

**NEOGENETIC SEASONAL MINERALS OF MUD VOLCANO OF BURUL'KAYA  
(KERCH PENINSULA)**

**M.A. Deyak**

**НОВОУТВОРЕНІ СЕЗОННІ МІНЕРАЛИ БУРУЛЬКАЙСЬКОГО ГРЯЗЬОВОГО ВУЛКАНУ  
(КЕРЧЕНСЬКИЙ ПІВОСТРІВ)**

**М.А. Деяк**

Information about neogenetic seasonal minerals of Burul'kaya mud volcano has been presented. They are: gypsum, epsomite, astrachanite, thenardite, mirabilite, halite. Comprehensive research of their morphological and optical properties have been conducted, a conclusion have been done about genesis.

Наведено дані про сезонні мінерали Бурулькайського грязьового вулкану: гіпс, епсоміт, астраханіт, тенардит, мірабіліт, галіт. Проведено всебічне дослідження їх морфологічних та оптичних властивостей, зроблено висновок про генезис. Ключові слова: грязьовий вулкан, сезонні мінерали, сопкові води, кристалогенезис.

**ВСТУП**

Грязьові вулкани є одним з унікальних природних об'єктів, де відбувається сучасне мінералоутворення. В зв'язку з тим, що глибина кореневої системи грязьових вулканів неоднакова і осадові товщі, що приймають участь у формуванні продуктів їх діяльності мають різний літологічний склад, ми у межах навіть невеликої території можемо спостерігати різний набір новоутворених мінералів. Тому для створення повної картини сучасного грязьовулканічного мінералоутворення необхідно дослідити всі грязьові вулкани. У попередніх публікаціях ми надали детальну характеристику новоутвореним мінералам Булганакського і Кончекського грязьових вулканів. В них нами встановлено такі мінерали: галіт, бура, тинкалконіт, трона, нітратин, гіпс, астраханіт, епсоміт, гексагідрит, пентагідрит, сандерит.

**РАЙОН РОБІТ, МЕТОДИ ТА ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Бурулькайський грязьовий вулкан розташований в центральній частині Позапарпачської області Керченського півострова і в структурному відношенні займає осьову частину Слюсаревської антикліналі. У сучасному рельєфі — це депресивне зниження майже ізометричної форми діаметром близько 1500 м. З усіх боків вулканічна споруда обрамлена гребенем чокракських рифових вапняків.

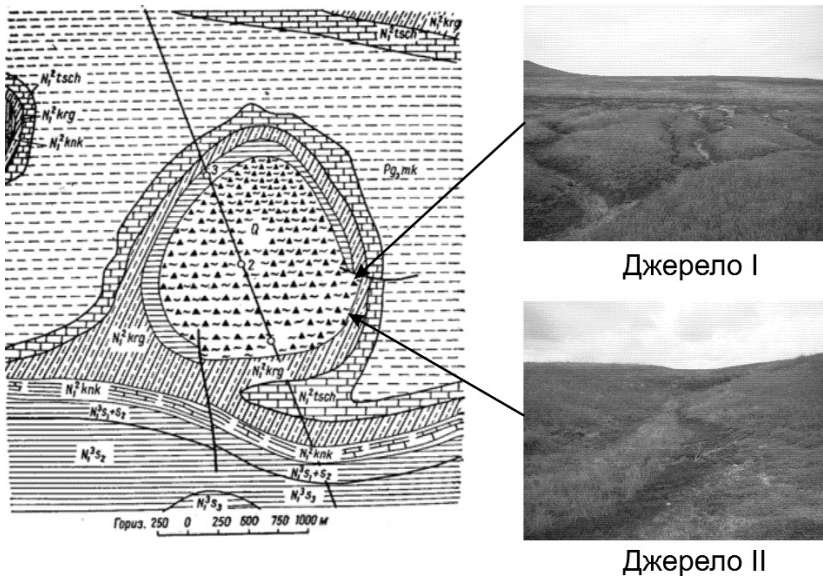
Буровими роботами, що проводились у 60-х роках ХХ ст. Камиш-Бурунським управлінням рудної геології, тут встановлена вдавлена синкліналь кальдерного типу, а в її розрізі потужні сопкові відклади сарматського віку. В центральній частині вдавленої синкліналі потужність сопкових відкладів сягає 80 м [2]. Особливості літологічного складу та умови залягання сопкових відкладів (їх чітка розшарованість) свідчать про минулу активність грязьового вулкану та пульсуючий характер викидів з нього.

Нині грязьовий вулкан знаходиться в пасивній фазі. Тут фіксуються два водних джерела, які розташовані в бортових ділянках на сході вдавленої синкліналі. Обидва джерела приурочені до зони радіального порушення. Джерела постачають з надр невелику кількість води і газу. Вода прозора, солонувата на смак, має сірководневий запах. Температура води протягом доби не змінюється і становить  $24 \pm 0,5^\circ\text{C}$ . Вода з джерел у вигляді невеличких струмків стікає по схилу. В міру віддалення від витoku струмки швидко втрачають воду, пересихають і на відстані приблизно 30 м в них починає відкладатись мінеральна речовина. Це різного роду нальоти, кірки, висипки білого, сірувато-білого кольору, що вкривають всі русла цих струмків (рис. 1). Саме вони і були предметом нашого дослідження.

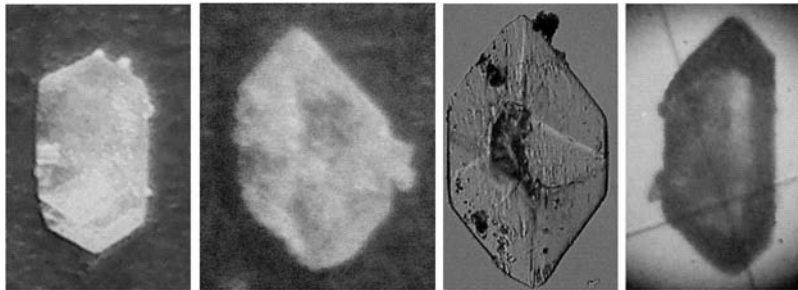
Відбір проб проводився влітку 2008 р. при температурі повітря  $30^\circ\text{C}$ .

**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ**

Нашими дослідженнями в мінеральній речовині, яка утворилася з газо-водних джерел Бурулькайського грязьового вулкану, встановлено 6 мінералів: гіпс, епсоміт, астраханіт, тенардит, мірабіліт, галіт. Всі вони, крім мірабіліту, фіксуються на рентгенограмах. Для гіпсу, астраханіту та галіту, крім того, встановлено кристали. Кристали мірабіліту отримані експериментально після розчинення новоутво-



**Рис. 1.** Схема геологічної будови Бурулькайського грязьового вулкану та місце відбору проб.



**Рис. 2.** Морфологія кристалів гіпсу

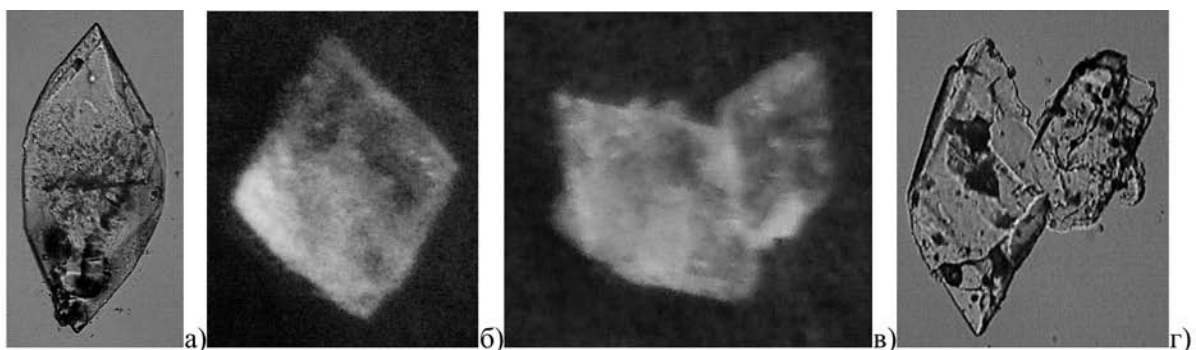
по довгій осі від 0,1 до 0,5 мм (рис. 3). Сплюснені кристали безбарвні, водянопрозорі, зі скляним блиском; ізометричні — каламутно-білі, з тьмяним блиском. На всіх кристалах добре помітні сліди розчинення. Для дипірамідальних індивідів характерні закономірні зростки. Мінерал оптично негативний, двовісний; показники заломлення  $Ng'$  — 1,487,  $Np'$  — 1,483. Дані рентгеноструктурного аналізу астраханіту наведено в табл. 1. Всі індивіди та зростки астраханіту добре розчиняються в HCl і дистильованій воді.

**Епсоміт** —  $MgSO_4 \times 7H_2O$ . Однозначно фіксується на рентгенограмі (табл. 1) в пробі з джерела № 1. Природна форма виділення — землясті агрегати білого кольору. Його кристали отримані лише після розчинення цих агрегатів в дистильованій воді. Вони прозорі, крихкі, мають віялоподібний, гол-

рених кірок в дистильованій воді. Наводимо коротку характеристику новоутворених мінералів:

**Гіпс** —  $CaSO_4 \times 2H_2O$ . Встановлений лише в джерелі №1. Це добре індивідуалізовані кристали з призматичним та біпірамідальним габітусом. Обрис індивідів ізометричний, стовбчастий, таблитчастий. Довжина кристалів по довгій осі — 0,1–0,7 мм (рис. 2). Кристали ізометричного та таблитчастого обрису мають комбінацію двох призм та пінакоїду. Останній в більшості індивідів розвинутий слабо або взагалі відсутній. Всі кристали гіпсу безколірні, водянопрозорі, зі скляним блиском. Показник заломлення  $Ng'$  — 1,528,  $Np'$  — 1,520. В 10%-ній соляній кислоті грані кристалів піддаються частковому розчиненню. Дані рентгеноструктурного аналізу гіпсу наведено в табл. 1.

**Астраханіт** (Bloedite) —  $Na_2Mg[SO_4] \times 4H_2O$ . Встановлений в пробі з джерела №1 у вигляді індивідуальних кристалів. Габітус їх дипірамідальний, ромбоєдричний. Обрис кристалів ізометричний, сплюснений. Розмір кристалів



**Рис. 3.** Морфологія кристалів та зростків астраханіту

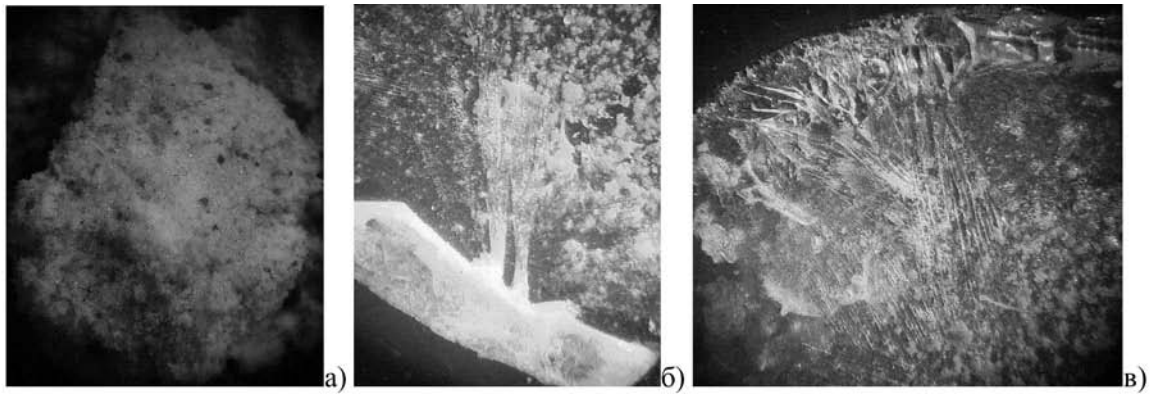


Рис. 4. Морфологія виділень епсоміту. а — землисті агрегати; б, в — індивідуальні кристали

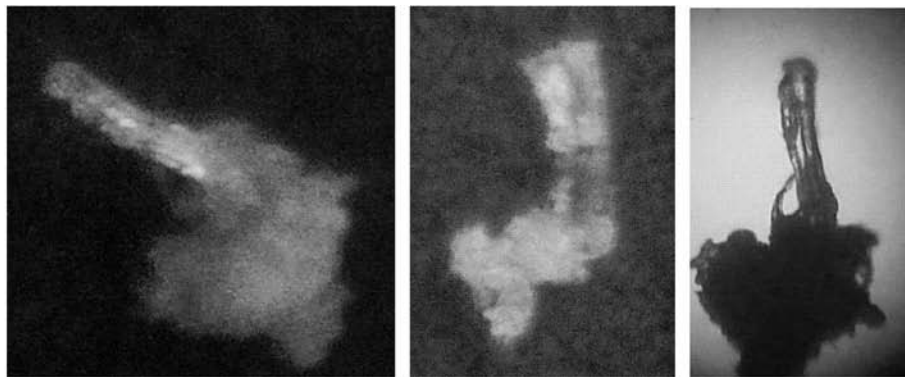


Рис. 5. Морфологія волокнисто-голчастих кристалів галіту

частих, списовидний обрис (рис. 4). Показники заломлення цих кристалів в імєрсіях  $Ng'$  — 1,462,  $Np'$  — 1,434.

**Галіт** —  $NaCl$ . Встановлений в пробах з джерела №1 у вигляді кристалів волокнисто-голчастого габітусу з чітко видовженим обрисом. Розмір індивідів по видовженню до 0,3 мм (рис. 5). Вони безбарвні, водянопрозорі, зі скляним блиском. Характерні лінії галіту на рентгенограмах вказані в табл. 1. Замірний показник заломлення галіту  $N'$  — 1,543.

**Тенардит** —  $NaSO_4$ . Однозначно встановлений на рентгенограмах з новоутворень джерела № 2. Форма виділення: суцільні, щільні, з гладкою поверхнею, кірки білого кольору (рис. 6, а). Головні лінії на рентгенограмах вказані в табл. 1. Після розчинення цих кірок в дистильованій воді нами отримані друзові та жеодоподібні форми тенардиту та заміряні його параметри (рис. 6, б, в). В окремих індивідах добре помітна його двовісність та позитивний характер. Показник заломлення  $Ng'$  — 1,476,  $Np'$  — 1,470. Природні кірки, а також експериментально отримані форми тенардиту добре розчиняються в розбавленій  $HCl$  і дистильованій воді.

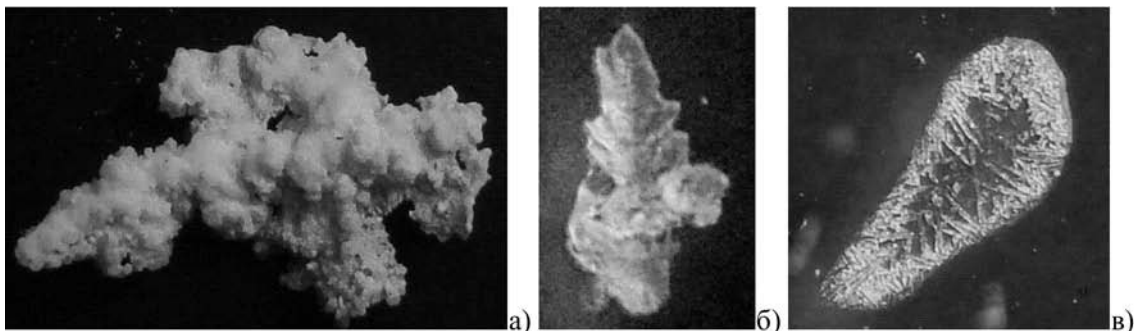
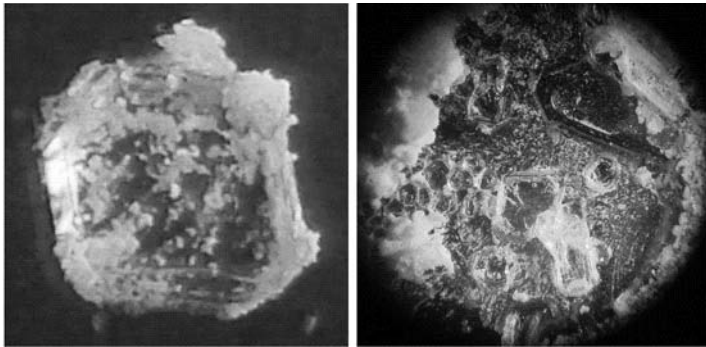


Рис. 6. Морфологія природних (а) та експериментально отриманих (б, в) агрегатів тенардиту

Таблиця 1. Результати рентгеноструктурного аналізу мінеральних новоутворень з газо-водних джерел грязьового вулкану Бурулькая

| Sample Brk. 1 |     | 33-311 15<br>Гіпс<br>$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ |     | 19-1215 67<br>Астраханіт (Bloedite)<br>$\text{Na}_2\text{Mg}[\text{SO}_4] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ |     | 36-419 84<br>Епсоміт<br>$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ |     | 24-719 89<br>Гексагідрит<br>$\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ |     | 5-628 93<br>Галіт<br>NaCl |     | Sample Brk. 2 |     | 37-1465 94<br>Тенардит<br>$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ |     |
|---------------|-----|--|-----|--|-----|---|-----|---|-----|---------------------------|-----|---------------|-----|---|-----|
| d/n           | I   | d/n  | I   | d/n  | I   | d/n   | I   | d/n   | I   | d/n                       | I   | d/n           | I   | d/n   | I   |
| 7,648         | 7   | 7,63   | 100 | -  | -   | -   | -   | -   | -   | -                         | -   | 4,677         | 65  | 4,659   | 71  |
| 5,997         | 17  | -  | -   | -  | -   | 5,98  | 30  | -   | -   | -                         | -   | 3,85          | 14  | 3,838   | 17  |
| 5,368         | 22  | -  | -   | -  | -   | 5,34  | 30  | 5,45  | 50  | -                         | -   | 3,188         | 46  | 3,181   | 52  |
| 5,116         | 4   | -  | -   | -  | -   | -   | -   | 5,1   | 45  | -                         | -   | 3,085         | 38  | 3,077   | 55  |
| 4,897         | 4   | -  | -   | -  | -   | -   | -   | 4,88  | 30  | -                         | -   | 2,789         | 100 | 2,784   | 100 |
| 4,562         | 26  | -  | -   | 4,555  | 95  | -   | -   | 4,56  | 8   | -                         | -   | 2,651         | 57  | 2,648   | 52  |
| 4,498         | 16  | -  | -   | -  | -   | 4,477   | 12  | -   | -   | -                         | -   | 2,521         | 3   | 2,517   | 1   |
| 4,41          | 7   | -  | -   | 4,442  | 6   | -   | -   | 4,39  | 100 | -                         | -   | 2,461         | 3   | 2,456   | 1   |
| 4,223         | 100 | 4,283  | 100 | -  | -   | 4,216   | 100 | -   | -   | -                         | -   | 2,333         | 27  | 2,33  | 25  |
| 4,055         | 5   | -  | -   | -  | -   | -   | -   | 4,04  | 45  | -                         | -   | 2,215         | 5   | 2,212   | 6   |
| 3,99          | 4   | -  | -   | 3,981  | 10  | -   | -   | -   | -   | -                         | -   | 1,922         | 4   | 1,919   | 3   |
| 3,802         | 15  | 3,799  | 17  | 3,8  | 25  | 3,782   | 12  | -   | -   | -                         | -   | 1,897         | 5   | 1,893   | 3   |
| 3,463         | 12  | -  | -   | -  | -   | 3,449   | 10  | 3,459   | 14  | -                         | -   | 1,867         | 34  | 1,865   | 36  |
| 3,432         | 10  | -  | -   | -  | -   | 3,425   | 10  | -   | -   | -                         | -   | 1,844         | 6   | 1,842   | 5   |
| 3,351         | 19  | -  | -   | 3,333  | 20  | -   | -   | 3,387   | 12  | -                         | -   | 1,802         | 6   | 1,8   | 4   |
| 3,292         | 22  | -  | -   | 3,289  | 95  | -   | -   | 3,293   | 4   | -                         | -   | 1,683         | 15  | 1,681   | 13  |
| 3,255         | 21  | -  | -   | 3,252  | 100 | -   | -   | -   | -   | 3,26                      | 13  | 1,665         | 10  | 1,663   | 8   |
| 3,182         | 7   | -  | -   | -  | -   | -   | -   | 3,197   | 16  | -                         | -   | 1,608         | 6   | 1,606   | 4   |
| 3,07          | 4   | 3,065  | 75  | -  | -   | -   | -   | 3,098   | 4   | -                         | -   | 1,592         | 3   | 1,59  | 1   |
| 2,978         | 22  | -  | -   | 2,971  | 40  | 2,983   | 12  | 2,968   | 4   | -                         | -   | 1,555         | 13  | 1,553   | 10  |
| 2,886         | 24  | 2,873  | 45  | -  | -   | 2,88  | 20  | -   | -   | -                         | -   | 1,514         | 3   | 1,512   | 2   |
| 2,822         | 6   | -  | -   | -  | -   | -   | -   | 2,828   | 4   | 2,821                     | 100 | 1,499         | 6   | 1,498   | 5   |
| 2,751         | 19  | 2,789  | 10  | -  | -   | 2,744   | 18  | 2,773   | 12  | -                         | -   | 1,467         | 2   | 1,466   | 1   |
| 2,682         | 26  | 2,685  | 35  | 2,687  | 14  | 2,674   | 20  | 2,691   | 8   | -                         | -   | 1,43          | 6   | 1,429   | 5   |
| 2,662         | 28  | -  | -   | 2,651  | 40  | 2,658   | 25  | -   | -   | -                         | -   | 1,388         | 4   | 1,387   | 2   |
| 2,589         | 9   | -  | -   | 2,586  | 20  | -   | -   | 2,576   | 6   | -                         | -   | 1,377         | 2   | 1,377   | 1   |
| 2,482         | 4   | 2,495  | 11  | -  | -   | -   | -   | -   | -   | -                         | -   |               |     |   |     |
| 2,385         | 7   | -  | -   | -  | -   | 2,382   | 7   | -   | -   | -                         | -   |               |     |   |     |
| 2,317         | 4   | -  | -   | 2,314  | 10  | -   | -   | -   | -   | -                         | -   |               |     |   |     |
| 2,3           | 5   | -  | -   | 2,297  | 12  | -   | -   | -   | -   | -                         | -   |               |     |   |     |
| 2,278         | 6   | -  | -   | 2,276  | 20  | -   | -   | 2,28  | 8   | -                         | -   |               |     |   |     |
| 2,259         | 7   | -  | -   | -  | -   | 2,255   | 6   | -   | -   | -                         | -   |               |     |   |     |
| 2,229         | 5   | 2,219  | 15  | -  | -   | -   | -   | -   | -   | -                         | -   |               |     |   |     |
| 2,208         | 12  | -  | -   | -  | -   | 2,204   | 10  | 2,205   | 4   | -                         | -   |               |     |   |     |
| 2,175         | 5   | -  | -   | 2,17   | 16  | -   | -   | -   | -   | -                         | -   |               |     |   |     |
| 2,139         | 7   | -  | -   | 2,141  | 8   | 2,132   | 6   | -   | -   | -                         | -   |               |     |   |     |
| 2,104         | 11  | 2,086  | 25  | -  | -   | 2,108   | 10  | -   | -   | -                         | -   |               |     |   |     |
| 2,044         | 4   | -  | -   | -  | -   | -   | -   | 2,069   | 4   | -                         | -   |               |     |   |     |
| 2,028         | 5   | -  | -   | 2,025  | 30  | -   | -   | -   | -   | -                         | -   |               |     |   |     |
| 2,011         | 5   | -  | -   | -  | -   | -   | -   | -   | -   | -                         | -   |               |     |   |     |
| 1,997         | 5   | -  | -   | 1,992  | 8   | -   | -   | 1,993   | 4   | 1,994                     | 55  |               |     |   |     |
| 1,959         | 8   | -  | -   | 1,959  | 16  | 1,959   | 7   | -   | -   | -                         | -   |               |     |   |     |
| 1,937         | 6   | -  | -   | 1,937  | 16  | -   | -   | -   | -   | -                         | -   |               |     |   |     |
| 1,883         | 6   | -  | -   | -  | -   | -   | -   | 1,879   | 8   | -                         | -   |               |     |   |     |
| 1,864         | 7   | -  | -   | 1,858  | 10  | -   | -   | 1,865   | 6   | 1,995                     | 35  |               |     |   |     |
| 1,633         | 6   | -  | -   | -  | -   | -   | -   | -   | -   | 1,628                     | 15  |               |     |   |     |

**Примітка:** аналіз зроблено в лабораторії геологічного факультету КНУ, Еталон JCPDS, аналітик С.П. Савенок.



**Рис. 7.** Морфологія кристалів мірабіліту, отриманих після розчинення кірок тенардиту

виділення зафіксувати не вдалось, як в природних агрегатах, так і після їх розчинення і подальшої кристалізації.

### ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ВИСНОВКИ

З наведених вище мінералів, нами раніше в Булганакському і Кончекському грязьових вулканах встановлено гіпс, астраханіт, епсоміт, гексагідрит, галіт. Проте в даному грязьовому вулкані не зафіксовано мінералів, наявних в названих вулканах: бура, тинкалконіт, трона, нітратин, пентагідрит, сандерит. Це вказує на різний склад та ступінь мінералізації сопкових вод, навіть у межах одного вулкану. Хімічний склад сопкової води джерела №1 суттєво відрізняється від джерела № 2 (табл. 2). В джерелі №1 спостерігається низький вміст катіонів Na та відносно багато Ca і Mg. В джерелі № 2, навпаки, — багато Na та мало Ca і Mg. Вміст аніонів Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> та B теж суттєво відрізняються.

Таблиця 2. Хімічний аналіз води з газодонних джерел Бурулькайського грязьового вулкану

| Джерело | pH   | Вміст елемент, мг/дм <sup>3</sup> |                |                 |                  |                 |                               |                               |                               |                              |       |
|---------|------|-----------------------------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------|
|         |      | Na <sup>+</sup>                   | K <sup>+</sup> | Ca <sup>+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | B     |
| №1      | 7,45 | 241,50                            | 11,0           | 150,30          | 237,12           | 289,59          | 988,59                        | 436,87                        | не виявлено                   | 39,12                        | 7,68  |
| №2      | 7,75 | 1159,20                           | 16,35          | 27,56           | 50,16            | 605,51          | 81,87                         | 1879,26                       | 204,0                         | 1707,20                      | 59,25 |

Схема мінералоутворення з водної фази Бурулькайського грязьового вулкану нам уявляється такою. В джерелі №1 першим виділився гіпс, коли водний розчин був ще недостатньо насичений хлористим натрієм. Після гіпсу, але ще з водної фази сформувались кристали астраханіту. На останніх стадіях випаровування утворились агрегати епсоміту і останнім виділився галіт. Гексагідрит утворюється по епсоміту в результаті його дегідратації. В джерелі № 2 з розчину викристалізовується тільки тенардит.

1. Шнюков Е. Ф., Гнатенко Г. И., Нестеровский В. А и др. Грязевой вулканизм Керченско-Таманского региона. — К.: Наук. думка, 1992. — 200с.
2. Шнюков Е.Ф., Науменко П. И., Лебедев Ю. С. и др. Грязевой вулканизм и рудообразование. — К.: Наук. думка, 1971. — 332с.
3. Шнюков Е. Ф., Шереметьев В. М., Маслаков Н. А. и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона. — Краснодар: ГлавМедиа, 2006. — 176с.