

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

脆雲母熱水綜合試驗的初步結果

涂光熾

(中國科學院地質研究所)

前 言

長久以來地質學家對定向壓力(stress)在礦物形成過程中的作用有着不同的看法,如哈克爾^[12]把雲母、綠泥石和脆雲母都算作所謂定向壓力礦物(stress mineral),即它們的穩定範圍(主要對壓力和溫度而言)因有了定向壓力的參加而得以擴充。拉爾遜^[13]則對哈克爾重視定向壓力的論據表示懷疑,而李德^[30]則以為“所有定向壓力礦物都可以在沒有定向壓力參加的條件下形成”。

過去若干年的許多試驗結果證明:不同種類的雲母均可以在高蒸氣壓力,但卻沒有定向壓力參與的情形下形成^[3, 8, 9, 10, 16, 17, 18, 21, 22];鎂綠泥石的熱水綜合試驗也說明了它的形成並不一定需要定向壓力^[23]。但直到現在為止,脆雲母還沒有成功地在實驗室裏製成過。雖然克勞斯特特曉夫^[4]曾提到在他的雲母綜合試驗中得到過類似鈣脆雲母(margarite)的產物,但沒有提供證據。

到目前為止,一般地質學家均認為脆雲母礦物,尤其是其中分佈較為廣泛的鉄脆雲母(即硬綠泥石, chloritoid)是區域變質的產物,換句話說,它們的形成必需有定向壓力的參加。

因之,現在應當試作的是:脆雲母能否在靜壓力,即無定向壓力參與的條件下形成。若可以綜合製成,進一步就需要探研它在不同物理化學條件下的穩定範圍。為達到這一目的,作者進行了若干試驗。下面便談到試驗的初步結果和它們在地質上的可能解釋。

試 驗

作者利用不銹鋼製成的容器(bomb)作了約30個試驗。這種容器的容量為34.5—60 c.c.。容器形態和莫雷及英格爾遜^[15]所描述過的很近似。試驗的溫度範圍是250—

550°C。溫度的測定主要依靠電位差計和與它相連接的鉻鋁熱偶。在室溫保持均衡的條件下，測出溫度的差誤不超過 5°C。

我們沒有用儀器測定壓力；它是根據溫度和容器的原始充填度 (initial degree of filling) 估計出的。當溫度較高或充填度很小時，壓力的差誤可能相當大 (5% 或更多一些)。

試驗的原材料 (initial charge) 包括若干簡單化合物： $\text{Al}(\text{OH})_3$ ，X-射線繞射譜證明它是拜鋁石——bayerite；含水 SiO_2 ；各種不同鈣鹽、鐵鹽、鈉鹽和鎂鹽。試驗前把它們依一定比例在瑪瑙研鉢中均勻混合，然後放在白金坩鍋中。後者置於容器底部，之後加入定量的蒸餾水。容器封好後即可開始加熱。通常情形下電爐加熱一、二小時後容器就可以到達預期的溫度。

試驗一般延續二、三日，估計在這期限內容器內的反應可以到達平衡狀態。試驗完後迅速把容器自爐內移出，然後在水中淬冷。試驗前後均測定了在容器內水溶液的 pH 值。

試驗後綜合產品的鑑定主要依靠 X-射線繞射法 (粉末法)。我們使用了 57.3 厘米的精確照像器和未過濾的 Fe 射線。由於產物晶體極細，除了對它的折光率可以給以粗略的測定外，其他的顯微鏡下鑑定幾乎完全是不可能的。

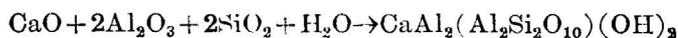
鑒於脆云母族中最常見的礦物——硬綠泥石含有若干低價鐵，我們曾企圖於原材料中加入低價鐵 (碳酸鐵或草酸鐵)。但試驗結果說明鐵的低價化合物毫無例外地都變成了獨立的磁鐵礦，因而低價鐵未能參加到產物的結晶構造中。由於在試驗過程中無法控制鐵的氧化還原作用，因之，在初步的試探性的試驗以後便決定不在原材料中加入鐵的化合物。同樣的情形我們在綠泥石的綜合試驗中也曾遭遇到^[23]。

在表 1 中列入了較具代表性的試驗和它們的結果。

討 論

由於在脆云母礦物中鈣脆云母 (或稱珍珠云母) 的成分最簡單，因之，我們首先開始對它的綜合試驗。

鈣脆云母的理論分子式是 $\text{CaAl}_2(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ 。從簡單化合物得出鈣脆云母的反應可用下列方程式表示出來：



因之，如表 1 所示，試驗前混合物中 $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2$ 的比例是 1:1，鈣鹽則一般較多於它應有的含量。若預期結果不是鈣脆云母而是其他不含鐵的脆云母時，則 $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2$

表 1. 脆雲母的綜合試驗(原始充填度 = 0.2)

試驗	溫度 (°C)	時間 (小時)	壓力 (kg/cm ²)	原 材 料		其他鹼類	pH (試驗前)	pH (試驗後)	產 物
				SiO ₂ :Al ₂ O ₃ :CaO					
1	420	63	305	2:2:1			8.5	7	薄鋁石和鈣脆雲母
2	420	68	305	2:2:1(CaCl ₂)			5.5	5	
3	410	67	290	2:2:1(CaCO ₃)			6	6	
4	420	85	340*	2:2:1		Na ₂ CO ₃	12	11.5	鈣霞石
5	410	66	290	2:2:1		NaOH	10	9	
6	370	71	220	2:2:1		NaOH	12.5	10.5	
7	475	70	390	2:2:1		NaOH	13	11.5	鈣霞石和未知化合物 A
8	420	68	305	2:2:1		NaCl	8.5		薄鋁石和鈣脆雲母
9	420	90	305	2:2:5(CaCl ₂)			5	4.5	鈣脆雲母
10	420	95	305	2:2:5(CaCO ₃)				7.5	方解石和鈣脆雲母
11	420	62	305	2:2:5			9	7	未知化合物 A
12	415	46	295	2:2		NaCl	6.5	6	薄鋁石和鈉雲母
13	420	67	305	2:1:5(CaCl ₂)			6.5	5	蛇紋石
14	420	67	305	2:1:4(CaCl ₂)			5	5	似鈣脆雲母
15	320	70	120	2:2:5(CaCl ₂)			5	5	薄鋁石
16	485	47	395	2:2:5(CaCl ₂)		MgO	5	5	鈣脆雲母
17	350	96	170	2:2:5(CaCl ₂)			5	5	薄鋁石
18	370	16日	220	2:2:5(CaCl ₂)			5	5	薄鋁石和微量鈣脆雲母
19	540	44	460	2:2:5(CaCl ₂)			5	5	鈣脆雲母

原始充填度 = 0.4

的比例也作適當修正,以符合預期產物的分子要求。

試驗初期我們即感到因原材料中含大量 $\text{Al}(\text{OH})_3$, 它可能單獨結晶成薄鋁石 (boehmite) 或其他鋁的氧化物, 而不會參加到鈣脆云母的結晶構造中。為了避免氧化鋁的單獨析出, 使它能全部參加到預期的反應, 應當使溶液呈較顯著的酸性和鹼性反應, 這樣, $\text{Al}(\text{OH})_3$ 才較易於溶解。或者, 加多鈣鹽也可能得到同樣的結果。早期試驗證明這一推斷是正確的: 在試驗 №. 1, 2, 3 中, 原材料裏 $\text{Ca}:\text{Si}:\text{Al}$ 的比例是和鈣脆云母分子式的要求一樣的, 而溶液也呈中性和近中性反應。試驗產物中大部是薄鋁石, 只一部分是預期的鈣脆云母。

在較後一段的試驗中, 我們試行在原材料中除 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、含水 SiO_2 和鈣鹽外, 再加入 NaOH 或 Na_2CO_3 , 使溶液呈較強的鹼性(酸性溶液容易侵蝕容器, 因之, 我們避免在溶液中加入酸類)。但試驗結果並不是令人滿意的; 因為鈣脆云母並未形成, 代替它的是鈣霞石 [cancrinite, $\text{Na}_6\text{Ca}_2/\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}(\text{CO}_3, \text{SO}_4) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, 見試驗 №. 4, 5, 6, 7], 根據別捷赫金^[3], 鈣霞石可以含少到 0.3% 的 CO_2 , 而在我們所用的試劑中則有着不少的 CO_3^{2-} (即或在 NaOH 中也含 1.5% 的 Na_2CO_3), 顯然, 在反應的溶液中那怕只含少量 CO_3^{2-} 也會使反應不利於鈣脆云母, 而有利於鈣霞石的形成¹。

若對綜合製成和天然鈣霞石的 X 射線繞射譜加以比較, 也可以發現若干有趣現象。在低溫條件下人工製成的鈣霞石 (試驗 №. 6, 370°C) 無論在 X 射線繞射譜的點陣距 (spacings) 和強度 (intensities) 上和天然鈣霞石完全一致。溫度略高條件下形成的鈣霞石 (試驗 №. 4 及 5, 420°C 及 410°C) 在點陣距上和天然礦物一樣, 但強度已有若干差異。高溫鈣霞石 (試驗 №. 7, 475°C), 則點陣距及強度和天然礦物都有些不同; 它表現出產物的結晶架已有若干擴大傾向 (expanded lattice)。

為了避免鈣霞石的產生, 我們決定不再在原材料中加入鹼性化合物 (如 NaOH 等), 因為後者總多少含 CO_3^{2-} , 使鈣霞石容易形成。在較後一期試驗中我們換了另一個方法: 在原材料中置入大量鈣鹽。如像表 1 中所示出的, 我們加入了五倍於鈣脆云母分子所需的鈣。

我們試用了 CaCl_2 , CaO , CaCO_3 等鈣鹽。所得到的產物很不相同。若用 CaCl_2 (試驗 №. 9, 16, 19), 產物中只含鈣脆云母。若用 CaCO_3 (試驗 №. 10), 它的大部分結晶為方解石, 只一小部分鈣形成了少量的鈣脆云母。用 CaO 時, 產物中沒有出現過鈣脆云母, 代替它出現的是未知化合物 "A" (在以上試驗中鈣鹽均五倍於鈣脆云母分子式所需

1) 鈣霞石曾不只一次在熱水綜合試驗中製成過^[6, 7, 14], 最近, 在鍋爐沉積物中也找到了它^[5]。

要的)。

未知化合物“A”在試驗 №. 7 或 №. 11 產物中都出現過。它的實質我們很難完全確定，但大約是類長石(feldspathoid)一類的化合物。它的 X-射線繞射譜無論在點陣距和強度上都近似於方鈉石(sodalite, $\text{Na}_4\text{ClSi}_3\text{Al}_3\text{O}_{12}$)，雖然，按照原材料的成分，它應和藍方石(haüynite, $\text{Na}_3\text{CaAl}_3\text{SO}_4\text{Si}_3\text{O}_{12}$)更接近一些。按照巴爾士^[1]的計算，方鈉石的單位晶胞長度是 8.89Å，藍方石的為 9.11Å，而未知化合物 A 的則為 8.84 Å，比方鈉石的晶架略有縮小。因之，很可能未知化合物 A 是一個以含鈣為主的、具方鈉石結構的化合物。到目下為止，含鈣為主的方鈉石在自然界還從未發現過，但巴爾士曾提到，藍方石礦物實際上包括兩種主要組成：黝方石(noselite, $\text{Na}_8\text{Al}_6\text{SO}_4\text{Si}_6\text{O}_{24}$)和所謂“矽酸鹽 III”($\text{Ca}_4\text{Al}_6\text{SO}_4\text{Si}_6\text{O}_{24}$)。巴爾士的“矽酸鹽 III”大約在化學成分上和未知化合物 A 相近。

直到現在為止，從試驗結果可以看出，原材料溶液中若含有大量鈣離子(如 CaCl_2 溶液)，則對鈣脆雲母的形成是較為有利的。因之，在最後一批試驗中(試驗 №. 15—19)，在不同溫度下，我們在原材料中置入多量的 CaCl_2 。從試驗結果可以看出：低於 350°C 時，產物中僅含薄鋁石。溫度在 370°C 而且經過了 16 天的反應後，產物中還大部是薄鋁石，只一小部分是鈣脆雲母。這樣，我們可以說，在試驗室條件下鈣脆雲母形成溫度的最低極限大約在 350—370°C 之間。它形成溫度的最高極限因受試驗條件的限制而無法決定(不銹鋼製成的容器在 550°C 以上很容易產生裂縫或變形，因而發生漏氣現象，反應無法進行)。但可以肯定，它一定大於 550°C(試驗 №. 19)。

鈣脆雲母試製成功後，我們企圖綜合製造鈉脆雲母(即鈣脆雲母中的 Ca 為 Na 所代替)。原材料包括 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、含水 SiO_2 和 NaCl ，鈉的含量也是五倍於理論的鈉脆雲母所需要的。我們在不同溫度下進行了一系列試驗，但都沒有成功。試驗產物中只含薄鋁石和鈉雲母(paragonite, 試驗 №. 12)。

我們也試圖綜合製造鎂脆雲母(clintonite, $\text{H}_2\text{CaMg}_3\text{Al}_3\text{Si}_2\text{O}_{12}$)。它是一種部分 Al 為 Mg 所代替了的脆雲母礦物。原材料中 Al:Si:Mg 的比例是 2:2:3，即如鎂脆雲母分子式所需要的那樣，鈣則是多量的(試驗 №. 13)。試驗結果說明，在 400—450°C 間產物的結晶質部分只包括蛇紋石。

表 2 中列出了綜合製成和天然鈣脆雲母 X-射線繞射譜。可以看出，二者的點陣距和強度基本上是吻合的。綜合製成鈣脆雲母的折光率是 1.615，它比天然礦物的折光率低一些，這可能因產物顆粒非常微細的緣故。

表 2 天然和綜合制成鈣脆雲母的 X-射線繞射譜

綜合制成鈣脆雲母			天然鈣脆雲母		
No.	<i>d</i> (點陣距)	<i>I</i> (強度)	No.	<i>d</i> (點陣距)	<i>I</i> (強度)
1	不清楚		1	9.47	極弱
2	4.82	極弱	2	4.71	極弱
3	4.422	強	3	4.388	弱
4	3.566	極弱	4	3.645	強
5	3.203	強	5	3.186	極強
6	2.974	弱	6	2.898	弱
7	2.808	強	7	2.777	強
8	2.681	弱	8	2.683	弱
9	2.533	極強	9	2.529	強
10	2.425	強	10	2.408	強
11	2.094	強	11	2.078	寬
12	1.916	弱	12	1.913	極強
13	1.780	極弱	13	1.757	弱
14	1.684	弱	14	1.673	弱
15	1.601	弱	15	1.592	強
16	1.483	極強	16	1.486	弱
17			17	1.465	強

討 論

我們的試驗結果：即在熱水綜合試驗條件下（蒸氣靜壓力下）鈣脆雲母的製成說明了在地質條件下脆雲母也可能在沒有定向壓力參加的情況下形成。實際上已有一些事實說明脆雲母的產生並非一定要陪伴着區域變質。如古斯塔夫孫^[11]曾提到硬綠泥石可以在熱液礦脈中找到。別捷赫金也曾說明，在西烏拉爾的接觸變質礦床中發現過鎂脆雲母，而少量硬綠泥石在大理石的接觸變質帶中找到過^[9]。在這些情形下脆雲母的形成顯然不是區域變質，而是熱液變質的產物。

在北京西山地區硬綠泥石是分佈相當廣泛的一種造岩礦物，它在從震旦紀一直到侏羅紀的岩層中都可以找到。應當指出，雖然西山的大部硬綠泥石可能是低級區域變質產物，但也有一部分明顯地產在石英脈中¹⁾。

當然，作為熱液蝕變產物或生在礦脈中的脆雲母在自然界的分佈可能遠遜於由於區域變質作用產生的。但一些地質事實和我們試驗的結果肯定了脆雲母在靜壓力下形成的可能。因之，在地質產狀上脆雲母和絹雲母、綠泥石等礦物應有其近似處。我們都知道有經過區域變質產生的絹雲母和綠泥石，也有只經過熱液蝕變作用產生的絹雲母

1) 楊傑和何作霖兩先生口述。

和綠泥石。脆雲母很可能也是這樣。把脆雲母只當作是區域變質作用產物的看法顯然是不夠全面的。

從另一方面看，脆雲母在自然界中的分佈要比一般的雲母族礦物少得多。這可能部分由於有利於脆雲母形成的物理化學條件要比一般雲母的狹得多的緣故。我們的試驗結果說明鈣脆雲母要在 350—370°C 以上的溫度才能綜合製成，但在另一試驗中，我們已知金雲母可以在低到 200°C 的熱水條件下形成¹⁾。溶液酸鹼度的改變和各種酸根的存在對脆雲母穩定範圍的影響顯然要比一般雲母大一些。在前述試驗中可以看出，少量 CO_3^{2-} 的存在使鈣脆雲母的形成不可能，而促使了類長石化化合物，如鈣霞石、未知化合物 A 等的形成。類似的情形在雲母的綜合試驗中便較少發生。這一切至少部分地解釋了為什麼在自然界雲母礦物遠比脆雲母礦物為多的道理。

還有一點值得注意的是脆雲母的結晶構造問題。我們知道雲母、綠泥石和脆雲母都是所謂層狀構造(layer structure)礦物。在多數雲母礦物中，主要由矽鋁氧四面體和六面體構成的各層間夾着一價的鉀離子。在鈣脆雲母的晶體構造中，則各層間夾着的是二價的鈣離子。層狀構造要求夾在各層間的正離子具較大的半徑，因之，鉀離子(半徑 1.33Å)比鈣離子(半徑 0.99Å)的地位要穩定得多。鉀離子比鈣離子更適宜於層狀晶體構造這一事實也可能部分解釋為什麼在自然界鉀雲母遠比鈣脆雲母為多。另外，一般都認為鈉雲母(paragonite)的分佈比鉀雲母少得多，據格隆納^[9]的研究，這也由於雲母構造中鈉離子較小(半徑 0.95Å)，沒有鉀離子穩定的緣故。鈉鈣離子大小相近似，因之，同樣的解釋是可以應用的。

我們的試驗結果說明了：雖然鈣脆雲母很容易綜合製成，但在相同條件下其他的非鈣脆雲母(如鈉脆雲母、鎂脆雲母)則無法得到。這可能由下列幾個方面來解釋。首先，真正的純鈉脆雲母在地質文獻上從未有過記載；含鈉最多的脆雲母，所謂的 ephesite 礦物，只在南非波斯持馬斯布爾格地方找到過(含 Na_2O 8.65%， CaO 1.4%)。其他的脆雲母則含鈉更少得多，而且，產地也極少。這說明了鈉脆雲母或含鈉較多的脆雲母是在比較特殊的地質環境下才有可能形成。

其次，我們沒有能作成鎂脆雲母。得出的產物是蛇紋石。很明顯，在反應中鈣離子始終留在溶液中而沒有參加到蛇紋石的晶體構造中，因為蛇紋石一般是不含鈣的。

鎂脆雲母在自然界是難見到的礦物；它遠比和它成分相近似但不含鈣的蛇紋石為少。我們知道基性岩和超基性岩常遭受到蛇紋石化，而後者常陪伴着碳酸鹽化。蛇紋

1) 試驗結果將在另文中發表。

石化和碳酸鹽化常同時發生,也可能略有前後。在一系列的蝕變過程中,鈣也沒有參加到蛇紋石的晶体構造中,而是形成了獨立礦物——含鈣碳酸鹽。

因此,試驗結果和地質情況是相符合的:即在相同的熱水條件下,包括着相似組分的反應(包括鎂鋁矽鈣等原素)易於引起蛇紋石和碳酸鹽,而不是含鎂鈣酸云母的形成。

雖然缺少試驗證明,但我們有理由相信:如果鉄能參加到反應中去,則脆云母的穩定範圍將會增加,使它在較低溫度條件下也能形成。別捷赫金^[2]曾指出,鉄脆云母(即硬綠泥石)在區域變質的初期形成;而在變質較劇烈的岩石中它已不存在。這說明了較低的溫度條件對硬綠泥石是有利的。西山地區的各种地質跡象也說明了當地硬綠泥石的形成溫度並不很高。這裏需要附帶說一下,我們在綠泥石綜合試驗一文中也曾提到相似情形:含鉄綠泥石可能在低溫條件下更穩定一些^[23]。

最後,還應指出:雖然脆云母可能在沒有定向壓力參加的情形下產生,但這不等於說,定向壓力不會增加它的穩定範圍。自然界中脆云母族礦物常產在區域變質岩石中的事實有力地說明了這一點。在這方面,更多的試驗(包括使用定向壓力)和研究工作是必需的。

參 考 文 獻

- [1] Barth, T. F. W., 1932. The structures of the minerals of the sodalite family. *Zeits. Krist.*, 83, 405—414.
- [2] Betehtin, A. G., 1950. Mineralogy. 823—825 (俄文).
- [3] Caillere S. and Henin, S., 1949. Transformation of minerals of the montmorillonite family into 10Å micas. *Mineral. Mag.*, 28, 606—611.
- [4] von Chroustschoff, K., 1888. Über Künstlichen Magnesia-Glimmer. *Tsch. Min. Petrog. Mitt.*, 9, 55—60.
- [5] Clark, L. M., 1948. The identification of minerals in boiler deposit. Examples of hydrothermal synthesis in boiler *Mineral Mag.*, 28, 359—366.
- [6] Friedel, G., 1896. Sur un nouveau silicate artificiel. *Soc. Francaise Mineralogie, Bull.*, 19, 5—14.
- [7] Friedel, G., 1901. Sur un silicate de lithium cristallise. *Soc. Francaise Mineralogie, Bull.*, 24, 141—159.
- [8] Gruner, J. W., 1939. Formation and stability of muscovite in acid solutions at elevated temperatures. *Am. Mineralogist*, 24, 624—628.
- [9] Gruner, J. W., 1942. Conditions for the formation of paragonite. *Am. Mineralogist*, 27, 131—134.
- [10] Gruner, J. W., 1944. The hydrothermal alteration of feldspars in acid solutions between 300 and 400°C. *Econ. Geol.*, 39, 578—589.
- [11] Gustavson, J. K., 1946. Two occurrences of chloritoid as a hydrothermal mineral in igneous rocks, *Am. Mineralogist*, 31, 313—316.

- [12] Harker, A., 1950. *Metamorphism*, 3rd ed., 148—151.
- [13] Larsen, E. S., 1941. *Geochemistry. Geol. Soc. Am., 50th Anniversary vol., Geol., 1888—1938*, 391—413.
- [14] Lemberg, J., 1887. Zur Kenntnis der Bildung und Umbildung von Silicaten. *Zeits. Deut. Geol. Ges.*, 39, 559—600.
- [15] Morey, G. W. and Ingerson, E., 1937. A bomb for use in hydrothermal experimentation. *Am. Mineralogist*, 22, 1121—1122.
- [16] Noll, W., 1932. Hydrothermale Synthese des Muscovits. *Nach. Gesell. Wiss. Göttingen, Math-Physik. Kl.*, 122—134.
- [17] Norton, F. H., 1939. Hydrothermal formation of clay minerals in the laboratory. *Am. Mineralogist*, 24, 1—17.
- [18] O'Neill, J. F., 1948. The hydrothermal alteration of feldspars at 250—400°C. *Econ. Geol.*, 43, 167—180.
- [20] Read, H. H., 1948. A commentary on place in plutonism. *Quar. Jour. Geol. Soc. London*, 54, 155—205.
- [19] Phillips, F. C., 1931. Ephesite (soda-margarite) from the Postmasburg district, S. Africa. *Mineral Mag.*, 22, 482—485.
- [21] Roedder, E. W., 1948. System $K_2O-MgO-SiO_2$. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 59, 1347 (in abstract form).
- [22] Roy, R., 1949. Decomposition and re-synthesis of the micas. *Jour. Am. Ceramic Soc.*, 32, 202—209.
- [23] 涂光熾, 1951. 鎂綠泥石的熱水綜合試驗. *科学紀錄*, 4(2), 157—162.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИТОГИ ПО ГИДРОТЕРМАЛЬНОМУ СИНТЕЗУ ХРУПКИХ СЛЮД

Ту Гуан-чжи

(Институт Геологии, Академии Наук КНР)

(АБСТРАКТ)

В статье изложены предварительные результаты по гидротермальному синтезу хрупких слюд и их геологические интерпретации. Вопреки существующему взгляду о исключительно регионально-метаморфическом происхождении хрупких слюд, наш опыт показывает, что маргарит (Са-хрупкая слюда) может получаться в лабораторных условиях при отсутствии стресса. Доказано, что маргарит образовывается в гидротермальной "бомбе" в нейтральных или слабо кислых растворах при температурах выше 370°C (Верхний предел температуры не может быть определен, но он вероятно значительно превышает 550°C). Наличие в растворах множества Са ионов благоприятно воздействует на формирование маргарита, тогда как нахождение незначительного количества CO_3^{--} препятствует образованию маргарита и способствует выделению щелочных минералов (канкринит и др.).

Попытки изготовления других минералов группы хрупких слюд (хлоритоид, Намаргарит, клинтонит) не увенчались успехом. В связи с трудностью контролировать окислительно-восстановительное состояние Fe в "бомбе", мы не можем получить хлоритоид. Что же касается других минералов группы хрупких слюд, то их вообще очень мало в природе и их формирование, возможно, требует специфических условий.

В заключение рассматривается поле устойчивости Са-хрупкой слюды по отношению к температуре, концентрации и наличию радикалов (CO_3^{--}). По экспериментальным данным выявляется, что поле устойчивости Са-хрупкой слюды значительно уже поля устойчивости обычных К-содержащих слюд. Это положение хорошо совпадает с редким нахождением маргарита в природе, по сравнению с мусковитом и биотитом.