

УДК 551.311.22; 550.34.016

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КІНЕТИКИ
РОЗЧИНЕННЯ (ДЕЗІНТЕГРАЦІЇ) ГАЛОПЕЛІТОВИХ МІНЕРАЛЬНИХ
АСОЦІАЦІЙ В АГРЕСИВНІЙ РОПИ З РУДНИКА № 2
СТЕБНИЦЬКОГО КАЛІЙНОГО РОДОВИЩА**

В. Дяків

*Львівський національний університет імені Івана Франка
79005 м. Львів, вул. Грушевського, 4
E-mail: dyakivw@yahoo.com*

Експериментальне моделювання кінетики розчинення (дезінтеграції) галопелітових мінеральних асоціацій в агресивній ропі з рудника № 2 Стебницького калійного родовища засвідчило, що ропа, яка надходить у гірничі виробки, дуже агресивна, передусім щодо сульфатів калію й магнію. Виконане моделювання дало змогу наочно відтворити теоретично передбачувані особливості поведінки мінералів і порід під час розчинення та запропонувати шляхи вирішення конкретних науково-технічних завдань.

Ключові слова: калійні солі, експериментальне моделювання, галопелітова мінеральна асоціація, ропа, дезінтеграція, розчинення.

У рудник № 2 Стебницького ДГХП “Полімінерал” з 1978 р. потрапляють агресивні розсоли. До 2001 р. їх активно збирали та відкачували, з 2001 р. відбувається затоплення шахти [6].

Техногенно змінене геологічне середовище соленосних відкладів за умов взаємодії з агресивними розсолами – це складна динамічна система, поведінку якої важко передбачити [6, 7]. Процеси, що відбуваються в такій системі, можна лише експериментально змоделювати.

Для контрольного визначення насиченості розчину за калійною рудою відібрали ропу з глибини 50 м соляного озера Домбровського кар’єру (м. Калуш, Івано-Франківська обл.), який тривалий час – понад 20 років – контактує з продуктивними покладами. У відібрану ропу засипали наважку подрібнених калійних руд. Після того її інтенсивно перемішували протягом двох діб за температури 18 °С. Температуру 18 °С вибрано тому, що такою є температура ропи на дні Домбровського кар’єру. На цій глибині ропа зберігає хімічний склад протягом тривалого часу (практично не змінюється).

Аналізи ропи до і після досліду засвідчили, що мінералізація не змінилася. Отже, можна вважати, що ропа з таким хімічним складом стосовно типових калійних руд Передкарпатської соленосної провінції є насиченою. Тобто можна стверджувати, що ропа з таким вмістом, г/л: $\text{Na}^+ - 85,0$; $\text{K}^+ - 34,0$; $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} - 23,0$; $\text{Cl}^- - 156,0$; $\text{SO}_4^{2-} - 75,0$; мінералізацією – 373,0 та густиною $1,260 \text{ г/см}^3$ рівноважна з типовими мінеральними асоціаціями калійних руд і порід, що їх уміщують, та, ймовірно, акумулюється в уже затоплених камерах і може бути використана для порівняння і

визначення агресивності інших розсолів, недосичених за цими компонентами (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльна характеристика хімічного складу насиченої та агресивної ропи, яка взаємодіє з галопелітовими мінеральними асоціаціями

Місце відбору	Вміст, г/л						ρ , г/см ³
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	M*	
Агресивна ропа з рудника № 2	84,0	3,0	2,4	118,0	7,2	214,6	1,142
Насичена щодо калійних руд ропа з дна Домбровського кар'єру (глибина 50 м)	85,0	34,0	23,0	156,0	75,0	373,0	1,260
Дефіцит компонентів порівняно з насиченою до калійної руди ропи	1,0	31,0	20,6	38,0	67,8	158,4	0,118
Максимальні значення, зафіксовані у водопритоках рудника № 2	123,4	35,3	84,6	202,5	90,5	409,0	1,278
Допустимі варіації хімічного складу рівноважної ропи в умовах затоплення	+38,4	+1,3	+61,6	+46,5	+15,5	+36	+0,018

*М – мінералізація.

Однак наголосимо, що максимальні концентрації наведених вище компонентів у ропі рудника № 2 такі, г/л: Na⁺ – 123,4; K⁺ – 35,3; Ca²⁺+Mg²⁺ – 84,6; Cl⁻ – 202,5; SO₄²⁻ – 90,5; мінералізація – 409,0; густина – до 1,278 г/см³, тобто приблизно до таких значень можливі варіації хімічного складу розсолів. Хоча зазначимо, що зростання концентрації одного компонента в розсолі неминуче веде до зменшення концентрацій інших унаслідок осадження кристалів чи катіонно-аніонного обміну в такий спосіб, що значення мінералізації не перевищують значень рівноважної або максимально насиченої ропи у природних умовах рудника № 2: від 373,0 до 409,0 г/л (див. табл. 1).

Відібрано 12 л проби розсолу з центрального зумпфа дренажного горизонту рудника № 2 ДГХП “Полімінерал”, з якого ця ропа надходить у виробітки четвертого горизонту для затоплення. Виконано хімічний аналіз, результати якого наведені в табл. 1.

Як впливає з результатів аналізу, у цьому розсолі гострий дефіцит низки компонентів порівняно з насиченим до калійної руди розсолем Домбровського кар'єру, зокрема K, Ca та Mg, хлору, сульфат-іона. Водночас дефіцит натрію порівняно з насиченим до калійної руди розсолем Домбровського кар'єру становить лише 1 г/л.

Калійні руди Стебницького родовища мають полімінеральний склад. Вони містять багаті й своєрідні асоціації сольових мінералів, які належать до водних і безводних хлоридів, хлорид-сульфатів та сульфатів K, Mg, Na, Ca. Хлориди представлені галітом, сільвіном, карналітом. Найважливішим представником хлорид-сульфатів та найпоширенішим складником калій-магнієвих руд є кайніт. Сульфати репрезентовані другим за поширеністю калій-магнієвим мінералом та, відповідно,

складником руд – лангбейнітом, продуктом його гідратації шенітом. Крім того, у рудах виявлена низка простих і складних солей, які становлять до 10 % від складу руд. Це сульфати магнію: кізерит, гексагідрит, епсоміт; сульфати натрію: тенардит, мірабіліт; сульфати кальцію: ангідрит, гіпс; складні сульфати K, Na, Ca, Mg: полігаліт, сингеніт (калушит), вантгофіт, астраханіт, левейт, леоніт, глазерит.

Головними породоутворювальними мінералами покладів калійних солей звичайно є галіт, каїніт, лангбейніт, з яких рудні мінерали на калій і магній – два останні. Відповідно, ми виділяємо три головні різновиди калій-магнієвих руд: каїнітові, лангбейнітові та каїніт-лангбейнітові. Дуже часто каїніт має вторинне походження унаслідок заміщення первинного лангбейніту; так званий процес каїнітизації лангбейніту іноді настільки широко розвинутий, що вторинний каїніт стає головним мінералом. Тоді між каїнітом і лангбейнітом локалізований буферний мінерал – кізерит, а вся мінеральна асоціація має зональну будову: всередині лангбейніт, далі кізерит, а оконтурює каїніт. Це, власне, і свідчить про вторинне походження каїніту внаслідок заміщення лангбейніту і кізериту.

До другорядних мінералів, які наявні в калійних рудах у невеликій кількості (до 10 %), належать полігаліт, кізерит, сильвін, шеніт, епсоміт, леоніт і карналіт. У вигляді домішок до 1 % трапляються астраханіт, арканіт, гексагідрит, ангідрит, гіпс, зрідка вантгофіт [1–5, 8–10]. Важливу роль у складі калійних порід відіграє глинистий і алевро-піщаний теригенний матеріал, який також треба зачислити до головних породоутворювальних компонентів і який ми описуємо під загальним терміном “глина”. З погляду мінералогії в “глині” домінують кварц, хлорит і гідролюда, а такі мінерали, як гіпс, польовий шпат, кальцит, доломіт є типовими домішками. Часто мінеральні асоціації, які містять легкорозчинні сольові та глинисті мінерали, називають галопелітовими.

У породах, що вміщують рудні поклади, з глиною найчастіше асоціює галіт. Текстура таких порід неоднорідна, брекчієподібна, неясношарувата (рис. 1). Уламки теригенних порід мають гострокутну форму, оточені глинисто-галітовою матрицею. Зернисті агрегати, зростки та прожилки галіту облямовують і пронизують глину. Часто трапляються перекристалізовані ділянки крупнозернистого галіту, іноді галіту з сильвіном. Тобто значна маса галіту й сильвіну локалізована в теригенних породах, які вміщують рудні тіла. В рудних тілах галіт перебуває в тісному парастеричному зв'язку з усіма іншими соляними мінералами, утворюючи з ними складні асоціації (рис. 2). Водночас видобувні камери, якими розробляли рудні тіла у стінках, крім калійно-магнієвих рудних асоціацій мінералів, містять значний відсоток пустої породи, якій гірники дали назву “пісковик” (рис. 3). З літологічного та мінералогічного поглядів цей “пісковик” вельми опосередковано стосується пісковіку, оскільки складений з тонкоритмічного перешарування галіту й теригенного, головно глинистого матеріалу лише з декількома відсотками уламків піщаної фракції. Однак часто до 40 % поверхні стінок камер складено таким “пісковиком”, тому під час експериментального моделювання особливу увагу звертали на його поведінку в разі розчинення агресивними розсолами.

Для експерименту використано 12 л акваріум, у який помістили шість взірців (рис. 4). Їх відбирали зі склепінних ділянок камер вентиляційного горизонту так, щоб вони об'єктивно відображали різноманітність мінерального складу рудного покладу, який взаємодіє й розчиняється в агресивному розсолі, що затоплює рудник.



Рис. 1. Неоднорідна брекчієподібна та неявно шарувата текстура порід, що вміщують рудні поклади порід – глини з галітом та уламками теригенних порід пісковиків і алевролітів.



Рис. 2. Складна парастерична асоціація соляних мінералів Стебницького родовища (галіт, сильвін, каїніт, лангбейніт, кізерит, полігаліт, теригенні відклади).



Рис. 3. Контакт каїніт-лангбейнітової руди (ліворуч) з “пісковиком” (праворуч). Стінка камери на вентиляційному горизонті рудника № 2.

Два взірці (10-й – каїніт-лангбейнітова руда, 2 кг; 11-й – “пісковик”, 1 кг) відібрали у монолітному вигляді як типові для рудного покладу, вмісних стінок камер і прикріпили по боках акваріума. Інші взірці, які розчиняли в агресивному розсолі, містили індикаторні мінерали (лангбейніт, каїніт, шеніт, кізерит, сильвін, полігаліт), які свідчили про інтенсивність розчинення ділянок камер, збагачених ними, а також глину. Ці взірці обмотували та фіксували тонким прозорим волосінням і підвішували до балок, опертих на верхні краї акваріума. В акваріум ламінарно залили 12 л агресивного розсолу, відібраного з центрального зумпфа дренажного горизонту рудника № 2, з мінералізацією 214,6 г/л та хімічним складом, наведеним у табл. 1.



Рис. 4. Світлини взірців, які зазнавали розчинення в агресивному розсолі рудника № 2
(у дужках наведено відсотковий вміст мінералу):

a – взірець 10, каїніт-лангбейнітова руда: каїніт (25), лангбейніт (25), галіт (25), кізерит (5), сильвін (5), полігаліт (5), глина (10); *б* – взірець 11, “пісковик”: галіт (50), глина (50); *в* – взірець 12, каїнітова руда: каїніт (35), галіт (25), лангбейніт (10), кізерит (10), сильвін (10), полігаліт (5), глина (5); *г* – взірець 13, лангбейнітова руда: лангбейніт (50), каїніт (25), шеніт (15), сильвін (5), галіт (5); *д* – взірець 14: галіт (70), глина (30); *е* – взірець 15: полігаліт (70), глина (30).

Уже в процесі ламінарного заповнення акваріуму візуально простежено активне розчинення взірців. Через дві години від початку експерименту визначено масу взірців 12 і 13. Виявилось, що вони розчинились, відповідно, на 15 та 5 % за масою (рис. 5, 6, табл. 2). Ще виразніша картина активного розчинення зареєстрована через три доби після початку експерименту (рис. 7). Двокілограмовий взірець калійної руди та однокілограмовий “пісковик” були розчинені та дезінтегровані на дрібні уламки з втратою маси, відповідно, на 62 та 49 % (рис. 8, 9, див. табл. 2).



Рис. 5. Взірець 12: *a* – до початку експерименту; *б* – після перших двох годин розчинення в агресивному розсолі.

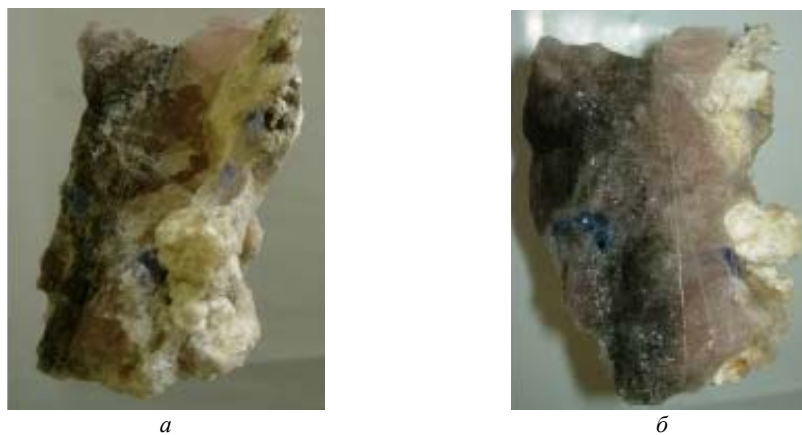


Рис. 6. Взірець 13: *a* – до початку експерименту; *б* – після перших двох годин розчинення в агресивному розсолі.

Хімічний аналіз розсолу, насиченого розчиненими компонентами шести взірців, дав змогу виявити зменшення вмісту Na^+ в кожному літрі розсолу на 1,4 г/л та зростання вмісту всіх інших компонентів: K^+ – на 19 г/л, Mg^{2+} – на 8,6, Cl^- – на 38,2, SO_4^{2-} – на 42, M – на 106,8 г/л, а густина зросла на 0,078 г/см³ (табл. 3). Тобто в кожному літрі розсолу за три дні розчинилось 106,8 г взірців. Відповідно, сумарно у розчин за три дні перейшло $106,8 \times 12 = 1281,6$ г взірців мінералів, що становить 29,5 % від їхньої початкової маси.

На початковій стадії експерименту з розчинення взірців в агресивному розсолі зафіксовано надзвичайно високу швидкість розчинення мінералів, що складаються з легкорозчинних солей і не містять важкорозчинних: каїніту, лангбейніту, шеніту, кізериту.

Таблиця 2

Зміна втрати маси зрізців під час розчинення*

Номер зрізця	Тривалість розчинення								
	поча-ток	2 год	3 доби	4 доби	5 діб	6 діб	10 діб	12 діб	24 доби
10	<u>2052,3</u> 100,0		<u>780,2</u> 38,0	<u>296,4</u> 14,4	<u>244,4</u> 11,9	<u>201,1</u> 9,8	<u>170,1</u> 8,3		
11	<u>984,8</u> 100,0		<u>510,1</u> 51,8	<u>429,7</u> 43,6	<u>396,4</u> 40,3	<u>352,2</u> 35,8	<u>308,2</u> 31,3		
12	<u>563,2</u> 100,0	<u>485,2</u> 86,2	<u>257,7</u> 45,8	<u>176,2</u> 31,3	<u>139,4</u> 24,8	<u>119,5</u> 21,2	<u>150,7</u> 26,8	<u>90,4</u> 16,1	<u>72,6</u> 12,9
13	<u>684,2</u> 100,0	<u>364,8</u> 95,0	<u>202,6</u> 52,7	<u>172,4</u> 44,9	<u>155,1</u> 40,4	<u>149,5</u> 38,9	<u>190,9</u> 49,7	<u>132,9</u> 34,6	<u>126,4</u> 32,9
14	<u>327,0</u> 100,0		<u>133,5</u> 40,8	<u>70,2</u> 21,5	<u>50,1</u> 15,3	<u>47,9</u> 14,6	<u>42,1</u> 12,9	<u>40,9</u> 12,5	<u>37,3</u> 11,4
15	<u>34,6</u> 100,0		<u>34,4</u> 99,4	<u>34,2</u> 98,8	<u>34,1</u> 98,6	<u>34,0</u> 98,3	<u>34,6</u> 98,0	<u>33,8</u> 97,7	<u>33,7</u> 97,4

* У чисельнику – маса, г; у знаменнику – відсотки.



Рис. 7. Вигляд акваріума після трьох діб експерименту: ліворуч – повністю дезінтегрований на дрібні уламки двокілограмовий зрізець каїніт-лангбейнітової руди (зрізець 10); праворуч – інтенсивно розчинений однокілограмовий зрізець “пісковіку” (зрізець 11); у центрі – інтенсивно розчинені інші досліджувані зрізці (12–15).

Галіт і сильвін помітно розчиняються, однак менш активно, ніж сульфати. Це, очевидно, зумовлене тим, що досліджуваний агресивний розсіл уже містив близькі до насиченості концентрації натрію і хлору, характерні для рівноважної з калійними рудами ропи (див. табл. 1 та 2). Натомість полігаліт, який містить важкорозчинний сульфат кальцію, розчиняється дуже повільно, практично непомітно.



Рис. 8. Великі та дрібні уламки двокілограмового зрізця каїніт-лангбейнітової руди (взірець 10) після трьох діб експерименту.



Рис. 9. Розчинення легкорозчинного прожилку кізериту, яке призводить до дезінтеграції каїніт-лангбейнітової руди.

Таблиця 3

Результати хімічного аналізу розсолу з дренажного горизонту рудника № 2 до і після розчинення зрізців калійних руд

Місце відбору	Вміст, г/л						ρ , г/см ³
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	M	
Розсіл з рудника № 2 через добу після початку експерименту	82,6	22,0	11,0	156,2	49,2	321,4	1,220
Насичення компонентів унаслідок розчинення зрізців порівняно з первинним розсолом	-1,4	19	8,6	38,2	42	106,8	0,078
Дефіцит компонентів порівняно з насиченим до калійної руди розсолом	2,4	12	12	-0,2	25,8	51,6	0,04

Аналіз великих та дрібних уламків двокілограмового зрізця каїніт-лангбейнітової руди після трьох діб експерименту з розчинення (див. рис. 8) засвідчив, що, крім агресивності розсолу, головними чинниками, які призвели до цього стану, були структурно-текстурні й мінеральні неоднорідності (механічні тріщини, наявність прожилків легкорозчинних мінералів). Механічні тріщини у зрізцях зумовлені, насамперед, вибуховими й видобувними роботами; це ті ділянки, по яких найлегше проникають агресивні розсоли, збільшуючи площу поверхні зрізців і послаблюючи їхню стійкість до руйнування. Розчинення легкорозчинних сульфатів магнію, передусім кізериту, особливо прожилків, які розділяють каїніт і лангбейніт, зумовлює дезінтеграцію первинно монолітного зрізця каїніт-лангбейнітової руди вже на початку експерименту (див. рис. 9). Про це свідчать поверхні інших легкорозчинних мінералів, зокрема каїніту й лангбейніту, які, зазвичай, облямовані кавернами глибиною від 1–2 мм до 0,5 і навіть 3 см у перерізі.

Надалі швидкість розчинення (без надходження нових агресивних розсолів) сповільнюється (див. табл. 2). На четвертий–дев'ятий день експерименту зафіксовано вибіркове розчинення зрізців, зумовлене структурою, текстурою, складом

мінеральних зерен, включень менш розчинних домішок. Одночасно з розчиненням відбувається гідратація кізериту та інших водовмісних мінералів.

Після трьох днів експерименту хімічний склад агресивного розсолу еволюціонує до значень компонентів, характерних для розсолу, рівноважного з калійними рудами. Причому можна виділити так звану швидку насиченість розсолу за натрієм і хлором, яких розсіл за три дні набирає рівноважну концентрацію, та тривалу ненасиченість за калієм, кальцієм, магнієм, сульфат-іоном, дефіцит яких простежено і після трьох днів експерименту. Концентрація натрію та хлору може зменшитись унаслідок як катіонного обміну (кальцію на натрій) між розсолем та дезінтегрованою глиною, так і осадження мірабіліту (рис. 10) й галіту у рівноважному розсолі.



Рис. 10. Друза кристалів мірабіліту на поверхні “пісковіку” (а) і така ж друза, декорована тенардитом (унаслідок збезводнення поверхні мірабіліту) (б).

Масове осадження мірабіліту простежене на десятий день експерименту. Це пов’язане з тимчасовим зниженням температури в лабораторії у вихідні дні: розчинність сульфату натрію тісно залежить від температури.

Кінетичні особливості дезінтеграції інших досліджуваних взірців в агресивному розсолі показана на рис. 11–14.

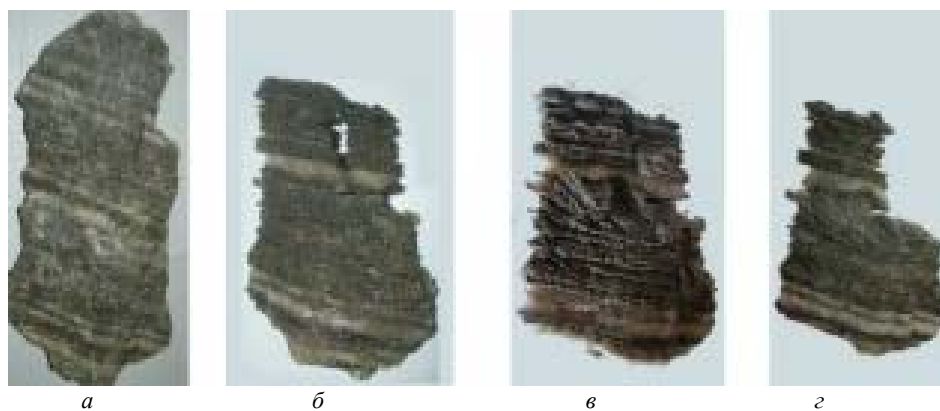


Рис. 11. Кінетика розчинення “пісковіку” (взірець 11): а – до початку експерименту; б – через три доби розчинення в агресивному розсолі; в – через тиждень; з – через три тижні.



Рис. 12. Кінетика розчинення каїнітової руди (взірець 12): *а* – до початку експерименту; *б* – через дві години розчинення в агресивному розсолі; *в* – через три доби; *г* – через тиждень; *д* – через три тижні.

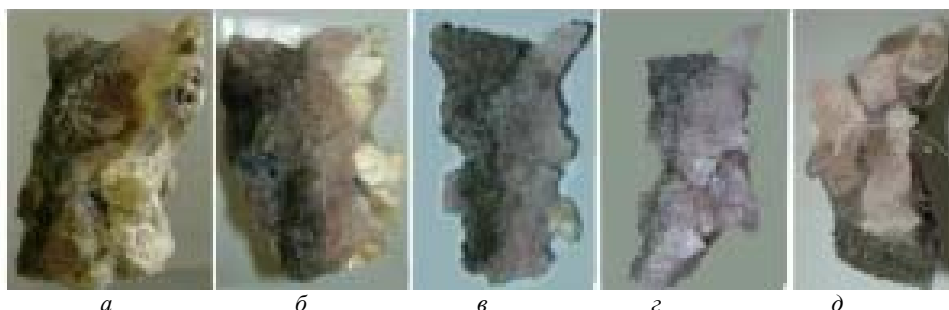


Рис. 13. Кінетика розчинення лангбейнітової руди (взірець 13): *а* – до початку експерименту; *б* – через дві години розчинення в агресивному розсолі; *в* – через три доби; *г* – через тиждень; *д* – через три тижні.

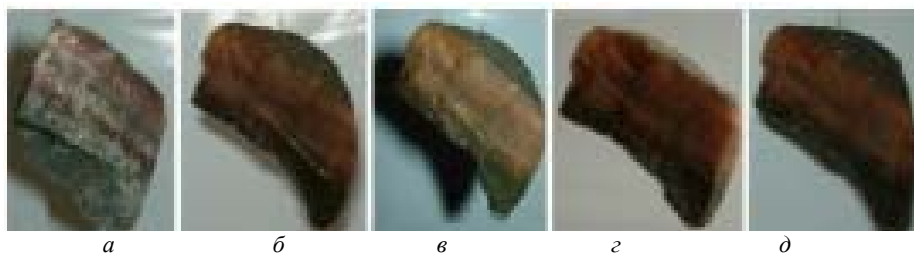


Рис. 14. Кінетика розчинення взірця 15: *а* – до початку експерименту; *б* – через три доби розчинення; *в* – через тиждень; *г* – через два тижні; *д* – через місяць.

Отже, практично всі сольові мінерали Стебницького родовища калійних солей, за винятком полігаліту, активно розчиняються в агресивному розсолі, який затоплює рудник № 2.

Роба дренажного горизонту, яка затоплює гірничі виробки рудника № 2, дуже агресивна щодо калійної руди і вмісних порід. Експериментальне моделювання дало змогу наочно відтворити кінетичні особливості процесу розчинення. Ре-

зультати експериментів рекомендуємо врахувати в разі коригування проектних рішень.

Автор висловлює подяку кандидату геолого-мінералогічних наук А.М. Гайдіну та інженеру В.М. Костюку за допомогу у проведенні експериментальних досліджень та обговорення отриманих результатів, кандидату геолого-мінералогічних наук, доценту П.М. Білоніжці за цінні поради й консультації.

1. *Білоніжска П.М.* О преобразовании терригенных глинистых минералов в галогенных отложениях по данным рентгеновской дифрактометрии // Тез. докл. VII Всесоюз. совещ. по рентгенографии мин. сырья. Львов, 1977. С. 27.
2. *Білоніжска П.М.* Трансформаційні перетворення терригенних глинистх мінералів під час галогенезу // Мінерал. зб. 1992. № 45. Вип. 2. С. 51–56.
3. *Білоніжска П.М., Малашевський В.В.* Кристаллы каинита Стебницкого калийного месторождения в Прикарпатье // Минерал. сб. 1961. № 15. С. 277–284.
4. *Білоніжска П.М., Малашевський В.В.* Леонит из калийных месторождений Прикарпаття // Изв. вузов. Геология и разведка. 1963. № 7. С. 63–63.
5. *Білоніжска П.М., Винар О.Н., Мельников В.С.* О минеральном составе глин соляных пород калийных месторождений Прикарпаття // Вопр. минералогии осадочных образований. 1966. Кн. 7. С. 147–158.
6. *Бондаренко М.Д.* Динаміка і прогноз стану геологічного середовища соляних і сірчаних родовищ Передкарпаття: Дис. ... канд. геол. наук. Львів, 2000.
7. *Здановський А.Б.* Кинетика растворения природных солей в условиях вынужденной конвекции. Л., 1956.
8. *Лазаренко Є.К., Габінет М.П., Сливко О.П.* Мінералогія осадочних утворень Прикарпаття. Львів, 1962.
9. *Малашевський В.В., Білоніжска П.М.* Гексагидрит из соляных месторождений Предкарпаття // Минерал. сб. 1962. № 16. С. 441–445.
10. *Малашевський В.В., Білоніжска П.М.* Кристаллы шенита из калийных месторождений Прикарпаття // Минерал. сб. 1964. № 18. Вип. 1. С. 99–104.

**EXPERIMENTAL MODELLING OF THE HALOPELITE MINERAL
ASSOCIATIONS KINETIC DISSOLUTION (DISINTEGRATION)**

**IN AGGRESSIVE BRINE OF THE MINE N 2
(STEBNYK POTASSIUM DEPOSIT, UKRAINE)****V. Dyakiv**

*Ivan Franko National University of Lviv
Hrushevskogo St. 4, UA – 79005 Lviv, Ukraine
E-mail: dyakivw@yahoo.com*

Experimental modelling of the halopelite mineral associations kinetic dissolution (disintegration) in aggressive brine of the mine No 2 (Stebnyk potassium deposit, Ukraine) testifies that this brine is very aggressive, first of all, in regard of potassium and magnesium sulphates. Modelling gave the possibility of visual reproduction of minerals and rocks conduct peculiarities which have been theoretically foresaw as well as to propose the means of concrete scientific and technical tasks decision.

Key words: potassium deposits, experimental modelling, halopelite mineral association, brine, disintegration, dissolution.

Стаття надійшла до редколегії 21.09.2007
Прийнята до друку 19.11.2007