

У.М. Селівачова

**ОСОБЛИВОСТІ ЛІТОГЕНЕЗУ В ТЕХНОГЕННО-ГЕОЛОГІЧНІЙ СИСТЕМІ ПІДЗЕМНИХ ВИРОБОК
(НА ПРИКЛАДІ ДРЕНАЖНИХ ШТОЛЕН М. КИЇВ)**

У.М. Selivachova

**LITHOGENESIS PECULIARITIES IN THE TECHNOGENIC GEOLOGICAL UNDERGROUND DRAINAGE
ADIT SYSTEMS ENVIRONMENT IN KYIV**

На основани изучения отложений выработок дренажных штольневых систем глубокого заложения, расположенных на правом склоне Днепра в пределах г. Киев, охарактеризованы особенности седиментогенеза, представлены строение и минеральный, химический состав неконсолидированных минеральных новообразований, известных в пещерах как лунное молоко, глиняные сталактиты и сталагмиты. Обосновано место неконсолидированных минеральных образований в типизации образований дренажных штольневых систем.

Ключевые слова: седиментогенез, литогенез, осадконакопление, минеральные новообразования, лунное молоко, дренажные штольни.

On the basis of investigations of sediments formed in drainage galleries environment main features of sedimentogenesis where grounded. The descriptions of new formed minerals in drainage adit systems within the limits of Dnipro Right Slope in Kyiv have been given. Unconsolidated materials are presented and mineral composition is established; morphology peculiarities and occur conditions where presented.

Key words: sedimentogenesis, lithogenesis, sedimentation, precipitation, mineral new formations, moonmilk, drainage galleries.

ВСТУП

У свій час безпосереднє спостереження і всебічне вивчення сучасних процесів седименто- і літогенезу дозволили встановити основні закономірності вивітрювання, карбонатної седиментації, механічної і хімічної диференціації речовини. Теоретична база літології, розроблена Л.В. Пустоваловим, М.М. Страховим, М.С. Швецовим, які встановили ряд правил і генетичних закономірностей, була зведена в теорію літогенезу М.М. Страхова. Розвиток генетичного напрямку в літології привів до обособлення двох її розділів — вчення про седиментогенез, тобто про процеси і умови сучасного і давнього осадконакопичення, і вчення про літогенез, тобто про закономірності перетворення осадків у породи. Крім розуміння літогенезу за М.М. Страховим, відомі такі визначення стадійності літогенезу: гіпергенез, седиментогенез, діагенез, катагенез, за М.Б. Вассоевичем, 1986; від діагенезу до регіонального метаморфізму, за П.П. Тимофєєвим та ін., 1974, В.Т. Фроловим, 1995; О.В. Япаскуртом, 1992, 1995, 1999 [25]. Приймаючи літогенез за М.М. Страховим як послідовність стадій: мобілізація речовини, перенос до місця осадконакопичення, осадконакопичення та діагенез; (катагенез і метагенез розглядаються як відокремлені

стадії), нами розроблено модель літогенезу у техногенно-геологічній системі (ТГС) дренажних виробок, яка поєднує в собі риси природної і техногенної систем. Виділення технолітогенезу [17] пов'язане з техногенною діяльністю людини і розвиває розпочаті ще А.С. Ферсманом та В.І. Вернадським розробки щодо особливостей техногенного впливу на геологічне середовище та біосферу. Процеси технолітогенезу протікають переважно азонально в континентальних субаеральних і субаквальних умовах та характеризуються великими швидкостями осадконакопичення. Окремі автори виділяють регресивний та прогресивний техногенний літогенез як сукупність процесів змін гірських порід і формування специфічних новоутворень під впливом техногенно-геологічної діяльності людини [15]. У попередніх роботах автором встановлена подібність протікання процесів осадконакопичення у техногенно-геологічному середовищі та природних печерах [21]. До карстових відкладів належать уламкові утворення, хімічні та органогенні [13]. За М.Г. Максимовичем, кластичні відклади в російськомовних роботах прийнято називати залишковими, обвальними та водно-механічними [8]; а хемогенні — водно-хемогенними, яким відповідає поширений в англомовних джерелах термін спелеотеми

(speleothems) — вторинні мінеральні відклади, що утворюються під дією води [27]. Різноманітність відкладів у печерах і прагнення відобразити це в класифікаціях різних авторів привели до великої кількості класифікацій. Проте досі не існує загально визнаної типізації відкладів печер (cave sediments) [29]. Серед досліджуваних автором відкладів у виробках дренажних штольневих систем (ДШС) м. Київ, представлених уламковими (водно-механічними) та хемогенними утвореннями, встановлені новоутворення різних морфологічних типів та розроблена їх типізація [11].

Метою роботи є розроблення принципової моделі літогенезу в техногенно-геологічному середовищі ДШС, що охоплює процеси мобілізації, переносу і осадиконакопичення та враховує фактори взаємодії між ґрунтовими водами і вміщуючим геологічним середовищем.

Задачі роботи — охарактеризувати особливості мобілізації, переносу речовини, осадиконакопичення та діагенезу у підземному середовищі виробок ДШС; визначити характер локалізації, будови та мінерального складу неконсолідованих утворень.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

В даній роботі викладено результати літологічного дослідження неконсолідованих утворень виробок ДШС у м. Київ. Виробки пройдені у товщі водотривких міоцен-пліоценових строкатих або пліоценових червоно-бурих глин для дренажу ґрунтових вод першого від поверхні водоносного комплексу та в алевритах обухівської світи, мергельних глинах київської світи еоцену для дренажу водоносного горизонту в межигірсько-берецьких відкладах. Гранулометричний склад неконсолідованих відкладів визначався за допомогою ситового аналізу та лазерного седиментографа MASTERSIZER2000 в лабораторії фізичних методів досліджень Інституту геологічних наук НАН України (ІГН). Мінеральний та хімічний склад зразків визначався за допомогою рентгеноструктурного та хімічного аналізів у лабораторії відділу геохімії техногенних металів та аналітичної хімії Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України, там само проводилося визначення напівкількісним емісійним спектральним аналізом валового вмісту 16 мікроелементів (Be, Cd, As, Hg, Ti, Mn, Zn, Ni, Nb, Cr, Co, Mo, Cu, Pb, Sr); хімічний аналіз дренажних вод виконувався в лабораторії ІГН НАН України, мінеральний

склад вміщуючих порід визначався за допомогою рентгенофазового аналізу (РФА) в лабораторії Львівського національного університету ім. Івана Франка.

ОСНОВНІ ПРОЦЕСИ ЛІТОГЕНЕЗУ

Літогенез в ДШС включає стадії мобілізації речовини, її переносу, седиментації і діагенезу. Розглядаючи процеси, що відбуваються в ході літогенезу в системі вода — гірська порода, що зумовлює формування геохімічних типів підземних вод та вторинних новоутворень, під «водою» розуміємо ґрунтові води, які дреноують виробки ДШС, а під «гірськими породами» — відклади, що складають геологічне середовище.

У техногенно-геологічній системі, що розглядається, діють два водоносних горизонти, які являють собою відносно закриті гідродинамічні і гідрохімічні системи. Породоутворюючими розчинами в ДШС, що дреноують перший водоносний горизонт, є дренажні води гідрокарбонатно-кальцієві, слабо лужні (рН 7,2–7,8), характеризуються вмістом катіонів Ca^{2+} (115–215 мг/дм³), Mg^{2+} (35–60 мг/дм³), аніонів гідрокарбонату HCO_3^- (275–598 мг/дм³), з мінералізацією 900–1400, на окремих ділянках 2300–2800 мг/дм³, загальною жорсткістю від 8,8–10 до 33 мг-екв. Дренажні води у виробках, що дреноують другий водоносний горизонт, мають мінералізацію 1200–1500 мг/дм³, рН 7,1–7,8, для них характерний вміст катіонів Ca^{2+} (135–230 мг/дм³), Mg^{2+} (35–70 мг/дм³) та аніонів HCO_3^- (290–550 мг/дм³). Перший від поверхні водоносний комплекс міститься в четвертинних континентальних відкладах і має атмосферне живлення та живлення за рахунок витоків з комунікацій. Другий горизонт пов'язаний з олігоценовими морськими відкладами і живиться переважно перетоком з вищезалігаючого водоносного горизонту. Це має відбиватися в хімічному аналізі проб води. В першому горизонті поряд із збільшенням мінералізації зростає кислотність розчину, в другому — розчин стає більш лужним. Основний хімічний фон у всіх пробах обох горизонтів — $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ та в меншій кількості — NaCl . Проби з ДШС № 3 мають чотирикомпонентний склад сульфат натрію хлорид натрію та гідрокарбонати магнію і кальцію. В усіх інших пробах крім однієї з'являється сульфат магнію в тій чи іншій кількості. Проби з ДШС № 16 та 27 характеризуються підвищеною (більше ніж в два рази) мінералізацією за рахунок підвищення вмісту NaCl ,

$MgCl_2$, в пробах з ДШС № 27 з'являються сульфат і хлорид кальцію. Можливо, це пов'язане з привнесенням в хімічну систему першого водоносного горизонту Cl у вигляді $NaCl$. Другий горизонт характеризується суттєво меншим вмістом гідрокарбонату магнію та хлориду натрію, більшим вмістом гідрокарбонату кальцію, сульфату магнію. Винятком є одна проба з ДШС № 47, де прогнозується підвищений вміст сульфату кальцію та хлориду магнію при повній відсутності $NaCl$. Достатньо висока диференціація хімічного складу за площею дозволяє говорити про слабкий латеральний масообмін, що здійснюється, вочевидь, шляхом дифузії. Зміна складу води відбувається під впливом гірських порід, які виступають основним джерелом хімічних елементів за рідкофазним механізмом, що описаний у ряді робіт [19, 20] (Шварцев, 2008). Особливості утворення твердої фази буде розглянута нижче.

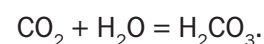
Взаємодія води з породами геологічного середовища. Геологічне середовище, обмежене заглибленням виробок, поширюється на олігоцені, міоценові, четвертинні відкладами, і нижня межа його заходить у мергелі київської світи. За результатами РФА встановлено, що відклади лесового комплексу складені кварцом, польовими шпатами, кальцитом, а тонкодисперсна фракція представлена гідрослюдами, кварцом, кальцитом, монтморилонітом, каолінітом. Переважаючими мінералами у складі відкладів, літологічно представлених алевритами, глинами та пісками є кварц, польовий шпат, кальцит, глауконіт. Моренні відклади характеризуються гідрослюдистим, гідрослюдисто-хлоритовим складом. Бурі та строкаті глини полімінеральні, складені каолінітом, монтморилонітом, гідрослюдою. Піски новопетрівської світи, піски та алеврити берецької світи (полтавська серія) представлені кварцом, каолінітом. Піски й алеврити межигірської світи складені кварцом та глауконітом. Алеврити обухівської світи містять глауконіт, монтморилоніт. У складі мергелів київської світи — слюда, карбонати, кварц, глауконіт.

При взаємодії води з гірськими породами формується зона вилуговування, що знаходиться вище рівня ґрунтових вод та зона інфільтрації, або вмивання, що розташована в середовищі виробок і в якій виникають кристалічні новоутворення та ооліти. Їх аналоги в середовищі карстових печер — туфи, травертини, натічні форми в структурно-генетичній

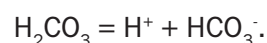
класифікації карбонатних порід відносяться до туфо-структурних вапняків. Вказана класифікація базується на структурно-генетичних компонентах, що «утворюють ряд, який охоплює генетичний цикл карбонатування: від синтезу карбонатної мінеральної речовини в умовах земної поверхні до процесів її дезінтеграції, перевідкладення, акумуляції і до новоутворень, перекристалізації і заміщення карбонатів як функції p - T умов та дії метеорних і підземних вод» [12].

Особливістю стадії **мобілізації речовини** в техногенно-геологічній системі виробок є переважання хімічної форми мобілізації над механічною через протікання процесів у підземному просторі, як і в карстових печерах. Речовина мобілізується також *живими організмами* та *органічною речовиною*, які накопичують та переміщують значну масу компонентів C , H , O , N , S , P тощо. Метеорологічні фактори (опади, випаровування, температура повітря, атмосферний тиск) — основні у формуванні режиму ґрунтових вод і зумовлюють сезонні та річні коливання рівня, зміни хімізму, температури й витрат підземних вод. Відносна ізольованість даної ТГС, в якій зв'язок з поверхневими умовами здійснюється через циркуляцію підземних вод та повітряних мас, зменшує роль коливань температури при вивітрюванні, яке зводиться до розчинення, гідратації, гідролізу силікатів та органічної речовини, окислення, карбонатації, [16] в результаті взаємодії ґрунтових вод з вміщуваними гірськими породами.

Процес мобілізації речовини здійснюється в межах зони аерації. Продукт біологічної активності в ґрунтах — двооксид вуглецю, що вноситься в результаті респірації рослин та життєдіяльності бактерій і є джерелом кислотності для більшості реакцій вивітрювання. Інші продукти біохімічного перетворення рослинних залишків в умовах гумідного клімату — гумінові та фульвокислоти, які добре розчиняються в ґрунтових водах. Потрапляючи в ґрунтові води, ці кислоти швидко нейтралізуються лугами. Розчинений двооксид вуглецю йде на утворення вугільної кислоти. Реакція розчинення вуглекислого газу в воді має вигляд:



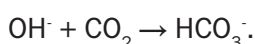
Оскільки H_2CO_3 — кислота, то вона дисоціює на йони водню і гідрокарбонату:



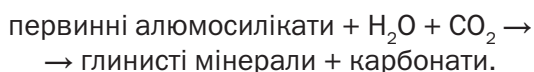
Джерелами надходження у воду розчинених компонентів є гірські породи, що взаємодіють з підкисленими ґрунтовими водами. Розчиняються як карбонати, так і некарбонатні мінерали, що входять до складу геологічного середовища. Перетворення карбонатів має вигляд:



При цьому утворюється гідроксильна група OH^- , і рН розчину зростає. За наявності CO_2 більша частина лужності нейтралізується за реакцією:



Цією реакцією, температурою та парціальним тиском CO_2 контролюється співвідношення між кількістю HCO_3^- та OH^- . Тому при низьких температурах та парціальному тиску CO_2 (102-103 Па), який звичайний для вод, вміст HCO_3^- на декілька порядків перевищує концентрацію OH^- . Води з мінералізацією понад 0,6 г/л та рН вище 7,4 насичуються карбонатом кальцію [6], який осаджується з розчину у вигляді новоутворень. Крім кальциту джерелом речовини можуть бути силікатні мінерали (польові шпати, біотит). Перетворення води та порід у загальному вигляді може бути представлено так:



Процеси переносу. Мобілізовані компоненти звільнюються з однієї мінеральної (первинної) форми, переносяться і пов'язуються з іншою (вторинною). Такий перехід контролюється характером водообміну. Перенос відбувається під дією сили тяжіння, руху підземних вод. Шляхи міграції, на відміну від поверхневих умов, проходять в умовах гірських порід певного об'єму гірського масиву (як і в печерах). Перенос здійснюється в розчинах: істинних (іонних) чи колоїдних. Більша частина карбонату кальцію переноситься істинними розчинами, глинисті частинки — колоїдними розчинами, залізо — і істинними, і колоїдними розчинами. Ґрунтові води проникають в товщу через систему тріщин. Зумовлена геоморфологічними й кліматичними факторами динаміка підземного стоку регулює хімізм і рН вод [26].

Осадження речовини. Осадження речовини відбувається хемогенним, хемогенно-біогенним, біогенним а також механічним шляхом. Механізм хемогенного садки карбонатних

новоутворень пов'язаний зі зміною концентрації розчину на шляху міграції і викликаною цим його нерівноважністю. З підземних вод, що потрапляють в середовище виробки, вивільняється вуглекислий газ, викликаючи підвищення мінералізації і зростання насичення відносно кальциту (геохімічний бар'єр):



При зростанні лужності розчину зменшується нерівноважність, так що при $\text{pH} > 7,4$ досягається рівновага і реалізується тверда фаза карбонатів [6]. Утворені таким чином щільні тонкокристалічні масивні і конкреційні вапняки у печерах називають травертинами, вапняковими туфами. Осадконакопичення у виробках може відбуватися також під впливом водоростей та бактерій, якщо міграція води триває і відбувається подальша втрата вуглекислого газу. При цьому новоутворення, що формуються спочатку хемогенно, заселяються бактеріями, і їх нарощування супроводжується діяльністю мікроорганізмів (ооліти, плівки, гури). Участь мікроорганізмів у мінералоутворенні у печерах зафіксована в карбонатах, силікатах, оксидах заліза та марганцю від мікроскопічних масштабів до ландшафтного біокарсту [28]. Встановлені у виробках новоутворення заліза за механізмом осаження відрізняються від механізму карбонатування.

Головною причиною формування сегрегаційного заліза є наявність геохімічних бар'єрів, що визначають зміну Eh і рН в зонах розвантаження вод. Значна частина заліза, розчиненого в водах, мігрує у вигляді золю під захистом колоїдної органічної речовини, незначна частина заліза мігрує у водорозчинному стані. З нейтральних вод залізо осаджується у формі нерозчинних гідроксидів. Гідроксиди заліза, що осаджуються у вигляді тонких зависей, здатні до мігрування у водних потоках. Вони утворюють ряд проміжних стадій від вихідного гелю до відносно більш стійких форм за рахунок зміни вмісту води та катіонів [9].

Процеси діагенезу. Після осадконакопичення може починатися стадія діагенезу. В умовах ДШС спостерігаються характерні явища діагенезу: розчинення первинних мінералів, хемогенна садка новоутворених мінералів, іонна адсорбція мікроелементів первинними мінералами і новоутвореннями, трансформація мінералів, ущільнення осаду. Розчинення первинних мінералів, викликане сезонними

коливаннями мінералізації дренажних вод, поширюється на сталактити, сталагміти, ооліти, покриви. Хемогенна садка з порових розчинів відбувається в результаті зростання концентрації порових розчинів в результаті зменшення об'єму рідкої фази. Вочевидь, в умовах діягенезу відбувається захоплення гідроксидами заліза певних об'ємів мікроелементів з порових розчинів, що містять їх підвищені концентрації. Приклад трансформації мінералів — утворення кальциту за рахунок первинного арагоніту.

Охарактеризовані вище процеси осадоутворення у виробках, як і в печерах, здійснюються в субаеральних та субаквальних умовах. Найпоширенішими у виробках є уламкові та хемогенні відклади.

Уламкові відклади фіксують ділянки, де переважає механічна суфозія. Транспортування здійснюється дренажними водотоками, характер накопичення визначається динамікою водойми та рельєфом дна. Уламкові відклади осідають алювіальними наносами в руслах постійних і тимчасових водотоків, що нагадують форми поверхневих водойм, перевіждаються під впливом коливань рівнів водойм, можуть перекриватись хемогенними відкладами, перетворюючись з осада в породу.

За гранулометричним складом, встановленим просіюванням на стандартних ситах, уламкові відклади представлені частками менше 0,001 мм (50%); меншими за 0,05 мм — до 45%; вміст частинок розмірністю 0,1–0,25 мм становить 5,3%. За допомогою оптичних методів охарактеризовано останню фракцію, представлену

кварцом — 70–80%, слюдою — 5–10%, польовим шпатом — 5–8%, кальцитом — до 5–8% та гідроксидами заліза. Слюда зустрічається у вигляді лусок неправильної форми, з довершеною спайністю, мутна, часто утворює пакети з декількох лусок, скріплених по площині спайності. Кварц трапляється у вигляді прозорих обкатаних зерен правильної шароподібної форми (до 10%) та у вигляді напівобкатаних, неправильної форми, напівпрозорих зерен в брунатній оболонці гідрооксидів заліза (90%). Також присутні зростки у вигляді мікродруз карбонатів та сульфатів кальцію. Мінеральний склад теригенної складової підтверджено за допомогою рентгеноструктурного аналізу (табл. 1).

Для визначення елементного складу проведено хімічний аналіз. За результатами хімічного аналізу, виконаного в лабораторії відділу геохімії техногенних металів та аналітичної хімії ІГМР НАН України, порівнювалися зразки виносу з дна та стіни ДШС № 59 (табл. 2).

Зразки уламкових відкладів з дна виробки були розділені на фракції. Результати наводяться у таблиці в порівнянні з вмістом у вапняках [10]. Вміст SiO_2 коливається від 3,96% (найнижчий вміст) у зразку, відібраного зі стіни виробки до 19,28–19,85% у зразках з дна (нерозділеної фракції). Найвищий вміст SiO_2 (до 76,99%) спостерігається у пробах №5, 6, за рахунок присутності зерен кварцу, польового шпату та слюди. Вміст TiO_2 у зразках, відібраних з дна, коливається у межах 0,1–0,69%, а в зразку зі стіни вміст TiO_2 зменшений на порядок порівняно з кларковим. Титан в TiO_2 в якості ізоморф-

Табл. 1. Результати рентгеноструктурного аналізу теригенної складової виробок ДШС в м. Київ.

Нерозділена фракція		Нерозділена фракція		<0,1 мм		>0,5 мм	
1		2		5		6	
1	10,2	1	10	2	10,0	1	10,0
2	4,24	2	4,24	4	4,24	5	4,24
5	3,34	1	3,68	2	3,68	2	3,68
1	2,46	4	3,44	10	3,34	10	3,34
		2	3,25	3	3,24	1	3,24
		2	3,03	1	3,19	2	2,45
		1	2,4	2	2,45	2	2,28
		1	2,13	2	2,28	1	2,24
				1	2,24	2	2,13
				2	2,13	1	1,873
				1	1,973		
				3	1,817		
Кварц, сліди гідрослюди		Кварц, сліди: польового шпату, кальциту, гідрослюди		Кварц, польовий шпат, сліди гідрослюди		Кварц, сліди: польового шпату, гідрослюди	

Табл. 2. Результати хімічного аналізу теригенної складової виробок ДШС в м. Київ.

	Склад вапняків [10]	дно	дно	псам.	пилув.	стіна
№ лаб.		1	2	6	5	3
SiO ₂	5,19	19,85	19,28	76,98	73,99	3,96
TiO ₂	0,81	0,11	0,10	0,20	0,69	0,01
Al ₂ O ₃	0,54	1,95	1,08	3,81	4,63	1,24
Fe ₂ O ₃		45,29	41,57	6,98	8,83	28,30
FeO		0,29	0,43	0,29	0,65	0,86
MnO	0,05	0,68	0,54	0,16	0,15	1,10
MgO	7,9	1,03	0,86	0,98	0,86	1,55
CaO	42,61	3,27	7,12	2,69	1,45	24,56
Na ₂ O	0,05	0,10	0,05	0,05	0,25	0,10
K ₂ O	0,33	0,14	0,19	0,95	1,15	0,05
P ₂ O ₅	0,04	0,58	0,46	0,37	0,44	0,73
H ₂ O ⁺	0,21					
H ₂ O ⁻	0,56	14,38	13,73	1,62	3,22	10,88
в.п.п.		11,89	14,10	4,41	3,21	26,17
S	0,09	0,06	0,02	0,05	нема	0,03
CO ₂	41,58					
Сума	100,09	99,62-0,03	99,53-0,01	99,54-0,02	99,52	99,54-0,01

ної суміші (заміщуючи головним чином магній) може входити до складу слюди. Для Al₂O₃ спостерігаються коливання у незначних межах — від 1,08 до 4,63, які перевищують його вміст за кларком у вапняках (0,54%). Вміст Fe₂O₃ найвищий у нерозділеній фракції (45,29–41,57%) і найнижчий у псамітовій фракції (6,98–8,83%). У зразку зі стіни виробки міститься 28,3% оксиду заліза. Закисне залізо FeO міститься у всіх зразках у кількостях, менших за 1%. Найбільше його (0,86%) знаходиться у зразку зі стіни. Закис марганцю MnO найбільшого вмісту досягає у зразку зі стіни (1,10%), у решти проб його вміст у 5–10 разів нижчий. Марганець може ізоморфно замінювати іони Fe²⁺, Mg²⁺ та Ca²⁺. Його концентрація, ймовірно, обумовлюється життєдіяльністю мікроорганізмів. Вміст магнію у зразках нижчий за кларкові значення майже на порядок. Найбільш наближеним до кларкового є вміст Na у зразках з ДШС. За порівняно великою кількістю кальцію відрізняється зразок зі стіни (24,56%).

Особливе місце серед продуктів техногенного літогенезу посідають неконсолідовані хемогенні утворення. Встановлені у виробках ДШС неконсолідовані утворення — водонасичені пастоподібні маси, що вкривають стіни, зустрічаються у печерах і давно відомі як кам'яне молоко, вапняне тісто, місячне молоко, гірське молоко [23] — кількість назв перевищує сім десятків [27]. Переважно під молоком розуміють різновид білого кольору. Інтерес до цього

утворення, відомого з XVI ст., пов'язаний з його полігенетичністю та широким у минулому застосуванням у медицині. Різновиди неконсолідованих утворень Шорсуйського рудника і бурого, і білого кольорів М.П. Юшкіним описуються як кам'яне молоко [24]. Неконсолідовані утворення бурого кольору в печерах прийнято називати глиняними сталактитами та сталагмітами [2, 7]. Серед основних гіпотез щодо їх утворення — отримання з інфільтраційних та конденсаційних вод та діяльність мікроорганізмів. Утворення, що мають яскраво-червоний та чорний колір описані в печері Золушка як залізомарганцеві [3, 4]. Водно-хемогенні відклади в ній складені гідроксидами Fe та Mn. Гідроксидами утворюють різні форми — шаруваті поклади потужністю 0,3-0,4 м, окремі шари, плівки, сталактити і сталагміти, крихкі утворення. За даними рентгенівського аналізу гідроксиди заліза знаходяться в аморфному стані (сполуки типу FeOОН · nH₂O), а гідроксиди марганцю представлені сумішшю асболан-бузериту і бернеситу або чистим бернеситом [3, 4].

У виробках ДШС поширення неконсолідованих хемогенних утворень нерівномірне. Вони переважають у ДШС, що дрениують «харківський» водоносний горизонт у межигірсько-берецьких відкладах, та обмежені локальними ділянками у ДШС, що дрениують перший від поверхні водоносний комплекс у четвертинних відкладах. Встановлено різновиди білого, бурого та чорного кольору. Утворення білого кольо-

ру зафіксовані у вигляді покривів на стінах та дні, ускладнених мікрогурами. Утворення чорного кольору зустрічаються у вигляді покривів на стінах та дні, гурів. Для утворень бурого кольору характерні морфологічні форми сталактитів, сталагмітів, покривів на стінах та дні. Серед сталагмітів вирізняються пустотілі утворення з неконсолідованою внутрішньою частиною, їх особливістю є подвійне живлення — шляхом капежу та капілярним підтоком розчину з субстрату. Подібні сталагміти у печері Золушка В.Н. Андрейчуком, С.Н. Волковим розглядалися як евопораційні форми, утворення гейзерного типу, механічні зліпки, утворення хемобіогенної природи [1]. Нами припускалося хемобіогенне походження таких утворень за результатами електронномікроскопічних досліджень препаратів неконсолідованих утворень з ДШС № 7 [11]. Пустотілість сталагміта, на наш погляд, треба пояснювати через спорідненість з конкреціями, складеними оксидами і гідроксидами заліза та марганцю, які також пустотілі, що пояснюється сорбцією залізо-марганцевої речовини [18] та міжгранулярною секрецією лімоніту [10].

Встановлені відмінності гранулометричного складу утворень білого та рудого кольору, порівнювалися неконсолідовані хемогенні утворення виробок на різних ділянках за площею та розрізом. Утворення білого кольору відрізняються наявністю монофракції розмірністю 1000–3000 μm, в той час як бурі різновиди

характеризуються вмістом частин від 10 до 100 μm у різному співвідношенні, що характеризує накладеність процесів при їх утворенні. Дисперсність часток, що складають ці утворення, зумовлюють їх водоємність і тиксотропність, а для пустотілих сталагмітів наявність згадуваного вище капілярного підтоку.

Для визначення мінерального складу неконсолідованих хемогенних утворень зразки досліджувалися за допомогою рентгеноструктурного аналізу (табл. 3).

За результатами рентгеноструктурного аналізу вперше встановлений гіпсовий склад неконсолідованих утворень білого кольору, також зафіксовані сліди кальциту. Темно-бурий, коричневий, рудий до бурого колір з поступовими переходами обумовлений присутністю рентгеноаморфних гідроксидів заліза (FeO(OH), Fe(OH)₃, Fe₃O₄·nH₂O). У складі неконсолідованих утворень зі стелини та стіни встановлено кальцит, зафіксовані сліди кварцу.

ВИСНОВКИ

Запропоновано принципову модель літогенезу в середовищі ТГС з розглядом стадій мобілізації і переносу. Встановлено особливості мобілізації та переносу речовини для уламкових, хемогенних та хемобіогенних утворень у техногенно-геологічному середовищі ДШС. Речовина для хемогенних відкладів мобілізується внаслідок підземного вивітрювання при взаємодії ґрунтових вод з вміщувачими породами

Табл. 3. Результати рентгеноструктурного аналізу хемогенних, хемобіогенних неконсолідованих утворень виробок ДШС м. Київ.

Зр. №2		Зр. №17		Зр. № 15, 22		Зр. № 21, 23		Зр. № 3 (40)		Зр. №7	
Покрив, молоко		Покрив, молоко		Неконсолідований покрив		Неконсолідований сталактит		Покрив, стіна		Сталактит неконсолідований	
l	d/n	l	d/n	l	d/n	l	d/n	l	d/n	l	d/n
2	7,6	6	7,6	1	3,84	РЕНТГЕНОАМОРФНИЙ		1	3,84	2	3,84
1	4,28	1	4,27	10	3,03		4	3,34	1	3,34	
4	3,80	3	3,80	4	2,84		6	3,03	9	3,03	
1	3,35	2	3,06	1	2,48		2	2,49	1	2,84	
1	3,03	4	2,68	2	2,28		2	2,28	2	2,49	
4	2,87	4	2,53	2	2,09		2	2,09	2	2,28	
4	1,827	4	1,899	4	1,925		2	1,912	2	2,09	
		4	1,775	2	1,906		2	1,873	1	1,912	
				2	1,867				2	1,872	
				4	1,624				2		
				2	1,602						
				1	1,501						
Гіпс Сліди кальциту, кварц?		Гіпс		Кальцит				Кальцит, сліди кварцу		Кальцит, сліди кварцу	

та переноситься у розчиненому стані. Речовина для уламкових відкладів мобілізується шляхом надходження пелітового та псамітового матеріалу ослабленими зонами з вміщуючих порід та переноситься й відкладається дренажними водами в межах водотоків. Осадження речовини відбувається механічним, хомогенним, хомогенно-біогенним шляхами.

За результатами вивчення неконсолідованих хомогенних та біохомогенних утворень у виробках ДШС встановлено такі їх різновиди: покриви білі («молоко»), сталактити бурі, сталагміти бурі, покриви бурі. Вперше встановлено гіпсовий склад неконсолідованих покривів білого кольору.

1. Андрейчук В.Н. Пещера Золушка. — Сосновец; Симферополь, 2007. — 406 с.
2. Валуйский С.В., Лобанов Ю.Е. Глиняные образования и лунное молоко пещеры Геологов-II // Пещеры. — Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1981. — Вып. 18. — С. 77–80.
3. Волков С.Н., Андрейчук В.Н., Янчук Э.А., Смирнов Б.И. Современные железомарганцевые образования пещеры Золушка // Минералогический сборник. — Львов, 1987. — № 41, вып. 1. — С. 79–83.
4. Волков С.Н., Смирнов Б.И., Янчук Э.А. Железомарганцевые образования пещеры Золушка // Докл. АН УССР. — 1987. — Т. 292. — № 2. — С. 451–454.
5. Дублянский В.Н., Андрейчук В.Н. Терминология спелеологи. — Кунгур: УрО АН СССР, 1991. — 202 с.
6. Кирюхин В.А., Коротков А.И., Шварцев С.Л. Гидрогеохимия: Учеб. для вузов. — М.: Недра, 1993. — 384 с.
7. Лобанов Ю.Е., Голубев С.И. Необычные образования из глины в пещере Сумган-Кутук // Пещеры — Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1970. — Вып. 8–9.
8. Максимович Г.А. Основы карстования. — Пермь, 1963. — 445 с.
9. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. — М.: Астрель-2000, 1999. — 768 с.
10. Петтиджон Ф.Дж. Осадочные породы. М.: Недра, 1981. — 751 с.
11. Селівачова У.М. Типізація мінеральних новоутворень дренажних штольневих систем м. Києва. // Сучасні проблеми літології та мінералогії осадових басейнів України та суміжних територій: Зб. наук. пр. ІГН НАН України. — К., 2008. — С. 157–164.
12. Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов / Шванов В.Н., Фролов В.Т., Сергеева Э.И. и др. — СПб.: Недра, 1998. — 352 с.
13. Терминология карста / Тимофеев Д.А., Дублянский В.Н., Кикнадзе Т.З. — М.: Наука, 1991. — 260 с.
14. Тинтилов З.К., Ахвледиани Р.А., Батишвили Т.В. Лунное молоко из пещеры Цахи // Пещеры. — Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1974. — Вып. 14–15.
15. Тютюнова Ф.И., Сафохина И.А., Швецов П.Ф. Техногенный регрессивный литогенез. — М., Наука, 1988. — 239 с.
16. Фролов В.Т. Литология. — Кн. 1. Учеб. пособие. — М.: Изд-во МГУ, 1992. — 336 с.
17. Фролов В.Т. Наука геология: философский анализ. — М.: Изд-во МГУ, 2004 — 128 с.
18. Чугунный Ю.Г., Чирка В.Г. Железо-марганцевые конкреции из позднеплиоценовых отложений нижнего Приднестровья. Конкрекции и конкреционный анализ // Сб. тез. Всесоюз. науч. конф. по изуч. конкреций — Харьков, 1973. — С. 127–128.
19. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. — М.; Недра, 1978 — 288 с.
20. Шварцев С.Л. Фундаментальные механизмы взаимодействия в системе вода — горная порода и ее внутренняя геологическая эволюция // Литосфера. — 2008 — № 6. — С. 3–24.
21. Шехунова С.Б., Селівачова У.М. Карбонатні новоутворення дренажних штольневих систем парку Слави. // Наук. пр. Дон. нац. техн. ун-ту. Сер. гірн.-геол. — Донецьк, 2004. — Вип. 81. — С. 36–40.
22. Шуменко С.И. Электронно-микроскопическое изучение горного молока. // Пещеры. — Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1978. — Вып. 17. — С. 6–11.
23. Шуменко С.И., Олимпиев И.В. Горное молоко из пещер Крыма и Абхазии // Литология и полез. ископаемые. — 1977. — № 2. — С. 143–147.
24. Юшкин Н.П. Отложения в горных выработках Шорсуйского рудника // Пещеры — Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1972. — Вып. 12–13. — С. 10–21.
25. Япаскерт О.В. Аспекты теории седиментационного литогенеза // Литосфера. — 2005. — № 3. — С. 30.
26. Яхонтова Л.К., Зверева В.П. Основы минералогии гипергенеза. — Владивосток: Дальнаука, 2000. — 331 с.
27. Hill C., Forti P. Cave minerals of the world — Huntsville, Alabama // Natl. Speleolog. Soc. — 1986. — 238 p.
28. Northup D., Lavoie K. Geomicrobiology of caves: a review // Geomicrobiology J. — 2001. — Vol. 18. — P. 199–222.
29. White W. Cave sediments and paleoclimate // J. of cave and carst studies. — 2007. — Vol. 69. — P. 79–63.

Інститут геологічних наук НАН України, Київ
E-mail: ulana_sel@ukr.net

Рецензент — док. г.-м. наук Д.П. Хрущов