]. За допомогою дендргеоморфологічних досліджень можна також передбачити та пом'якшити наслідки від селевих потоків [29]. Наприклад, реконструювання таких процесів у Швейцарії, дало змогу визначити просторове охоплення селевих потоків країни [58].

Дендрохронологічні методи у галузі геоморфології можуть бути застосовані і для реконструкцій та абсолютного датування інших схилових процесів – каменепадів, зсувів, сніголавинних потоків тощо. Зокрема, дендргеоморфологія є одним з найважливіших абсолютних методів для ідентифікації та реконструкції зсувів, зокрема тих, які відбувались протягом останніх кількох століть [51]. Šilhán звертає увагу на те, що зсуви специфічно впливають на ріст дерев, що відображається у порушенні їх росту. Виконаний ним огляд побудований на основі великої бази даних усіх доступних дендргеоморфологічних досліджень зсувів з 1893 по 2020 рік. Крім того, представлені рекомендації щодо конкретного відбору проб і вибору підходу для окремих типів зсувів [51].

Застосування дендрохронологічного методу у реконструкції *каменепадів та обвалів* набуло поширення на початку ХХІ ст., зокрема у працях зарубіжних дендрохронологів. Такі дослідження надають довгострокову статистичну інформацію про прояви каменепадів та обвалів для певної території [56]. Використовуючи дендрохронологічні методи, Peitzsch та інші [42] (2021), розробили хронологію *снігових лавин* на основі деревних кілець для лавинних сходжень великої величини (розмір D3), для частини північних Скелястих гір США. На основі вибірки дерев, загалом 673 зразків, було встановлено 12 лавинних сходжень [42].

Загалом аналіз попередніх досліджень засвідчує, що дендрохронологічний метод – один із першочергових методів абсолютного датування. Використання даного методу у польових природничих дослідженнях дає змогу детермінувати річні та сезонні особливості геології, геоморфології, гідрології, клімату певної території на якій зростало дерево тієї чи іншої породи. Окрім того, дендргеоморфологія – один із найрозвиненіших напрямів дендрохронології [56]. Попередні дослідження у різних регіонах світу (табл. 1.) доводять, що за допомогою дендргеоморфології можна реконструювати динаміку, розвиток та інші харак-

теристики таких процесів як зсуви, обвали, осипи, річкові відкладення, лавинні сходження, льодовикову діяльність тощо. У цьому контексті потенціал застосування дендргеоморфологічних методів у гірському регіоні Карпат, особливо в українській частині, високий.

Викладення основного матеріалу. Передусім, дендрохронологічні методи, які передбачають датування кілець дерев, можна застосувати до низки листяних та хвойних порід. У такий спосіб можна вивчати події минулого, які записуються у структурі кілець дерев, у вигляді їх деформацій та пошкоджень. Зразки для дендргеоморфологічних досліджень потребують цільового відбору, щоб була можливість визначити наслідки процесів, що підлягають вивченню та аналізу на певній території. Отже, зразки мають бути відібрані з території, де зафіксовані ті чи інші процеси [56]. За допомогою дендрохронологічних методів можна визначити і дати загибелі дерева, шляхом порівняння зразків з мертвої та живої деревини (*схрещування зразків*). У дендргеоморфологічних дослідженнях застосовують не лише наземну частину деревини, але й коріння, яке може бути залучене як частина комплексного аналізу [66]. За допомогою кореневої системи дерева можна визначити швидкість протікання ерозії ґрунту, наприклад. Для зручного відбору зразків і найменш інвазивного впливу на дерево – використовують бурав Пресслера.

Одним із найважливіших етапів польових методів дендрохронології є *вибір місця території*, на якій будуть відбиратись зразки для подальшого дослідження. Ділянка повинна вибиратись таким чином, щоб відповідати темі та меті дослідження. Для прикладу, якщо досліджуються сходження лавин, то вибрана територія повинна бути місцем інтенсивних проявів цього явища, щоб була можливість простежити динаміку та вплив на досліджувану територію. Наступним етапом є *відбір дерева-зразка*. Важливим процесом при відборі зразків дерева є визначення висоти, на якій буде відбиратись проба. Для детальної вікової характеристики дерев, зразки слід відбирати за допомогою свердла Пресслера, біля основи [56]. Всі зразки у лабораторії сушаться за температури повітря + 60°C, шліфуються, а згодом опрацьовуються за допомогою побудови графіка, вимірювання, обробки даних комп'ютерних та статистичних методів.

Ще один із найпоширеніших методів дендрохронології – *метод списку*, який передбачає, у першу чергу, визначення маркерних кілець з відібраних зразків [57, 66]. Від ядра стовбура до кори відзначаються вузькі кільця,

тобто маркерні, та позначаються на міліметрові-вці, разом і часовими проміжками (дати, роки) у вертикальному напрямку. Зробивши це для п'яти-десяти зразків, можна повернутися до списків і визначити, які кільця послідовно вузькі у зразках. Після розробки списку маркерних кілець можна використовувати ці маркери для швидкого розпізнавання решти зразків [56].

У дендрохронології важливим є і вимірювання ширини кільця для кількісного аналізу, порівняння з кліматичними, або іншими даними. В більшості випадків для вимірювання використовується програма COFESHA. Існує багато вимірювальних систем, які можна використовувати для отримання точних даних. Прикладом можуть слугувати такі програми: Bannister Measuring Stage, Measurechron, Henson Measuring Stage, Zahn Measuring Stage, LinTab Measuring System, Velmex Measuring System, WindDendro та LignoVision. Дві останні забезпечують автоматичні параметри вимірювання, які можуть пришвидшити час, необхідний для вимірювання зразків. За допомогою комп'ютерних програм RESPONCE, пакету програм ITRDB, програми PRECON та ін., встановлюються взаємозв'язки між індексними деревнокільцевими хронологіями та кліматичними чинниками [56]. На місцевостях, де умови є більш сприятливішими для росту деревостану, річні кільця будуть ширші, а річні прирости коливатимуться в незначних межах. Протилежними будуть несприятливі умови, де кільця дерев досить вузькі, а ширина залежить від умов зростання дерева і коливається щорічно. Інколи у структурі таких дерев можна виявити *випадання кілець*. В дендрохронології застосовують і низку статистичних методів, зокрема метод середньої чутливості, взаємодіяції, однозначності, перевірки знаків, RBAR. Так, *середня чутливість* передбачає вимірювання річної мінливості ширини кільця дерева, починаючи від 0 до 1.

Дендрохронологія дедалі частіше використовується в дослідженнях природних небезпек, особливо в тих, що передбачають оцінку ризику. Зокрема, дендргеоморфологічні методи часто застосовують для досліджень зсувів. У дендргеоморфології для реконструкції зсувів використовують три основні підходи [56]. Перший підхід – визначення віку найдавнішого дерева, що зростає на місці сходження зсувного тіла. Другий підхід – це датування дерев, що зазнали впливу під час зсуву. Так, на деревах, що були охоплені зсувним тілом залишаються сліди, які в основному простежуються у зменшенні товщини річних

кілець, що ідентифікується як пригнічення росту дерева. Зсувні процеси мають здатність нахилити та залишати рубці на деревах. Дерева, що уціліли, після пошкодження поступово відновлюють пошкоджені тканини. Хвойні породи дерев, зокрема ялина європейська (*Picea abies*), ялиця біла (*Abies alba*), модрина європейська (*Larix decidua*) тощо, повертаючись у вертикальне положення, додають кільця у нахиленій стороні стовбура. Епізодичний рух може залишати складний візерунок стовбурових кілець, що включає асиметричні кільця, які утворюються під час руху, і симетричні, коли рух не відбувся [57]. Третій підхід базується на виявленні та датуванні дерев, що були знищені зсувом. Дані, що були отримані з таких дерев, звіряються з деревами живими, тобто тими, що лише зазнали незначного пошкодження. Такі дерева, зазвичай, розташовані на периферії зсуву. Дослідження Malik та Wistuba [37] – один із прикладів аналізу зсувної активності з використанням ексцентриситету деревних кілець, де використання дендрохронологічної методики дало змогу простежити зсувну активність у Польських Карпатах не тільки сучасності, але й за останні десятки сотень років [37].

Під час реконструкції сніголавинних процесів до уваги беруться дерева, що розташовані на шляху сходження, наслідки якого відображені у кільцевій структурі наступного вегетаційного періоду. Зважаючи на такі особливості, протягом одного року неможливо охарактеризувати кілька подій, що відбулись протягом одного вегетаційного періоду. Тому під час дослідження можна простежити лише лавинні роки, тобто час сходження, а не розміри та масштаби лавинного потоку. Зазвичай під час дендргеоморфологічних досліджень відбирають зразки пошкоджених, або знищених дерев, що знаходяться в межах лавинного лотка – місця, де відбулось сходження. Проте має значення і бокова межа лавинного сходження, де також можуть відбиратися зразки для детальної просторової реконструкції лавин. Застосування дендрохронологічних методів для реконструкції сучасних небезпечних геоморфологічних процесів у Карпатах простежується у низці досліджень польських, румунських, чеських, словацьких науковців (табл. 2).

Зокрема, у дослідженнях Pora, Sava та інші [44] представлено порівняльне дослідження 700-річної послідовності, дендрохронологічно впорядкованих кілець *Pinus cembra* зі Східних Карпат, упродовж 1009–1709 р.р. нашої ери. На підставі цих досліджень робимо висновок, що у гірському середовищі,

Застосування дендрогеографічних методів для реконструкції небезпечних геоморфологічних процесів у Карпатах

Геоморфологічні процеси	Дендрогеографічні індикатори	Породи дерев, які аналізувались	Регіони апробації, автори та рік
Зсуви	Тріщини, різке пригнічення росту.	<i>Picea abies</i>	Зовнішні Західні Карпати, Чехія. Šilhán та Pánek (2013), [54]
Зсуви	Порушення росту (деформованість стовбурової частини), шрами	<i>Picea abies</i>	Центральна Європа (Чеські Карпати) Wistuba, Malik, Gärtner та інші (2013), [65]
Зсуви	Численні порушення росту	<i>Picea abies</i>	Гора Гарбатка (Кам'янська гора), південно-західна Польща. Migoń, Kasprzak та інші (2014) [40]
Зсуви	Викривлення стовбурів дерев, шрами. Дендрометрія, Реакція Вуд, Ексцентриситет кільця дерева.	<i>Picea abies</i>	Північна Чехія. Šilhán (2021) [51]
Зсуви	Викривлення стовбурів дерев, шрами. Індекс Морана	<i>Picea abies</i> , <i>Larix decidua</i>	Зовнішні Західні Карпати Šilhán (2021), [52]
Селі	Шрами, пригнічення росту. Вибір місця, дендрохронологічний аналіз	<i>Fagus sylvatica</i> , <i>Picea abies</i>	Східні Судети, Центральна Європа, Чехія. Malik та Owczarek (2010), [38]
Селі	Рубці, похилені дерева, зниження річних приростів кілець.	<i>Picea abies</i>	Гори Піуле Йорговану, Румунія. Vaidean R, Danut Hognogi G., (2015), [59]
Снігові лавини	Похилені та зламані дерева, рубці	<i>Picea abies</i> , <i>Larix decidua</i>	Гори Бучеджі, Румунські Карпати. Voiculescu та Onasa, (2014) [62]
Снігові лавини	Вигнуті, зламані, розгалужені дерева, рубці, зрізані верхівки	<i>Picea abies</i>	Гори Родна, Румунські Карпати. Gavrilă, Kholiavchuk, Holobâcă та ін. (2022) [25]
Снігові лавини	Порушення росту, рубці.	<i>Picea abies</i>	Долина Биля, масив Феґераш (Південні Карпати), Румунія. Voiculescu, Onasa та Chiroiu (2016), [64]
Снігові лавини	Порушення росту, рубці.	<i>Pinus mugo</i>	Велика холодна долина, Високі Татри, Словаччина. Šilhán та Tichavský (2017), [53]

схилів геоморфологічні процеси, такі як каменепаді, селі, зсуви та снігові лавини, є звичайними та широко поширеними явищами. Румунські дос-лідники Chiroiu, Ardelean, Onasa, Voiculescu та Ardelean (2016) вказують на антропогенний вплив в даному регіоні та його наслідки [21]. Як зазначено в праці, дендрогеографію тут використовують із 1970-х років, адже даний метод є одним із основних, базових у реконструкції та аналізі небезпечних геоморфологічних схилів процесів. У дослідженні автори використовують методику, що базується на використанні деревних кілець з метою дослідити антропогенний вплив на геоморфологічні процеси. Для дослідження було відібрано зразки 33-ох дерев *Picea abies*. За результатами цього дендрогеографічного дослідження було встановлено, що осипи виникли під час

будівництва доріг на початку 1970-х років, і сьогодні сформовані різноманітними геоморфологічними схилівими процесами [21].


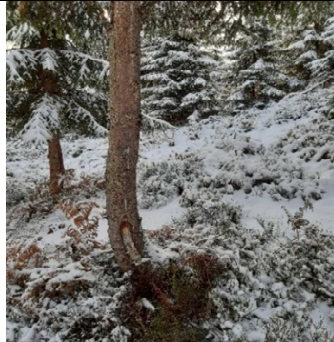

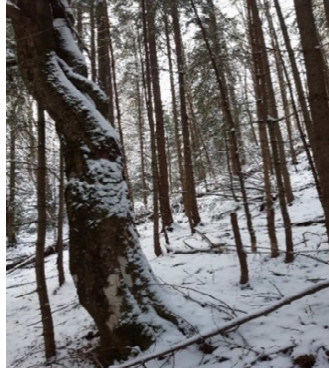
Ще одним активним напрямком дендрогеографічних досліджень в Карпатах є реконструкція снігових лавин (табл. 2). Дендрогеографісти припускають, що для ідентифікації та реконструкції сходження лавин, потрібно 40% відібраних зразків, з території, де спостерігаються сліди їх прояву [49, 58]. Оптимальна кількість відібраних дерев залежить від характеру дослідження. Остання методика успішно апробована авторами у реконструкції снігових лавин Східних Карпат (масивах Родна та Мармарош, Боржава, Черногора,) та підтверджена стаціонарними сніголавинними спостереженнями, свідченнями місцевих жителів та відповідних служб [32, 25]. Відповідно, перспектива досліджень авторів пов'язана із



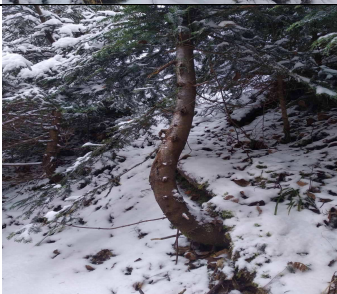



подальшою апробацією дендрохронологічних методів у реконструкції інших небезпечних геоморфологічних процесів (зсувів, каменепадів, селів) у Східних Карпатах на прикладі




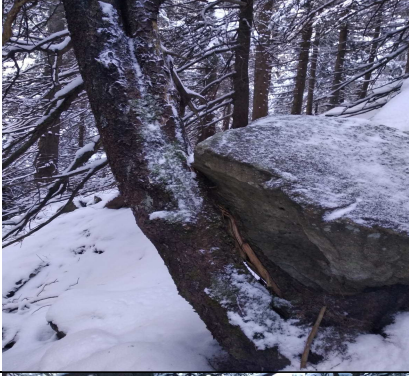

Чорногірсько-Полонинського середньогір'я із застосуванням зразків пошкодженої деревини *Picea abies*, *Abies alba* та *Fagus sylvatica* (табл. 3).

Таблиця 3

Приклади зразків для дендргеоморфологічних досліджень в Українських Карпатах (урочища Нижня Гаджина та Мрії, Черногора)

Номер на карті	Висота	Опис розташування	Вид пошкодження	Вигляд
1	1113	Вздовж стежки, у нижній частині лавинного потоку, урочище Нижня Гаджина	Вигнутий стовбур, менше гілок у південно-західному напрямку	
2	1138	Вздовж стежки, 250 м вверх по схилу від точки № 1	Вигнутий стовбур, пошкоджений кора у вигнутій ділянці, нижня частина стовбура без гілок	
3	1151	Вздовж стежки, 75 м вверх по схилу від точки № 2	Вигнутий стовбур, роздвоєння стовбура, пошкоджені та сухі гілки	
4	1167	Вздовж стежки на початку буково-смерекового лісу, 90 м вверх по схилу від точки № 3	<i>Fagus sylvatica</i> , вигнутий стовбур, роздвоєння стовбура, пошкодження стовбура у нижній частині	

5	1175	Вздовж серпантинної стежки у лісі, 50 м вверх по схилу від точки № 4	Вигнутий, розламаний стовбур	
6	1172	Вздовж дороги в низ по схил, 25 м від точки № 5	Вигнутий стовбур Picea abies	
7	1175	Вздовж дороги урочища Нижня Гаджина, вверх по схилу, 17 м від точки № 6	Вигнутий стовбур Abies alba	
8	1188	Вздовж дороги урочища Нижня Гаджина, вверх по схилу, 100 м від точки № 7	Вигнутий стовбур Picea abies	
9	1286	Вздовж маршруту урочища Нижньої Гаджини, конус виносу лавини, 528 м від точки № 8, біля потоку Гаджина	Вигнутий та роздвоєний стовбур Picea abies	
10	1310	Вздовж маршруту урочища Нижньої Гаджини 20 м від точки № 9, за 20 м від потоку Гаджина	Деформована стовбутова частина Picea abies	

11	1361	Вздовж потоку Гаджина, 420 м від точки № 10	Вигнутість стовбурів в різні сторони, на одному із зразків <i>Picea abies</i> виявлені розколи (тріщини)	
12	1400	Вздовж урочища Мрії вверх по схилу 350 м від точки № 11	Вигнутий стовбур, деформовані гілки	
13	1392	Урочище Мрії 25 м від точки № 12	Вигнутий стовбур, відсутність кори в місці вигину	
14	1383	Урочище Мрії 20 м від точки № 13	Зразок <i>Picea abies</i> вигнутий, наявні розколи, вище розколу спостерігається роздвоєння стовбурової частини	
15	1381	Урочище Мрії, 18 м від точки № 14	Даний зразок <i>Picea abies</i> деформований, роздвоєння стовбурової частини	

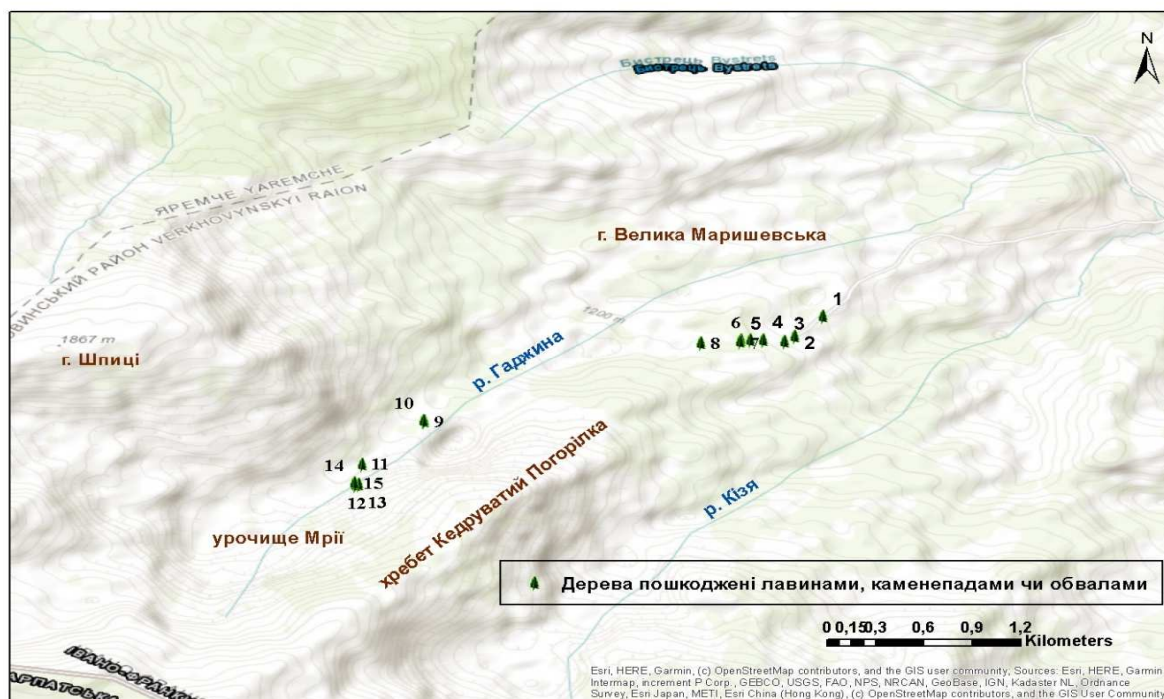


Рис. 1. Локації пошкоджених дерев в урочищах Нижня Гаджина – Мрії Чорногора [6]

Висновки та перспективи використання результатів дослідження. Отже, дендрогеоморфологічні методи – цінні інструменти для реконструкції небезпечних геоморфологічних процесів в умовах недостатньої стаціонарної мережі моніторингу за природними небезпеками. Окрім того, такі методи дають змогу не лише датувати і відповідно визначати повторюваність небезпек, але й просторово детермінувати охоплення території небезпечними геоморфологічними процесами. Така специфіка особливо важлива для оцінки віддалених регіонів із складною топографією, гірських регіонів зокрема. Ретроспективний аналіз попередніх напрацювань у даній галузі вказує

на придатність таких методів для реконструкції небезпечних геоморфологічних процесів у гірських регіонах.

Водночас, якщо у частинах Карпат, що розташовані в інших державах, такі дослідження є активними, в Українських Карпатах, із низькими можливостями для автоматизованого моніторингу зараз, такі дослідження відсутні. Авторами уже здійснена успішна апробація таких методів для реконструкції снігових лавин. Дослідження просторово-часових особливостей інших небезпечних геоморфологічних процесів (зсувів, обвалів, камінепадів) із застосуванням дендрогеоморфологічних методів стосується перспективи досліджень.

References:

1. Kravchuk Ya. S. Neomorfologhiia Polonynsko-Chornohirskykh Karpat: Monohrafiia. Ya.S. Kravchuk. Lviv, Vyd. Tsentrl'NU im. Ivana Franka, 2008. 188 s.
2. Paliienko V.P., Spytisia R.O. (2015). Doslidzhennia umov formuvannia nebezpek i ryzykiv vynyknennia nadzvychainykh situatsii u konteksti ekoloho-heomorfologichnoi otsinky terytorii. Ukrainnyi heohrafichnyi zhurnal. 2015. Vyp. 4. S. 3-9.
3. Rozhko I. M., Matviiv V. P., Brusak V. P. Neohrafo-ekologichni marshruty Chornohory: navch. Posibnyk. Lviv: LNU imeni Ivana Franka. 2011. 224 s.
4. Telish P. S.. Nespriiatlyvi hidrometeorologichni yavyscha ta heoloho-heomorfologichni protsesy u Verkhnodnisterskykh Beskydakh ta shliakhy zmenshennia yikhnoho nehatyvnoho vplyvu na lisovi ekosystemy. Fizychna heohrafiia ta heomorfologhiia. 2012. Vyp. 3 (67), S. 43-54.
5. Tykhanovych Ye. Lavynni protsesy v Ukrainskykh Karpatakh. Avalanche process in Ukrainian Carpathians. Ye. Tykhanovych, V. Bilaniuk. Journal of Education, Health and Sport. 5 (7). 96-104
6. Kholiavchuk D. I., Zelenchuk V. V. (2020) Bioindykatsiia osередkiv proiavu nebezpechnykh heomorfologichnykh protsesiv (na prykladі tsentralnoi chastyny Chornohirskoho khrebtа). Neohrafiia, 826. <https://doi.org/10.31861/geo.2020.826.28-36>
7. Shushniak V., Ivanyk M. Rol protsesiv hravitatsiinoi tektoniky u suchasnomu reliefotvorenni Karpat // Problemy heomorfologhiі i paleoheohrafiі Ukrainskykh Karpat i prylehlykh terytorii. – Lviv: Vyd. Tsentrl'NU im. Ivana Franka, 2006. – S. 182–185.
8. Alestalo, J. Dendrochronological interpretation of geomorphic processes. Fennia –Int. J. Geogr. 1971. 105 (1).
9. Arbella E., Stoffel M., Bollschweiler M. (2010a) – Dendrogeomorphic reconstruction of past debris flow activity using injured broad-leaved trees. Earth Surface Processes and Landforms 35, 399-406, <https://doi.org/10.1002/esp.1934>
10. Bălteanu, D., Jurchescu, M., Surdeanu, V., Ionita, I., Goran, C., Urdea, P., Rădoane, M., Rădoane, N., & Sima, M. (2012). Recent landform evolution in the Romanian carpathians and pericarpathian regions. In *Recent Landform Evolution: The Carpatho-Balkan-Dinaric Region*. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2448-8_10
11. Bednarczyk, Z. (2013). New real-time landslide monitoring system in polish Carpathians. *Landslide Science and Practice: Early*

- Warning, Instrumentation and Monitoring*, 2. https://doi.org/10.1007/978-3-642-31445-2_1
11. Bhattacharyya, A., Stoffel, M., Shekhar, M., Cánovas, J. A. B., & Trappmann, D. (2017). Dendrogeomorphic potential of the Himalaya – case studies of process dating of natural hazards in Kullu valley, Himachal Pradesh. *Current Science*, 113(12). <https://doi.org/10.18520/cs/v113/i12/2317-2324>
 12. Biskupič M., Lizuch M., Richnavský J., Kyzek F., Žiak I. (2013), Remote and real time avalanche monitoring with Wi-Fi. *The International Snow Science Workshop At: Grenoble-Chamonix. Avalanche Prevention Center Slovakia*.
 13. Blanpied, J., Astrade, L., & Ployon, E. (2017). Reconstitution of debris flow dynamics on a forested cone combining dendrogeomorphology and diachronic orthophotography analysis (Mont Granier, Chartreuse massif, French Prealps). *Géomorphologie: Relief, Processus, Environnement*, 23(3). <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.11814>
 14. Bollschweiler, M. And Stoffel, M.: Debris flows on forested cones – reconstruction and comparison of frequencies in two catchments in Val Ferret, Switzerland, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 7, 207–218, <https://doi.org/10.5194/nhess-7-207-2007>, 2007.
 15. Bollschweiler, M., Stoffel, M. What tree rings can tell about earth-surface processes: teaching the principles of dendrogeomorphology. *Geogr. Compass*. 2009. 3, Pp. 1013–1037. <https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2009.00223.x>.
 16. Bovi, R. C., Chartier, M. P., Domínguez-Castillo, V., Peres Chagas, M., Tomazello Filho, M., & Cooper, M. (2018). Application of growth rings and scars in exposed roots of *Schizobolium parahyba* as a tool for dating geomorphic processes in the State of São Paulo, Brazil. *Dendrochronologia*, 50. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2018.04.002>
 17. Bovi, R. C., Romanelli, J. P., Caneppele, B. Cooper, M.. Global trends in dendrogeomorphology: A bibliometric assessment of research outputs. *CATENA*. 2022. Issue 210. 105921. <https://doi.org/10.1016/J.CATENA.2021.105921>
 18. Butler, D. R., Sawyer, C. F. (2008, April). Dendrogeomorphology and high-magnitude snow avalanches: a review and case study. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 8(2), 303-309. Retrieved from <https://doi.org/10.5194/nhess-8-303-2008>
 19. Casterler, A., Villalba, R., Mayer, A., & Stockli, V. (2009). Dendrochronological reconstruction of spatial and temporal patterns of snow avalanches in the Patagonian Andes. *Revista Chilena De Historia Natural*, 82(2).
 20. Chiroiu, P., Ardelean, A. C., Onaca, A., Voiculescu, M., & Ardelean, F. (2016). Assessing the anthropogenic impact on geomorphic processes using tree-rings: A case study in the Făgăraș mountains (Romanian Carpathians). *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 11(1).
 21. Collins, B.D., Baum, R.L., Mrozek, Teresa, Nescieruk, Piotr, Perski, Zbigniew, Rączkowski, Wojciech, and Graniczny, Marek, 2011, Evaluation of landslide monitoring in the Polish Carpathians: U.S. Geological Survey Open-File Report, 2011-1001, 30 p.
 22. Douglass, A. E. (1941). Crossdating in Dendrochronology. *Journal of Forestry*, 39(10).
 23. Dubis L, Kovalchuk I, Mykhnovych A (2006). Extreme geomorphic processes in the eastern Carpathians: spectrum, causes, development, activation and intensity. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica. Landform Evolution in Mountain Areas. Recent geomorphological hazards in Carpatho-Balcan-Dinaric region*. 40. 93-106.
 24. Gavrilă, I.G., Kholiavchuk, D., Holobăcă, I.H. et al. Tree-ring records of snow-avalanche activity in the Rodna Mountains (Eastern Carpathians, Romania). *Natural Hazards*. 2022. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05458-w>
 25. Germain, D., Dagenais-Du-Fort, É., Lajeunesse, P., & Simard, M. (2018). Dendrogeomorphic reconstruction of the seasonal timing and rainfall threshold for debris slide occurrence in eastern Canada. *Dendrochronologia*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2018.09.007>
 26. Gorczyca, E., Wrońska-Walach, D., & Długosz, M. (2013). Landslide hazards in the Polish Flysch Carpathians: Example of Łososina Dolna Commune. In *Springer Geography* (Issue 9789400763005). https://doi.org/10.1007/978-94-007-6301-2_15
 27. Guibal, F., & Guiot, J. (2021). Dendrochronology. In *Frontiers in Earth Sciences*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-24982-3_8
 28. Iverson, R. M. (2009, July). Elements of an improved model for debris flow motion. In *Powders and Grains 1145*(1), 9-16. Retrieved from <https://doi.org/10.1063/1.3180101>
 29. Jakob, M., Lambert, S. (2009, January). Climate change effects on landslides along the south-west coast of British Columbia. *Geomorphology* 107(3), 275-284. Doi: 10.10016/j.geomorph.2008.12.009.
 30. Katz, D. L., & Weber, U. M. (2002). Tree rings and people: New applications for dendrochronological methods. *Dendrochronologia*, 20(1–2). <https://doi.org/10.1078/1125-7865-00003>
 31. Kholiavchuk, D., Holobăcă, I., Ridush, B., Ridush, O. (2021). Climate control on snow avalanche activity in the Ukrainian and the Romanian Eastern Carpathians. 5th Edition of the Integrated Management of Environmental Resources Conference Suceava – Romania. Book of abstracts. 29 October 2021, Forestry Faculty, "Ștefan cel Mare" University Suceava, Romania
 32. Kogelnig-Mayer, B., Stoffel, M., Schneuwly-Bollschweiler, M., Hübl, J., & Rudolf-Miklau, F. (2011). Possibilities and limitations of dendrogeomorphic time-series reconstructions on sites influenced by debris flows and frequent snow avalanche activity. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 43(4). <https://doi.org/10.1657/1938-4246-43.4.649>
 33. Köse, N., Aydin, A., Akkemik, Ü., Yurtseven, H., & Güner, T. (2010). Using tree-ring signals and numerical model to identify the snow avalanche tracks in Kastamonu, Turkey. *Natural Hazards*, 54(2). <https://doi.org/10.1007/s11069-009-9477-x>
 34. Kovalchuk, I., Mykhnovych, A., Pylypovych, O., & Rud'ko, G. (2013). Extreme exogenous processes in the Ukrainian Carpathians. In *Springer Geography* (Issue 9789400763005). https://doi.org/10.1007/978-94-007-6301-2_4
 35. Lajczak, A., Margielewski, W., Rączkowska, Z., & Swiechowicz, J. (2014). Contemporary geomorphic processes in the Polish Carpathians under changing human impact. *Episodes*, 37(1). <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2014/v37i1/003>
 36. Malik, I., & Wistuba, M. (2012). Dendrochronological methods for reconstructing mass movements – an example of landslide activity analysis using tree-ring eccentricity. *Geochronometria*, 39(3). <https://doi.org/10.2478/s13386-012-0005-5>
 37. Malik, I., Owczarek, P. (2010). Dendrochronological Records of Debris Flow and Avalanche Activity in a Mid-Mountain Forest Zone (Eastern Sudetes — Central Europe). *Geochronometria*, 34(-1) 57-66. <https://doi.org/10.2478/v10003-009-0011-7>
 38. Martin, J. P., & Germain, D. (2016). Can we discriminate snow avalanches from other disturbances using the spatial patterns of tree-ring response? Case studies from the Presidential Range, White Mountains, New Hampshire, United States. *Dendrochronologia*, 37. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2015.12.004>
 39. Migoń, P., Kacprzak, A., Malik, I., Kacprzak, M., Owczarek, P., Wistuba, M., & Pánek, T. (2014). Geomorphological, pedological and dendrochronological signatures of a relict landslide terrain, Mt Garbatka (Kamienne Mts), SW Poland. *Geomorphology*, 219. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.05.005>
 40. Mika, M., & Zawilińska, B. (2016). Protected space of national park as a factor for tourist attractiveness and local tourist development. Babia Góra region case study. *Prace i Studia Geograficzne*, 61(3).
 41. Peitzsch, E., Hendrikx, J., Stahle, D., Pederson, G., Birkeland, K., & Fagre, D. (2021). A regional spatiotemporal analysis of large

- magnitude snow avalanches using tree rings. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(2). <https://doi.org/10.5194/nhess-21-533-2021>
42. Pop, O. T., Gavrilă, I. G., Roșian, G., Meseșan, F., Decalune, A., Holobăcă, I. H., & Anghel, T. (2016). A century-long snow avalanche chronology reconstructed from tree-rings in Parâng Mountains (Southern Carpathians, Romania). *Quaternary International*, 415. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.11.058>
 43. Popa, I., Sava, T. B., Meghea, A., Mănăilescu, C., Ilie, M., Robu, A., & Tóth, B. (2019). Interval validation of Dendrochronology and 14 C Dating on a 700-yr Tree-Ring Sequence Originating from the Eastern Carpathians. *Radiocarbon*, 61(5). <https://doi.org/10.1017/rdc.2019.56>
 44. Rayback, S. A. (1998). A dendrogeomorphological analysis of snow avalanches in the Colorado front range, USA. *Physical Geography*, 19(6). <https://doi.org/10.1080/02723646.1998.10642664>
 45. Saez, J. L., Corona, C., Stoffel, M., Astrade, L., Berger, F., & Malet, J. P. (2012). Dendrogeomorphic reconstruction of past landslide reactivation with seasonal precision: The Bois Noir landslide, southeast French Alps. *Landslides*, 9(2). <https://doi.org/10.1007/s10346-011-0284-6>
 46. Santilli, M., Pelfini, M. (2002). Dendrogeomorphology and dating of debris flows in the Valle del Gallo, Central Alps, Italy. *Dendrochronologia*, 20(3). <https://doi.org/10.1078/1125-7865-00020>
 47. Schneuwly, D. M., & Stoffel, M. (2008). Spatial analysis of rockfall activity, bounce heights and geomorphic changes over the last 50 years – A case study using dendrogeomorphology. *Geomorphology*, 102(3–4). <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.05.043>
 48. Schweingruber, F. (2001). Dendroökologische Holzanatomie. Paul Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. 472 pp.
 49. Shroder, J.F.. Dendrogeomorphology: review and new techniques of tree-ring dating. *Prog. Phys. Geogr.: Earth Environ.* 1980. 4 (2), 161–188. <https://doi.org/10.1177/030913338000400202>.
 50. Šilhán, K. (2021). Dendrogeomorphology of different landslide types: A review. In *Forests* (Vol. 12, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/f12030261>
 51. Šilhán, K. (2021). Spatial dendrogeomorphic sampling based on the specific tree growth responses induced by the landslide mechanism. *Quaternary Geochronology*, 61. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2020.101132>
 52. Šilhán, K., & Tichavský, R. (2017). Snow avalanche and debris flow activity in the High Tatras Mountains: New data from using dendrogeomorphic survey. *Cold Regions Science and Technology*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2016.12.002>
 53. Šilhán, K., Pánek, T., Dušek, R., Havlů, D., Brázdil, R., Kašičková, L., & Hradecký, J. (2013). The dating of bedrock landslide reactivations using dendrogeomorphic techniques: The Mazák landslide, Outer Western Carpathians (Czech Republic). *Catena*, 104. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.12.010>
 54. Skrzypczak, I., Kokoszka, W., Zientek, D., Tang, Y., & Kogut, J. (2021). Landslide hazard assessment map as an element supporting spatial planning: The flysch carpathians region study. *Remote Sensing*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/rs13020317>
 55. Speer, H. J. (2010). Fundamentals of tree-ring research. The University of Arizona Press. 324 pp.
 56. Stoffel, M., Beniston M. (2006, August). On the incidence of debris flows from the early Little Ice Age to a future greenhouse climate: a case study from the Swiss Alps. *Geophys Res Lett* 33(16), 1–4. Doi: 10.1029/2006GL026805
 57. Stoffel, M., Bollschweiler, M., Butler, D. R., Luckman, B. H. (2010). *Tree Rings and Natural Hazards A State-of-Art*. Springer, Dordrecht. 485 p.
 58. Vaidean R, Danut Hognogi G (2015) Debris Flow Activity Reconstruction Using Dendrogeomorphological Methods. Study Case (Piule Iorgovanu Mountains). *Studia UBB Geographia*. 5-15.
 59. Voiculescu, M. (2009). Snow avalanche hazards in the Făgăraș massif (Southern Carpathians): Romanian carpathians-management and perspectives. *Natural Hazards*, 51(3). <https://doi.org/10.1007/s11069-008-9281-z>
 60. Voiculescu, M. (2017). Snow avalanche activity in southern carpathians (Romanian Carpathians). In *Springer Geography*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32589-7_31
 61. Voiculescu, M., & Onaca, A. (2014). Spatio-temporal reconstruction of snow avalanche activity using dendrogeomorphological approach in Bucegi Mountains Romanian Carpathians. *Cold Regions Science and Technology*, 104–105. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2014.04.005>
 62. Voiculescu, M., Ardelean, F., Onaca, A., & Tořok-Oance, M. (2011). Analysis of snow avalanche potential in Bălea glacial area – Făgăraș massif (Southern Carpathians – Romanian Carpathians). *Zeitschrift Fur Geomorphologie*, 55(3). <https://doi.org/10.1127/0372-8854/2011/0054>
 63. Voiculescu, M., Onaca, A., & Chiroiu, P. (2016). Dendrogeomorphic reconstruction of past snow avalanche events in Bălea glacial valley–Făgăraș massif (Southern Carpathians), Romanian Carpathians. *Quaternary International*, 415. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.11.115>
 64. Wistuba, M., Malik, I., Gärtner, H., Kojs, P., & Owczarek, P. (2013). Application of eccentric growth of trees as a tool for landslide analyses: The example of Picea abies Karst. In the Carpathian and Sudeten Mountains (Central Europe). *Catena*, 111. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.06.027>
 65. Zielonka, T., Holeksa, J., Ciapała, S. (2008, June). A reconstruction of flood events using scarred trees in the Tatra Mountains, Poland. *Dendrochronologia* 26, 173–183. Doi: 10.1016/j.dendro.2008.06.003

Abstract:

Volodymyr ZELENCHUK, Dariia KHOLIIVCHUK. DENDROCHRONOLOGICAL METHODS IN THE STUDY OF GEOMORPHOLOGICAL NATURAL HAZARDS IN THE CARPATHIANS

The specifics of dendrochronological methods in the study of the most common hazardous slope processes are examined: snow avalanches, landslides, rockfalls and debris flows. The dendrogeomorphological methods mainly refer to the study and dating of tree rings of coniferous species (*Larix decidua*, *Picea abies*, *Pinus cembra*, *Pinus mugo*) and less deciduous species (*Fagus sylvatica*). In this way, they aim to interpret past events recorded in the structure of the tree rings in terms of their deformations and damage. The most typical signs of response to geomorphological natural hazards are mechanical disturbances including injuries, scars and raising ducts on trees, inclination of tree stems, broken branches and crowns and denudations of roots. Dendrogeomorphological methods are valuable tools for reconstructing hazardous geomorphological processes under conditions of an insufficient stationary monitoring network for natural hazards. Moreover, such methods allow not only dating and thus determining the recurrence of natural hazards, but also

spatially determining the coverage of the territory by hazardous geomorphological processes. This function is particularly important. This characteristic is particularly important for the assessment of remote regions with complex topography, especially mountainous regions. A retrospective analysis of earlier developments in this field shows the suitability of such methods for the reconstruction of hazardous geomorphological processes in mountainous regions.

The application of dendrogeomorphological methods in the reconstruction of hazardous geomorphological processes was introduced in geomorphological studies in the 1970s. Most dendrogeomorphological studies on mountain regions are currently being carried out in Switzerland, the Czech Republic, France, Spain, Italy, Poland, Romania and the USA. Dendrogeomorphological methods are among the most important absolute methods for the identification and reconstruction of landslides, especially those that have occurred in recent centuries. Landslides, like other hazardous geomorphological processes, particularly affect the growth of trees, which is reflected in their impaired growth. Dendrogeomorphological methods are also considered reliable to reconstruct, predict and mitigate the consequences of mudflows.

Czech, Polish and Romanian Carpathians are the common objects of the dendrogeomorphological studies in the Carpathians. Here, the reconstruction of snow avalanches is one of the most common dendrogeomorphological research in the Carpathians. At the same time, while in the parts of the Carpathians located in the other countries, such studies are active, in the Ukrainian Carpathians, still with insufficient possibilities for automated monitoring, such studies are scarce. The authors have already successfully tested such methods for the reconstruction of snow avalanches in the Ukrainian Carpathians (Chornohora and Borzhava massifs) while learning from Romanian experience in the Rodna and Maramuresh massifs of Eastern Carpathians. The dendrochronological results are congruent to stationary snow avalanche observations, evidence of residents and relevant services. The perspective of the authors' studies in the field is related to the further testing of dendrochronological methods in the reconstruction of other dangerous geomorphological processes (landslides, rockfalls, mudslides) in the Eastern Carpathians on the example of the Chornohora and Poloninsky massifs using samples of damaged tree-rings of *Picea abies*, *Abies alba*, and *Fagus sylvatica*.

Key words: *dendrogeomorphological methods, geomorphological natural hazards, Carpathians, snow avalanches, tree rings.* Надійшла 14.10.2022р.

UDC: 911.52

DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.22.2.8>

Mahir A. NADIROV

ASSESSMENT OF MODERN LANDSCAPE POTENTIAL IN THE CASPIAN COASTAL PLAINS

The main purpose of the research is to assess the natural landscape reserve potential and to propose measures that reflect the character of the landscape and its regional-ecological importance. The research area is the Caspian coastal plains from the Pirsaat River to the Astara River in Azerbaijan. For the assessment, the landscape potential of the study area was divided into weak, medium, and strong categories according to the criteria. During the assessment, it was revealed that landscapes with a low natural resource potential cover 42% of the area, landscapes with an average natural resource potential - 23%, and landscapes with a strong natural resource potential - 11%. Protected landscapes cover 24% of the study area. Evaluation of the sensitivity of landscapes to technogenic impacts showed that most of the territory (41%) is at a severe ecological level.

Keywords: *natural landscape, ecological potential, coastal zone, ecological stress, optimization.*

Introduction. The study and assessment of landscape potential is very important in planning, environmental policy-making and nature management [10; 5]. Considering the complexity and diversity of landscapes, the development of objective and reliable quantitative measures and models remains relevant [15]. Conducting empirical research using modern methodological approaches based on the principles of sustainable development is the main requirement of recent studies.

Due to the favorable natural conditions of Azerbaijan, the Caspian coastal plains, which are among the oldest inhabited areas, have been subjected to intensive exploitation in the direction of various economic fields during a long historical period. This process affected individual landscapes

and landscape components leading to the degradation of sensitive ecosystems, the creation of re-derivative complexes, and the change of the ecogeographical state of landscapes in general.

In order to prevent these problems, the degree of adoption of modern landscapes in Azerbaijan and the assessment of the ecological condition are currently distinguished by their relevance. It is important to carry out ecogeographic research in ensuring the growing demand of the country's population and food security, optimizing natural landscapes, systematically creating agro-landscapes in various ecosystems, and assessing the potential of natural resources that affect the sustainable development of the area.

Research area and methods. The study