

З мінералогічних колекцій

УДК 549.281/549.691.1

В.М. КВАСНИЦЯ¹, С.О. МАЧУЛІНА², Д.К. ВОЗНЯК^{1,3}, Р. ТОМАС⁴,
В.С. МЕЛЬНИКОВ¹, О.А. ВИШНЕВСЬКИЙ¹, І.В. КВАСНИЦЯ⁵, І.В. ГУРНЕНКО¹

¹ Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03680, Київ, пр-т Акад. Палладіна, 34

² Інститут геологічних наук НАН України
01601, Київ, вул. Олеся Гончара, 55б

³ Інститут прикладної фізики НАН України
40030, м. Суми, вул. Петропавлівська, 58

⁴ Центр геологічних досліджень, м. Потсдам, Німеччина

⁵ Київський національний університет імені Тараса Шевченка
03022, Київ, вул. Васильківська, 90

САМОРОДНА МІДЬ У ФУЛЬГУРИТІ З ПІВДЕННОГО ЗАХОДУ ДОНБАСУ

Фульгурит знайдено у Стилівському кар'єрі, що розташований у південно-західній частині Донбасу. В кар'єрі розкриті карбонатно-теригенні відклади бузинівського осадового комплексу, що за стратиграфічною схемою відповідають зонам Донбасу: $S_1^t a$, $S_1^t b$, $S_1^t c$, $S_1^t d$. Цей комплекс представлений переважно вапняками, доломітизованими вапняками і перекристалізованими доломітами, рідше глинистими сланцями і прошарками різнозернистих аркозових пісковиків. Останні трапляються в покрівлі зони $S_1^t a$ і всередині зони $S_1^t b$. Відклади зони $S_1^t a$ за сучасною стратиграфічною схемою відносять до верхньофаменського під'ярусу девону. Пісковики фамену (потужність 1,5–8 м) відрізняються від пісковиків зони $S_1^t b$ буруватим кольором (ознака окиснення), підвищеним вмістом міді і наявністю перевідкладених залізистих бобовин сферосидеритів. Також ці пісковики нерідко заміщені строкатоколірними глинами кори вивітрювання. Кварц-аркозові пісковики зони $S_1^t b$ потужністю близько 1 м – мілководно-морські. Вони мають переважно світло-сірий колір, зцементовані карбонатом.

Знахідка фульгуриту – конусоподібне трубчасте утворення завдовжки 7 см, середній діаметр 1 см (фото верхне на третій сторінці обкладинки журналу). Кінець трубки обламаний, як і його відгалуження, тобто це фрагмент більшого тіла. Поверхня фульгуриту покрита безкольоровими і світло-сірими оплавленими і наполовину оплавленими зернами кварцу (фото середне зліва на третій сторінці обкладинки журналу і рис. 1). У розрізі внутріш-

© В.М. КВАСНИЦЯ,
С.О. МАЧУЛІНА,
Д.К. ВОЗНЯК, Р. ТОМАС,
В.С. МЕЛЬНИКОВ,
О.А. ВИШНЕВСЬКИЙ,
І.В. КВАСНИЦЯ,
І.В. ГУРНЕНКО, 2008

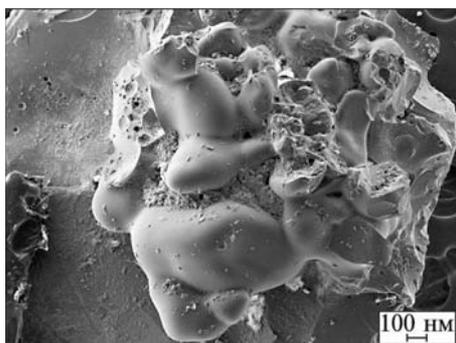


Рис. 1. Оплавлені зерна кварцу на поверхні фульгуриту

ня частина фульгуриту коричнево-червона, вона нерівномірно займає приблизно половину розрізу. Зовнішня частина розрізу безбарвна.

Рентгенівські дослідження скла фульгуриту на дифрактометрі ДРОН-2 показали, що його дифрактограми майже аналогічні дифрактограмі для аморфного діоксиду кремнію, зокрема для плавленого кварца. На них спостерігається широкий дифракційний пік з максимумом, що відповідає міжплощинним відстаням 0,415–0,423 нм. Півширина рефлексу 3,6 і 3,4 °(Θ) для краю і центра перерізу фульгуриту. Профіль рефлексу кварцового скла має максимум 0,419 нм і півширину 3,5 °(Θ). На

відміну від цього рефлексу, профіль рефлексу від фульгуриту не є симетричним, спостерігається невелике підняття близько 0,364 нм. На дифрактограмі фульгуриту також наявний маленький, але гострий рефлекс $d = 0,323$ нм. Фаза, яка відповідає за цей рефлекс, не визначена.

Показник заломлення скла фульгуриту $1,455 \pm 0,002$, його густина $2,15 \pm 0,02$ г/см³. Склад скла фульгуриту: 99,8 % SiO₂ з незначними домішками Fe, Cr, Al, Ca, Mg і K (від 0,0n до 0,n %). Скло майже ізотропне і переповнене як окремими сферичними утвореннями, так і їх згустками – бульбашками (див. фото середне справа на третій сторінці обкладинки журналу), які містять лише незначну кількість газів.

У склі фульгуриту також спостерігаються чорні, чорно-коричневі і коричневі безформні тонкокристалічні включення з підвищеним вмістом заліза та хрому, як і концентричні включення (див. фото середне зліва на третій сторінці обкладинки журналу).

У склі встановлені численні кульки самородної міді та міді зі значним вмістом срібла (див. фото нижче на третій сторінці обкладинки і рис. 2, а, б). Розмір кульок від мікроскопічних до 1 мм у діаметрі.

Дуже часто спостерігаються згустки кульок самородних металів. За даними мікрозондового аналізу, вміст срібла в мідних кульках може сягати 11 %. У дуже дрібних кульках вміст срібла може перевищувати вміст міді (до 88 % Ag). На рис. 2, в видно, що срібло в мідних кульках утворює самостійну фазу. На поверхні деяких мідних утворень розвинуті дендрити складу Cu, Sn-Cu₂O – своєрідної природної олов'яної бронзи (рис. 2, г). Вміст олова в таких дендритах коливається від кількох до десятків відсотків, іноді досягає 46 %.

Відомо із експериментів [1], що саме евтектика Cu-Cu₂O може давати дендрити.

Таким чином, фульгурит успадкував склад кварцового дрібнозернистого пісковика і належить до кластофульгуриту [2]. На його поверхні залишилися оплавлені чи наполовину оплавлені зерна кварцу. Фульгурит утворився за температури не нижче 1700 °С в умовах подальшого швидкого охолодження до атмосферної температури.

До сингенетичних включень фульгуриту належать кульки самородної міді та самородного срібла і дендрити олов'яної бронзи, за якими простежено режим затвердіння силікатного розплаву від високих температур до температури кристалізації системи Cu, Sn-Cu₂O. Як відомо, температури плавлення цих речовин такі, °С: скло >1700; Cu – 1083; олов'яних бронз – 950–1100; Ag – 960,5.

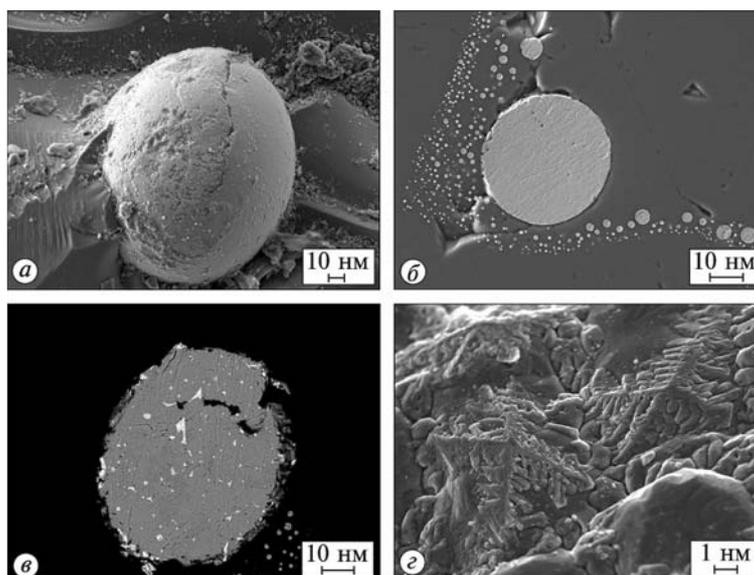


Рис. 2. Виділення самородних металів у фульгуриті:
 а, б – самородна мідь; в – самородна мідь, збагачена
 самородним сріблом; г – дендрити Cu, Sn-Cu₂O

Евтектика Cu-Cu₂O за вмісту 3,4–3,5 % Cu₂O відповідає температурі 1084 °С, а евтектика Cu-Ag за вмісту 28–29 % Cu – 778–779 °С. Утворення самородних металів слід пов'язувати з відновленням Cu-, Ag-, Sn-вмісних мінералів, які знаходилися у пісковіку, і подальшою мікронною ліквідацією розплаву з розділенням на силікатну і металічну фази. Захоплення розплавом повітря і парів води зумовило утворення численних бульбашок у фульгуриті, але газів у них залишилося мало. Сферична форма виділень металів є характерною ознакою їх кристалізації із розплаву.

В Центрі геологічних досліджень (м. Потсдам, Німеччина) за допомогою методу раманівської спектроскопії вдалося дослідити склад газів у бульбашках фульгуриту, %: N₂ – 36,7; O₂ – 33,3; CO₂ – 26,8; H₂ – 3,2. За складом і вмістом газів бульбашки донецького фульгуриту відрізняються від газових бульбашок у лівійському фульгуриті, вік якого оцінено в 15 тис. років [4]. У подальшому потрібно з'ясувати, що відображають ці цифри: якість наближення до складу тодішньої атмосфери або результат комбінації газів пісковіку і перетворення в газ його вологи і органіки під час утворення фульгуриту чи поєднання газів атмосфери і пісковіку?

Хоч уламок вивченого фульгуриту був знайдений серед турнейських доломітів каракубської світи (низи зони C₁^b), малоімовірно, що він походить з пісковіку, який залягає вище і перенесений вибуховою хвилею на нижню терасу кар'єру, де був знайдений. Морський генезис турнейського пісковіку на цій території суперечить гіпотезі утворення давнього фульгуриту внаслідок влучення блискавки в береговий (пляжний) пісок. Імовірніше припустити, що фульгурит був вимитий водами водоносного горизонту, які зливаються на дно Стилського кар'єру з межі девонських і нижньокам'яновугільних відкладів, а вже потім був перенесений в інше місце.

Значна концентрація міді і срібла в фульгуриті, можливо, зумовлена підвищеним вмістом цих елементів, а також Fe, Pb, Zn, Co, Ni, Ba, Mn у девонському пісковнику, які й визначають металогенічні особливості південної країни Донбасу [3].

Отже, можливо ми маємо справу з девонським фульгуритом? Проте для підтвердження цього припущення потрібні подальші інструментальні дослідження нашої знахідки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Беккерт М. Мир металла. – М.: Мир, 1980. – 152 с.
2. Лысюк А.Ю. Фульгуриты и их роль в формировании минералогического облика литосферы // Минеральный мир и его структура. Теория минералогии. – Сыктывкар: Геопринт, 2006. – С. 51–53.
3. Нечаев С.В. Особенности металлоносности південної країни Донбасу // Геол. журн. – 1959.– **19**, вип. 3. – С. 51–58.
4. Navarro-Gonzalez R., Mahan Sh., Singhvi A. et al. Paleoecology reconstruction from trapped gases in a fulgurite from late Pleistocene of the Libyan Desert // Geol. Soc. of America. – 2007. – **35**, N 2. – P. 171–174.