

УДК 553.04:550.4:622.1

МІНЕРАЛЬНІ НОВОУТВОРЕННЯ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД ВЕРХНЬОЇ ЛАВРИ: СКЛАД ТА УМОВИ ФОРМУВАННЯ

Черевко І.А.¹, Кріль Т.В.²

¹*Національний заповідник «Києво-Печерська лавра», Київ, Україна,
id0973974627@gmail.com*

²*Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна,
kotkotmag@gmail.com*

У підземних спорудах Верхньої Лаври виявлено та досліджено мінеральні новоутворення: сталактити, сталагміти, натічні кори та голкоподібні нарости. Встановлено їх мінеральний склад (кальцит, тенардит) та умови формування. Дослідження важливі для розуміння процесів мінералоутворення й збереження підземної спадщини.

Ключові слова: Києво-Печерська лавра, підземні споруди, мінеральні новоутворення, сталактити, сталагміти, натічні кори.

MINERAL FORMATIONS IN THE UNDERGROUND STRUCTURES OF THE UPPER LAVRA: COMPOSITION AND FORMATION CONDITIONS

Cherevko I.A.¹, Kril T.V.²

¹*National Preserve “Kyiv-Pechersk Lavra”, Kyiv, Ukraine,
id0973974627@gmail.com*

²*Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine,
kotkotmag@gmail.com*

In the underground structures of the Upper Lavra, mineral formations were identified and studied: stalactites, stalagmites, flowstone crusts, and needle-like aggregates. Their mineral composition (calcite, thenardite) and formation conditions were determined, highlighting significance for speleogenesis and heritage conservation.

Keywords: Kyiv-Pechersk lavra, underground structures, mineral formations, stalactites, stalagmites, flowstone

На території Києво-Печерської лаври розташовано значну кількість підземних споруд (ПС) різного функціонального призначення – господарських (підвали, льохи, льодовні), інженерних (водогін, опалювальні та дренажні галереї),

військово-оборонних (патерни, протимінні галереї) тощо. Їх будівництво охоплює період від XI до початку XX ст. Більшість споруд зведено в лесових ґрунтах – пористих супісках із високим вмістом карбонатів; частина – у насипних та делювіальних відкладах лаврського яру. Глибина розташування підземних споруд, їх розміри, внутрішнє обладнання зумовлені функціональним призначенням, а також особливостями рельєфу і геологічної будови території.

У підземних спорудах Верхньої лаври широкого розвитку набули різноманітні натічні форми та голчасті скупчення мінеральних новоутворень. Вивченню особливостей утворення мінералів у природних підземних порожнинах, особливо у карстових печерах, приділено багато уваги [2, 9]. Відносно мінералоутворення у штучно створених підземних порожнинах, відомі поодинокі публікації, в яких досліджуються утворення у дренажних штольневих системах, тунелях, підвалах тощо [3, 7].

З метою аналізу чинників та умов формування мінеральних новоутворень у підземних спорудах Верхньої лаври виконано натурні обстеження з фітофіксацією утворень, відбір зразків, їх опис та типізацію, аналіз мінерального складу.

За морфологією та місцем формавання виявлені нами мінеральні новоутворення у ПС поділено на сталактити двох типів, сталагміти, натічні форми, голкоподібні нарости, зображення яких показано на рисунку 1.

Сталактити – нарости у склепіннях споруд у вигляді буруль. Нами виділено два типи сталактитів.

Перший тип представлений конусподібними, неправильної округлої форми у плані, щільними утвореннями жовтувато і сірого, жовтувато-бурого кольору. Довжина сталактитів першого типу становить 7–25 см, у середині вони мають канал діаметром до 0,3 см. Поперечний діаметр зверху становить 2–3 см, знизу – до 1 см. У поперечному розрізі виділяються концентричні кола, яких нараховується від 20 до 40. Поверхня наростів нерівна, ребриста. Перший тип сталактитів виявлено нами у ПС № 28 біля корпусу К–31 (див. рис 1, а). Підземна споруда побудована у XVIII ст. з цегли у зсувних та насипних ґрунтах на схилах лаврського яру. Глибина занурення склепіння споруди складає

1,5–2,0 м. Натічні форми у вигляді сталактитів ростуть із склепіння у місці виникнення деформаційних порушень, а саме тріщин. Причина виникнення натічних форм у склепінні споруди – інфільтрація атмосферних опадів, що особливо активно відбувається під час весняного сніготанення.

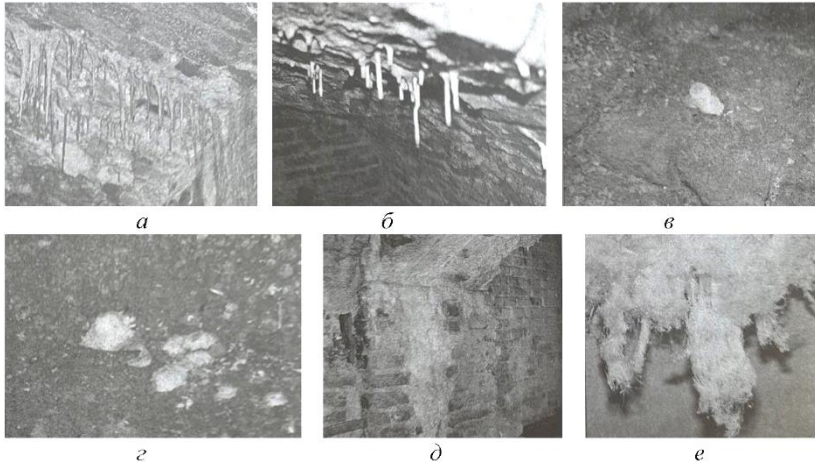


Рис. 1. Види мінеральних утворень у підземних спорудах Верхньої лаври:
а – сталактити першого типу, ПС № 28; *б* – сталактити другого типу, ПС № 28;
в – сталагміт, ПС № 7; *г* – сталагміт, ПС № 7; *д* – натічні кори, ПС № 28;
е – голкоподібні нарости, ПС № 16а.

Другий тип представлений циліндричними крихкими наростами білого і сіруватого кольору, довжиною 3–30 см, діаметром до 0,5 см (див. рис 1, *б*). В середині мають канал діаметром до 0,3 см Товщина стінок сталактитів другого типу досягає 0,1 см. Другий тип сталактитів утворюється на стелі підземних споруд, розташованих на незначній глибині внаслідок інфільтрації атмосферних опадів та конденсації вологи. Такі сталактити зустрічаються у ПС № 3 (під корпусом К–4), № 7 (біля корпусу К–21), № 14а (у проїзді корпусу К–5), у західному відгалуженні ПС № 28. Окрім того, подібні нарости знайдені нами на водопровідній трубі, що знаходиться у місці з'єднання ПС № 28 з основним підвальним приміщенням корпусу.

Сталагміти – нарости на підлозі споруд (див. рис 1, в, з). Описані нами у ПС №7 та № 28. Під сталактитами другого типу утворились білі сталагміти циліндричної форми з плоским верхом, висотою до 4 см, діаметром до 3 см в результаті випаровування насиченого мінерального розчину.

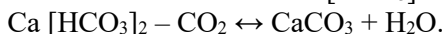
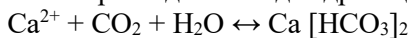
Натічні форми – білі, жовтувато-білі сіруваті плівкоподібні нарости на стінах та стелі товщиною декілька мм, з гладкою та інколи з ребристою поверхнею (див. рис 1, д). Кори формуються в результаті плівкового розтікання насичених фільтраційних розчинів внаслідок конденсації вологи та інфільтрації атмосферних опадів. Дані форми утворення на стінах описані нами в ПС № 28, 7, 11, 14а. Товщина кір на стінах досягає 1,5 см, ширина коливається в межах 0,5-3 м, що залежить від величини деформацій в конструкціях споруд, довжина становить 1–3 м, поверхня нерівна. Натічні кори на стелі підземних споруд формуються в результаті конденсації тільки на бетонних перекриттях: в західному приміщенні ПС № 14а, у привхідному приміщенні ПС № 11.

Голкоподібні мінеральні нарости. У ПС № 16а (південна частина Економічного корпусу К–7) на стелі і стінах вхідної галереї нами описані голкоподібні пухнасті білі нарости у вигляді окремих “колоній” діаметром 20-30 см, довжина кристалів до 20 см (див. рис 1, є). Загальна площа розповсюдження утворень у підземній споруді № 16а досягає 2–3 м². Характерним є те, що ці нарости утворились тільки на потинькованій поверхні. При доторку нарости легко кришаться і осипаються.

Подібні утворення знайдені нами і на північній стіні у підвалі церкви Іоанна Предтечі, розташованій в північному приділі Успенського собору. Висота їх досягає 5 см, діаметр – 35 см. Беручи до уваги, що Успенський собор було відновлено лише у 2000 р., швидкість їх росту становить 0,8 см за рік. Зародки голкоподібних наростів також ідентифіковані нами на підлозі ПС № 10 під оглядовим майданчиком.

Мінеральний склад новоутворень визначався мінералогічно-петрографічним та рентгеноструктурним методами. Аналізи виконувались методом дифрактометрії (ДРОН-3 з мідним анодом). Для аналізу були відібрані сталактити першого типу з

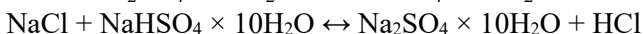
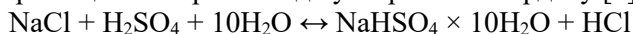
ПС № 28, сталактити другого типу з ПС № 28 та ПС № 14а та голкоподібні волокнисті утворення з ПС № 16л. Встановлено, що сталактити складені кальцитом (CaCO_3), у зразку з ПС № 14а – з домішками кварцу до 1 %. Всі зразки містять до 7 % ізоморфних домішок марганцю, заліза та магнію. Домішками заліза зумовлений жовтувато-бурий колір сталактитів. Доречним є припущення, що сталагміти та натічні кори, завдяки подібності умов утворення, також складені кальцитом. Голкоподібні утворення з ПС № 16а складені безводним сульфатом натрію Na_2SO_4 – тенардитом, з незначним вмістом зерен кварцу, що попали до утворень з тиньку або з розчину, який скріплює цегляну кладку. Кальцит утворився в результаті випадання мінералу з насичених розчинів, що повільно просочуються крізь товщу покривних ґрунтів та склепіння підземних споруд. Джерелом є породи, що містять значну кількість карбонатів: лесоподібні супіски, в яких і розташовано більшість підземних споруд Верхньої лаври; розчин, що скріплює цеглу, тощо, та вуглекислота, що міститься у повітрі. Обов'язкові умови – замкнений простір (природна або штучна порожнина) та підвищена вологість. Розчини при зависанні у вигляді крапель зі стелі шляхом випаровування втрачають воду, сильно пересичуються та виділяють колоїдні або тонкодисперсні осадки у вигляді натічних мас, що поступово твердішають та розкристалізуються при подальшій дегідратації [1]:



Умови мінералоутворення у штучних виробках взагалі і підземних спорудах Верхньої лаври зокрема та низькотемпературного мінералоутворення у природних порожнинах досить схожі, бо характеризуються стабільністю температури, підвищеною вологістю. Мінеральні утворення штучних порожнин морфологічно не відрізняються від печерних утворень. Мінералізуючі розчини підземних споруд – це атмосферні води, що просочуються через товщу перекриваючих ґрунтів і збагачуються елементами, які розчиняються цими ж водами у процесі просочування. За складом розчини здебільшого гідрокарбонатно-кальцієві, нейтральні або слабо лужні з

мініралізацією 0,6–1,8 г/л, загальною жорсткістю 2,1–5,6 мг×екв/л з незначним вмістом нітратів [6]. У підземних виробках з цих розчинів і виникають мінеральні утворення.

Тенардит і раніше деякими дослідниками [4, 5] відзначався як новоутворений мінерал на стінах та стелі споруд і приміщень при підтіканні дощових вод. Відзначено також і сезонний характер появи тенардиту – інтенсивний ріст тенардиту відбувається восени та навесні, коли повітря достатньо вологе. Утворення тенардиту пов’язують також і з додаванням до цементного розчину Na_2SO_4 для прискорення затвердіння цементу або з реакцією між гіпсовим в’язучим та рідким склом, що додаються для придання водостійкості. Однак утворення тенардиту в ПС № 16а пов’язане, скоріше за все, з реакцією кислих (як наслідок, глобального забруднення атмосфери сірчаним ангідритом [8]) дощових вод з галітом (NaCl), що використовується як добавка до тиньку та побілки для надання їм міцності. Очевидно, в результаті такої реакції спочатку утворювався мірабіліт – гідросульфат натрію, дегідратація якою в подальшому в умовах сухого приміщення і призвела до утворення тенардиту [4]:



Висновки. У підземних спорудах Верхньої лаври встановлено мінеральні утворення чотирьох видів: сталактити (нарости на склепіннях споруд), сталагміти (нарости на підлозі споруд), натічні кори на стелі та стінах споруд, голкоподібні нарости.

За результатами рентгеноструктурного аналізу сталактити, сталагміти та натічні кори складені карбонатом кальцію – кальцитом і містять ізоморфні домішки заліза, марганцю та магнію, а також уламки кварцу. Голкоподібні нарости складені тенардитом – сульфатом натрію. Основним чинником утворення карбонатних мінералів (кальциту) є розтікання по стелі та стінах насичених фільтраційних розчинів, що утворились внаслідок інфільтрації атмосферних опадів через товщу покривних відкладів, та конденсація вологи. Утворення тенардиту пов’язане з реакцією кислих дощових вод з галітом, що використовується як добавка до тиньку та побілки для надання їм міцності.

Дослідження мінеральних утворень у підземних штучних порожнинах має як теоретичне, так і практичне значення. З теоретичної точки зору воно дасть змогу уточнити фізико-хімічні процеси, що призводять до утворення, зміни та руйнування мінералів; оцінити швидкість та умови накопичення мінеральної речовини, швидкість мінерало- та осадконакопичення; з'ясувати геохімічні особливості новоутворених мінералів та оцінити антропогенний вплив міської агломерації на елементи геологічного середовища. Практичний аспект досліджень полягає у визначенні джерел, об'ємів мобілізації та шляхів міграції мінеральної речовини, яка накопичується у підземних спорудах у вигляді мінеральних утворень, що сприятиме уточненню інженерно- геологічних умов Верхньої лаври зокрема і центральної історичної частини міста в цілому. Отримані результати також можуть бути використані при проектуванні та проведенні реставраційних робіт.

Перелік використаної літератури

1. Бетехтин А. Г. Минералогия. М. Госгеоліздат, 1950. 502 с.
2. Максимович Г.А. Генетический ряд натечных образований пещер. Пещеры. Перм. Ун-т, 1965. Вып. 5.
3. Максимович Н.Г. Сталактиты в подвалах. Пещеры. Перм. Ун-т, 1978, 118 с.
4. Потапов С.С., Ершов В.В. Вторичное минералообразование в стеновых покрытиях. *Уральский минерал. сб.* Екатеринбург, 1993. № 1. С. 120–123.
5. Потапов С.С. Минеральные новообразования в Крестовоздвиженском храме Белогорского монастыря. *Уральская минералогическая школа.* 2001. Екатеринбург. URL: http://www.usmga.ru/min_school/2001/tes2001/
6. Рибін В.Ф., Черевко І.А., Куциба В.О. Розробити методику та обґрунтувати моніторинг геологічного середовища зон історичної забудови м. Києва з метою охорони історико-архітектурних пам'яток. Звіт з бюдж. теми № 15 ІГН НАНУ. К.: ІГН НАНУ, 2001.
7. Шехунова С.Б., Селивачева У.М. Карбонатні новоутворення дренажних штольневих систем Києво-Печерської лаври та прилеглих територій в м. Києві. *Сучасні проблеми геологічної науки.* Київ ІГН НАНУ, 2003. С. 82–84.
8. Щербакова Е.П. Сульфатизация верхних частей земной коры как одно из последствий технической деятельности человека. *Минералогия месторождений Урала.* Свердловск, 1990. С. 164–167.
9. Hill C., Forti P. Cave minerals of the world. National Speleological Society, Inc, Huntsvill, Alabama. 1986. 238 p.