

предметної спеціалізації 014 «Середня освіта (Географія)».

Таким чином, тенденції реформування загальної середньої освіти, післядипломної педагогічної освіти України та реформування системи вищої освіти України в галузі підготовки майбутніх учителів географії мають вагомий вплив на становлення та професійну діяльність учителя географії.

Список використаних джерел

1. Чубрей О. С. Система підготовки майбутніх учителів географії до професійної діяльності на засадах компетентнісного підходу: [моногр.]. Чернівці: Технодрук, 2020. 376 с.
2. Чубрей О. С. Сучасні тенденції трансформації системи загальної середньої освіти України. Імідж сучасного педагога: електрон. наук. фах. журн. Полтава, 2019. № 4 (187). С. 7–10.
3. Чубрей О. С. Сучасні тенденції трансформації системи післядипломної педагогічної освіти України. *Modern Educational Space: the Transformation of National Models in Terms of Integration: proceedings of the II International scientific conference (Leipzig, October 25, 2019)*. Leipzig, 2019. P. 166–168.

ДЕНДРОХРОНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ У ДОСЛІДЖЕННІ НЕБЕЗПЕЧНИХ ГЕОМОРФОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

В. В. Зеленчук, Д. І. Холявчук

zelenchuk.volodymyr@chnu.edu.ua, d.kholyavchuk@chnu.edu.ua

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
м. Чернівці, Україна*

Досліджено 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: дендрохронологічні методи, небезпечні геоморфологічні процеси, Карпати, снігові лавини, кільця дерев.

Схилові 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 [1, 3, 7, 8]. Зокрема, екзодинамічні процеси часто трансформують структуру гірських ландшафтів Східних Карпат.

Відповідно динаміка цих процесів та пов'язана з ними мінливість гірських ландшафтів потребують ретельного аналізу. Окрім того, актуальним залишається вивчення згаданих процесів, у контексті їх періодичної активізації у Карпатському регіоні. Для реконструкції таких процесів у залісненому середньогір'ї ефективними є дендрохронологічні методи [4]. Вони дають змогу деталізувати сучасні геоморфологічні небезпечні процеси, виявляти характер та динаміку їх прояву.

Дендрохронологічні методи базуються на дослідженні та датуванні кілець дерев у листяних та хвойних породах. У такий спосіб можна вивчати події минулого, які записуються у структурі кілець дерев, їх деформацій та пошкоджень. Дендрохронологічні методи розроблені у 20-х роках ХХ століття Ендрю Еллікотом Дугласом а також його послідовником археологом Кларком Вісслером в університеті Арізони у піонерній лабораторії Tree Ring Research [5]. Дендрохронологічний метод - один із перших методів абсолютного датування. Використання даного методу у польових природничих дослідженнях дає змогу детермінувати річні, сезонні особливості геології, геоморфології, гідрології, клімату певної території на якій зростало дерево тієї чи іншої породи. Цей метод часто використовується для калібрування радіовуглецевого датування.

Дендрогеоморфологія – одним із найрозвиненіших напрямів дендрохронології. Дендрогеоморфологія сфокусована на аналізі кілець дерев для реконструкції геологічних та геоморфологічних процесів, які, в свою чергу, через певний їх перебіг впливають на ріст дерева, деформують його та залишають свій слід у структурі кілець [6]. За допомогою дендрогеоморфології можна реконструювати динаміку, розвиток та інші характеристики таких процесів як зсуви, обвали, осипи, річкові відкладення, лавинні сходження, льодовикова діяльність тощо. Зразки для дендрогеоморфологічних досліджень потребують цільового відбору, щоб була можливість визначити наслідки процесів, що досліджуються. Тобто зразки мають бути відібрані на території, де зафіксовані ті чи інші процеси [6]. За допомогою дендрохронологічних методів можна визначати дати загибелі дерева шляхом порівняння зразків з мертвої та живої деревини (схрещування зразків). У дендрогеоморфологічних дослідженнях застосовують не лише наземну частину деревини, але й коріння, яке може бути залучене як частина

комплексного аналізу [9]. За допомогою кореневої системи дерева можна визначати швидкість протікання ерозії ґрунту. Для зручного відбору зразків і найменш інвазивного впливу на дерево використовують бурав Пресслера.

Однією із найважливіших складових 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 знаходитись у межах, де відбуваються інтенсивні прояви цього ж 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 дерева, яке відбирається, зразки слід відбирати за допомогою свердла Пресслера біля основи [6]. Всі зразки у лабораторії сушаться за температури повітря +60°C, шліфуються, потім опрацьовуються за допомогою skeleton plotting, 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 [7, 9]. Від ядра стовбура до кори відзначаються вузькі кільця, тобто маркерні, та позначаються на міліметровіці, 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 [6].

У дендрохронології важливим є і вимірювання ширини кільця для кількісного аналізу, порівняння з кліматичними, або іншими даними. В більшості випадків для вимірювання використовується програма COFENCA. Існує багато вимірювальних систем, які можна використовувати для отримання точності. 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. В дендрохронології існує ряд статистичних методів, зокрема: метод середньої чутливості, взаємкореляції, однозначності – перевірки знаків, RBAR. За допомогою комп'ютерних програм RESPONCE з

пакету програм ITRDB, програми PRECON та інші, встановлюються взаємозв'язки між індексними деревнокільцевими хронологіями та кліматичними чинниками [6]. 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.

У дендрогіоморфології для реконструкції зсувів використовують три основні підходи [6]. 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 «порізи» 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 нахилений 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 [7]. 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.

Застосування дендрохронологічного методу у реконструкції каменепадів та обвалів набуло поширення на початку XXI ст., зокрема у працях зарубіжних дендрохронологів. На основі дендрогіоморфних досліджень при аналізі деревних кілець можна реконструювати історичні події, визначити темпи прояву та сезонні перебіги. Такі дослідження надають довгострокову статистичну інформацію про прояви каменепадів та обвалів для певної території [6]. За допомогою дендрогіоморфологічних досліджень, можна передбачити та пом'якшити наслідки від селевих потоків [2]. Наприклад, реконструйовано такі процеси у Швейцарії та визначено просторове охоплення селевих потоків [8].

Під час реконструкції лавинних процесів беруть до уваги, що під час сходження лавинних потоків впливу зазнають дерева, що знаходяться на шляху сходження, а наслідки сходження відображені у

кільцевій структурі наступного вегетаційного періоду. Зважаючи на такі особливості, протягом одного року неможливо характеризувати 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 дендрогеоморфологічних досліджень відбирають зразки пошкоджених, або мертвих дерев, що знаходяться в межах лавинного лотка, місця, де відбулось сходження. Хоча має значення і бокова межа лавинного сходження, де також можуть відбиратися зразки для детальної просторової реконструкції лавин. Дендрогеоморфологи припускають, що для ідентифікації та реконструкції сходження лавин, потрібно 40 % відібраних зразків, де спостерігаються сліди прояву лавин [5, 8]. Оптимальна кількість відібраних дерев залежить від характеру дослідження. Остання методика успішно апробована авторами у реконструкції снігових лавин у Східних Карпатах (Масивах Боржава, Черногора, Родна та Мармарош) та підтверджена стаціонарними сніголавинними спостереженнями, свідченнями місцевих жителів та відповідних служб [4]. Відповідно перспектива досліджень авторів пов'язана із апробацією дендрохронологічних методів у реконструкції інших небезпечних геоморфологічних процесів (зсувів, каменепадів, селів) Східних Карпат на прикладі Черногірсько-Полонинського середньогір'я.

Список використаних джерел

1. 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>
2. 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>
3. 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.
4. 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*
5. Schweingruber, F. (2001). *Dendroökologische Holzanatomie. Paul Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. 472 pp.*
6. Speer, H. J. (2010). *Fundamentals of tree-ring research. The University of Arizona Press. 324 pp.*
7. 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
8. Stoffel, M., Bollschweiler, M., Butler, D. R., Luckman, B. H. (2010). *Tree Rings and Natural Hazards A State-of-Art. Springer, Dordrecht. 485 p.*
9. Zielonka, T., Holeksa, J., Ciapala, 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