

Літологічні особливості східного краю сульфатного басейну Міоцену Прут-Дністерського межиріччя та специфіка його закарстування

Уляна КОСТЮК^{1*}  <https://orcid.org/0009-0000-5152-6553>

УДК 551.435.84

ПОШУКОВА СТАТТЯ

¹ Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
кафедра фізичної географії, геоморфології та палеогеографії

Листування – *u.kostiuk@chnu.edu.ua

Ключові слова: сульфатна товща, гіпсова фація, гіпс, евапоритовий басейн, Передкарпаття, карст.

Анотація: Вся сульфатна товща заходу України поділена на юніти (літосоми) які визначають певні умови осадонакопичення на кожній ділянці. Наші дослідження спрямовані на вивчення структурно-текстурних особливостей гіпсової товщі східного краю евапоритового басейну на Прут-Дністровському межиріччі та простежити їх вплив на розвиток карстопроявів як наземних, так і підземних. Вивченням літологічних особливостей евапоритів на даній ділянці займалися Т. Перита та М. Бомбель. Останній відніс східний край сульфатного басейну міоцену то юніту М, який повністю представлений фацією прихованокристалічного гіпсу зі слідами гіпсифікованих мікробіальних матів. Ця фація є типовою для прибережних улоговин сольового басейну, оскільки на мілководді в теплих кліматичних умовах оселяються колонії ціанобактерій, а з надходженням сульфатного розчину ці ціанобактерії зазнавали гіпсифікації. Таким чином і сформувалась фація прихованокристалічного гіпсу з хвилястою структурою за рахунок гіпсифікації ціанобактерій в прибережній зоні.

Щодо карстопроявів то на досліджуваній ділянці розташовані дві гігантські лабіринтові печери Попелюшка (91 км) та Буковинка (5 км). Ці печери є класичним прикладом розвитку гіпогенного спелеогенезу. Морфологія печер, а саме стельові куполи, нависаючі стіни, вікна та ін. вказує на утворення галерей надходженням артезіанських хімічно активних вод.

Нами були проведені дослідження з уточнення літо-фаціальних особливостей території. Було застосовано спелеологічний метод, оскільки саме цей метод дає можливість спостерігати відмінності гіпсової товщі на нееродованих стінах печер.

Ми дещо уточнили фаціальні відмінності на прикладі печер Попелюшка, Мамалига, Буковинка, Підзамчисько, а також завдяки пустоті яка відкрилась для проникнення під провалом в селі Данківці.

Такі дослідження слугують основою для вивчення еволюції евапоритового басейну міоцену, а також мають прикладне значення і слугують основою до вивчення провалотворення на досліджуваній території. Оскільки різні фаціальні відміни гіпсу по різному реагують на розчинення хімічно активними водами.

2024, 847; DOI: <https://doi.org/10.31861/geo.2024.847.34-43>

 Open Access. © 2024 У. КОСТЮК
опубліковано у Чернівецькому національному університеті

Ця робота ліцензується відповідно до

CC BY-NC-ND із Зазначенням Авторства – Некомерційна – Без Похідних 4.0 Міжнародна



1. ВСТУП

Гіпсові відклади середнього міоцену Заходу України утворились внаслідок осадження сульфатів в улоговині типу сучасних салін (солончаків) при жарких кліматичних умовах. Загалом гіпс залягає на еродованій поверхні девонських, крейдових та неогенових відкладів та, переважно, перекривається ратинськими вапняками. Гіпсова товща неогену, внаслідок безпосередньої близькості до Передкарпатського прогину, має доволі складну тектонічну будову. Товща поділена на блоки різного порядку та відзначається поступове занурення гіпсових відкладів під потужну осадову товщу в бік Карпат (Andreychouk, Klimchouk 2017).

За весь час процесу осадонакопичення в евапоритовій улоговині баденію мала місце часта зміна умов, а саме: змінювалась глибина улоговини, відбувався її поділ на дрібніші улоговини та мілини, збільшувалась/зменшувалась солоність розчину, також активну роль відігравали прибережні та придонні течії, а також біологічні чинники (такі як розмноження ціанобактерій). Тому всю сульфатну товщу Заходу України прийнято поділяти на юніти, кожен з яких характеризує певні комбінації гіпсових різновидів (фацій) та відповідно умови осадження гіпсів (Peryt 1996, 2001; Babel 2005a, b).

Для дослідження нами обраний східні околиці евапоритового басейну на заході України (рис. 1). Загалом цю територію М. Бомбель відносив до літотипу (юніту) М, який представлений фаціями які утворились внаслідок гіпсифікації мікробіалів. Цей літотип (юніт) свідчить, що кристалізація гіпсу відбувалась в невеликих мілинах, частково відокремлених від басейну, до яких регулярно надходив сольовий розчин сульфату кальцію. Але особливістю є те, що одночасно відбувалось наростання і гіпсифікація мікробіальних матів та підвищення рівня води у прибережній міліні. Також варто враховувати, що крім гіпсифікованих ціанобактерій, в гіпсовій товщі зустрічаються перешарування з іншими видами фацій (алебастрова, порфіробластова), а також певні педогенні елементи, що загалом є прийнятним для прибережних мілин солончакового типу (Babel 2005b).

Загальна потужність гіпсової товщі на досліджуваній ділянці становить близько 20–28 метрів. Морфологія підземних порожнин ділянки має типові риси гіпогенного спелеогенезу: куполи розвантаження, сліпі куполи, шароподібні куполи, бічні канали, висхідні стінні канали, вікна, нависаючі стіни тощо. Внаслідок закарстування висхідними міжпластовими водами утворились величезні лабіринтові системи – Попелюшка, Мамалига, Буковинка. Крім того, а в 1998 році на околицях села Данківці, неподалік від Прут-Дністерського вододілу, утворився провал, який відкрив доступ до великої порожнини, яка була частково заповнена водою. Також гіпсова товща в районі печери Підзамче, поблизу Хотина, М. Бомбелем визначена як типова окраїна сольового басейну (Babel 2005a).

2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Одне з перших досліджень карсту в цьому регіоні було опубліковано В. Д. Ласкаревим в 1914 році, а також вивчення карстопроявів в гіпсах Верхнього Припруття було проведене в період між двома світовими війнами. В 1935 році професор філософського факультету Чернівецького університету К. Братеску здійснив кілька експедицій територією між селами Мамалига та Липкани (на сьогодні назви збережено, Мамалига – Україна, Липкани – Республіка Молдова). За даними цих експедицій було описано близько 50 карстових лійок та гіпсовий кар'єр на околиці села Мамалига. Тут вперше згадується про структурно-текстурну неоднорідність гіпсів, наявність і/чи відсутність кристалів, шаруватість, хвилястість тощо. Також в публікації вказано, що працівники гіпсового кар'єру на околиці с. Мамалига мали досвід проникнення в лабіринтову систему більш ніж на 200 метрів. Щодо умов закарстування, то М. Ілєску і К. Братеску було виокремлено стадійність утворення карстових лійок під дією поверхневих вод (Iliescu 1935). А. А. Ломаєвим в 1979 році було описано форми прояву карсту Волино-Поділля. В тому числі описано надгіпсову

У. Костюк.

Літологічні особливості східного краю сульфатного басейну Міоцену Прут-Дністерського межиріччя та специфіка його закарстування

товщу, морфологію підземних галерей, вторинні відклади та структуру гіпсової товщі печер Попелюшка та печер Буковинка (Ломаев 1970).

За М. Бомбелем стратиграфія сульфатної товщі околиць села Анадоли, де розташована печера Підзамче (рис. 1В-1), складена у верхній частині прихованокристалічним гіпсом зі слідами гіпсифікованих мікробіальних матів з затемненою ламінацією та з включеннями цукроподібного гіпсу, що залягають латерально чи під тупим кутом. Нижче залягає фація ламінованого гіпсу, а ще нижче до підстелюючих пісків представлена фація прихованокристалічного гіпсу зі слідами гіпсифікованих мікробіальних матів (потужність фації 9,5 м). Цей профіль віднесено до юніту (літотипу) М (Babel 2005a).

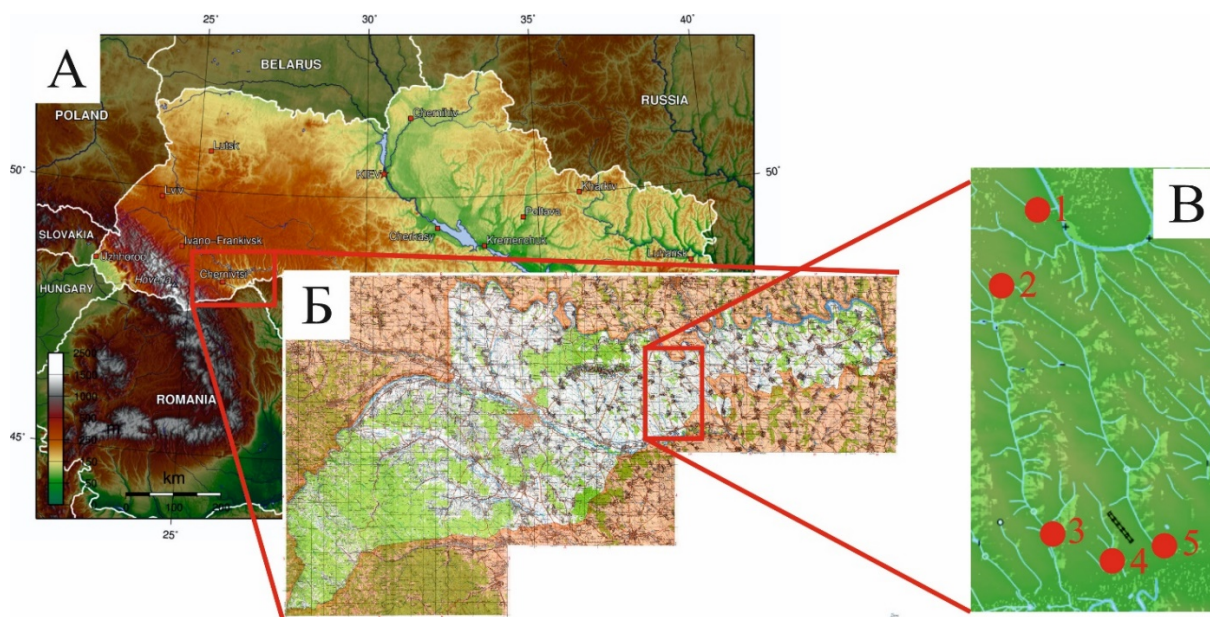


Рис. 1. Територія дослідження. А – фізична карта України, Б – фізична карта Чернівецької області, В – територія дослідження: 1 – п. Підзамче (с. Анадоли), 2 – провал с. Даньківці, 3 – п. Буковинка (с. Стальнівці), 4 – п. Мамалига (с. Мамалига), 5 – п. Попелюшка (с. Крива, Республіка Молдова)

Поблизу села Данківці (рис. 1В-2) в 1998 році стався раптовий провал, який створив доступ до підземної порожнини. Загалом глибина провалу становила 22 метри. Підземна порожнина виявилась майже повністю заповнена водою, лише близько 1,5 метри були вільні від води. Глибина становила 7 метрів (Klimchouk, Andrejchuk 2002).

Щодо фаціальної мінливості сульфатної товщі околиць села Стальнівці (рис. 1В-3), то за даними розвідки родовища, спостерігається рівномірне розміщення кристалічних агрегатів у верхній частині і поступове їх кількість зменшується до підшови гіпсу. Т. Перит визначив, що в Стальнівцях простежується така гіпсова фація, як скелетоподібний гіпс в проміжки якого включена прихованокристалічна фація. Фація скелетоподібного гіпсу являє собою хаотично розташовані зрощені між собою кристали, які утворилися за рахунок трохи довших періодів високої солоності розчинів. Ймовірно ріст гіпсу було перервано розчинення або механічним знищенням кристалів (Peryt 1996).

Гіпсова товща околиць села Мамалига (рис. 1В-4) відноситься до юніту М та представлена двома фаціями: фація мікробіального (строматолітового) гіпсу та селенітово-мікробіальною фацією. Фація мікробіального гіпсу утворилась внаслідок зв'язування сульфатного осаду з бентосними мікробними водоростями. А генезис селеніт-мікробіальної фації пов'язаний з надходженням уламків кристалів медового кольору і включення їх в фацію мікробіального гіпсу (Babel et al. 2009).

У. Костюк.

Літологічні особливості східного краю сульфатного басейну Міоцену Прут-Дністерського межиріччя та специфіка його закарстування

Спостереження за структурно-текстурними відмінностями в кар'єрі села Крива (рис. 1В-5) (Республіка Молдова) вперше здійснив В. Андрейчук. Загалом він відмітив, що гіпсова товща тут складається з трьох структурно-текстурних відмін, а саме нижня частина представлена дрібнокристалічними, тонкошаруватими і прихованокристалічними гіпсами, середня частина відрізняється чіткою шаруватістю гіпсу з включеннями середньозернистих і дрібнозернистих кристалів, верхня частина є неоднорідною та представлена мозаїчною сумішшю крупно- і середньокристалічними різноманітністей гіпсових зерен (Andreychouk, Klimchouk 2017). Загалом, за М. Бомбелем, описані фації є типовими для юніту М (Babel 2005b).

3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Нами було здійснено ряд стратиграфічних, геоморфологічних, карстологічних спостережень, які дещо поглибили знання, щодо структурно-текстурних особливостей сульфатної товщі на досліджуваних ділянках, а також описано підземні карстопрояви. Загалом використовуючи в дослідженнях карстові печери можна краще дослідити фаціальну відмінність гіпсової товщі та простежити за особливостями та закономірностями розвитку морфології підземних порожнин.

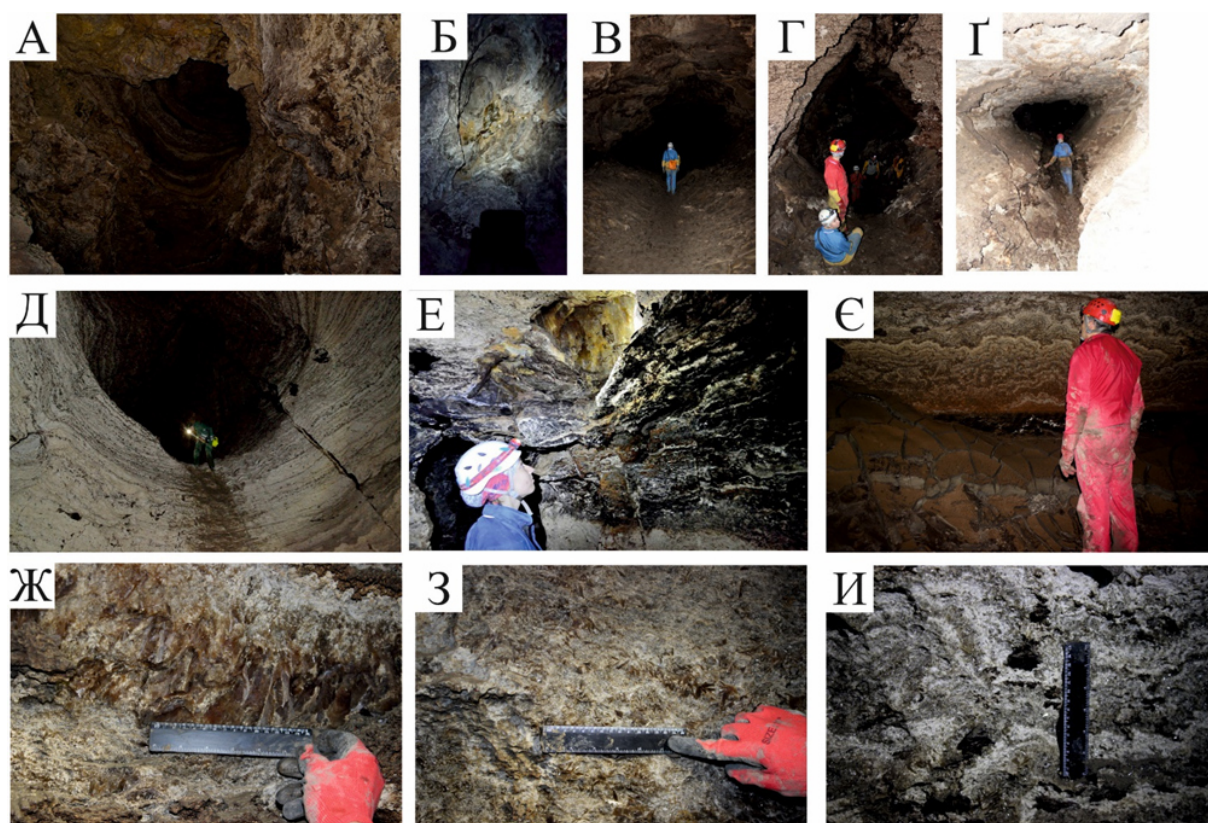


Рис. 2. Морфологія галерей печери Попелюшка та особливості гіпсової товщі. А – Стельовий купол, Б – висхідний стінний купол, В – морфологія галереї Гранд Каньйон, Г – морфологія галереї в районі залу Перспектив, Ґ – хід в районі Метрополітен, Д – фідер Лариса, Е – плафон, Є – строматолітова гіпсова фація в середній частині гіпсового профілю, Ж – трав'яноподібні включення в дрібнокристалічну фацію, З – хаотичні стрижнеподібні кристали, И – фація дрібнозернистого гіпсу зі слідами гіпсифікованих мікробіальних матів

Під територіями України та Республіки Молдова розташована гігантська лабіринтова печерна система Попелюшка (рис. 2). В цій печері нами виділено такі гіпсові фації зверху вниз:

У. Костюк.

Літологічні особливості східного краю сульфатного басейну Міоцену Прут-Дністерського межиріччя та специфіка його закарстування

- 1 – фація дрібнозернистого гіпсу з включеннями рандомно розсіяних, прямих стрижнеподібних кристалів та рядів трав'яноподібних кристалів (рис. 2 Ж);
- 2 – строматолітова фація (рис. 2, 3);
- 3 – фація дрібнозернистого гіпсу зі слідами гіпсифікованих мікробіальних матів (рис. 2Є, И) (Рідуш, Костюк 2018).

Загалом морфологія галерей печери Попелюшка є класичною для печер гіпогенного спелеогенезу. Саме на прикладі цієї печери розроблялись основні положення концепції гіпогенного утворення підземних порожнин. Стельові куполи і канали, фідери, висхідні канали в нависаючих стінах, вікна (рис. 2А, Б, В, Г, Д). Також, типовим для морфології печери Попелюшка є бокове розширення ходу в інтервалі дзеркала підземних вод (рис. 2Г). В безнапірних умовах відбувається певна модифікація ходу та ріст об'єму порожнин (Климчук 2017).

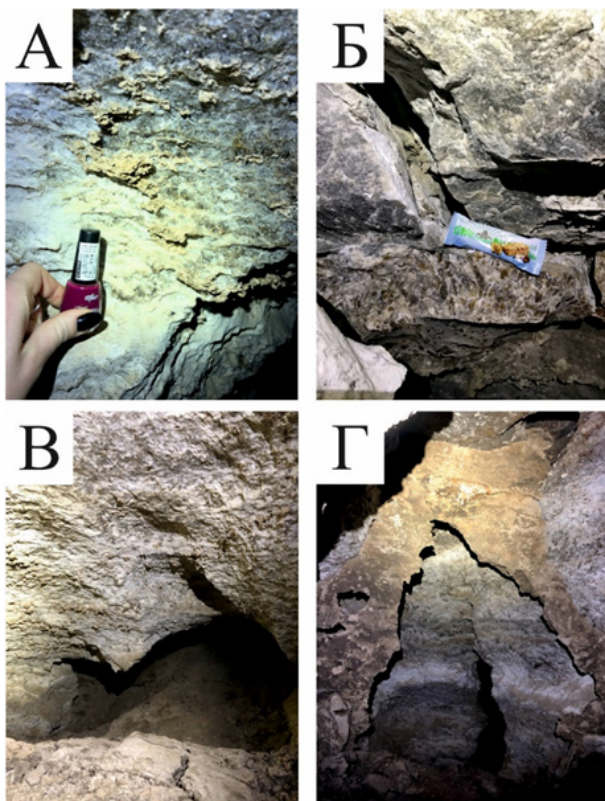


Рис. 3. Морфологія галерей печери Мамалига та фаціальні особливості гіпсової товщі.

А – мікробіальна (строматолітова) фація, Б – селенітово-мікробіальна фація, В, Г – морфологія галерей печери Мамалига

У 2020 році спелеологами Чернівецького спелеоклубу «Троглодит» та Чортківського спелеоклубу «Кристал» в гіпсовому кар'єрі села Мамалига було виявлено нову печеру, яку було названо «Мамалига» (рис. 3). Більша частина печери заповнена вторинним піщано-глинистим матеріалом, власне це створило трирівневистість печери. Загалом мезоморфологія печери (рис. 3В, Г) вказує на початкове гіпогенне закарстування, а саме куполи розвантаження, стельові канали, висхідні стінні канали, кулеподібні куполи. Також в печері відмічено багато «висипок» - конусів висипання та продавлювання, що свідчать про те, що висхідними потоками гіпсову товщу було прокарстовано наскрізь, що призвело до порушення стабільності стельових куполів і як наслідок проникнення перекриваючих, в тому числі четвертинних терасових відкладів в порожнину печери. Гіпсова товща представлена прихованокристалічною фацією з включеннями селенітовик кристалів (рис. 3В, Г).

Раніше в кар'єрі існувала Печера Повзучий Голандець (довжина 281 м) (Рідуш, Купріч 2003), яка була майже повністю

заповнена кластичним матеріалом. Пізніше ця печера була знищена видобутком гіпсу.

Недалеко від попередніх двох печер, в кар'єрі поблизу села Стальнівці (рис. 4) знаходиться печера Буковинка. Три рівні галерей печери морфологічно вказує на гіпогенне походження. Середній поверх має широкі галереї, що з'єднані між собою вузькими проходами. Верхній поверх представлений прокарстованими тріщинами висотою до півтора метра. Нижній поверх частково заповнений вторинними відкладами та частково затоплений (Рідуш, Купріч 2003; Коржик 2007).

У. Костюк.

Літологічні особливості східного краю сульфатного басейну Міоцену Прут-Дністерського межиріччя та специфіка його закарстування

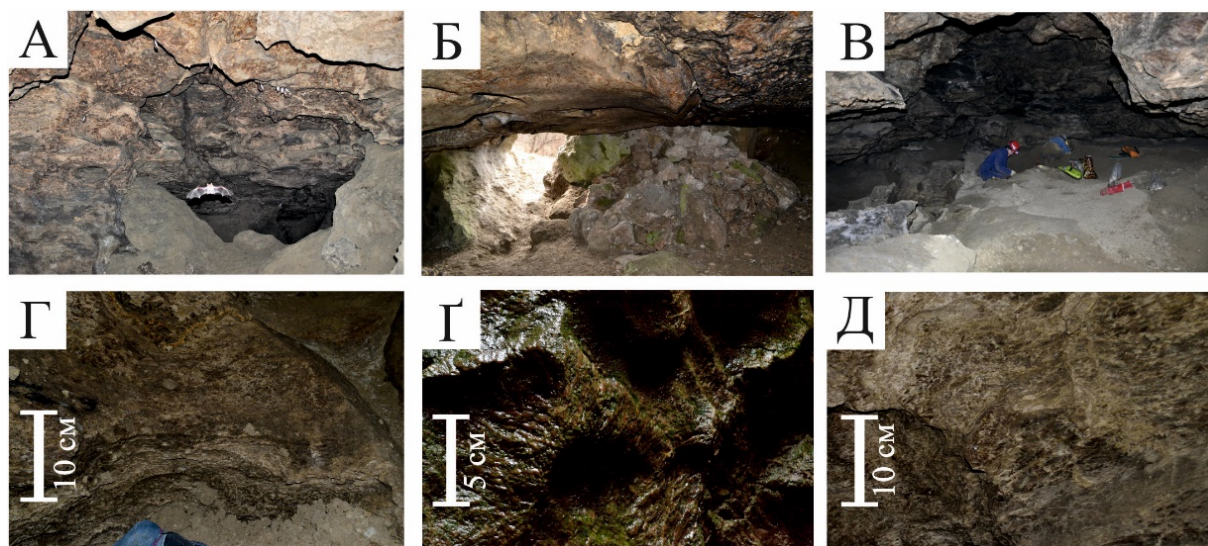


Рис. 4. Морфологія галерей печери Буковинка та літолого-стратиграфічні відміни гіпсу: А, Б, В – морфологія основних галерей печери, Г – контакт фації строматолітового гіпсу з крупнокристалічним гіпсом, Г – скелеотподібний гіпс, Д – фація крупних селенітових кристалів включених в прихованокристалічну фацію

Наші дослідження визначили двочленність гіпсового розрізу. Нижня частина гіпсового профілю представлена юнітом М, а саме фацією прихованокристалічного гіпсу зі слідами гіпсифікованих мікробіальних матів або іншими словами строматолітовою фацією. Вище потужністю 9,5 метрів залягає юніт SH, який представлений крупнокристалічною селенітовою фацією, кристали якої включені в прихованокристалічний гіпсовий матрикс, а також скелетоподібною фацією яка залягає на еродованій поверхні юніту М. Тобто в районі села Стальнівці верхня частина розрізу вказує, що евапритовий басейн вже набуває більш глибоководних ознак. Тому на цій ділянці ми можемо спостерігати літологічний контакт юніту М та юніту SH (Рідуш, Костюк 2018).

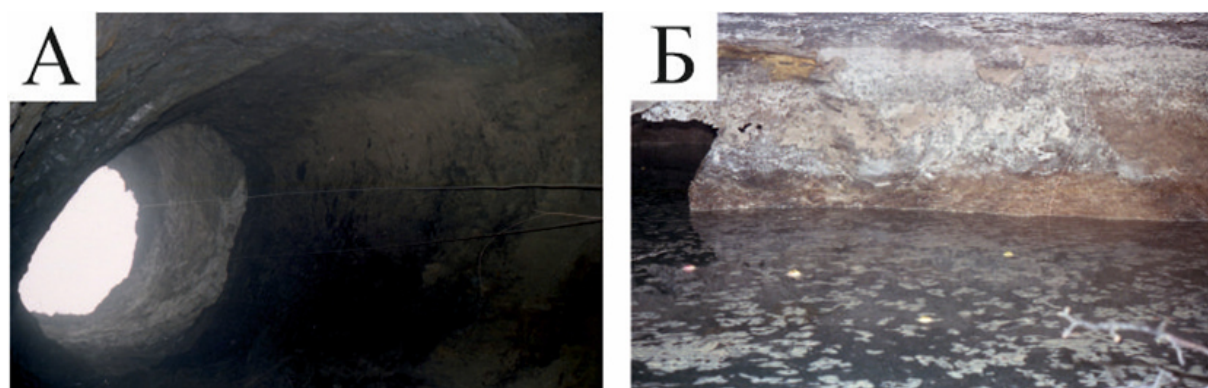


Рис. 5. Данківецький провал. А – вид знизу, Б – гіпсова товща в камері яка стала доступною після провалу

Морфологія порожнини під Данківецьким провалом (рис. 5) під провалом подібна до морфології печери Попелюшка. Гіпсова товща складена хвилястою строматолітовою гіпсовою фацією. Подекуди присутні включення синьо-сірого агрегату, ймовірно ангідриту (рис. 5Б).

Ближче до р. Дністер на північ від Данківецького провалу в селі Анадоли розташована печера Підзамчисько. Тут нами було відмічено, що гіпсова товща в печері відрізняється від опису М. Бомбеля. Гіпсові фації залягають в такій послідовності від пісків неогену: фація

У. Костюк.

Літологічні особливості східного краю сульфатного басейну Міоцену Прут-Дністерського межиріччя та специфіка його закарстування

прихованокристалічного гіпсу з включенням брекчії кристалічного гіпсу та з включеннями ламінованого хвилястого гіпсу (потужністю 1,5 м) (рис. 6Г) вище залягає фація скелетоподібного гіпсу проміжки між яким заповнені прихованокристалічним гіпсом (потужність 2 м), ще вище залягає жовновий гіпс з дрібними жовнами, в якому подекуди простежується цукроподібний гіпс (рис. 6Г, Г', Д, Е, Є).

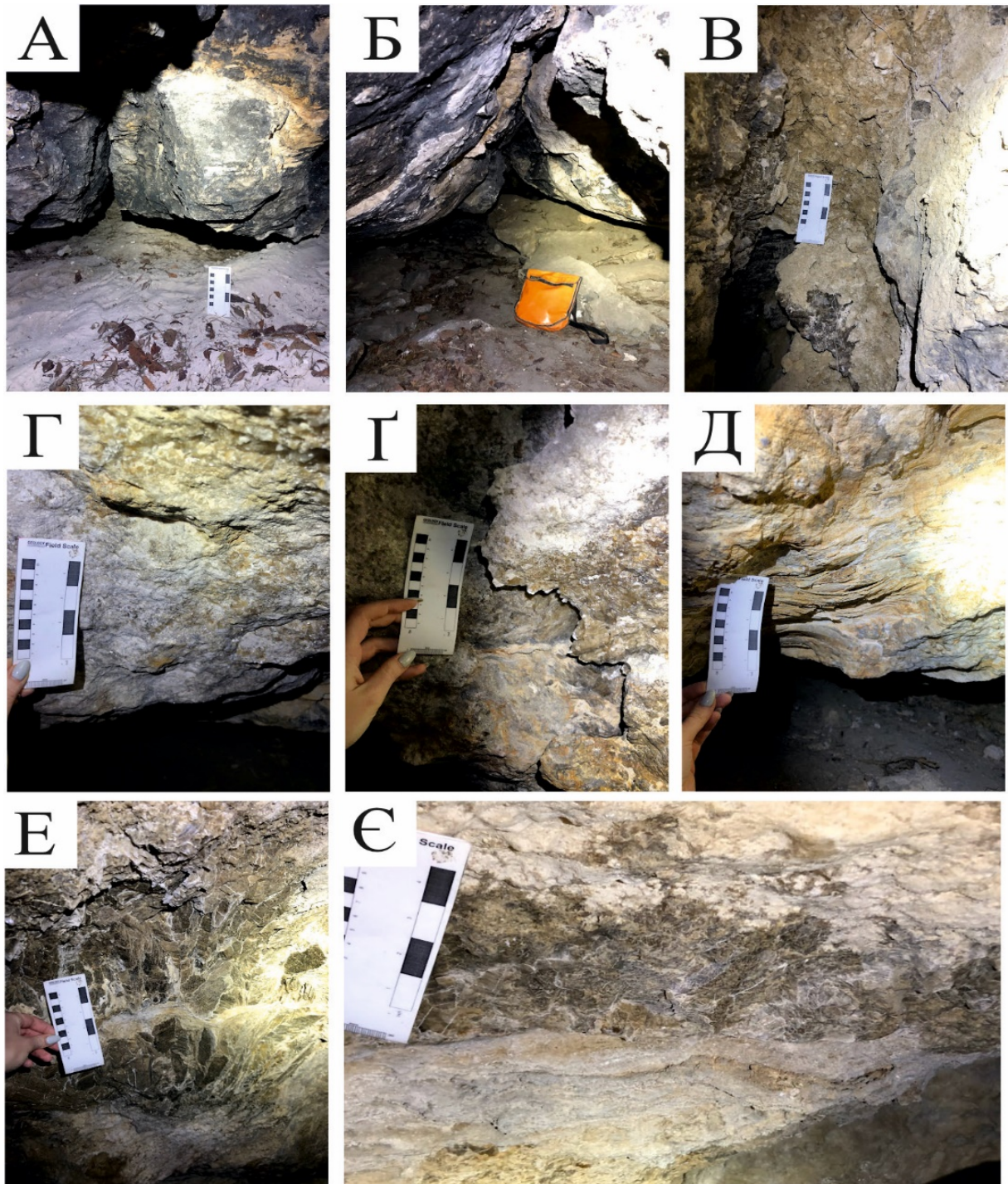


Рис. 6. Особливості гіпсової товщі та морфологія печери Підзамчисько (с. Анадоли). А, Б – морфологія галереї на контакті з підстелюючим піском, В – прокарстована тріщина, яка заповнена вторинним відкладами, Г, Г' – прихованокристалічна фація з включенням брекчії кристалічного гіпсу, Д – прихованокристалічна фація з включеннями ламінованої гіпсової фації, Е – скелетоподібний гіпс включений в прихованокристалічну фацію, Є – зверху до низу: жовнова фація з дрібними жовнами, скелетоподібна фація, прихованокристалічна фація

У. Костюк.

Літологічні особливості східного краю сульфатного басейну Міоцену Прут-Дністерського межиріччя та специфіка його закарстування

Морфологія галерей печери вказує на гіпогенне походження порожнини (рис. 6А, Б). Хоча основна галерея є дуже низькою, з хвилястою стелею з чітко вираженими боковими куполами та міжкупольними формами, що вказує на гіпогенне (висхідне) закарстування. Є один невеликий камін висотою 3,5 метри, що являє собою прокарстовану тріщину, що заповнена вторинними відкладами, переважно суглинками та уламками карбонатів (ратинським вапняком).

4. ВИСНОВКИ

Загалом осадонакопичення строматолітової фації в крайовій частині евапоритового басейну Передкарпаття в баденію відбувалось в невеликих мілинах типу сучасних салін Австралії. Гіпсифікація осаду відбувалась одночасно з наростанням мікробіальних ціанобактерій на плоскій поверхні мілководної улоговини чи прибережної зони евапоритового басейну. Тобто кожен новий шар ціанобактерій наростав на попередньому вже гіпсифікованому шарі. Загалом таке наростання і гіпсифікація ціанобактерій відбувалось дуже швидко в геологічному співвідношенні (орієнтовно впродовж 20–50 тис. років). М. Бамбель вказував, що перешарування та включення в цю фацію (порфіробластової фації, ламінованої, вапняку) є типовим для такого виду мілін (Babel 2005b).

М. Перит виділяє поширення цієї фації в першу зону. У цій зоні гіпсова товща повністю або майже повністю представлена фацією прихованокристалічного гіпсу зі слідами гіпсифікованих мікробіальних матів, яку він називав її строматолітовою.

М. Бомбель уточнив поширення фації прихованокристалічного гіпсу зі слідами гіпсифікованих мікробіальних матів і виділив в юніт М. Цей юніт займає нижню частину під юнітами SH та SV в деяких відслоненнях. Ця фація інтерпретується як південно-східний край евапоритового басейну, де на той час був більш тепліший клімат і відповідно швидше випаровування. Тому гіпсова товща яка повністю складена цією фацією простежується від печери Млинки на Поділлі до печери Попелюшка (с. Крива, Молдова).

Наші дослідження сприяють уточненню фаціальних відмінностей гіпсової товщі за рахунок застосування спелеологічного методу. Цей метод дає можливість вивчати сульфатну товщу на нееродованих стінках печер.

Нами було визначено, що окраїна евапоритового басейну складена переважно з прихованокристалічних фацій які місцями можуть містити в собі домішки кристалів. Такі профілі ми простежуємо в печері Попелюшка, в печері Мамалига, а провалі села Данківці. Щодо печери Підзамчисько, то тут в гіпсовій товщі зустрічається чітка частина представлена крупнокристалічними гіпсовими агрегатами і ця фацій ймовірно утворилась в більш глибоководних умовах. Також тут простежується жовнова фація яка відсутня в інших досліджуваних розрізах. Хоча, як було сказано вище в М. Бомбеля ця ділянка відноситься до юніту М.

Між печерою Попелюшка і провалом в Данківцях близько 12 км і, ймовірно, під цією територією є продовження карстової системи Попелюшки. Але ми не маємо можливість тут дослідити гіпсову товщу, оскільки тут немає ні, великих провалів, ні відслонень, ні кар'єрів. Стійкість цієї території забезпечується за рахунок потужної надгіпсової товщі осадових порід.

Провалоутворення, в межах поширення прихованокристалічних гіпсових фацій сульфатного басейну зумовлене прокарстуванням всієї гіпсової товщі гіпогенними водами до бронюючих ратинських вапняків. Крім того, велику роль відіграє поверхневий стік, який може провокувати обрушення пачки перекриваючих порід над тими ділянками які прокарстовані «наскірзь». І саме тому відбувається раптовий провал, з великою кількістю обрушеного матеріалу, який власне складається з осадових надгіпсових відкладів.

Такий тип провалоутворення вимагає більш докладного та точкового вивчення гіпсової товщі для цілей промисловості та будівництва. Крім того, дослідження такого роду є передумовою до інженерно-геологічного районування території для господарського використання.

У. Костюк.

Літологічні особливості східного краю сульфатного басейну Міоцену Прут-Дністерського межиріччя та специфіка його закарстування

ЛІТЕРАТУРА

1. Климчук, О. Б. (2017). Розвиток теорії гіпогенного карстогенезу: наукові та практичні застосування. *Вісник НАН України*, (11), 10-29. [Klymchuk, O. B. (2017). Rozvytok teorii hipohennoho karstohenezu: naukovi ta praktychni zastosuvannia. *Visnyk NAN Ukrainy*, (11), 10-29.]
2. Коржик, В. П. (2007). *Карст і печери Буковини. Проблеми моніторингу, охорони і використання*. Чернівці : Зелена Буковина. [Korzhuk, V. P. (2007). *Karst i pechery Bukovyny. Problemy monitorynhu, okhorony i vykorystannia*. Chernivtsi : Zelena Bukovyna.]
3. Ломаєв, О. О. (1970). Геологічні умови розвитку карсту на території УРСР. *Фізична географія і геоморфологія*, (4), 3-14. [Lomaiev, O. O. (1970). Neolohichni umovy rozvytku karstu na terytorii URSR. *Fizychna heohrafiia i heomorpholohiia*, (4), 3-14.]
4. Рідуш, Б. Т., & Костюк, У. І. (2018). Особливості літологічної будови сульфатної товщі Припруття та їх вплив на розвиток карсту. *Географія в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка: 85 років – досягнення та перспективи (GTSNU) : Міжнародна науково-практична конференція*. 68–71. [Ridush, B. T., & Kostyuk, U. I. (2018). Osoblyvosti litolohichnoi budovy sulfatnoi tovshchi Prypruttia ta yikh vplyv na rozvytok karstu. *Heohrafiia v Kyivskomu natsionalnomu universyteti imeni Tarasa Shevchenka: 85 rokiv – dosiahnennia ta perspektyvy (GTSNU) : Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia*. 68–71.]
5. Рідуш, Б., & Купріч, П. (2003). *Печери Чернівецької області : Кадастр*. Чернівці : Прут. [Ridush, B., & Kuprich, P. (2003). *Pechery Chernivetskoï oblasti : Kadastr*. Chernivtsi : Prut.]
6. Andreychouk, V., & Klimchouk, A. (2017). Zoloushka Cave (Ukraine–Moldova) – A Prime Example of Hypogene Artesian Speleogenesis in Gypsum. In *Cave and Karst Systems of the World, Chapter 24* (pp. 387-406), Springer International Publishing AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-53348-3>
7. Bąbel, M. (2005a) Event stratigraphy of the Badenian selenite evaporites (Middle Miocene) of the northern Carpathian Foredeep. *Acta Geologica Polonica*. 55(1), 9-29.
8. Bąbel, M. (2005b). Selenite-gypsum microbialite facies and sedimentary evolution of the Badenian evaporite basin of the northern Carpathian Foredeep. *Acta Geologica Polonica*, 55(2), 187-209.
9. Bąbel, M., Olszewska-Nejbert, D., Boguckij, A., Jacyszyn, A., & Śliwiński, M. (2009). Gipsy rejonu Mamalygi (Mamalyhi), Zahodnia Ukraina. Lessy najstarsze Podola i Pokucia: problemy genezy, stratygrafii i paleogeografii. *Monografia naukowa (XVI Ukraińsko-Polskie Seminarium, Skała Podolska, 13-16 wrzesnia 2009 r.)*. 169-186.
10. Iliescu, D. M. (1935). Fenomene carstice in regiunea Mamaliga (Jud. Hotin). *Buletinul societatii regale Romane de geografie*. (LIV), 265-273.
11. Klimchouk, A., & Andrejchuk, V. (2002). Karst breakdown mechanisms from observations in the gypsum caves of the Western Ukraine: Implications for subsidence hazard assessment. *International Journal of Speleology*, 31(1/4), 55-88. <http://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.31.1.4>
12. Peryt, T. M. (1996). Sedimentology of Badenian (middle Miocene) gypsum in eastern Galicia, Podolia and Bukovina (West Ukraine). *Sedimentology*, 43(3), 571-588. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3091.1996.d01-26.x>
13. Peryt, T. M. (2001). Gypsum facies transitions in basin-marginal evaporites: middle Miocene (Badenian) of west Ukraine. *Sedimentology*, (48), 1103-1119. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3091.2001.00410.x>

U. Kostyuk

Lithological features of the eastern edge of the Miocene sulfate basin in Prut-Dniester interfluvium and the specifics of karstification

Keywords: sulfate formation, gypsum facies, gypsum, evaporite basin, karst.

Abstract: The entire sulfate layer of the western Ukraine is divided into units (lithosomes) that define specific conditions of sediment accumulation in each area.

Our research is focused on studying the structural-textural features of the gypsum layer at the edge of the evaporite basin on the Prut-Dniester interfluvium and tracing their influence on the development of karst manifestations, both surface and underground.

The lithological characteristics of evaporites in this area were studied by T. Perita and M. Bombel. The latter assigned the eastern edge of the Miocene sulfate basin to unit M, which is entirely represented by a facies of concealed crystalline gypsum with traces of gypsumified microbial mats. This facies is typical for coastal plains of a saline basin, as colonies of cyanobacteria settle in shallow waters under warm climatic conditions, and

У. Костюк.

Літологічні особливості східного краю сульфатного басейну Міоцену Прут-Дністерського межиріччя та специфіка його закарстування

upon the influx of sulfate solution, these cyanobacteria undergo gypsification. Thus, the facies of concealed crystalline gypsum with a wavy structure formed due to the gypsification of cyanobacteria in the coastal zone.

Regarding karst manifestations, the investigated area is home to two giant labyrinthine caves: Popelyushka Cave (91 km) and Bukovinka Cave (5 km). These caves serve as classic examples of hypogenic speleogenesis. The morphology of the caves, including ceiling domes, overhanging walls, windows, etc., indicates the formation of galleries by the influx of artesian chemically active waters.

We conducted research to refine the litho-facial features of the territory. The speleological method was employed, as it allows for observing differences in the gypsum layer on uneroded cave walls. We refined the facial differences, using examples from caves such as Popelyushka, Mamalyha, Bukovinka, Pidzamche, as well as through the cavity that was revealed upon penetration under the collapse in the village of Dankivtsi.

Such research serves as the foundation for studying the evolution of the Miocene evaporite basin and also holds practical significance, forming the basis for investigating collapse formation in the surveyed area. This is because different facial variations of gypsum react differently to dissolution by chemically active waters.

У. Костюк.

Літологічні особливості східного краю сульфатного басейну Міоцену Прут-Дністерського межиріччя та специфіка його закарстування