

苏联铝土矿类型及其成因

A. Д. 阿尔汉格尔斯基著

科学出版社

蘇聯鋁土礦類型 及其成因

A. Д. 阿爾漢格爾斯基 著

陳 良 譯

科 學 出 版 社

1 9 5 9



蘇聯鋁土礦類型及其成因

A. A. 阿爾漢格爾斯基著

陳 良 譯

*

科 學 社 出 版 (北京朝陽門大街 117 號)

專業許可證出字第 061 號

商務印書館 發行 華書店總經售

1959年3月第 一 次 印 124,000

1959年3月第一次印刷 787×1 1/18

(滬)0001—3,310 印張: 5 4/8 插頁 2

定價: (10) 0.90 元

蘇聯鋁土礦類型及其成因*

序

兩年前,在我看了 A. A. 捷尼謝維奇(Денисевич)帶回的烏拉爾鋁土礦標本及這位地質學家收集的有關鋁土礦產狀材料之後,曾發表了一篇關於蘇聯已知鋁土礦成因問題的論文(阿爾漢格爾斯基,1933)。在這篇文章裏,我和大多數蘇聯及外國地質學家對此問題的意見是根本不同的。衆所周知,他們把構成鋁土礦的鋁、鐵和鈦的氧化物,在一些情況下看作是石灰岩溶解的殘餘物,而在另一些情況下則看作是鋁矽酸鹽岩石在其形成地方殘餘的,或者是以毛細管作用上升方式向風化壳表面移動的風化產物;而這些地質學家當看到顯然是另外一種情形的鋁土礦,即沉積生成的鋁土礦時,則認為這是由原生殘積鋁土礦機械破壞和再沉積所形成的岩石。我所研究的烏拉爾鋁土礦在沉積岩中的產狀、構造、化學成分及礦物成分完全肯定地證明,鋁土礦是從湖盆或海盆地中的真溶液或膠體溶液析出的化學沉積物。關於鋁土礦以化學方式沉積於湖中的觀念並不是新穎的,印度斯坦、美國及愛爾蘭等國許多鋁土礦研究者就曾不止一次地提到過,(Burton, 1917; Fermor, 1911; Hubbard, 1922; Mallet, 1881; Spencer, 1893),然而這種觀念並未引起應有的注意,這可能是因為沒有像風化學說那樣(Fox, 1932; Harrassowitz, 1926; Kispatic, 1912; Lacroix, 1933; Tučan 1912,等)根據大量資料作充分研究的緣故。

由於工業部門撥出大量經費來研究鋁土礦,所以在發表上述論文的同時我才有可能一面大力進行大量組織工作,通過研究已知的礦床及實驗研究以驗證自己的假說,另一面則廣泛地將該假說運用到實際工作中以尋得新的礦床。這一切工作都是在我的領導下和直接加入地質礦產研究所進行的,現在地質礦產研究所和實用礦物研究所已合併到礦物原料研究所。

1933年曾派 Н. Г. 馬爾科娃(Маркова)和 Н. А. 什特列斯(Штрейс)去北烏拉爾古生代礦床發育區,Б. М. 費多羅夫(Федоров)去中烏拉爾中生代鋁土礦及古風化壳分佈區,А. К. 別洛烏索夫(Белюсов)去南烏拉爾,專門研究鋁土礦產狀、成分及成因。1935年,Н. А. 阿爾漢格爾斯卡婭(Архангельская)曾經研究了作為今後普查烏拉爾鋁土礦來源的含鋁土礦石灰岩。所有這些學者都是按照預先制定的計劃進行研究的,該計劃並規定了有關本文所涉及的問題的材料蒐集。

1933年,在研究已知礦床的同時,找礦工作也已廣泛展開了。在南烏拉爾和穆戈札爾工作的是 П. Л. 別茲魯科夫(Безруков)和 А. Л. 楊申,(Яншин),他們在這兩個地區發現了許多新的礦床;在頓涅茨盆地西北部,Н. А. 阿爾漢格爾斯卡婭進行了普查;在哈薩克斯坦東北部由 Б. Н. 契爾諾夫(Чернов)和 А. Л. 波爾吉科夫

* 係按“鐵、錳、鋁礦成因會議著作集”一書發表的原文刊登的。蘇聯科學院出版社,1937——編者。

(Ползиков) 進行了調查，在該地區的圖爾蓋和阿克摩林斯克兩地發現了鋁土礦層；在葉尼塞地塊 Е.-М. 維利科夫斯卡婭 (Великовская) 和 Е. Н. 修金娜 (Щукина) 進行了調查，他們找到了前所未知的原生礦床。1934 年，阿爾漢格爾斯卡婭、費多羅夫、羅曼諾夫、別洛烏索夫、馬爾科娃和什特列斯等人繼續在烏拉爾古生代地層進行找礦工作，結果在該地的下圖林工廠地區發現了新的鋁土礦礦床，並且確定在南烏拉爾帕沙和庫謝-亞歷山大礦區及卡塔瓦河流域有原來的水鋁矽綠泥石礦石存在。這一年，維利科夫斯卡婭和契爾諾夫在哈薩克斯坦發現了許多新的礦床，修金娜在葉尼塞地塊也發現了一些新礦床；1934 年開始在中亞細亞進行找礦工作，在此地 В. Н. 帕夫林諾夫 (Павлинов) 研究了不久前發現的土爾克斯坦山脈山麓的古生代鋁土礦礦床。最後，1935 年在我的領導下由塔什克-帕米爾普查隊繼續在南烏拉爾和中亞細亞進行找礦工作。本文利用 1935 年的工作成果很少。在進行上述的一切找礦工作時，雖然其直接任務是尋找新的礦床，但是同樣也特別注意地研究了礦床的成因問題。

地質礦產研究所進行的研究鋁土礦的第三部分工作是有關查明鋁土礦礦物成分的研究，以及在實驗室條件下查明鋁矽酸鹽岩石風化及鋁與鐵的氧化物從水溶液中析出現象的實驗工作。除了一些地質學者，特別是別洛烏索夫及費多羅夫對資料進行了礦物研究以外，羅日科娃和 М. В. 索波列娃 (Соболевой) 在這方面還進行了專門工作。實驗研究工作是由我、Е. В. 羅日科娃 (Рожковой) 及 Н. В. 索洛維耶夫 (Соловьевым) 三人進行的。研究所化驗室也作了大量的分析工作。

一般說來，上述所有人員組成了一個龐大的研究集體，這個集體有着共同的工作任務、共同的研究方法、統一的領導和經常密切的來往。由於上述工作的結果這個集體積累了大量資料，當然類似這樣的資料，就是在今天還在研究鋁土礦礦床問題（特別是研究鋁土礦成因問題）的人當中都是沒有的。

上述的部分研究成果在現在礦物原料研究所專刊所載的許多論文中和本書的某些章節中，都作了闡述。本書的任務就是綜合我們對蘇聯現有鋁土礦類型及其成因問題研究的情況。綜合研究結果完全證實了我在 1933 年發表的文章中所提出的見解，從而奠定了穩固的基礎，這一基礎乃是由實際工作中蒐集的大量事實所構成的。我希望我現在所提出的假說變成有足夠根據的科學理論，為我國鋁工業作出更多的貢獻。

以後將講述的那些理論上的概念，我曾廣泛而大胆地用來制定目前的工作計劃，並且在大多數情況下獲得了良好的效果。由此可以得出結論，在這個基礎上也可以制定今後大規模普查鋁原料的計劃。在本書的最後一章中，我也試圖作了這種計劃的一般草案。

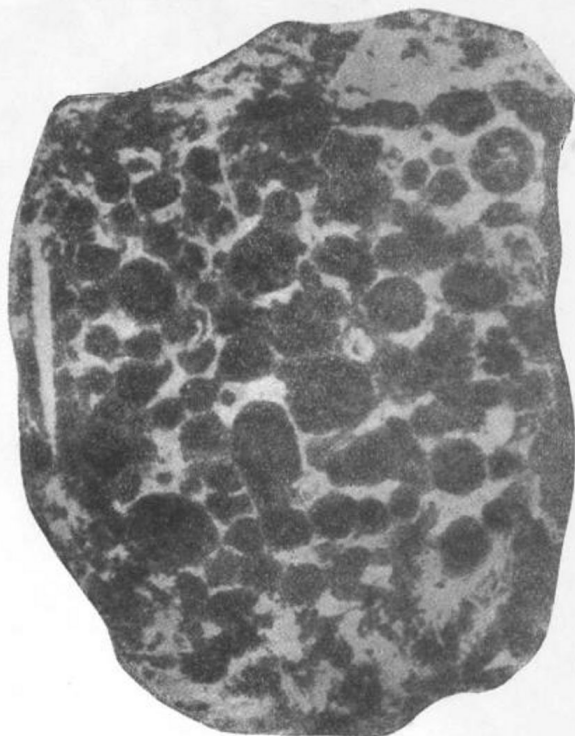
ТИПЫ БОКСИТОВ
СССР И ИХ ГЕНЕЗИС
А. Д. АРХАНГЕЛЬСКИЙ

內 容 簡 介

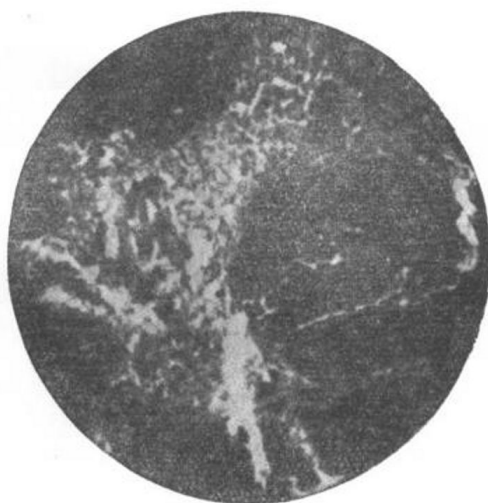
本書是蘇聯科學院 А. Д. 阿爾漢格爾斯基院士選集的一部分(選自“阿爾漢格爾斯基院士選集”,卷 II, 609—625 頁——蘇聯科學院出版社, 1954)。內容綜合了有關蘇聯各地區及各地質時代的鋁土礦的礦床類型和礦床成因等問題的研究資料,闡述了鋁土礦的化學沉積生成理論,有力地反駁了關於鋁土礦成因的風化殘積學說,並進一步地探討了在蘇聯境內找尋鋁土礦的遠景問題。它是一部關於鋁土礦床研究的總結,具有相當高的學術價值,可供我國研究鋁土礦的地質工作者參考。



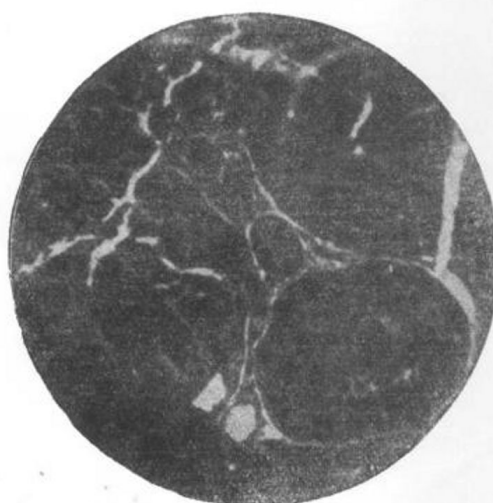
9



10



11



12

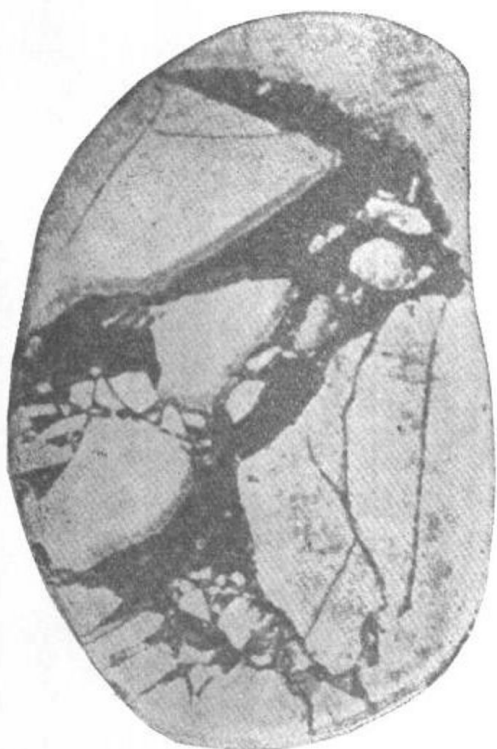
- 9 阿克摩林斯克中生代蠶豆狀鉛土礦。原大。(根據 E. M. 維利科夫斯基)
 10 卡明斯克侏羅紀鉛土礦礦床。 $\times 15$ 。(根據 E. M. 費多洛夫)
 11 同上,裂隙顯著變大,充填有硬水鉛礦。 $\times 50$ 。
 12 同上,具有帶狀構造的蠶豆石。 $\times 60$ 。



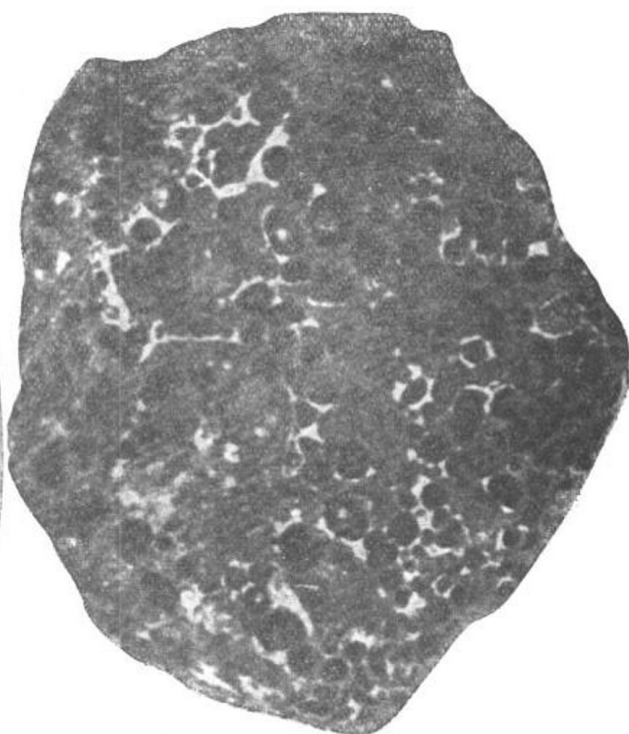
5



6



7



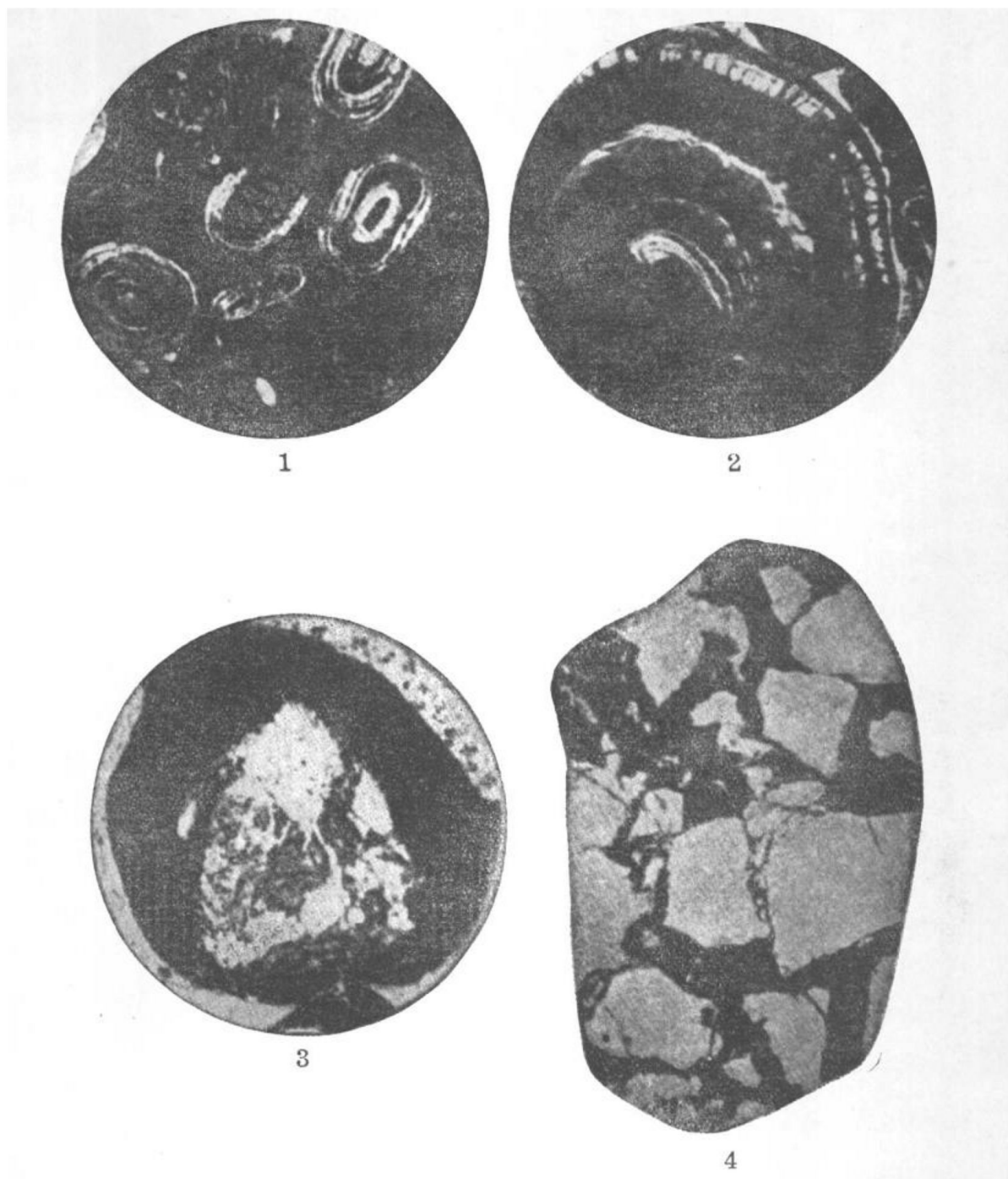
8

5 紅帽區下泥盆紀富含赤鐵礦的鋁土礦：顆粒主要是由一水硬鋁石和鱗綠泥石組成。 $\times 40$ 。

6 同上。 $\times 40$ 。

7 “鋁土礦-角礫岩”：光亮的是石灰岩，黑暗的是鋁土礦。原大。

8 阿克摩林斯克中生代蠶豆狀鋁土礦。原大。（根據 E. M. 維利科夫斯基）



- 1 楚索夫地區奧西諾夫礦床上泥盆紀礦石：黑色的是赤鐵礦和褐鐵礦，光亮的是鱗綠泥石和一水硬鉛石。
×40。（根據 A. K. 別洛烏索夫的資料）
- 2 奧西諾夫礦床礦石的鱗狀顆粒部分。（根據 A. K. 別洛烏索夫的資料）
- 3 卡塔夫礦床的鱗狀礦石，內部形成了具有一水硬鉛石結晶的非層狀深綠色塊體(α)。在外層，黑暗的為赤鐵礦，光亮的為鱗綠泥石和一水硬鉛石。×50。（根據 A. K. 別洛烏索夫）
- 4 鮑戈斯洛夫斯克的“鋁土礦-角礫岩”：光亮的是石灰岩，黑暗的是鋁土礦。原大。

目 錄

序	(i)
I. 關於鋁在風化帶內遷移的幾點意見	(1)
II. 烏拉爾志留紀和泥盆紀的鋁土礦	(6)
1. 上泥盆紀硬水鋁礦-鱗綠泥石礦石	(6)
2. 志留紀和下泥盆紀鋁土礦及硬水鋁礦-鱗綠泥石礦石	(12)
3. 志留紀和泥盆紀硬水鋁礦-鱗綠泥石礦石及鋁土礦的成因	(18)
III. 中生代鋁土礦	(33)
1. 論紅土鋁土礦	(33)
2. 中生代鋁土礦分佈區內的古風化壳	(36)
3. 烏拉爾鋁土礦的產狀	(44)
4. 哈薩克斯坦東北部鋁土礦的產狀	(50)
5. 薩拉伊爾鋁土礦的產狀	(52)
6. 葉尼塞山鋁土礦的產狀	(53)
7. 中生代鋁土礦的結構、化學成分及礦物成分	(54)
8. 中生代鋁土礦的時代	(64)
9. 中生代鋁土礦的成因	(65)
IV. 石炭紀鋁土礦	(81)
1. 齊赫文地區鋁土礦	(81)
2. 土爾克斯坦山脈鋁土礦(塔吉克斯坦北部)	(85)
V. 鋁土礦生成及找尋新礦床的總結	(86)
參考文獻	(91)
圖版	

I. 關於鋁在風化帶內遷移的幾點意見

鋁土礦，今後我們應理解為主要是由鋁、鐵和鈦的氫氧化物組成的岩石，其中可能攙有不同數量的其他礦物雜質。水化物中水的含量可能不定，並且鐵的氧化物往往大概也呈無水狀態出現。

雖然鋁土礦已經知道一百多年了，然而僅是最近幾十年才引起人們對這種最貴重的鋁礦石的注意，它的成因還遠不能認為是搞清楚了。根據我們對蘇聯鋁土礦成因所進行的研究，正如以後我將介紹的，對於最盛行的，似乎是有足夠根據的鋁土礦床形成學說的正確性還可表示懷疑。

鋁土礦成因問題的基本問題，我認為是在風化過程中鋁、鐵和鈦氧化物的活動程度問題。從以後的講述中將可看出，所有研究此問題的地質學家和礦物學家都認為，在所謂的鋁矽酸鹽岩紅土風化過程中，在物理化學或生物化學因素的影響下均形成游離的三氫氧化二物和氫氧化鈦。根據大多數研究者的意見，這些氫氧化物活動性非常小，在其本身生成時便形成溶液，主要是膠體溶液，呈溶解狀態，只能移動很小的距離，然後又重新呈凝膠而析出。一般認為，這種溶液以毛細管作用的方式上升到風化壳上層，其中氫氧化物在這裏也呈固體狀態析出，形成鋁土礦或按其生成方式稱為原生紅土鋁土礦。氧化鋁呈溶解狀態活動性小的這種思想，在 C. Ф. 馬利亞夫金在科學院鐵鋁礦成因會議上的報告(1937)中表現特別明顯。他說：

“我們既然承認游離氫氧化鋁堆積的最初來源是紅土風化作用，那麼就應該把以搬運方式形成的堆積看作是它的次生堆積。這裏的基本問題是，這種搬運究竟以什麼方式進行的？爲了回答這個問題，我們先來研究一下氧化鋁的性質。衆所周知，許多天然溶液——河水、湖水和泉水均含有微量的氧化鋁。與氧化矽相反，其數量很少，達到全部溶解物質的百分之一。 Al_2O_3 是一種最不活潑的氧化物，因爲它完全不與在地表下分佈最廣的碳酸化合。其分子溶液很快變成溶膠，後者極易凝結和呈凝膠析出。總共含有0.5% Al_2O_3 的水溶膠，在它形成以後，不過幾天便分出凝膠。一般說來，礦物膠體隨時間而改變其狀態和性質的能力，尤以 Al_2O_3 表現得特別明顯。氧化鋁帶正電荷，易被帶負電荷的 SiO_2 顆粒所凝結。氧化鋁自天然溶液中或呈 Al_2O_3 和 H_2O 的純粹凝膠析出，或是經常呈含氧化矽及氫氧化鐵等的各種凝結物析出。由於上述性質，氧化鋁具有極小的活動性，這種活動性只有在那種保護膠體的環境下，比如有腐植質存在的條件下才能增加，因爲在這種情況下氧化鋁移動的半徑大大增加。但是，一旦受到某種原因的影響即失去保護膠體，氧化鋁立即呈凝膠而析出。因此，必須有一個特別適宜的環境，以便氧化鋁能夠呈膠體溶液，甚至呈分子溶液移動得比較遠一些。在機械破碎和呈懸濁液（懸濁液也可能是純膠體的）搬運的情況下，我們可以看到完全另外的一種情形。在這種情況下，當然能夠移動相當遠的距離。毫無疑問，這樣移動時，一部分氧化鋁將呈溶解狀態，而懸濁液無疑地將佔多數。”

有少數地質學家，其中包括我在內，對風化時生成的鋁的可溶化合物的活動性却有完全不同的看法，我們主張鋁土礦是化學沉積生成的。在鋁矽酸鹽岩風化時不僅可以獲得 Al、Fe 和 Ti 的氫氧化物（這些氫氧化物特別是在有機保護膠體存在時能夠形成相當穩定的膠體溶液），而且也可以獲得各種硫酸和有機酸的可溶鹽。這些真溶液和膠體溶液不僅能夠以毛細作用方式上升到風化壳的上層，而且也能够與泉水和地表逕流一起從風化壳範圍內被帶出、移動較遠的距離、沉積於某種蓄水盆地

(湖泊、沼澤、海洋)內並在其中以某種方式呈化學或生物化學沉積物沉澱於底部。
(表1)

表1. 河水固體殘餘物的化學成分

元 素	重量(%)	元 素	重量(%)
O	$7.3 \times 10^{-2} - 3.8 \times 10^{-3}$	H	$9.8 \times 10^{-4} - 1.0 \times 10^{-7}$
Cl	$5.0 \times 10^{-2} - 1.2 \times 10^{-6}$ (平均 $6.0 \times 10^{-4} M^*$)	Mn	$7.7 \times 10^{-4} - 2.8 \times 10^{-6}$
Na	$2.3 \times 10^{-2} - 7.0 \times 10^{-5}$	Ar	$9.6 \times 10^{-5} - 5.6 \times 10^{-5}$
S	$1.7 \times 10^{-2} - 3.7 \times 10^{-6}$ (平均 $7.3 \times 10^{-4} M^*$)	As	$9.3 \times 10^{-5} - 2.0 \times 10^{-7}$
Ca	$1.7 \times 10^{-2} - 2.2 \times 10^{-3}$	P	$6.5 \times 10^{-5} - 8.8 \times 10^{-7}$
Si	$1.2 \times 10^{-2} - 4.8 \times 10^{-6}$	F	$6.0 \times 10^{-5} - 2.0 \times 10^{-6}$
C	$1.0 \times 10^{-2} - 1.2 \times 10^{-3}$	Cd	$5.4 \times 10^{-5} - 0$
Mg	$6.6 \times 10^{-3} - 6.0 \times 10^{-6}$	Sr	$2.3 \times 10^{-5} - 0$
Fe	$4.6 \times 10^{-3} - 1.0 \times 10^{-6}$ (平均 $1.8 \times 10^{-6} M^*$)	Li	$1.0 \times 10^{-5} - 3.2 \times 10^{-6}$ (平均 $8.9 \times 10^{-5} M^*$)
K	$3.4 \times 10^{-3} - 3.8 \times 10^{-6}$	Cu	$2.1 \times 10^{-6} - 0$
N	$2.5 \times 10^{-3} - 1.8 \times 10^{-3}$	I	$1.3 \times 10^{-7} - 3.8 \times 10^{-8}$ (平均 $7.0 \times 10^{-8} \Phi^{**}$)
Al	$1.7 \times 10^{-2} - 4.2 \times 10^{-6}$ (平均 $1.7 \times 10^{-3} M^*$)	Ag	$6.5 \times 10^{-6} - 6.0 \times 10^{-12}$
Zn	$1.2 \times 10^{-3} - 0?$	Au	$1.0 \times 10^{-9} - 3.0 \times 10^{-13}$

* M——根據苗列(Меррею)

** Φ ——根據費連別爾格(Фелленбергу)

關於在風化過程中形成的鋁化合物活動性大的問題,可以在那些旨在測定大陸上地表水化學成分的研究中找到不可辯駁的證明。對於這一點,在已出版的 B. И. 維爾納德斯基的“天然水源”第二期中收集了極其寶貴的資料(1934)。

淡水河中固體溶解物質(固體殘餘物)的數量變化介於 $1.0 \times 10^{-1} - 6.2 \times 10^{-4} \%$ 之間;這些物質的元素成分如表1所示,該表中指出在分析時所見到的變化範圍。

在富含有機物的淺褐色水的極圈河流中,其水中各種元素含量的變化範圍列示於表2。

表2. 極圈河水(含淺褐色水)固體殘餘物的化學成分
乾涸殘餘物 $1.7 \times 10^{-2} - 1.3 \times 10^{-3}$

元 素	重量(%)	元 素	重量(%)
O	$7.4 \times 10^{-3} - 9.3 \times 10^{-4}$	H	$3.0 \times 10^{-4} - 1.8 \times 10^{-4}$
Ca	$6.0 \times 10^{-3} - 3.8 \times 10^{-5}$	Si	$3.0 \times 10^{-4} - 6.6 \times 10^{-5}$
C	$3.1 \times 10^{-3} - 2.0 \times 10^{-4}$	Mg	$2.1 \times 10^{-4} - 8.4 \times 10^{-6}$
N	$2.5 \times 10^{-3} - 1.8 \times 10^{-3}$	K	$1.8 \times 10^{-4} - 1.4 \times 10^{-5}$
Cl	$1.5 \times 10^{-3} - 3.2 \times 10^{-5}$	Al	$1.4 \times 10^{-4} - 1.3 \times 10^{-5}$
Fe	$1.4 \times 10^{-3} - 7.7 \times 10^{-5}$	P	$1.3 \times 10^{-6} - 1.1 \times 10^{-6}$
Na	$3.9 \times 10^{-3} - 4.3 \times 10^{-5}$	有機物	$7.9 \times 10^{-3} - 4.0 \times 10^{-3}$
S	$3.2 \times 10^{-4} - 4.8 \times 10^{-6}$		

淡水湖中，其水中溶解物質的平均成分我們可以得到如下數字(表3)。

表 3. 淡水湖水化學成分(水分子除外)蒸發殘餘物: 1.0×10^{-1} — $6.0 \times 10^{-5}\%$
導電性為 2.90×10^{-6} — 6×10^{-8} (挪威, 根據斯特呂姆, 1931)

元 素	重量(%)	元 素	重量(%)
O	6.3×10^{-2} — 1.0×10^{-2}	N	3.2×10^{-2} — 1.8×10^{-2}
Na	3.5×10^{-2} — 5.2×10^{-2}	H	2.5×10^{-4} — 9.0×10^{-6}
Cl	3.0×10^{-2} — 1.1×10^{-2}	Al	2.3×10^{-4} — 2.7×10^{-6}
C	1.1×10^{-2} — 4.8×10^{-3}	Si	1.5×10^{-4} —痕跡
Ca	9.7×10^{-3} — 5.5×10^{-3}	P	9.9×10^{-5} — 1.8×10^{-7}
Mg	6.6×10^{-3} — 1.9×10^{-6}	Mn	1.0×10^{-5} — 4.1×10^{-6}
S	6.4×10^{-3} — 3.3×10^{-7}	Ti	6.3×10^{-6} —痕跡
K	6.1×10^{-3} — 3.8×10^{-7}	Rb	5.4×10^{-6} —痕跡
Si	5.2×10^{-3} — 2.6×10^{-6}	Li	4.6×10^{-6} —0
Fe	4.9×10^{-3} — 4.0×10^{-7}	I	4.0×10^{-7} — 1.0×10^{-7}
			(或更小)

在鋁矽酸鹽岩發育區的貝加爾湖水，經分析得出極有趣的結果(表4)。

表 4. 貝加爾湖水固體殘餘物化學成分

元 素	重量(%)	元 素	重量(%)
固體殘餘物	4.3×10^{-3} — 8.3×10^{-3}	Cl	3.6×10^{-4} — 1.2×10^{-4}
O	9.5×10^{-3} — 4.6×10^{-3}	H	1.1×10^{-4} — 6.8×10^{-5}
Ca	2.1×10^{-3} — 9.3×10^{-4}	S	2.1×10^{-4} — 1.4×10^{-4}
C	1.9×10^{-3} — 7.1×10^{-4}	K	2.0×10^{-4} — 1.4×10^{-4}
Si	4.3×10^{-4} — 4.7×10^{-3}	Al	1.9×10^{-4} —痕跡
Na	4.5×10^{-4} — 3.6×10^{-4}	Fe	4.2×10^{-6} —0
Mg	5.6×10^{-4} — 1.3×10^{-4}		

比較了上述數字以後，便不難看出地表水中含鋁極為顯著，即自 0.0017 到 0.000027% ；可是鐵和矽的含量却是：Fe 自 0.0049 到 0.0000004% 、Si 自 0.012 到 0.0000036% ，當然誰也不懷疑風化帶水能攜帶鐵和矽。

在 Б. Б. 波雷諾夫(Полынов)的“風化壳”一書中(1934, 第 189 頁)，作者根據 А. Е. 費爾斯曼和克拉克的數據列了一個有趣的表(表5)，在表中如波雷諾夫所寫的，“第一欄裏是塊狀岩石平均成分的數據；第二欄裏是溶於河水中的部分礦物平均成分的數據，流域主要是分佈於塊狀岩石及其大塊破壞產物的地區”。

所有上述資料，都是說明在一般鋁矽酸鹽岩普通風化條件下鋁化合物的活動性。為了便於我們以後的研究，尚需對富含黃鐵礦岩石以及金屬硫化物礦床風化生成的溶液成分有所瞭解，因為這樣可以獲得能強烈溶解圍岩的 H_2SO_4 。為此，我們特來引用 Н. И. 希塔羅夫(Хитаров)和 Е. П. 穆利科夫斯卡婭(Муликовская)(1935)對烏拉爾硫化物礦床的含礦水分析(表6)和克拉克(Clarke, 1924)對從富含黃鐵礦頁岩裏流出的泉水中溶解的物質之分析。(表7)

表 5.

組 份	塊狀岩石平均成分	各種水的礦物殘餘 物平均成分	元素與其化合物的 相對活動性
SiO ₂	59.09	12.80	0.20
Al ₂ O ₃	15.35	0.90	0.02
Fe ₂ O ₃	7.29	0.40	0.04
Ca	3.60	14.70	3.00
Mg	2.11	4.90	1.30
Na	2.97	9.50	2.40
K	2.57	4.40	1.25
Cl'	0.05	6.75	100.00
SO ₄ "	0.15	11.60	57.00
CO ₃ "	—	36.50	—

表 6. 烏拉爾卡拉巴什和布利亞瓦礦床礦水的分析
(克/公升)

組 份	卡拉巴什礦床			布利亞瓦礦床		
	樣 品 1	樣 品 2	樣 品 3	樣 品 4	樣 品 5	樣 品 6
Al··	0.8216	1.526	2.452	0.022	0.169	未發現
Fe··	6.658	14.24	0.3013	0.0990	0.0050	0.056
Fe··	1.165	1.556	16.36	0.1184	1.927	2.122
Mn··	0.0511	0.246	0.157	0.001	0.009	0.0059
Zn··	0.1780	3.463	1.377	0.0030	0.0085	0.0062
Cu··	0.4603	5.123	0.7344	0.0070	0.0070	0.0096
Ca··	0.5052	0.5100	0.3767	0.0967	0.1804	0.1910
Mg··	0.3982	0.9242	0.8150	0.0515	0.1046	0.0498
Na··	0.1150	0.4991	0.1447	0.0998	0.0966	0.0395
K··	0.0117			0.0051	0.0082	
N··	0.132	0.199	0.0091	0.0050	0.00195	0.00022
SO ₄ " 固定的	19.45	49.68	49.10	1.096	5.268	4.074
SO ₄ " 游離的	6.82	9.48	1.432	0.236	0.093	0.010
Cl'	0.003	0.001	0.238	0.458	0.0386	0.2620
HAso ₄ "	0.014	0.224	0.0052	未發現	0.00047	0.00001
HPO ₄ "	未發現	0.2661	0.0625	同上	未發現	未發現
SiO ₂	0.1920	0.1935	0.1261	0.0565	0.0472	0.0281
1克氧中的氧化程度	0.1052	0.1967	0.0768	0.0046	0.0052	0.0120
pH	0.9	0.7	2.0	2.2	2.8	3.6
比重	1.033	1.085	1.037	1.002	1.008	1.007
乾酒硫酸鹽殘餘物··	38.33	95.88	88.19	1.831	9.610	8.832

以上事實十分明顯地證明,鋁的化合物在自然界的溶液中可搬運得相當遠,並且也證明此種化合物在風化作用中以這種方式可遷移得離其形成地點相當遠。尤其是,鋁的可溶鹽在富含硫化物的岩石和硫化物金屬礦床發育的地區可能搬運得特別遠。因此,我們完全不能把上面所講的馬利亞夫金的論點或者是哈拉索維奇 (Harrassowitz, 1926) 的觀點作為我們以後討論的基礎,哈拉索維奇認為鋁的化合物只能

表 7. 富含鋁的硫酸鹽的泉水化學分析

組 份	%	
H ₂ SO ₄	9.37	—
SO ₄	68.21	76.57
Cl	0.32	—
Na	0.22	1.19
K	0.11	—
Ca	0.38	5.82
Mg	1.11	3.39
Fe	1.19	4.28
Al	11.08	7.36
SiO ₂	7.11	1.89
總 數	99.10	100.00

搬運很短的距離。恰恰相反，費爾斯曼以下的幾句話（1934，第 322 頁）倒可以作為研究鋁土礦成因問題的前提：“使鋁與氧化矽接近的極小的離子半徑、容易形成膠體系統的性質、兩性的氫氧化鋁、生成各類基性與酸性鹽的能力、成電解質或成各種類型溶膠的鋁質化合物的溶解度——這一切都決定了該元素的特別移動的性能和它在表生作用下的特點”。

II. 烏拉爾志留紀和泥盆紀的鋁土礦

不過是六、七年以前，蘇聯只知道生於石炭紀下部煤系的湖沼沉積中的鋁土礦；有工業價值的鋁土礦礦床見於列寧格勒省齊赫文地區，而石炭紀莫斯科盆地南緣各地和烏拉爾西坡石炭紀地區有鋁礬土游離氢氧化物的不大的堆積。近年來的情况有了顯著的變化，無論在較下石炭紀更老的地層中，或是在較新的地層中都發現有或大或小的鋁土礦礦床。在烏拉爾東坡鋁土礦和在礦物成分上與其相似的岩石發現於上志留紀和下泥盆紀的海相沉積中，而在同一山脈的西坡它們則見於中、上泥盆紀海相沉積的交界處；與下泥盆紀相類似的鋁土礦在中亞細亞的石炭紀海相沉積中也有發現。最後，原來是在烏拉爾東坡、哈薩克斯坦東北部、西西伯利亞中生代大陸沉積和前寒武紀葉尼塞地塊的地層中，鋁土礦分佈極其廣泛。

在研究烏拉爾泥盆紀和志留紀鋁土礦時，我們感到很有趣的鋁土礦礦床形成問題的一些基本問題極易說明。我們暫不從典型的鋁土礦談起，而從特殊的水鋁石-鱗綠泥石礦談起。

1. 上泥盆紀硬水鋁礦-鱗綠泥石礦石

1934年，當我研究了烏拉爾西坡帕沙地區內長期開採的鐵礦石分析結果時，就已注意到其中有些礦石含 Al_2O_3 較 SiO_2 為多，這種情况即成了派遣地質學者 Г. П. 羅曼諾夫去該區在中泥盆紀含礦地層中尋找最富含鋁的變種的理由。後來，A. H. 查瓦里茨基和 Д. B. 納利夫金通知我說，他們在沿卡塔夫河南烏拉爾泥盆紀地層中發現有特殊繡狀鐵礦石，其中“所含之鋁幾乎與鐵相同”；為此我派了 A. K. 別洛烏索夫去研究這種礦石。因為卡塔夫地區礦石產狀最為清晰，所以我便開始講述 A. K. 別洛烏索夫研究所得到的資料(1936)。

沿卡塔夫河泥盆紀沉積是以灰色石灰岩開始的，厚 50 公尺，含有該紀中統化石。在石灰岩的最上層找到了石燕科的 *S. archiaci*，據納利夫金的意見，它們是自中泥盆紀與上泥盆紀間的過渡層。

含礦地層的上覆岩層在高於奧爾洛夫卡谷的蘇奇科夫寬谷 (Сучков лог) 谷口附近出露特別完整。

1. 蠶豆狀構造的水鋁石-鱗綠泥石礦層在此處或直接產於石灰岩中，或間隔薄層 (5—7 公分)
灰色粘土..... 0.9 公尺
2. 礦石被粘土和含有鱗綠泥石膠結物的砂岩所覆蓋，砂岩有的地方還含有植物化石..... 1 公尺
3. 上面為石灰岩，有的地方因微散鱗綠泥石而變為淺綠色；下面岩石被珊瑚類所充滿..... 3.05 公尺
4. 泥質頁岩..... 1.35 公尺
5. 含鱗綠泥石膠結物，部分含石灰岩膠結物的石英砂岩，其中有鱗綠泥石的蠶豆石；後者時而分散，時而堆積成薄層..... 0.30 公尺
6. 泥質頁岩..... 0.65 公尺

7. 砂化和富集鱗綠泥石的淺綠色石灰岩,可能從這一層中生有含珊瑚類的石灰岩塊,後者見於岩層中.....0.70 公尺
8. 粘土和被鱗綠泥石和碳酸鈣膠結的砂岩.....4.20 公尺
9. 含上泥盆紀化石的石灰岩4 公尺以下

賦存於上述砂泥質岩層中的礦石經常位於該層的下部,有時也直接覆於石灰岩之上。礦石構造極其特殊而且複雜。

礦層是由浸染有鮐石和少量不具同心構造的蠶豆石的基質組成的,而基質和鮐石之間的比例變化很大(圖版 I-1, 2, 3)。鮐石的直徑一般為 0.5—5 公厘。往往見有大的蠶豆石,其中包含有兩個到五個小的鮐石。鮐石的顏色常常是各種各樣的,有灰色的、幾乎是黑色的、淺褐綠色的及其他顏色的變種。經顯微鏡和化學研究證明,岩石的主要成分是鮐綠泥石和鐵華綠泥石型的鱗綠泥石;此外還有大量的硬水鋁礦和鐵的氧化物。鮐石有時具同心貝狀構造,從正中心開始;有時鮐石中部則由褐鐵礦所組成,褐鐵礦大概有時是呈“黃鐵礦假像”;在第三種情況下鮐石中央部分為未顯同心貝狀構造的無色或綠色透明物質。

鮐石的外壳有的完全是由鮐綠泥石和鐵華綠泥石組成的,有的顯鱗綠泥石和硬水鋁礦晶粒的緊密交錯,有的還有依次由鱗綠泥石、硬水鋁礦和鐵的氧化物組成的貝壳交替現象。在鮐石中部並無同心貝狀構造的物質,多半都是結晶得很不好。不過,其中往往分出有由結晶完整的硬水鋁礦組成的部分。

浸染有鮐石和蠶豆石的礦層之基質,有時是單一的,未晶出的,有時則包含有由鱗綠泥石和硬水鋁礦小品粒組成的部分。

表 8 的分析可用於對上述鋁土礦的化學鑑定。

表 8. 卡塔夫河硬水鋁礦-鱗綠泥石礦石的分析(%)

組 份	樣 品						
	I	II	III	IV	V	VI 岩 石	VIa 鮐 石
SiO ₂	23.33	31.42	29.19	22.07	15.48	20.62	16.37
TiO ₂	1.32	1.23	1.27	1.30	1.91	1.55	1.24
Al ₂ O ₃	32.22	30.38	27.73	32.92	35.34	46.72	38.23
Fe ₂ O ₃	5.53	9.38	9.60	4.36	7.97	7.29	9.05
FeO	21.84	13.02	15.73	20.58	23.95	9.80	20.82
MnO	—	—	無	—	無	0.03	—
MgO	—	—	0.99	—	1.60	0.83	—
CaO	—	—	0.45	—	無	0.21	—
K ₂ O	—	—	1.09	—	—	—	—
Na ₂ O	—	—	0.28	—	0.18	0.11	—
P ₂ O ₅	—	—	0.01	—	痕跡	痕跡	—
CO ₂	—	—	—	—	0.63	0.06	—
B ₂ O ₃	1.59	2.18	2.16	1.65	1.24	1.51	1.05
H ₂ O+	11.45	11.45	1.81	12.96	12.29	11.89	11.57
總 和	97.61	99.69	90.31	95.84	100.54	100.02	93.33