

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
Ivan Franko National University Faculty of Lviv
Faculty of Geography
Department of Geomorphology and Paleogeography

Approved

at the meeting of the Department of Geomorphology and
Paleogeography of the Faculty of Geography
Ivan Franko National University of Lviv
(minutes No 1 of August 30, 2023)

Head of the department  Prof. Lidiya DUBIS

Syllabus

of the English-language educational discipline
«PERMAFROST AND GLOBAL RISKS»,
taught within the framework of the educational program
“Global Geomorphosystem Changes and Geo-threats”
at the second (Master's) level of higher education
for students specializing in
103 Earth Sciences

Course title	Permafrost and Global Risks / Вічна мерзлота і глобальні ризики
Address of the course delivery	Faculty of Geography, Ivan Franko National University of Lviv, P. Doroshenko Str., 41, Lviv, 79000, Ukraine
Faculty and department to which the discipline is assigned	Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Paleogeography
Field of knowledge and title of a specialty	10 Natural sciences; 103 Earth Sciences
Lecturer	Tomeniuk Olena Mykhailivna, PhD in Geography, Associate Professor at the Department of Geomorphology and Paleogeography.
Contact information	e-mail: olena.tomeniuk@lnu.edu.ua P. Doroshenko Str., 41, room 49 https://geography.lnu.edu.ua/employee/tomenyuk-olena-myhajlivna
Consultations for the course take place	Consultations on the day of lectures/practical classes (by prior arrangement). The place of consultations is the Faculty of Geography, room 49. Online consultations using Microsoft Teams are also possible. To agree on the time of consultations, it is necessary to write to the lecturer's corporate e-mail.
Webpage of the course	https://geography.lnu.edu.ua/academics/master/earth-science-geography-4-master
Information about the course	The course “Permafrost and Global Risks” is a mandatory discipline for the field of knowledge 10 Natural Sciences from the speciality 103 Earth Sciences for the Master's educational program “Global Geomorphosystem Changes and Geo-Threats”, which is taught in the 3rd semester in the amount of 4 credits (according to the ECTS European Credit Transfer System). The course is designed in such a way as to provide participants with the necessary knowledge required for their scientific and practical work, as well as preparation for the performance of qualification works.
Course abstract	The discipline provides a study of the forms, processes and phenomena associated with global risks caused by melting permafrost. The Arctic is currently warming more than three times faster than the global rate of climate warming. This rapid warming poses a serious threat not only to the people who live on this frozen ground, but also to our global climate. During the Quaternary, the territory of Ukraine was also repeatedly covered with permafrost, which was reflected in its modern topography. The course analyses the permafrost carbon feedback loops, which is released from permafrost and contribute to global warming, as well as strategies for prevention, mitigation, and human adaptation to future changes in the natural environment in regional and global dimensions.
The aim and tasks	The <i>aim</i> of the course “Permafrost and Global Risks” is to acquaint students with the features of the release of greenhouse gases in zones of permafrost distribution, which accelerate the warming process, creating a serious threat to the climate, as well as to demonstrate the importance of the impact of melting permafrost on the economy, land use and infrastructure within the geomorphosystems of the northern regions. In the process of studying the course, students will get acquainted with the strategies of adaptation to future global changes. During the study of the discipline, students face the following <i>tasks</i> : <ul style="list-style-type: none"> • to familiarise MS's with the main landforms of zones of permafrost development; • to investigate the relationship between geomorphological processes and the formation of geomorphosystems in the northern regions;

	<ul style="list-style-type: none"> • to assess the impact of greenhouse gases released during the melting of permafrost on the pace of the warming process and the creation of a serious threat to the climate; • to learn to identify global risks associated with the melting of permafrost and human influence on these processes; • to analyse strategies for mitigation and adaptation to the effects of climate change and recommendations for potential economic, social and environmental consequences of permafrost degradation under conditions of climate warming.
<p>Sources</p>	<p style="text-align: center;">Basic:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ballantyne C. K. Periglacial Geomorphology. John Wiley & Sons Ltd, 2018. 472 p. 2. Berry T. W., Fish P. R., Price S. J., Hadlow N. W. Periglacial geohazards in the UK. Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications. 2020. Vol. 29(1). P. 259–289. https://doi.org/10.1144/egsp29.10 3. Harris S.A., Brouchkov A., Guodong Ch. Factors affecting permafrost distribution // Geocryology, Characteristics and Use of Frozen Ground and Permafrost Landforms. CRC Press, 2017. https://www.routledgehandbooks.com/doi/10.4324/9781315166988-4 4. Patton A. I., Rathburn S. L., Capps D. M. Landslide response to climate change in permafrost regions // Geomorphology. 2019. Vol. 340. P. 116–128. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.04.029. 5. Ping C. L., Jastrow J. D., Jorgenson M. T., Michaelson G. J., Shur Y. L. Permafrost soils and carbon cycling // SOIL. 2015. Vol. 1(1). P. 147–171. https://doi.org/10.5194/soil-1-147-2015. 6. Ruonan Wu, Gareth Trubl, Neslihan Taş, Janet K. Jansson. Permafrost as a potential pathogen reservoir // One Earth. 2022. Vol. 5, Is. 4. P. 351–360. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.03.010. 7. Tomeniuk O., Bogucki A. Correlation of Quaternary glaciations and palaeocryogenic stages in the loess-palaeosol sequences of Volhyn-Podillya (Ukraine) // XXVII Stratygrafia Plejstocenu Polski: Późnoczwartorzędowe środowiska sedymentacyjne Pomorza Wschodniego (Stara Kiszewa, Poland, 5–9 września 2022 r.). Wrocław, 2022. P. 54–56. 8. Tomeniuk O., Bogucki A. The oldest palaeocryogenic stages in the Quaternary loess-palaeosol sequences of Ukraine // EGU General Assembly 2022, Vienna, Austria, 23–27 May 2022. 2022. EGU22-5740. https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-5740. 9. Volume 4: Cryospheric Geomorphology // Treatise on Geomorphology: Second Edition / John (Jack) F. Shroder (Ed.). Academic Press, 2022. 628 p. <p style="text-align: center;">Additional:</p> <ol style="list-style-type: none"> 10. French H.M. The Periglacial Environment. 4th Edition. John Wiley & Sons Ltd, 2017. 544 p. 11. Dzierżek J., Lindner L., Chlebowski R., Szymanek M., Bogucki A., Tomeniuk O. Depositional conditions of the Upper Younger Loess during the Last Glacial Maximum in central and eastern Europe. Acta Geologica Polonica. Warszawa, 2022. Vol. 72, Is. 4, P. 369–389. https://doi.org/10.24425/agp.2022.142642 12. Giles D.P., Griffiths J.S., Evans D.J.A., Murton J.B. Geomorphological framework: glacial and periglacial sediments, structures and landforms // Griffiths J.S. & Martin C.J. (eds). Engineering Geology and Geomorphology of Glaciated and Periglaciated Terrains. Engineering Group Working Party Report. Geological Society of London, Engineering Geology Special Publication. 2017. No. 28. P. 59–368. 13. Jary Z., Bogucki A., Krawczyk M., Raczyk J., Skurzyński J., Tomeniuk O. Last Glacial sudden climate changes recorded in periglacial loess of Poland and western part of Ukraine // Abstracts of the 2022 INQUA LoessFest (Beijing, China, 20–23 August, 2022) / Yang S.L. (ed.). Beijing, China, 2022.

	<p>P. 24–25.</p> <p>14. Łanczont M., Komar M., Madeyska T., Mroczek P., Standzikowski K., Hołub B., Fedorowicz S., Sytnyk O., Bogucki A., Dmytruk R., Yatsyshyn A., Koropetskyi R., Tomeniuk O. Spatio-temporal variability of topoclimates and local palaeoenvironments in the Upper Dniester River valley: Insights from the Middle and Upper Palaeolithic key-sites of the Halych region (western Ukraine) // <i>Quaternary International</i>. 2022. Vol. 632. P. 112–131. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.10.013</p> <p>15. Murton J.B., Kolstrup E. Ice-wedge casts as indicators of palaeotemperatures: precise proxy or wishful thinking? <i>Progress in Physical Geography</i>. 2003. Vol. 2. P. 155–170. https://doi.org/10.1191/0309133303pp365ra.</p> <p>16. Permafrost Tunnel Gateway Tour. URL: https://byrd.osu.edu/permafrost-tunnel-gateway-tour.</p> <p style="text-align: center;">Informational resources:</p> <p>17. Journal «Permafrost and Periglacial Processes». URL: https://onlinelibrary.wiley.com/journal/10991530</p> <p>18. Journal «Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology». URL: https://www.sciencedirect.com/journal/palaeogeography-palaeoclimatology-palaeoecology</p> <p>19. Journal «Global and Planetary Change». URL: https://www.journals.elsevier.com/global-and-planetary-change</p> <p>20. Journal «Geomorphology». URL: https://www.sciencedirect.com/journal/geomorphology</p> <p>21. IPA Country Reports. URL: https://www.permafrost.org/ipa-country-reports/</p> <p>22. Library of the Faculty of Geography of Ivan Franko National University of Lviv</p> <p>23. Vasyl Stefanyk National Scientific Library of Ukraine in Lviv</p> <p>24. www.sciencedirect.com.</p> <p>25. http://onlinelibrary.wiley.com.</p>
Course duration	One semester.
Course hours	Classroom sessions – 32 hours, including 16 hours of lectures and 16 hours of seminars. Additionally, there are 88 hours allocated for self-study and independent work.
Expected outcomes	<p>As a result of studying this course, the student should:</p> <p>know: the definition and distribution of permafrost, the causes of its thawing; the connection between continental climate and permafrost; the thermal regime of the active layer; the processes associated with the thawing of permafrost and the risks arising from it; surface and thermal offsets, aggradation and degradation of permafrost; the influence of human activity on the rate of permafrost thawing.</p> <p>be able to: describe the impact of melting permafrost on northern territories, ecosystems, people and infrastructure; explain how the closed permafrost carbon cycle affects global climate; justify why emissions from thawing permafrost should be included in global climate goals.</p> <p>Studying the course contributes to the development of such extra-professional skills (soft skills): critical thinking, professional self-presentation, cognitive flexibility, forming and defending one's own opinion.</p> <p>As a result of studying this course, students will acquire the following competencies:</p> <p style="text-align: center;">General competencies (GC):</p> <p>GC01: Ability to adapt and act in a new situation.</p> <p>GC03: Ability to communicate with representatives of other professional groups at different levels (experts from other fields of</p>

	<p>knowledge/types of economic activity).</p> <p>GC04: Ability to work in an international context.</p> <p><i>Specialized (Professional, Subject-Specific) Competencies (SC):</i></p> <p>SC02 Knowledge of modern principles of nature management, interaction of nature and society with the application of rational use of natural resources and ecological aspects and the basics of environmental legislation in the conditions of the activation of global changes in geomorphosystems and the emergence of geohazards.</p> <p>SC03 Understanding the planet as a single system, the most important problems of its structure and development in the conditions of global changes of geomorphosystems.</p> <p>SC04 Possession of modern research methods used in industrial and scientific research organizations in the study of the Earth, its geospheres and their components.</p> <p>SC07 Perception of the environment as a complex dynamic ecosystem, mastering the methods of integrated geomorphological and paleogeographic studies of geomorphosystems.</p> <p>SC08 The ability to apply knowledge to understand the cyclic nature of natural conditions in the Quaternary, predict and analyse possible risks associated with the degradation of permafrost, changes in the level of the World Ocean, the development of geomorphological processes in conditions of global climate change.</p> <p>SC09 The ability to identify known and new objects in geomorphospheres, their changes and the developing dangerous processes inherent in them, to determine the stability of geomorphosystems, to make decisions during the occurrence of geohazards.</p> <p><i>The program learning outcomes (PLO):</i></p> <p>PLO02 Apply knowledge to identify and solve problematic issues of global changes in geomorphosystems and make informed decisions in the context of geohazards.</p> <p>PLO05 Plan and carry out scientific experiments, write scientific papers on the problems of global changes of geomorphosystems in the Quaternary period and the emergence of geohazards caused by them.</p> <p>PLO12 Independently plan the implementation of an innovative task in the field of studying global changes in geomorphosystems and prevention of geohazards and formulate conclusions based on its results.</p> <p>PLO13 Identify and classify sediments, processes and forms of the corresponding genesis and interpret the conditions of their formation.</p> <p>PLO14 Predict the risks of dangerous natural and natural-anthropogenic processes and plan ways to protect against them.</p> <p>PLO15 To analyse the peculiarities of the development of morphodynamic processes, their distribution in natural and anthropogenic geomorphosystems of the Earth.</p>
Key words	Permafrost, climate change, geohazards, landslides, ice wedge, erosion, ecosystem disturbances.
Course format	The full-time form of education involves constant personal contact between a lecturer and a student, which ensures that students acquire in-depth systematic knowledge and stable skills. Students are obliged to attend training sessions according to the schedule and to complete training tasks in a timely manner according to the work program of the course. Conducting lectures, practical classes and consultations.
Themes	Given below in tabular form is the SCHEME OF THE COURSE.
Final evaluation	Examination at the end of the semester, combined.
Prerequisites	To study the course, students need basic knowledge of geology,

	geomorphology, and the basics of physical geography.
The teaching methods and techniques that will be used during the course will include:	<p>a) <i>Verbal</i> – lecture, explanation, conversation, instruction (introductory and ongoing) during practical work;</p> <p>b) <i>visual</i> – illustrating the lecture material with presentations, drawings, video materials, tables, diagrams and graphs;</p> <p>c) <i>practical</i> – performing practical work, which involves the organization of educational work for obtaining new knowledge, testing certain scientific hypotheses during presentations at seminars, generalizations and analysis, and the formation of skills and abilities to interpret the results of research on various objects, relying on one's own life experience;</p> <p>d) <i>independent work and self-study</i> – in-depth study of course topics, preparation of practical research results, preparation for a modular written survey.</p>
Required equipment	Multimedia projector, laptop. Software: the university's corporate cloud services such as MS Office 365.
Assessment criteria	<p>The assessment is conducted on a 100-point scale. Points are awarded according to the following ratio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • practical works: 40% of the semester grade; the maximum number of points is 40 (8 practical works are evaluated according to the example of the distribution of points in the course "Permafrost and Global Risks" given in the table below). Students perform practical work in the form indicated in the task for each class, defend it orally, and answer the questions of the lecturer and their colleagues; • control tests (module): 10% of the semester grade; the maximum number of points is 10 (1 module – 5 questions, each of which is evaluated for a maximum of 2 points). Students perform the module in the form of a test; • exam: 50% of the semester grade; the maximum number of points is 50 (2 extended questions, each of which is worth a maximum of 20 points, and 1 graphic question (drawing/photo/diagram) worth a maximum of 10 points). Tasks are performed orally, answering the lecturer's questions. <p>The total maximum score is 100.</p> <p>When evaluating students, their compliance with the following criteria will be taken into account:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Academic Integrity. This course aims to instill a clear understanding of the norms of academic, scientific, and professional behavior in MS students. The absence of citations for used sources, fabricating sources, plagiarism, and interference with the work of other students constitute, but are not limited to, examples of possible academic misconduct. The detection of signs of academic misconduct in a written assignment or multimedia presentation by a student may lead to referral to the disciplinary committee as the beginning of the procedure for their expulsion from the university. • Attendance. It is expected that all students will attend all course seminars. Students have to inform the lecturer about their inability to attend classes. Students are required to adhere to the deadlines set for the submission of written assignments. All missed practical sessions must be completed. • Literature: Educational materials, including software and literature, will be provided to students exclusively for educational purposes without the right to transfer them to third parties. In addition to the materials provided, students are encouraged to use other materials and sources.

	<p>Grading Policy. The points scored on the current study (practical works and modular control) and the points of the final control are taken into account. At the same time, attendance at classes and the student's activity during practical classes; inadmissibility of absences and lateness to classes; using a mobile phone, tablet or other mobile devices during class for non-educational purposes; cheating and plagiarism; late completion of the task (grades are lowered for late submission of written assignments), etc. will be taken into account.</p> <p>Any form of violation of academic integrity is not tolerated.</p>
<p>Questions for control during the exam</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Permafrost: The Basics. What and where permafrost is and where it is predicted to be in the future. 2. Methods of Permafrost Research. 3. Continental Climate and Permafrost. Factors contributing to permafrost thaw. 4. Economic Effects of Permafrost. 5. Effects of Land Use Changes on Permafrost. 6. Impacts of Thawing Permafrost on Climate Change. 7. Permafrost Thickness. 8. Permafrost and Microclimate. 9. Thermal Regime of the Active Layer. 10. Surface and Thermal Offsets. Ground Temperature Envelope. 11. Aggradation and Degradation of Permafrost. 12. Permafrost Carbon Feedback Loops. 13. Permafrost and Global Climate. Geomorphic processes in permafrost zones. 14. Global climate consequences. How a warming climate causes permafrost to release carbon, how we know this is happening, and the scale of those carbon emissions. 15. Landscape and Ecosystem Impacts. Typical Landforms for Permafrost Regions. 16. Landslide Response to Climate Change in Permafrost Regions. 17. Threats to People and Infrastructure. The risks permafrost thaw poses to Indigenous communities, infrastructure, and human health. 18. Permafrost and Living Conditions. 19. Permafrost as a Potential Pathogen Reservoir. 20. Remote Sensing of Permafrost. 21. Global Climate Goals. Why permafrost thaw is missing from global climate models and what that means for our climate targets. 22. Climate Change Mitigation Strategies. Strategies to Mitigate Global Risk. 23. Mitigation and Adaptation Policy. Specific policy recommendations to address the potential economic, social and environmental impacts of permafrost degradation in a warming climate. 24. Permafrost Protection Strategies. 25. Global Risk Associated with Permafrost Thawing.
<p>A course quality evaluation questionnaire</p>	<p>At the end of the course, an anonymous course quality evaluation questionnaire will be provided.</p>

**An example of the distribution of points in the course
“Permafrost and Global Risks”**

Carrying out of practical work and self-study									Exam	Sum
Content module 1					Content module 2				50	100
PW 1	PW 2	PW 3	PW 4	M	PW 5	PW 6	PW 7	PW 8		
5	5	5	5	10	5	5	5	5		

PW 1, PW 2, PW 3 ... PW 8 – practical work.

M – modular control.

The student's knowledge is assessed on a 100-point scale.

Evaluation scale: national and ECTS

The sum of points for all types of educational activities	ECTS assessment	Evaluation according to the national scale	
		for an exam, course project (work) practice	for credit
90 – 100	A	Perfectly	Credited
81 – 89	B	Good	
71 – 80	C		
61 – 70	D		
51 – 60	E	Satisfactorily	
21 – 50	FX	Unsatisfactorily (with the possibility of re-assembly)	Not credited (with the possibility of re-assembly)
0 – 20	F	Unsatisfactorily (with the obligatory repeated course)	Not credited (with the obligatory repeated course)

Scheme of the course “Permafrost and Global Risks”

Week	Topic, plan, short theses	Form of activity (class)	Sources (reference number)	Number of hours	Deadline
Content module 1. Introduction to permafrost					
1	Topic 1. Permafrost: The Basics. What and where permafrost is and where it is predicted to be in the future.	<i>Lecture</i>	1, 10, 17, 20	2	<i>During class</i>
	Economic Effects of Permafrost.	<i>Self-study</i>	1, 3, 10, 17, 19, 21	16	<i>Until the next class</i>
1	Practical work 1. Topic Vocabulary on Permafrost. Preparing a report with a presentation.	<i>Seminar</i>	1, 9, 10	2	<i>During class</i>
2	Topic 2. Continental Climate and Permafrost. Factors contributing to permafrost thaw.	<i>Lecture</i>	1, 3, 10	2	<i>During class</i>
	Effects of Land Use Changes on Permafrost. Methods of Permafrost Research.	<i>Self-study</i>	1, 9, 10	16	<i>Until the next class</i>
2	Practical work 2. Impacts of Thawing Permafrost on Climate Change. Preparing a report with a presentation.	<i>Seminar</i>	1, 7, 8, 10	2	<i>During class</i>
3	Topic 3. Permafrost Thickness. Permafrost and Microclimate. Thermal Regime of the Active Layer. Surface and Thermal Offsets. Ground Temperature Envelope. Aggradation and Degradation of Permafrost.	<i>Lecture</i>	1, 10	2	<i>During class</i>
3	Practical work 3. Permafrost Carbon Feedback Loops. Global climate consequences. The process of permafrost carbon feedback loops, whether they can be reversed, and what tipping points are. How a warming climate causes permafrost to release carbon, how we know this is happening, and the scale of those carbon emissions. Preparing a report with a presentation. Then, students will share their thoughts on tipping points with their fellow learners.	<i>Seminar</i>	1, 5, 10	2	<i>During class</i>
4	Topic 4. Permafrost and Global Climate. Geomorphic processes in permafrost zones. What makes up the carbon component of permafrost and how much carbon is stored in permafrost right now?	<i>Lecture</i>	1, 5, 9, 10, 17–19	2	<i>During class</i>
4	Practical work 4. International Permafrost Association and Annual Country Reports. Preparing a report with a presentation. Then, students will compare their key takeaways from this activity with their peers.	<i>Seminar</i>	21	2	<i>During class</i>
Modular control					
Content module 2. Impacts on people and the environment					
5	Topic 5. Landscape and Ecosystem Impacts. Typical Landforms for Permafrost Regions.	<i>Lecture</i>	1, 2, 9, 10, 12–15, 20	2	<i>During class</i>
	Remote Sensing of Permafrost.	<i>Self-study</i>	1, 9, 10, 21	16	<i>Until the exam</i>
5	Practical work 5. Landslide Response to Climate Change in Permafrost Regions. Analysis of a scientific article. Preparing a report with a presentation.	<i>Seminar</i>	4, 10	2	<i>During class</i>
6	Topic 6. Threats to People and Infrastructure: Alaska case study. The risks permafrost thaw poses to Indigenous communities, infrastructure, and human health in Alaska.	<i>Lecture</i>	10, 16, 21	2	<i>During class</i>
	Permafrost and Living Conditions.	<i>Self-study</i>	10, 16, 21	14	<i>Until the next class</i>

6	Practical work 6. Permafrost as a Potential Pathogen Reservoir. Analysis of a scientific article. Preparing a report with a presentation.	<i>Seminar</i>	6, 9, 10	2	<i>During class</i>
7	Topic 7. Global Climate Goals. Why permafrost thaw is missing from global climate models and what that means for our climate targets	<i>Lecture</i>	1, 9, 10	2	<i>During class</i>
	Climate Change Mitigation Strategies.	<i>Self-study</i>	1, 9, 10, 19, 21–25	16	<i>Until the next class</i>
7	Practical work 7. Designing Strategies to Mitigate Global Risk. Building an Awareness Campaign for Permafrost Issues.	<i>Seminar</i>	1, 9, 10, 19, 21–25	2	<i>During class</i>
8	Topic 8. Mitigation and Adaptation Policy. Policy Recommendations. Specific policy recommendations to address the potential economic, social and environmental impacts of permafrost degradation in a warming climate	<i>Lecture</i>	1, 9, 10, 19, 21–25	2	<i>During class</i>
	Permafrost Protection Strategies.	<i>Self-study</i>	1, 9, 10, 21	10	<i>Until the exam</i>
8	Practical work 8. Overview of Global Risk Associated with Permafrost Thawing. Preparing a report with a presentation.	<i>Seminar</i>	1, 2, 4– 6, 9, 10, 21	2	<i>During class</i>

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет географічний
Кафедра геоморфології і палеогеографії

Затверджено

На засіданні кафедри геоморфології і палеогеографії
географічного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол №_1_ від_30_серпня_2023_р.)

Завідувачка кафедри  проф. Лідія ДУБІС

Силабус
з англomовної навчальної дисципліни
«PERMAFROST AND GLOBAL RISKS»
(«ВІЧНА МЕРЗЛОТА І ГЛОБАЛЬНІ РИЗИКИ»),
що викладається в межах
ОПП «Глобальні зміни геоморфосистем і геозагрози»
другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів
зі спеціальності 103 Науки про Землю

Назва курсу	Вічна мерзлота і глобальні ризики / Permafrost and Global Risks
Адреса викладання курсу	Географічний факультет, Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. П. Дорошенка, 41, м. Львів, 79000, Україна
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Географічний факультет, кафедра геоморфології і палеогеографії
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	10 Природничі науки; 103 Науки про Землю
Викладач курсу	Томенюк Олена Михайлівна, кандидат географічних наук, доцент кафедри геоморфології і палеогеографії.
Контактна інформація викладача	e-mail: olena.tomeniuk@lnu.edu.ua вул. Дорошенка, 41, к. 49 https://geography.lnu.edu.ua/employee/tomenyuk-olena-myhajlivna
Консультації по курсу відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/практичних занять (за попередньою домовленістю). Місце проведення консультацій – географічний факультет, каб. 49. Також можливі он-лайн консультації засобами Microsoft Teams. Для погодження часу консультацій необхідно написати на корпоративну електронну пошту викладача.
Сторінка курсу	https://geography.lnu.edu.ua/academics/master/earth-science-geography-4-master
Інформація про курс	Навчальна дисципліна «Вічна мерзлота і глобальні ризики / Permafrost and Global Risks» є нормативною дисципліною для галузі знань 10 Природничі науки зі спеціальності 103 Науки про Землю для магістерської освітньої програми «Глобальні зміни геоморфосистем та геозагрози», яка викладається у 3 семестрі в обсязі 4 кредити (за Європейською кредитно-трансферною системою ECTS). Курс розроблено таким чином, щоб надати учасникам необхідні знання, обов'язкові для їхньої наукової і практичної роботи, а також підготовки до виконання кваліфікаційних робіт.
Коротка анотація курсу	Дисципліна забезпечує вивчення форм, процесів і явищ, пов'язаних з глобальними ризиками, викликаними таненням багаторічної мерзлоти. Зараз Арктика нагрівається більш ніж у три рази швидше за світові темпи потепління клімату. Це швидке потепління становить серйозну загрозу не лише для людей, які живуть на цій мерзлій землі, але й для нашого глобального клімату. Упродовж плейстоцену територія України неодноразово теж була вкрита багаторічною мерзлотою, що відобразилося у її сучасному рельєфі. У курсі проаналізовано замкнений цикл вуглецю, який вивільняється з вічної мерзлоти і сприяє глобальному потеплінню клімату, а також стратегії запобігання, пом'якшення наслідків і адаптації людини до майбутніх змін природного середовища в регіональному та глобальному вимірах.
Мета та цілі курсу	Метою курсу «Вічна мерзлота і глобальні ризики / Permafrost and Global Risks» є ознайомлення студентів із особливостями виділення парникових газів у зонах поширення багаторічномерзлих порід, які прискорюють процес потепління, створюючи серйозну загрозу для клімату, а також продемонструвати значення впливу танення вічної мерзлоти на економіку, землекористування та інфраструктуру у межах геоморфосистем північних регіонів. У процесі вивчення курсу студенти ознайомляться зі стратегіями адаптації до майбутніх глобальних змін.

	<p>Під час вивчення дисципліни перед студентами постають наступні завдання:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ознайомитися з основними формами рельєфу зон розвитку багаторічної мерзлоти; • дослідити взаємозв'язок між геоморфологічними процесами та формуванням геоморфосистем у північних регіонах; • оцінити вплив парникових газів, вивільнених під час танення багаторічної мерзлоти, на темпи процесу потепління і створення серйозної загрози для клімату; • навчитися визначати глобальні ризики, пов'язані з таненням вічної мерзлоти, вплив людини на ці процеси; • проаналізувати стратегії пом'якшення та адаптації до наслідків зміни клімату, рекомендації щодо потенційних економічних, соціальних та екологічних наслідків деградації вічної мерзлоти в умовах потепління клімату.
<p>Література для вивчення дисципліни</p>	<p>Основна:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ballantyne C. K. Periglacial Geomorphology. John Wiley & Sons Ltd, 2018. 472 p. 2. Berry T. W., Fish P. R., Price S. J., Hadlow N. W. Periglacial geohazards in the UK. Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications. 2020. Vol. 29(1). P. 259–289. https://doi.org/10.1144/egsp29.10 3. Harris S.A., Brouckov A., Guodong Ch. Factors affecting permafrost distribution // Geocryology, Characteristics and Use of Frozen Ground and Permafrost Landforms. CRC Press, 2017. https://www.routledgehandbooks.com/doi/10.4324/9781315166988-4 4. Patton A. I., Rathburn S. L., Capps D. M. Landslide response to climate change in permafrost regions // Geomorphology. 2019. Vol. 340. P. 116–128. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.04.029. 5. Ping C. L., Jastrow J. D., Jorgenson M. T., Michaelson G. J., Shur Y. L. Permafrost soils and carbon cycling // SOIL. 2015. Vol. 1(1). P. 147–171. https://doi.org/10.5194/soil-1-147-2015. 6. Ruonan Wu, Gareth Trubl, Neslihan Taş, Janet K. Jansson. Permafrost as a potential pathogen reservoir // One Earth. 2022. Vol. 5, Is. 4. P. 351–360. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.03.010. 7. Tomeniuk O., Bogucki A. Correlation of Quaternary glaciations and palaeocryogenic stages in the loess-palaeosol sequences of Volhyn-Podillya (Ukraine) // XXVII Stratygrafia Plejstocenu Polski: Późnoczwartorzędowe środowiska sedymentacyjne Pomorza Wschodniego (Stara Kiszewa, Poland, 5–9 września 2022 r.). Wrocław, 2022. P. 54–56. 8. Tomeniuk O., Bogucki A. The oldest palaeocryogenic stages in the Quaternary loess-palaeosol sequences of Ukraine // EGU General Assembly 2022, Vienna, Austria, 23–27 May 2022. 2022. EGU22-5740. https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-5740. 9. Volume 4: Cryospheric Geomorphology // Treatise on Geomorphology: Second Edition / John (Jack) F. Shroder (Ed.). Academic Press, 2022. 628 p. <p>Додаткова:</p> <ol style="list-style-type: none"> 10. French H.M. The Periglacial Environment. 4th Edition. John Wiley & Sons Ltd, 2017. 544 p. 11. Dzierżek J., Lindner L., Chlebowski R., Szymanek M., Bogucki A., Tomeniuk O. Depositional conditions of the Upper Younger Loess during the Last Glacial Maximum in central and eastern Europe. Acta Geologica Polonica. Warszawa, 2022. Vol. 72, Is. 4, P. 369–389. https://doi.org/10.24425/agp.2022.142642 12. Giles D.P., Griffiths J.S., Evans D.J.A., Murton J.B. Geomorphological framework: glacial and periglacial sediments, structures and landforms // Griffiths J.S. & Martin C.J. (eds). Engineering Geology and Geomorphology of Glaciated and Periglaciated Terrains. Engineering Group Working Party

	<p>Report. Geological Society of London, Engineering Geology Special Publication. 2017. No. 28. P. 59–368.</p> <p>13. Jary Z., Bogucki A., Krawczyk M., Raczyk J., Skurzyński J., Tomeniuk O. Last Glacial sudden climate changes recorded in periglacial loess of Poland and western part of Ukraine // Abstracts of the 2022 INQUA LoessFest (Beijing, China, 20–23 August, 2022) / Yang S.L. (ed.). Beijing, China, 2022. P. 24–25.</p> <p>14. Łanczont M., Komar M., Madeyska T., Mroczek P., Standzikowski K., Hołub B., Fedorowicz S., Sytnyk O., Bogucki A., Dmytruk R., Yatsyshyn A., Koropetskyi R., Tomeniuk O. Spatio-temporal variability of topoclimates and local palaeoenvironments in the Upper Dniester River valley: Insights from the Middle and Upper Palaeolithic key-sites of the Halych region (western Ukraine) // Quaternary International. 2022. Vol. 632. P. 112–131. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.10.013</p> <p>15. Murton J.B., Kolstrup E. Ice-wedge casts as indicators of palaeotemperatures: precise proxy or wishful thinking? Progress in Physical Geography. 2003. Vol. 2. P. 155–170. https://doi.org/10.1191/0309133303pp365ra.</p> <p>16. Permafrost Tunnel Gateway Tour. URL: https://byrd.osu.edu/permafrost-tunnel-gateway-tour.</p> <p style="text-align: center;">Інформаційні ресурси:</p> <p>17. Журнал «Permafrost and Periglacial Processes». URL: https://onlinelibrary.wiley.com/journal/10991530</p> <p>18. Журнал «Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology». URL: https://www.sciencedirect.com/journal/palaeogeography-palaeoclimatology-palaeoecology</p> <p>19. Журнал «Global and Planetary Change». URL: https://www.journals.elsevier.com/global-and-planetary-change</p> <p>20. Журнал «Geomorphology». URL: https://www.sciencedirect.com/journal/geomorphology</p> <p>21. IPA Country Reports. URL: https://www.permafrost.org/ipa-country-reports/</p> <p>22. Бібліотека географічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка</p> <p>23. Львівська національна наукова бібліотека України імені В. Стефаника</p> <p>24. www.sciencedirect.com.</p> <p>25. http://onlinelibrary.wiley.com.</p>
Тривалість курсу	Один семестр.
Обсяг курсу	32 години аудиторних занять. З них 16 годин лекцій, 16 годин практичних занять та 88 годин самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	<p>У результаті вивчення цього курсу студент повинен знати: визначення та поширення вічної мерзлоти, причини її танення; зв'язок між континентальним кліматом і вічною мерзлотою; тепловий режим діяльного шару; процеси, пов'язані з таненням вічної мерзлоти, і ризики, які з цього виникають; поверхневі та термічні зсуви, аградація та деградація вічної мерзлоти; вплив діяльності людини на темпи танення вічної мерзлоти.</p> <p>вміти: описати вплив танення вічної мерзлоти на північні території, екосистеми, людей та інфраструктуру; пояснити, як замкнений цикл вуглецю вічної мерзлоти впливає на глобальний клімат; обґрунтувати, чому викиди від танення вічної мерзлоти повинні бути включені до глобальних кліматичних цілей.</p> <p>Вивчення курсу сприяє розвитку таких <i>надпрофесійних навичок (soft skills):</i> критичне мислення, професійна самопрезентація, когнітивна гнучкість, формування та відстоювання власної думки.</p>

	<p>У результаті вивчення цього курсу здобувачі набудуть таких компетентностей:</p> <p>Загальні компетентності:</p> <p>ЗК01 Здатність до адаптації і дії в новій ситуації.</p> <p>ЗК03 Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).</p> <p>ЗК04 Здатність працювати в міжнародному контексті.</p> <p>Фахові компетентності:</p> <p>ФК02 Знання сучасних засад природокористування, взаємодії природи і суспільства із застосуванням раціонального використання природних ресурсів та екологічних аспектів та основ природоохоронного законодавства в умовах активізації глобальних змін геоморфосистем і виникнення геозагроз.</p> <p>ФК03 Розуміння планети як єдиної системи, найважливіших проблем її будови та розвитку в умовах глобальних змін геоморфосистем.</p> <p>ФК04 Володіння сучасними методами досліджень, які використовуються у виробничих та науково-дослідницьких організаціях при вивченні Землі, її геосфер та їхніх компонентів.</p> <p>ФК07 Сприйняття довкілля як комплексної динамічної екосистеми, володіння методиками інтегрованих геоморфологічних і палеогеографічних досліджень геоморфосистем.</p> <p>ФК08 Здатність застосовувати знання для розуміння циклічності природних умов в антропогені, передбачати й аналізувати можливі ризики, пов'язані з деградацією вічної мерзлоти, змінами рівня Світового океану, розвитку геоморфологічних процесів в умовах глобальних змін клімату.</p> <p>ФК09 Здатність ідентифікувати відомі і нові об'єкти у геоморфосферах, їхні зміни та притаманні їм небезпечні процеси, що розвиваються, визначати стійкість геоморфосистем, приймати рішення під час виникнення геозагроз.</p> <p>Програмні результати навчання:</p> <p>ПР02 Застосовувати свої знання для визначення і вирішення проблемних питань глобальних змін геоморфосистем та прийняття обґрунтованих рішень в умовах виникнення геозагроз.</p> <p>ПР05 Планувати і здійснювати наукові експерименти, писати наукові роботи з проблем глобальних змін геоморфосистем у антропогені і виникнення спричинених ними геозагрозами.</p> <p>ПР12 Самостійно планувати виконання інноваційного завдання у сфері вивчення глобальних змін геоморфосистем і попередження геозагроз та формулювати висновки за його результатами.</p> <p>ПР13 Ідентифікувати та класифікувати відклади, процеси і форми відповідного генезису й інтерпретувати умови їхнього утворення.</p> <p>ПР14 Прогнозувати ризики виникнення небезпечних природних і природно-антропогенних процесів та планувати способи захисту від них.</p> <p>ПР15 Аналізувати особливості розвитку морфодинамічних процесів, їх поширення у природних та антропогенних геоморфосистемах Землі.</p>
Ключові слова	Permafrost, climate change, geohazards, landslides, ice wedge, erosion, ecosystem disturbances.
Формат курсу	Очна форма навчання передбачає постійний особистісний контакт науково-педагогічного працівника і студента, що забезпечує отримання студентами глибоких системних знань, стійких умінь.

	Студенти зобов'язані відвідувати навчальні заняття згідно з розкладом та своєчасно виконувати навчальні завдання згідно з робочою програмою курсу. Проведення лекцій, практичних занять та консультації.
Теми	Подано нижче у табличній формі СХЕМА КУРСУ.
Підсумковий контроль, форма	Іспит в кінці семестру, комбінований.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з геології, геоморфології, основ фізичної географії.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	а) <i>Словесні</i> – лекція, пояснення, бесіда, інструктаж (вступний та поточний) під час виконання практичних робіт; б) <i>наочні</i> – ілюстрування лекційного матеріалу презентаціями, рисунками, відеоматеріалами, таблицями, схемами та графіками; в) <i>практичні</i> – виконання практичних робіт, що передбачає організацію навчальної роботи для отримання нових знань, перевірки певних наукових гіпотез у ході доповідей на семінарах, узагальнень і аналізу та формування вмінь і навичок інтерпретації результатів досліджень різноманітних об'єктів, опора на власний життєвий досвід; г) <i>самостійна робота</i> – поглиблене вивчення тем курсу, оформлення результатів практичних досліджень, підготовка до модульного письмового опитування.
Необхідне обладнання	Мультимедійний проектор, ноутбук. Програмне забезпечення: корпоративні хмарні сервіси університету, зокрема MS Office 365.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: <ul style="list-style-type: none"> • практичні: 40 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів 40 (8 практичних робіт оцінюються відповідно до прикладу розподілу балів на заняттях з курсу «Вічна мерзлота і глобальні ризики / Permafrost and Global Risks», наведеного нижче у таблиці). Практичні роботи студенти виконують у вигляді, вказаному у завданні до кожної практичної, захищають усно, відповідаючи на питання викладача та своїх колег; • контрольні заміри (модуль): 10 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів 10 (1 модуль – 5 питань, кожне з яких оцінюється максимум по 2 бали). Модуль студенти виконують у вигляді тесту; • іспит: 50 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів 50 (2 питання розширених, кожне з яких оцінюється щонайбільше на 20 балів, і 1 графічне запитання (рисунок/фото/схема), яке оцінюється щонайбільше на 10 балів). Завдання виконуються усно, відповідаючи на питання викладача. Підсумкова максимальна кількість балів 100. Під час оцінювання студентів буде враховано дотримання ними таких критеріїв: <ul style="list-style-type: none"> • Академічна доброчесність. Очікується, що роботи студентів будуть їхніми оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. • Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується,

	<p>що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів письмових робіт, передбачених курсом. Усі пропущені практичні заняття необхідно виконати.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих. <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали, набрані на поточному опитуванні (практичні роботи і модульний контроль) та бали підсумкового контролю. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т.ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p>Питання до заліку чи екзамену.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Багаторічна мерзлота: основи. Що таке багаторічна мерзлота, де вона знаходиться і де вона, за прогнозами, буде в майбутньому. 2. Методи дослідження вічної мерзлоти. 3. Континентальний клімат і багаторічна мерзлота. Фактори, що сприяють таненню вічної мерзлоти. 4. Економічні наслідки танення багаторічної мерзлоти. 5. Вплив змін у землекористуванні на вічну мерзлоту. 6. Вплив танення багаторічної мерзлоти на зміну клімату. 7. Потужність багаторічної мерзлоти. 8. Багаторічна мерзлота і мікроклімат. 9. Тепловий режим діяльного шару. 10. Взаємозв'язок між температурою повітря, поверхні землі та багаторічної мерзлоти. Зміни температури ґрунту. 11. Аградація та деградація вічної мерзлоти. 12. Взаємозв'язок танення багаторічної мерзлоти з вивільненням вуглецю в атмосферу Землі. 13. Вічна мерзлота і глобальний клімат. Геоморфологічні процеси в зонах багаторічної мерзлоти. 14. Глобальні кліматичні наслідки. Як потепління клімату змушує вічну мерзлоту вивільняти вуглець, як ми знаємо, що це відбувається, і масштаб цих викидів вуглецю. 15. Вплив багаторічної мерзлоти на ландшафт та екосистему. Типові форми рельєфу для районів багаторічної мерзлоти. 16. Зв'язок зсувів зі зміною клімату в районах багаторічної мерзлоти. 17. Загрози для населення та інфраструктури. Ризики, які танення багаторічної мерзлоти становить для локальних громад, інфраструктури та здоров'я людей. 18. Багаторічна мерзлота та повсякденне життя. 19. Багаторічна мерзлота як потенційний резервуар патогенів. 20. Дистанційне зондування багаторічної мерзлоти. 21. Глобальні кліматичні цілі. Чому танення вічної мерзлоти не враховується в глобальних кліматичних моделях і що це означає для досягнення кліматичних цілей.

	<p>22. Стратегії пом'якшення наслідків зміни клімату. Стратегії зменшення глобальних ризиків.</p> <p>23. Політика пом'якшення наслідків танення вічної мерзлоти та адаптації до них. Конкретні політичні рекомендації щодо потенційних економічних, соціальних та екологічних наслідків деградації вічної мерзлоти при потеплінні клімату.</p> <p>24. Стратегії захисту територій поширення вічної мерзлоти.</p> <p>25. Глобальні ризики, пов'язані з таненням вічної мерзлоти.</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

**Приклад розподілу балів на заняттях
з курсу «Permafrost and Global Risks» («Вічна мерзлота і глобальні ризики»)**

Виконання практичних робіт та самостійна робота									Екзамен	Сума
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2				50	100
ПР 1	ПР 2	ПР 3	ПР 4	М	ПР 5	ПР 6	ПР 7	ПР 8		
5	5	5	5	10	5	5	5	5		

ПР1, ПР2, ПР3 ...ПР8 – практичні роботи.

М – модульний контроль.

Оцінювання знань студента здійснюється за 100-бальною шкалою.

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
81 – 89	B	добре	
71 – 80	C		
61 – 70	D	задовільно	
51 – 60	E		
21 – 50	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0 – 20	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Схема курсу «Permafrost and Global Risks» («Вічна мерзлота і глобальні ризики»)

Тиждень	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література (номер джерела)	Кількість годин	Термін виконання
Змістовий модуль 1. Вступ до вивчення багаторічної мерзлоти					
1	Тема 1. Багаторічна мерзлота: основи. Що таке багаторічна мерзлота, де вона знаходиться і де вона, за прогнозами, буде в майбутньому. Економічні наслідки танення багаторічної мерзлоти.	<i>Лекція</i>	1, 10, 17, 20	2	<i>Упродовж заняття</i>
		<i>Самост. робота</i>	1, 3, 10, 17, 19, 21	16	<i>До наст. заняття</i>
1	ПР 1. Словник термінів на тему вивчення вічної мерзлоти. Підготовка доповіді з презентацією.	<i>Практ. робота</i>	1, 9, 10	2	<i>Упродовж заняття</i>
2	Тема 2. Континентальний клімат і багаторічна мерзлота. Фактори, що сприяють таненню вічної мерзлоти. Вплив змін у землекористуванні на вічну мерзлоту. Методи дослідження вічної мерзлоти.	<i>Лекція</i>	1, 3, 10	2	<i>Упродовж заняття</i>
		<i>Самост. робота</i>	1, 9, 10	16	<i>До наст. заняття</i>
2	ПР 2. Вплив танення багаторічної мерзлоти на зміну клімату. Підготовка доповіді з презентацією.	<i>Практ. робота</i>	1, 7, 8, 10	2	<i>Упродовж заняття</i>
3	Тема 3. Потужність багаторічної мерзлоти. Багаторічна мерзлота і мікроклімат. Тепловий режим діяльного шару. Взаємозв'язок між температурою повітря, поверхні землі та багаторічної мерзлоти. Зміни температури ґрунту. Аградація та деградація вічної мерзлоти.	<i>Лекція</i>	1, 10	2	<i>Упродовж заняття</i>
3	ПР 3. Взаємозв'язок танення багаторічної мерзлоти з вивільненням вуглецю в атмосферу Землі. Цикл зворотного зв'язку вуглецю, який міститься у багаторічній мерзлоті, з глобальними кліматичними змінами. Чи можна зберегти цей взаємозв'язок і які ключові точки? Як потепління клімату змушує вічну мерзлоту вивільняти вуглець, як ми знаємо, що це відбувається, і масштаб цих викидів вуглецю. Підготовка доповіді з презентацією. Потім студенти поділяться своїми думками щодо ключових моментів зі своїми однокурсниками.	<i>Практ. робота</i>	1, 5, 10	2	<i>Упродовж заняття</i>
4	Тема 4. Вічна мерзлота і глобальний клімат. Геоморфологічні процеси в зонах багаторічної мерзлоти. З чого складається вуглецевий компонент вічної мерзлоти і скільки вуглецю зберігається у вічній мерзлоті зараз?	<i>Лекція</i>	1, 5, 9, 10, 17–19	2	<i>Упродовж заняття</i>
4	ПР 4. Міжнародна асоціація з вивчення вічної мерзлоти (ІРА) та річні звіти країн. Підготовка доповіді з презентацією. Потім студенти обмінюються своїми ключовими висновками з цієї діяльності з колегами.	<i>Практ. робота</i>	21	2	<i>Упродовж заняття</i>
Модульний контроль					
Змістовий модуль 2. Вплив на населення і навколишнє середовище					
5	Тема 5. Вплив багаторічної мерзлоти на ландшафт та екосистему. Типові форми рельєфу для районів багаторічної мерзлоти. Дистанційне зондування багаторічної мерзлоти.	<i>Лекція</i>	1, 2, 9, 10, 12–15, 20	2	<i>Упродовж заняття</i>
		<i>Самост. робота</i>	1, 9, 10, 21	16	<i>До іспиту</i>
5	ПР 5. Зв'язок зсувів зі зміною клімату в районах багаторічної мерзлоти. Аналіз наукових статей. Підготовка доповіді з презентацією.	<i>Практ. робота</i>	4, 10	2	<i>Упродовж заняття</i>

6	Тема 6. Загрози для населення та інфраструктури: приклад Аляски. Ризики, які танення багаторічної мерзлоти становить для локальних громад, інфраструктури та здоров'я людей на Алясці.	<i>Лекція</i>	10, 16, 21	2	<i>Упродовж заняття</i>
	Багаторічна мерзлота та повсякденне життя.	<i>Самост. робота</i>	10, 16, 21	14	<i>До наст. заняття</i>
6	ПР 6. Багаторічна мерзлота як потенційний резервуар патогенів. Аналіз наукових статей. Підготовка доповіді з презентацією.	<i>Практ. робота</i>	6, 9, 10	2	<i>Упродовж заняття</i>
7	Тема 7. Глобальні кліматичні цілі. Чому танення вічної мерзлоти не враховується в глобальних кліматичних моделях і що це означає для досягнення кліматичних цілей.	<i>Лекція</i>	1, 9, 10	2	<i>Упродовж заняття</i>
	Стратегії пом'якшення наслідків зміни клімату. Стратегії зменшення глобальних ризиків.	<i>Самост. робота</i>	1, 9, 10, 19, 21–25	16	<i>До наст. заняття</i>
7	ПР 7. Розробка стратегій для зменшення глобальних ризиків, пов'язаних з таненням багаторічної мерзлоти. Створення інформаційної кампанії щодо проблем вічної мерзлоти.	<i>Практ. робота</i>	1, 9, 10, 19, 21–25	2	<i>Упродовж заняття</i>
8	Тема 8. Політика пом'якшення наслідків танення вічної мерзлоти та адаптації до них. Конкретні політичні рекомендації щодо потенційних економічних, соціальних та екологічних наслідків деградації вічної мерзлоти при потеплінні клімату.	<i>Лекція</i>	1, 9, 10, 19, 21–25	2	<i>Упродовж заняття</i>
	Стратегії захисту територій поширення вічної мерзлоти.	<i>Самост. робота</i>	1, 9, 10, 21	10	<i>До іспиту</i>
8	ПР 8. Огляд глобальних ризиків, пов'язаних з таненням вічної мерзлоти. Підготовка доповіді з презентацією.	<i>Практ. робота</i>	1, 2, 4–6, 9, 10, 21	2	<i>Упродовж заняття</i>