

## ЛІТОЛОГО-СТРАТИГРАФІЧНИЙ КРИТЕРІЙ КАРСТОВОГО РАЙОНУВАННЯ СУЛЬФАТНОЇ ТОВЩІ МІОЦЕНУ ЗАХОДУ УКРАЇНИ

Уляна Костюк, Богдан Рідуш\*

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*

[u.kostiuk@chnu.edu.ua](mailto:u.kostiuk@chnu.edu.ua); <https://orcid.org/0009-0000-5152-6553>

[b.ridush@chnu.edu.ua](mailto:b.ridush@chnu.edu.ua); <https://orcid.org/0000-0002-5896-6073>

\*кореспондуючий автор

**Анотація.** Запропоновано карстове районування, яке відзначається новим підходом до визначення унікальних характеристик карстових процесів на конкретних територіях. Яскравим прикладом є сульфатний карст Західної України, пов'язаний з міоценовим евапоритовим басейном на стику Східноєвропейської платформи та Передкарпатського прогину. У попередніх схемах карстового районування Східноєвропейської рівнини всю територію поширення сульфатних порід на заході України класифікували як Подільсько-Буковинський карстовий район, а в його складі — Західно-Подільський і Покутсько-Буковинський карстові райони. Проте з появою численних детальних стратиграфічних робіт щодо формування евапоритів на цій території необхідний новий підхід до районування карсту в евапоритах. У цій роботі запропоновано підвищення згаданих регіонів до рангу підобластей та виділення районів у них на основі літолого-стратиграфічних відмінностей. Для прикладу автори дослідили шість локацій. У першій шар гіпсу складається з строматолітової, трав'яноподібної та шаблеподібної фацій. Останні дві містять тонкі карбонатно-глинисті прошарки, що призвело до обвалення великих скельних блоків усередині Кадубівської печери. На другій ділянці гіпсова товща складена строматолітовою, трав'яноподібною та шаблеподібною фаціями. Тут відома лише одна невелика печера Товтри, яка має гіпогенну морфологію. На третій ділянці — трав'янисті гіпсові фації, а також інтенсивний сучасний карст із численними провалами, підземними річками. Вплив фаціальної мінливості на розвиток мезоморфології підземних ходів простежується тут у печері Піонерка. Четверта ділянка побудована фацією жовтого гіпсу. Тут немає нерозчинних прошарків, але фація має багато тонких мінеральних плівок між зернами. Тому вхідні частини печер нестійкі до фізичного вивітрювання. П'ята ділянка виділена як зона поширення метасоматичного вапняку, який заміщує тут сульфатні відклади. Вони містять значний печерний лабіринт, але залишається неясним, чи відбулося закарстування до або після метасоматизації. Шоста ділянка повністю складена строматолітовою фацією гіпсу. Характеризується стійкістю до обвалення завдяки монолітній структурі гіпсу, що помітно на прикладі печери Попелюшка (Золушка), що на кордоні України та Молдови. Вибрані ділянки пропонується розглядати як приклади виділення карстових районів за літологічними та стратиграфічними особливостями.

**Ключові слова:** районування карсту; гіпс, печера; провалоутворення; рельєф, ландшафт.

## LITHOLOGICAL-STRATIGRAPHIC CRITERIA OF KARST ZONING OF THE MIOCENE SULFATE LAYER OF WESTERN UKRAINE

Uliana Kostiuk, Bogdan Ridush

*Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Ukraine*

**Abstract.** The proposed karst regionalization (zoning) is a novel approach to identifying the

unique characteristics of karst processes in specific areas. The sulphate karst of western Ukraine, linked to the Miocene evaporite basin at the junction of the East European Platform and the Pre-Carpathian Foredeep, is a prime example. The previous karst zoning schemes of the East European Plain classified the entire area of sulphate rocks distribution in the west of Ukraine as the Podilsko-Bukovinsky karst Area, with the West Podilsky and Pokutsko-Bukovinsky karst Regions within it. However, with the emergence of numerous detailed stratigraphy works on the evaporite formation of this territory, a new approach to karst zoning in evaporites is necessary. This paper presents a systematic approach to upgrading the mentioned regions to the rank of sub-areas and distinguishing the regions within them based on lithologic-stratigraphic differences. The authors studied six localities as examples. In the first one, the gypsum layer is characterized by the stromatolite, grass-like and sabre-like facies. The last two contain thin carbonate-clay layers, leading to the collapse of large rock blocks inside the Kadubivska Cave. On the second site, the gypsum is composed of stromatolite, coarse-crystalline, and sabre-shaped facies. Only one small Tovtry Cave, which has a hypogene morphology, is known here. The third site has grass-like gypsum facies, and intensive modern karst occurs, with numerous sinkholes, underground rivers, and sinkholes. The influence of facies variability on the development of the mesomorphology of underground galleries is traced here in Pionerka Cave. The fourth area is built of nodular gypsum facies. There are no insoluble layers here, but the facies have many thin mineral films between the grains. Therefore, the entrance parts of the caves are unstable for physical weathering. The fifth section is highlighted as a section of the spread of metasomatic limestone, which replaces sulphate deposits here. They contain a significant cave labyrinth, but whether karstification occurred before or after metasomatization remains unclear. The sixth section is completely composed of stromatolite gypsum facies. It is characterized by stability to collapse due to the monolithic structure of gypsum, which is noticeable in the example of the Cave of Popeliushka (Zolushka) on the border of Ukraine and Moldova. The selected areas are proposed to be considered as examples of karst zoning based on lithologic and stratigraphic features.

**Key words:** karst regionalization; gypsum, limestone; caves, breakdown; relief, landscape.

**Вступ.** Районування карсту – це важливий інструмент для з’ясування особливостей прояву карстових процесів на певних територіях. Насамперед він повинен бути використаний під час прогнозування небезпечних проявів карсту для цілей інженерної геології, а також може бути врахований для планування видобутку корисних копалин, водогосподарських заходів, охорони природи.

Сульфатний карст заходу України пов’язаний з евапоритовим басейном міоцену на стику Східноєвропейської платформи та Передкарпатського прогину (рис. 1). За попередніми схемами районування карсту Східноєвропейської рівнини, уся територія поширення сульфатних порід на заході України належить до Подільсько-Буковинської карстової області, в межах якої виділялись Західно-Подільський та Покутсько-Буковинський карстові райони. Уся територія поширення гіпсів зараховувалась до одного літологічного типу карсту – сульфатного. У зв’язку з тим, що в останні десятиліття з’явилися численні праці з детальної стратиграфії евапоритової формації даної території, з’явилася необхідність перегляду схем районування карсту в евапоритах

Оскільки породи, що карстуються, не поширені суцільним безперервним шаром, то це необхідно враховувати під час вибору методів та принципів

районування карсту. Загальним районуванням карсту Східноєвропейської рівнини, включно із досліджуваною територією, ще з середини минулого століття займались М. Зубашенко, Ю. Пармузін, І. Клевцовим, Г. Максимович, Б. Іванов, А. Кучерук, Н. Родіонова, Н. Гвоздецький, А. Чікішев, А. Колодяжная, Б. Корженевський, О. Ломаєв, В. Дублянський, К. Горбунова, Н. Максимович, В. Андрейчук, Г. Дублянська, В. Дублянський, В. Коржик, Б. Рідуш (Рідуш, 2013).

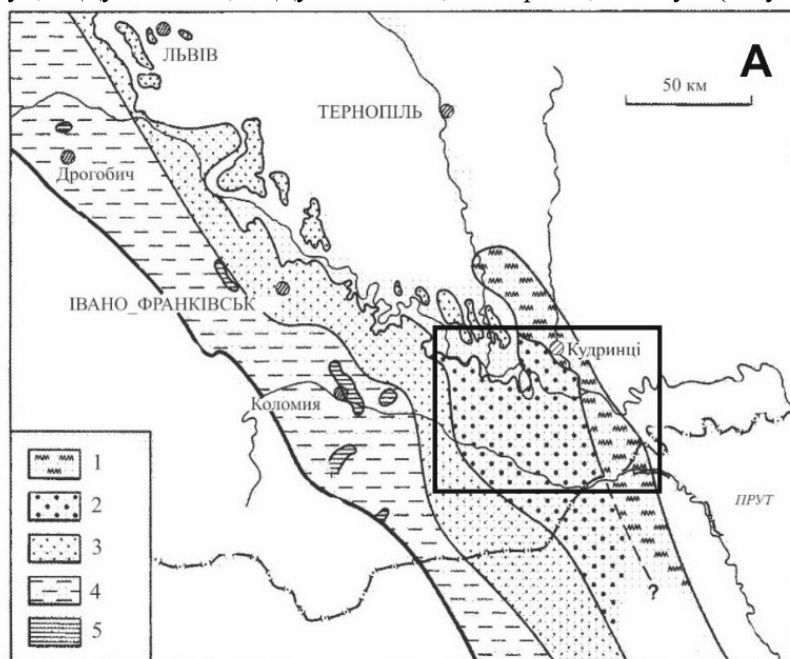


Рис. 1. А – поширення фціальних зон міоценового евапоритового басейну. 1 – фация строматолітового гіпсу; 2 – фация шаблеподібного та строматолітового гіпсів із прошарками кластичного; 3 – фация вторинного жовтого гіпсу; 4 – гіпсово-ангідритова фация; 5 – соленосний басейн (за Перит та ін., 2004);

Б – окремі карстові райони в межах Покутсько-Буковинської підобласті, виділені за фаціально-структурними особливостями гіпсової товщі (1 – Кострижівсько-Кадубовецький, 2 – Товтрівсько-Дорошевецький, 3 – Погорилівський, 4 – Погорилівсько-Баламутівський, 5 – Гриняцький, 6 – Мамалигівсько-Данковецький)

Fig.1 A – distribution of facies zones of the Miocene evaporite basin. 1 – stromatolite gypsum facies; 2 – saber-shaped and stromatolite gypsum facies with clastic interlayers; 3 – secondary nodular gypsum facies; 4 – gypsum-anhydrite facies; 5 – saline basin (according to Peryt et al., 2004); B – separate karst regions within the Pokutsko-Bukovynskiy sub-region, distinguished by the facies-structural differences of gypsum (1 – Kostryzhivsko-Kadubovetskyi, 2 – Tovtrivsko-Doroshevetskyi, 3 – Pohorylivskiy, 4 – Pohorylivsko-Balamutivskiy, 5 – Hryniatskyi, 6 – Mamalyhivsko-Dankovetskyi).

Детальне дослідження стратиграфії сульфатної товщі міоцену Заходу України було здійснено Т. Перитом та М. Бомбелем лише з 1990-х (Peryt, 1996; 2001; 2013; Bałel, 2004; Bałel, 2005). Були визначені фаціальні різновиди гіпсів та проінтерпретовані умови осадо накопичення в евапоритовому басейні. В евапоритовій товщі за однаковими комбінаціями гіпсових фацій Т. Перит виділив чотири фаціальні зони, кожна з яких свідчить про певний етап осадо накопичення. Перша – зона поширення строматолітового гіпсу, який утворювався в прибережних умовах внаслідок гіпсифікації мікробіальних матів. Друга зона характеризується комбінацією строматолітового гіпсу в нижній частині і шаблеподібною фацією у верхній частині. Це означає, що спочатку осадження гіпсу відбувалось в мілководних умовах, а вже пізніше в глибоководних. Третя зона характеризується перешаруваннями прихованокристалічних типів фацій із селенітовими типами фацій. Такі фаціальні особливості свідчать про часті зміни в умовах осадо накопичення (зміна хімічного складу вод, тектонічні рухи, трансгресія). І четверта зона виділена як така що знаходиться під потужною товщею осадових порід і в якій досі виділити окремі гіпсові і/чи ангідритові фації не вдалось (Peryt, 2001, 2009, 2013).

Суттєвий вплив на уявлення про можливе поширення карсту в регіоні здійснила поява теорії гіпогенного спелеогенезу. Вона вказує на утворення гігантських лабіринтових печер Заходу України завдяки артезіанським напірним водоносним системам, які утворили специфічні морфологічні особливості галерей печер (Климчук, 2017; Klimchouk, 2009; Klimchouk & Andreychouk, 2017). На залежність розвитку гігантських печер-лабіринтів від фаціальної неоднорідності та "вертикальної структурно-текстурної диференціації" гіпсів вказували провідні українські карстологи (Klimchouk et al., 2009)

Районування карсту є різновидом генетико-морфологічного інженерно-геологічного районування, в якому території групуються за спільними умовами розвитку карсту. До таких спільних умов належать структурно-літологічні відміни сульфатної товщі які, за нашими спостереженнями мають вплив не лише на морфологію печер-гігантів, але й на розвиток та поширення карсту загалом, та на формування механізмів провалоуворення (Ridush & Kostiuk, 2024).

Метою нашого дослідження є виокремлення одиниць районування за ознакою фаціальної мінливості сульфатної товщі; окреслити межі поширення певних гіпсових відмін та форм наземного чи підземного рельєфу який вони формують.

**Методика досліджень.** Загалом до 1950-х років не існувало ні чітких критеріїв районування карсту, ні чітко виділених таксонів. Уперше Б. Іванов (1956) здійснив

районування Подільсько-Буковинської карстової області поділивши її на 7 районів. Його методологія районування базувалась на літологічних та ландшафтних особливостях кожного окремого району. У 1958 р. Г. Максимович опублікував схему районування карсту СРСР. Згідно з якою найвищим порядком є країна яка виділяється за віком геолого-структурних одиниць. Але не виділив єдиного підходу до виокремлення таксонів нижчих порядків, зон, провінцій та областей, районів. Пізніше Б. Іванов (1961) створив схему районування карсту України, але більшість карстових районів була без чітких меж. А. Кучерук (1962) ввів таку таксономічну одиницю як мікрорайон. Але райони від виділяв за літологічними та ландшафтними ознаками. Н. Родіонова (1963) створила схему районування де найбільшими одиницями районування є області які поділені на райони. Ще однією версією районування карсту на базі карти поширення карстових явищ України створив Б. Іванов у 1965 р. Він виокремив 15 карстових областей та 55 районів. За швидкістю диференційованих рухів він виділив області, а принципи виділення районів невідомі. Н. Гвоздецький та А. Чікішев (1966) здійснили районування карсту УРСР за триступінчастим принципом: область-провінція-округ. А. Чікішев пізніше надав більш детальне районування карсту України та Молдови використовуючи дещо іншу схему: область – провінція – округ – район (1979). А. Ломаєв (1979) на базі карти на якій було позначено межі карстових порід різного віку виділив в межах України карстові області. Умови закарстування і розвитку карсту були різні в цих областях були різні. В. Дублянський та А. Ломаєв (1980) удосконалили схему районування Б. Іванова і за геоструктурними принципами виділили регіони, які відрізняються за особливостями тектонічної будови, історії геологічного розвитку тощо. У межах кожного регіону виділили одну чи кілька карстових областей. Ними було уточнено межі районів та виділено нові райони. Г. Н. Дублянська та В. Н. Дублянський (1992) дещо уніфікували районування карсту південно-західної частини європейської частини СРСР куди входять сучасні території України та Республіки Молдови. Вони використали такий таксономічний ряд: країна – провінція – область – район. Країну і провінцію вони виділили на основі структурно-тектонічних особливостей, а область і район на основі геоморфологічних та літолого-генетичних ознак. Загалом сучасні науковці спираються на їхнє районування і воно найбільш прийнятне і зручне. Але є деякі неточності, як наприклад, північна межа Молдавсько-Подільської карстової області проходить вздовж кордону України та Республіки Молдови. Тобто виходить так, що частина печери Попелюшка відноситься до Припрутського району Молдавсько-Подільської карстової області, а інша частина цієї печери до Придністровсько-Правобережного району Подільсько-Буковинської карстової області. Але при тому автори цю печеру згадують в обох карстових областях (Рідуш, 2013).

Деякі неточності в районуванні Дублянських виправив Б. Т. Рідуш, розробляючи карстово-спелеологічне районування півдня Східної Європи. Ним було змінено східну межу Подільсько-Буковинської карстової області по межі Товтрової гряди. Тому Подільсько-Буковинська карстова область охоплює поширення сульфатної товщі міоцену (Рідуш, 2013).

В. Коржик провів спелеокарстове районування території Чернівецької області. В цій роботі його увага зосереджена на виокремленні окремих ландшафтних та природно територіальних “спелеокарстових” систем і комплексів. При цьому, що

“спелеокарстові” системи він виділяє по контакту порід, що карстуються з породами які не піддаються карсту, “спелекарстові” комплекси за направленістю потоків речовини. До типового таксономічного ряду він додає таксони нижчого порядку такі як підрайон – ділянка – локалітет. Підрайон виділяє на основі структурно-геоморфологічних та літостратиграфічних відмінностей. Ділянку за глибиною “спелеокарстового” субстрату та місцевими тектонічними факторами які створюють межі між ділянками. А локалітет виділяє за ознакою дискретності карстових процесів, локалітетами можуть бути окремі форми або групи форм (Коржик, 2007).

Крім радянської та пострадянської карстової школи. районуванням карсту займалися вчені США, Китаю, Болгарії, Республіки Чехія. Районування які вони проводять спрямовані на визначення рівня карстової небезпеки. Тому результатом такого районування є виділення ділянок за ступенем безпечності: відсутня карстова небезпека, низька карстова небезпека, середня карстова небезпека, висока карстова небезпека (Ivanov, 2005). Загалом це вид інженерно-геологічного районування для будівництва в карстових районах (будівництво будівель, доріг, промислових об'єктів тощо). Також є досвід науковців Китаю у використанні математичних моделей та штучного інтелекту для зонування карсту за рівнем безпеки (Hu et al., 2021). Але такий досвід доволі складно застосувати на прикладі сульфатів Заходу України, оскільки ми поки що обмежені в інструментальних дослідженнях геології, стратиграфії та палеогеографії досліджуваної території. Тому нами обрана група спелеоморфогенетичних методів. Ці методи покликані виявити причинно-наслідкові зв'язки морфології підземних порожнин із процесами, які її створюють. В роботі було використано метод кореляції синхронних форм та відкладів, метод накладених форм, метод реліктових форм, метод гетерохронних форм. Важливим методом також є картографування підземної порожнини, що дозволяє кількісно окреслити морфометричні параметри печер (Klimchouk, 2009)

**Результати та обговорення.** Відповідно до карстово-спелеологічного районування території України за Б. Рідушем (2013), смуга сульфатного карсту на заході України формує Подільсько-Буковинську карстову область із двома карстовими районами – Західно-Подільським та Покутсько-Буковинським. Згідно із засадами районування, висунутими Г. Дублянською та В. Дублянським, області виділяються на підставі геоморфологічних, а райони – на підставі літолого-генетичних ознак. За наявності кількох шарів легкорозчинних порід на одній території, до уваги береться перший від поверхні карстівний шар. У такому разі логічним буде підняти Західно-Подільський та Покутсько-Буковинський райони до рангу підобластей, а вже в їхніх межах виділяти карстові (карстово-спелеологічні) райони за особливостями літологічної будови.

Нами було проведено ряд спелеоморфогенетичних спостережень як у гіпсових печерах, так і на наземних відслоненнях у східній частині ареалу гіпсів у Прут-Дністровському межиріччі. Вивчено фаціальні відмінності гіпсів, простежено морфологію підземних карстових порожнин. Ця територія входить в Подільсько-Буковинську карстову область, в межах якої представлено широкий набір карстопроявів як поверхневих, так і підземних.

Наразі ми виділили сім районів карстових районів за літолого-структурними відмінностями сульфатної товщі (див. рис. 1), де нами було проведено польові дослідження.

*Перший* виділений район – *Кострижівсько-Кадубовецький* (див. рис.1, Б, 1), який охоплює територію від околиць с. Веренчанка через с. Кадубівці, до кар'єру над с. Кострижівка та с. Звинячин. На цій ділянці гіпсова товща представлена в нижній частині строматолітовою фацією, вище якої залягає "трав'яниста" фація, а завершує гіпсову товщу шаблеподібна фація. У північній частині ділянки розташована велика лабіринтова печера Гострі Говди (Скитська), сформована гіпогенною промивкою. Загальна довжина її галерей 3550 м. На околицях с. Кадубівці, в урочищі Млаки знаходиться печера-понор Кадубівська (Кумуски) (рис. 2, Б), сформована головно поглинанням періодичного поверхневого водотoku. Її досліджена довжина 270 м. Основна галерея цієї печери завалена

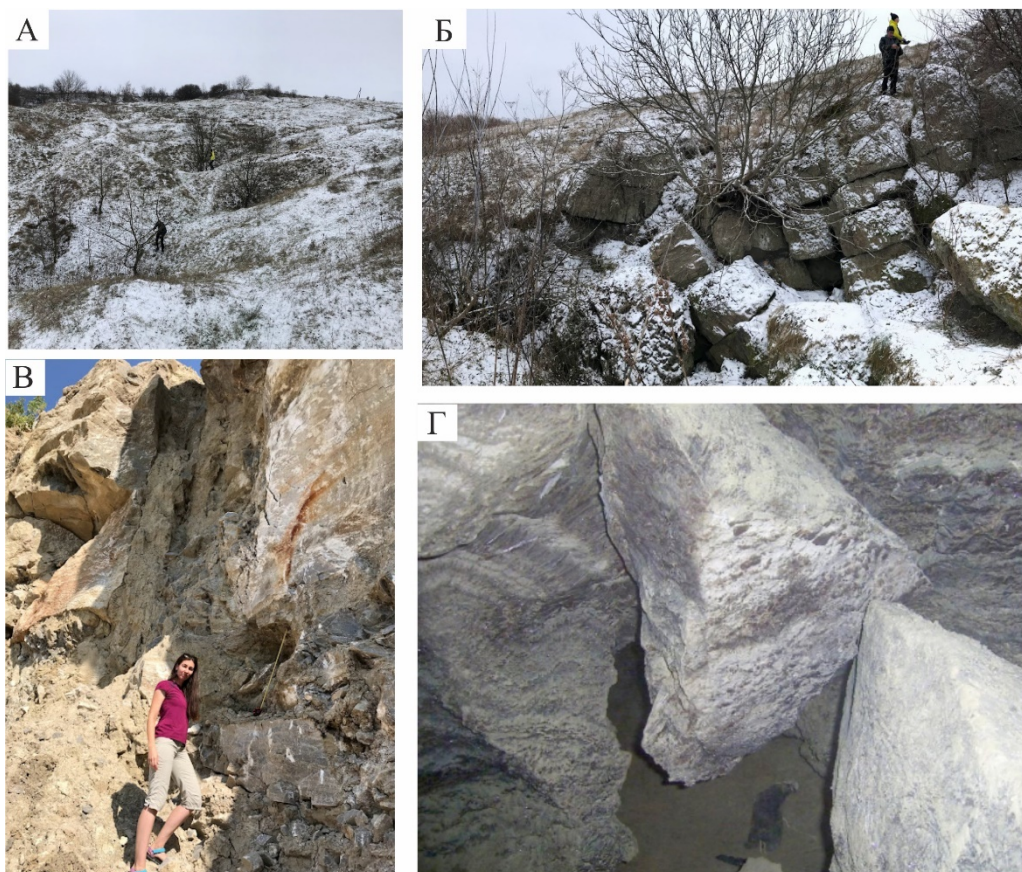


Рис. 2. Кострижівсько-Кадубівський карстовий район (А – урочище Бавки (с. Кадубівці), Б – урочище Млаки (с. Кадубівці, над входом до п. Кадубівська (Кумуски), В – гіпсовий кар'єр біля с. Веренчанка: глинисте заповнення карстової порожнини, Г – галерея з обвалом в п. Скитська) (фото К. Ковбаснюк)

Fig.2. Kostryzhivka-Kadubivtsi karst region 1 (A – tract of Bavky (village of Kadubivtsi), B – tract of Mlaka (village of Kadubivtsi, above the entrance to the Kadubivska (Kumusky) Cave), C – gypsum quarry near Verenchanka: loam filling of

the karst cavity, G – the gallery with the breakdown in the Skytska Cave) (photo by K. Kovbasniuk).

гіпсовими брилами, які обвалилися після прокарстування нижньої частини гіпсової товщі водами підземної річки. Причиною обвалу стало те, що на цій ділянці фації трав'яноподібного та шаблеподібного гіпсів в своїй товщі мають тонкі карбонатно-глинисті перешарування, які були утворені під час осадонакопичення. Ці прошарки утворились внаслідок надходження теригенних осадів з поверхні суші сильними вітрами чи штормами (Babel, 2005a). В сусідньому урочищі Бавки тривалий час поглинався постійний водотік – річка, з витратою в межінь не менше  $0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ , яка могла зростати до  $1 \text{ м}^3/\text{с}$  і більше під час інтенсивних опадів. Через це гіпсова товща в ур. Бавки частково знищена та дефрагментована на великі брили, а над понором – численні активні зсуви (рис. 2, А).

Також можемо спостерігати окремі брилові завали в лабіринтовій печері Гострі Говди (Скитська) (рис. 2, Г). Але стійкість цієї печери зумовлена, тим, що гіпсова товща не прокарстована повністю до покрівлі гіпсу, а вплив сучасного активного епігенного карсту нами не відмічений.

Щодо особливостей закарстування гіпсової товщі на околицях села Веренчанка (на південь від Кадубівців), то карст тут слабо розвинений і заповнений вторинними глинами та суглинками (рис. 2, В).

*Другий карстовий район Товтрівсько-Дорошовецький* (див. рис. 1, рис. 2) виокремлений біля сіл Товтри і Дорошівці. Тут відома лише одна невелика печера Товтри, яка має гіпогенну морфологію, і завбачувано може бути входом до лабіринтової печери, оскільки за морфологічними рисами нагадує печеру Ювілейна на Поділлі. Печера закладена у нижній частині гіпсової товщі і заповнена алохтонними четвертинними відкладами з палеонтологічними рештками (Рідуш, 2013). Загалом нижня частина сульфатної товщі тут складена строматолітовою фацією, в середній частині представлена крупнокристалічними фаціями, а верхня частина представлена шаблеподібною фацією (Babel, 2005b).

*Третій район Погорилівський* розташований на околицях с. Погорилівка (див. рис. 1, рис. 3). Виділення цієї ділянки пов'язане з поширенням фації "трав'янистого" гіпсу. Ця фація поширена на південно-західній частині долини річки Чорний Потік. У ній закладені невеликі і значні печери: Воронка, Козячі Ніжки, Чорнопотоцька-Провальна (970 м), Вуха, Грот Бика (рис. 3, А), Троїцька та Незабудка (Костюк і Рідуш, 2023; Рідуш і Купріч, 2003). Специфіка "трав'янистої" фації в тому, що кристали ростуть рядами потужністю 25–30 см кожен, між якими простежується тонкий (перші міліметри) глинистий прошарок, що має еолове чи/і пірокластичне походження. Він відкладався на дні неглибокої улоговини, де утворювались "трав'янисті" кристали гіпсу під час (емерсії) тимчасового відпливу. Далі ця глина була похована під новим шаром гіпсу, що знову почав утворюватися під час припливу свіжого розсолу (Babel, 2005a). Під час карстогенезу, при надходженні хімічно активних вод, ці глинисті прошарки відіграють визначальну роль, оскільки фація "трав'янистого" гіпсу зазнає гравітаційної деформації при вимиванні цього глинистого прошарку (рис. 3, А).

До цієї ділянки ми також віднесли урочище Довгий Яр, найбільшою печерою якого є печера Піонерка (рис. 3, Б, В, Г). Нами було простежено вплив фаціальної мінливості на розвиток мезоморфології підземних галерей. Отож ми виявили



фаціальну мінливість гіпсу в межах самої печери. В південно-західній галереї печери Піонерка в гіпсовій товщі присутній карбонатно-глинисто-піщаний шар (рис. 3, Б), а в південно-східній галереї цей шар майже повністю відсутній, натомість на цьому рівні присутній шар строматолітового гіпсу (рис. 3, В). Саме ці особливості гіпсової товщі зумовили різницю в мезоморфологічних проявах закарстування (Костюк і Рідуш, 2023).

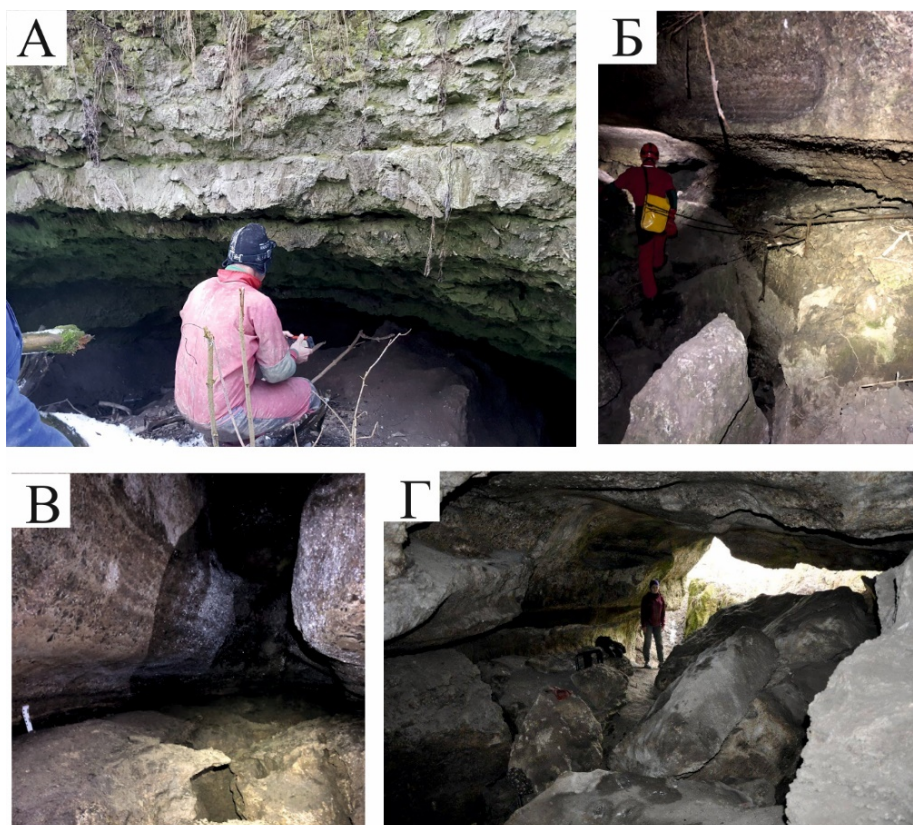


Рис. 3. Погорилівський район (А – Грот Бика, Б – південно-західна галерея печери Піонерка, В – південно-східна галерея печери Піонерка, Г – привхідна частина печери Піонерка) (фото: А – Б. Рідуш, Б, В, Г – У. Костюк)

Fig. 3. Pogorylivka karst region (A – the Bull Grotto, B – south-western gallery of the Pionerka Cave, C – south-eastern gallery of the Pionerka Cave, D – entrance part of the Pionerka Cave) (photo: A – by B. Ridush, Б, В, Г – by U.Kostiuk).

*Четвертий Погорівісько-Баламутівський район* (див. рис. 1, рис. 4) виокремлений нами як ділянка поширення жовтої гіпсової фації, яка поширена від с. Погорилівка через села Вікно та Баламутівка до с. Зелена Липа (Костюк і Рідуш, 2023). Загалом, походження жовтої гіпсової фації ще недостатньо вивчене. За спостереженнями М. Бомбеля і Т. Перита, жовта фація присутня як в проміжках між рядами "трав'янистих" кристалів (Vábel, 2005 a, b), так і в проміжках гігантокристалічного гіпсу (Perut, 1996). Т. Перит вказує, що ця гіпсова фація своїми "жовнами" вказує на колишню текстуру гігантокристалічного гіпсу. Походження цієї фації пов'язують з тим, що вона утворювалася в первинних

умовах сольового басейну баденію і швидше за все, внаслідок швидкого утворення нових фацій зверху, зазнала модифікацій у результаті тиску верхніх гіпсових шарів. Припускаємо, що ця фація стала свідченням зневоднення гіпсу і переходу його в ангідрит і навпаки. Згодом верхній шар гіпсу міг бути розмитий і новоутворений ангідрит після надходження свіжого розсолу, знову міг перейти в гіпс (Peryt, 1996). У М. Бомбеля жовнова фація простежена у восьми відслоненнях. Ділянки з цими відслоненнями класифіковано до підрозділів А, С–D (селеніт-домінуючі, автохтонні підрозділи) В, Е, G, М (прихованокристалічні підрозділи, алохтонні і автохтонні). Загалом, за дослідженнями М. Бомбеля, поширення жовнвої фації є субмеридіональним, як і простягання всього евапоритового басейну міоцену, але займає не зовсім його крайове положення (Vabel, 2005). До четвертого району належать такі печери: Орандж Рівер, Ред Понор, Мартинівка, Баламутівська, Дуча, Тортила, Панська Скеля, Кременевих Відщепів, Лянка, Підлянка (Рідуш і Купріч, 2003; Рідуш та ін., 2021). Внаслідок того, що печери мають сезонні або постійні водотоки, морфологія галерей має явні ознаки епігенного (поверхневого) закарстування. Але завдяки тому, що жовнова фація має багато тонких мінеральних прошарків між жовнами, то привхідні частини печер є нестійкими до фізичного вивітрювання, тому на вході до підземного лабіринту можна спостерігати обвальний матеріал із великими брилами (Кочерган, Рідуш, 2011).

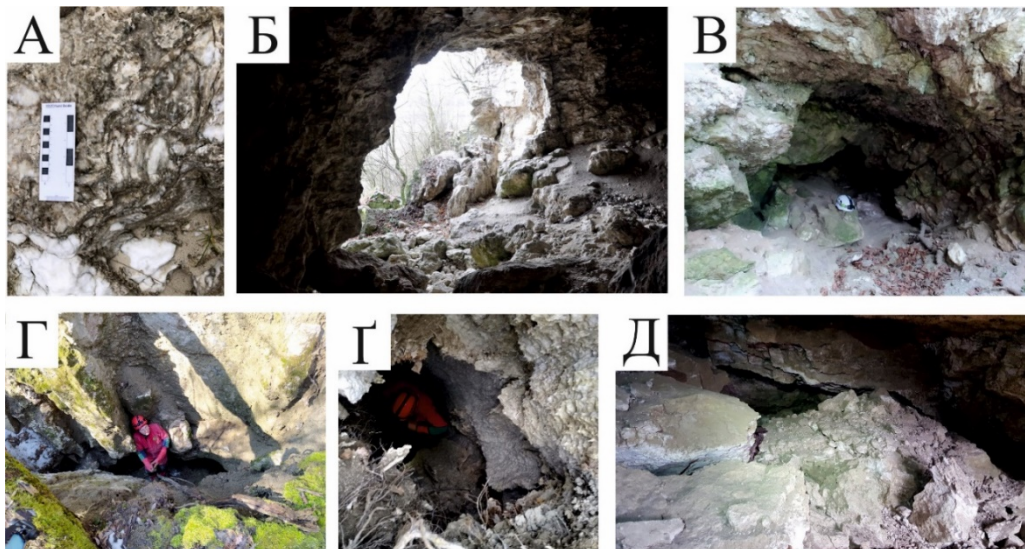


Рис. 4. Погорилівсько-Баламутівський карстовий район (А – фація жовнвого гіпсу в кар’єрі на околиці с. Вікно, Б – печера Баламутівська, В – вхід до печери Кременевих Відщепів, Г – вхід до печери Лянка, Е, Д – галереї печери Підлянка (фото У. Костюк)

Fig. 4. Pogorylivka-Balamutivka karst region (A – facies of nodular gypsum in a quarry on the outskirts of the Vikno Village, B – Balamutivska Cave, C – entrance to the Kremenevykh Vidschepiv Cave, D – entrance to the Lyanka Cave, E, D – galleries of the Pidlyanka Cave) (Photo by U. Kostiuk)

*Гриняцький карстовий район* (див. рис. 1, рис. 5) виділений як ділянка поширення метасоматичного вапняку на околицях хутору Гринячка (північний схил Хотинської височини, правий берег Дністра), невеликий острівець вапняків, які заміщують тут сульфатні відклади. Протяжність вапнякової товщі вздовж долини Дністра заледве 1 км, ширина біля 0,5 км, потужність до 20 м. Своїм утворенням ці вапняки завдячують метасоматичній переробці гіпсів, яка з певних причин проявилась тут дуже локально. У вказаній вапняковій товщі, що розрізана навпіл долиною струмка Гринячка, існують значні лабіринтові порожнини, які досліджувались чернівецькими спелеологами з початку 1980-х років. Тривалий час вважалось, що печери мають переважно штучне походження. Лише окремі фрагменти лабіринту демонстрували очевидні ознаки закарстування, що було трактовано як локальні прояви карсту. На сьогодні встановлено, що лабіринт здебільшого має природне походження, і тільки частково розширений штучним видобутком вапняку (Рідуш і Костюк, 2020).

*Шостий карстовий район – Мамалигівсько-Данківецький* виділений нами як східний край гіпсової товщі, який повністю складений фацією строматолітового гіпсу (див. рис.1, рис. 6). Осадонакопичення строматолітової фації в крайовій частині евапоритового басейну Передкарпаття в баденію відбувалося в невеликих мілинах, подібних до сучасних салін Австралії. Формування гіпсу в осаді йшло паралельно з ростом мікробіальних матів, утворених ціанобактеріями, на плоскій поверхні мілководної улоговини чи прибережної зони евапоритового басейну. Таким чином, кожен новий шар ціанобактерій формувався на попередньому вже гіпсифікованому шарі. В цілому, цей процес відбувався дуже швидко з геологічної точки зору (приблизно протягом 20–50 тис. років). М. Бомбель зазначає, що перешарування та включення до цієї фації (порфіробластова фація, ламінований вапняк) є типовими для такого типу мілін (Babel, 2005b). Морфологія стін печер Попелюшка та Мамалига свідчать про гіпогенне закарстування, присутні такі мезоформи, як куполи розвантаження, стельові канали, висхідні стінні канали, округлі куполи. Завдяки відносно однорідній гіпсовій товщі тут сформувались достатньо стійкі порожнини, хоча й великого небезпечного діаметру. На стабільність порожнини впливає доволі потужний прошарок ратинського вапняку, який бронює гіпсову товщу. В п. Попелюшка (рис. 5, Б) в місцях де гіпсова товща прокарстована артезіанськими водами наскрізь, у стелі печери можна спостерігати підшву цього вапняку. Хоча подекуди, покрівля ратинського вапняку обвалюється в печеру і над ним починають виростати куполи у глинистому покриві гіпсів (Klimchouk & Andreychuk, 2002). За таким механізмом і відбувся 26-метровий провал в с. Данківці, який утворився над великим лабіринтом, заповненим водою (рис. 5, В). Власне сама галерея має схожі до п. Попелюшки морфологічні прояви на стінах і стелі, і також закладена в фації строматолітового гіпсу.

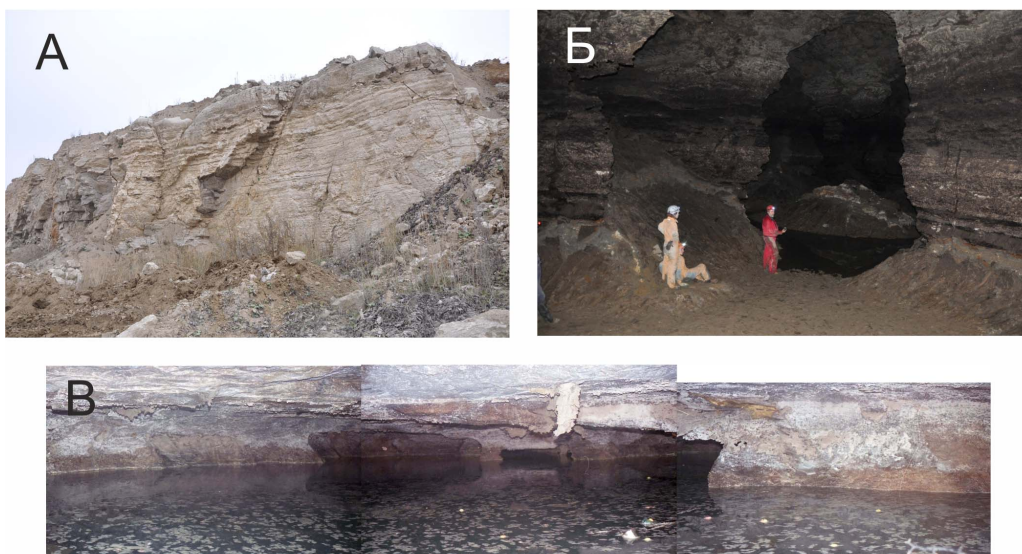


Рис. 5. Мамалигівсько-Данківецький карстовий район: А – прокарстована стінка тріщини, гіпсовий кар'єр в с. Крива (Молдова); Б – морфологія галереї в печері Попелюшка, зал Динозавра, В – морфологія затопленої галереї під Данківецьким провалом (фото Б. Рідуша).

Fig.5 Mamalyga-Dankivtsi karst region (A, Б, В – morphology of the galleries of the Popeliushka Cave, Г, Г – morphology of the gallery under the Dankivetsky collapse) (photo by B. Ridush)

**Висновки.** Літолого-стратиграфічні особливості сульфатної товщі міоцену Заходу України мають визначний вплив на розвиток морфологічних особливостей карстових порожнин. Нами було простежено зміни у морфології печер у різних літолого-структурних відмінах евапоритової товщі. В Кострижівсько-Кадубівському районі присутні ділянки з фрагментованою гіпсовою товщею. Підземні порожнини в цьому районі містять крупні, подекуди багатопверхові, брилові завали. Така особливість закарстування ускладнює прогнозування провалоутворення. У Товтрівсько-Дорошівецькому районі гіпс відслонюється по бортах долин приток Дністра, без значних поверхневих карстопроявів. В цьому районі є лише одна невелика печера Товтри, що має ознаки потужного гіпогенного спелеогенезу. Погорилівський район виділений через специфіку розвитку карсту у трав'яноподібній фації гіпсу. Оскільки під час осадо накопичення в цій фації формувались тонкі кілька міліметрові прошарки глини, то під час розчинення таких гіпсів хімічно активними водами ці прошарки слугують поверхнями відриву блоків породи у стелі печер, і таким чином впливаючи на морфологічні особливості карсту. Виділення Погорилівсько-Баламутівського району пов'язане з поширенням фації жовтого гіпсу. Гіпси цієї фації нестійкі до фізичного вивітрювання, тому привхідні частини печер, які закладені в цій фації активно руйнуються. Гриняцький карстовий район приурочений до невеликого масиву метасоматичного вапняку, який містить в собі доволі об'ємні підземні лабіринти, такі як, наприклад, печера Гринячка довжиною 2180 м. Мамалигівсько-Данківецький район, який пов'язаний з поширенням строматолітової фації гіпсів.

Тут розташовані входять крупні печери, такі як Попелюшка (довжина 92 км) та Мамалига (довжина 2 км). Оскільки фація строматолітолого гіпсу на цій ділянці є доволі однорідною, підземні порожнини тут вирізняються відносною стійкістю території до провалуутворення та великим небезпечним діаметром.

Отже, в результаті районування південно-східної частини евапоритового басейну міоцену на стику Волино-Подільської плити та Передкарпатського прогину, нам вдалося виділити шість карстових районів за літолого-структурними особливостями сульфатної товщі. Розуміючи як саме фаціальна мінливість гіпсу впливає на карстові процеси в комплексі з гідрогеологічними та тектонічними умовами, надалі можна виконати зонування стійкості території для інженерно-геологічних цілей.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Климчук О. Б. Розвиток теорії гіпогенного карстогенезу: наукові та практичні застосування // Вісник НАН України. 2017. Вип. 11. С. 10–29.
- Коржик В. П. Карст і печери Буковини. Проблеми моніторингу, охорони і використання. Чернівці : Зелена Буковина, 2007.
- Костюк У., Рідуш Б. Поширення фації жовного гіпсу в Буковинському Придністер'ї // Рельєф і клімат: матеріали II Міжнародної конференції. Чернівці, 2018. С. 98–99.
- Костюк У., Рідуш Б. Сучасні зміни мікроморфології печери Піонерка під дією епігенного закарстування // Матеріали Всеукраїнського наукового семінару пам'яті професора Володимира Круля. Історична географія в Україні. Чернівці, 2023. С. 69–71.
- Кочерган Я., Рідуш Б. Кріогенне вивітрювання в карстових порожнинах Буковинського Придністров'я // Науковий вісник Чернівецького університету: Зб. наук. праць. Вип. 587–588: Географія. Чернівці: Рута, 2011. С. 30–35.
- Кучерук А. Д. Карст Поділля. Київ : Наук. думка, 1976. 198 с.
- Ломаєв О. О. Геологічні умови розвитку карсту на території УРСР // Фізична географія і геоморфологія. 1970. Вип. 4. С. 3–14.
- Ломаєв А. А. Геологія карсту Волино-Поділля. Київ : Наук. думка, 1979. 132 с.
- Палієнко В. П., Барщевський М. Є., Бортник С. Ю., та ін. Загальне геоморфологічне районування території України // Український географічний журнал. 2004. № 1. С. 3–11.
- Перит Т. М., Побережський А. В., Ясиновський М., Перит Д., Петриненко О. Й., Лизун С. О., Турчинов І. І. Кореляція баденських сульфатних відкладів Наддністров'я // Геологія і геохімія горючих копалин. 2004. 1/2004. С. 56–69.
- Рідуш Б., Купріч П. Печери Чернівецької області: Кадастр. Чернівці : Прут, 2003.
- Рідуш Б. Т. Палеогеографічні реконструкції умов пізнього кайнозою півдня Східної Європи за результатами досліджень відкладів печер. Дисертація на здобуття наукового ступеня д. геогр. наук. Національна академія наук України, інститут географії. Київ, 2013.
- Рідуш Б., Костюк У. Карбонатний карст у відкладах тираської світи неогену на північному схилі Хотинської Височини. // Сучасний стан і перспективи розвитку геоморфології та палеогеографії в Україні: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 70-річчю кафедри геоморфології і

палеогеографії (26–27 листопада 2020). Львів: ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2020. С. 30–31.

- Рідуш Б., Купріч П., Поп'юк Я., Шавранський В., Костюк У., Рідуш О. Печери Баламутівського берега Дністра. // Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій: матеріали доповідей 12 науково-практичного семінару за міжнародної участі (25–26 листопада 2021 р.). Львів: ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2021. С. 126–130.
- Babel M. Badenian evaporite basin of the northern Carpathian Foredeep as a drawdown salina basin. // *Acta Geologica Polonica*. 2004. № 54. P. 313–337.
- Babel M. Event stratigraphy of the Badenian selenite evaporites (Middle Miocene) of the northern Carpathian Foredeep. // *Acta Geologica Polonica*. 2005a. № 55(1). P. 9–29.
- Babel M. Selenite-gypsum microbialite facies and sedimentary evolution of the Badenian evaporite basin of the northern Carpathian Foredeep. // *Acta Geologica Polonica*. 2005b. № 55(2). P. 187–210.
- Hu, J., Motagh, M., Wang, J., Qin, F., Zhang, J., Wu, W., Han, Y. Karst Collapse Risk Zonation and Evaluation in Wuhan, China Based on Analytic Hierarchy Process, Logistic Regression, and InSAR Angular Distortion Approaches. // *Remote Sens*. 2021, 13, 5063. <https://doi.org/10.3390/rs13245063>
- Ivanov I. Criteria for Assessment and Zoning of Karst Hazard in Bulgaria. // Conference: International Symposium on Latest Natural Disasters - New Challenges for Engineering Geology, Geotechnics and Civil Protection At: Sofia, Bulgaria, 2005. Volume: 1.
- Klimchouk A. Andrejchuk V. Karst breakdown mechanisms from observations in the gypsum caves of the Western Ukraine: Implications for subsidence hazard assessment // *International Journal of Speleology*. 2002. № 31(1/4), pp. 55–88. <https://doi.org/10.1007/s00254-005-1279-1>.
- Klimchouk A. Morphogenesis of hypogenic caves. *Geomorphology*. 2009. №106. Pp. 100–117. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.09.013>
- Klimchouk A. B., Andreychuk V.N., Turchinov I. I. The structural prerequisites of speleogenesis in gypsum in the Western Ukraine. Sosnowiec-Simferopol, 2009. 96 p.
- Klimchouk A. B., Andreychouk V. Gypsum Karst in the Southwest Outskirts of the Eastern European Platform (Western Ukraine): A Type Region of Artesian Transverse Speleogenesis. In: Klimchouk, A., Waele, J. De, Auler, A.S., Audra, P. (Eds.), *Hypogene Karst Regions and Caves of the World*. // Springer, 2017. Pp. 1–910. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-53348-3>
- Peryt T. M. Sedimentology of Badenian (middle Miocene) gypsum. // *Sedimentology*, 1996. № 43(3), pp. 571–588. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3091.1996.d01-26.x>
- Peryt T. M. Gypsum facies transitions in basin-marginal evaporites: Middle miocene (Badenian) of West Ukraine. // *Sedimentology*, 2001. № 48(5), pp. 1103-1119. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3091.2001.00410.x>
- Peryt T.M. Palaeogeographical zonation of gypsum facies: Middle Miocene Badenian of Central Paratethys (Carpathian Foredeep in Europe). // *Journal of Palaeogeography*, 2013. № 2, pp. 225–237. doi:10.3724/SP.J.1261.2013.00028

REFERENCES

- Babel, M., 2004. Badenian evaporite basin of the northern Carpathian Foredeep as a drawdown salina basin. In *Acta Geologica Polonica*, 54, 313–337.
- Babel, M. 2005a. Event stratigraphy of the Badenian selenite evaporites (Middle Miocene) of the northern Carpathian Foredeep. In *Acta Geologica Polonica*, 55(1), 9–29.
- Babel, M. 2005b. Selenite-gypsum microbialite facies and sedimentary evolution of the Badenian evaporite basin of the northern Carpathian Foredeep. In *Acta Geologica Polonica*, 55(2), 187–210.
- Hu, J., Motagh, M., Wang, J., Qin, F., Zhang, J., Wu, W., Han, Y., 2021. Karst Collapse Risk Zonation and Evaluation in Wuhan, China Based on Analytic Hierarchy Process, Logistic Regression, and InSAR Angular Distortion Approaches. In *Remote Sens.* 13, 5063. <https://doi.org/10.3390/rs13245063>
- Ivanov, I., 2005. Criteria for Assessment and Zoning of Karst Hazard in Bulgaria. In *International Symposium on Latest Natural Disasters – New Challenges for Engineering Geology, Geotechnics and Civil Protection*: Sofia, Bulgaria Volume: 1.
- Klimchouk, A., Andreychouk, V., 2002. Karst breakdown mechanisms from observations in the gypsum caves of the Western Ukraine: Implications for subsidence hazard assessment. In *International Journal of Speleology*, 31(1/4), 55–88. <https://doi.org/10.1007/s00254-005-1279-1>.
- Klimchouk, A. 2009. Morphogenesis of hypogenic caves. In *Geomorphology*, 106, 100–117. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.09.013>
- Klimchouk, A. B., Andreychouk V. N., Turchinov I. I., 2009. The structural prerequisites of speleogenesis in gypsum in the Western Ukraine. Sosnowiec–Simferopol, 96. (In Ukrainian).
- Klimchouk, A. B., Andreychouk, V., 2017. Gypsum Karst in the Southwest Outskirts of the Eastern European Platform (Western Ukraine): A Type Region of Artesian Transverse Speleogenesis. Klimchouk, A., Waele, J. De, Auler, A.S., Audra, P. (Eds.), In *Hypogene Karst Regions and Caves of the World*. Springer, 1–910. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-53348-3>
- Klimchouk, O. B., 2017. Development of the theory of hypogene karstogenesis: scientific and practical applications. In *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 11, 10–29. (In Ukrainian).
- Korzyk, V. P., 2007. Karst and caves of Bukovyna. In *Problems of monitoring, protection and use*. Chernivtsi: Zelena Bukovyna. (In Ukrainian).
- Kostiuk, U., Ridush, B., 2018. Distribution of October gypsum facies in Bukovyna Transnistria. Terrain and climate. In *Materials of the II International Conference* (Chernivtsi, September 26–28, 2018), 98–99. (In Ukrainian).
- Kostiuk, U., Ridush, B., 2023. Modern changes in the micromorphology of the Pionerka cave under the action of epigenic clogging. In *Historical Geography in Ukraine: Materials of the All-Ukrainian scientific seminar in memory of Professor Volodymyr Krul*. (Chernivtsi, September 21–22, 2023), 69–71. (In Ukrainian).
- Kochergan, Ya., Ridush, B., 2011. Cryogenic weathering in karst cavities of Bukovyna Transnistria. In *Scientific Bulletin of Chernivtsi University: Collection. of science works*, 587–588: Geography. Chernivtsi: Ruta, 30–35. (In Ukrainian).
- Kucheruk, A. D., 1976. Podillia Karst. K.: Science. opinion, 198. (In Ukrainian).

- Lomaev, O. O., 1970. Geological conditions of karst development on the territory of the Ukrainian SSR. In *Physical geography and geomorphology*, 4. Kyiv, 3–14. (In Ukrainian).
- Lomaev, A. A., 1979. Geology of the Volyno-Podillia karst. K.: Science. opinion, 132 p.
- Paliienko, V. P., Barshchevskiy, M. Ie., Bortnyk, S. Iu., 2004. General geomorphological zoning of the territory of Ukraine. In *Ukrainian Geographical Journal*, 1, 3–11. (In Ukrainian).
- Peryt, T. M., 1996. Sedimentology of Badenian (middle Miocene) gypsum. In *Sedimentology*, 43(3), 571–588. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3091.1996.d01-26.x>
- Peryt, T. M., 2001. Gypsum facies transitions in basin-marginal evaporites: Middle miocene (Badenian) of West Ukraine. In *Sedimentology*, 48(5), 1103–1119. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3091.2001.00410.x>
- Peryt, T. M., Poberezhskiy A. V., Yasynovskiy M., Peryt D., Petrynenko O. I., Lyzun S. O., Turchynov I. I., 2004. Correlation of the Baden sulfate deposits of Transnistria. In *Geology and geochemistry of fossil fuels*. 1/2004. С. 56–69.
- Peryt, T. M., 2013. Palaeogeographical zonation of gypsum facies: Middle Miocene Badenian of Central Paratethys (Carpathian Foredeep in Europe). In *Journal of Palaeogeography*, 2, 225–237. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1261.2013.00028>
- Ridush, B. T., 2013. Paleogeographic reconstructions of the conditions of the late Cenozoic in the south of Eastern Europe based on the results of cave deposits research. Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Geogr. of science. National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Geography, Kyiv. (In Ukrainian).
- Ridush, B., Kostiuk, U. Carbonate karst in the deposits of the Tyrrhenian world of the Neogene on the northern slope of the Khotyn upland. In *The current state and prospects for the development of geomorphology and paleogeography in Ukraine. Abstracts of reports of the All-Ukrainian scientific and practical online conference dedicated to the 70th anniversary of the Department of Geomorphology and Paleogeography* (November 26–27, 2020) Lviv: Publishing Center of the Ivan Franko National University of Lviv, 30–31. (In Ukrainian).
- Ridush, B., Kuprich, P., Pop'yuk, Ya., Shavranskiy, V., Kostiuk, U., Ridush, O., 2021. Caves of the Balamutivsky bank of the Dniester. In *Problems of geomorphology and paleogeography of the Ukrainian Carpathians and adjacent territories. Materials of reports of the 12th scientific and practical seminar with international participation* (November 25–26, 2021). Lviv: Publishing Center of the Ivan Franko National University of Lviv, 126–130. (In Ukrainian).