

Sulu Bor Minerallerinin Kristal Kimyası ve Sistematik Sınıflandırılması

C.L. CHRIST

Çeviren : CAHÎT HELVACI

D,E, Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi, İzmir

ÖZİ Kristal yapıları bilinen sulu boratların sistematik sınıflandırılması, bu kristaller içerisinde bulunan karmaşık bor-oksijen poli-4yonların yapılarına göre yapılmıştır. Bilinen bu poli-4anyonik (molekül) yapıların araştırılmasından, bu gibi poli-4anyonların özelliklerini düzenleyen dört kural çıkarılır. Bileşimi bilinen fakat kristal yapısı bilinmeyen bir kısım sulu boratların yapısal formülleri,, bu kuralları ve difer teorik kristal kimyasal hipotezlerin uygulaması ile yorumlanır.

Geçmiş senelerde çeşitli laboratuvarlarda yapılan birçok araştırmaların bir sonucu olarak sulu boratların kristal yapısı hakkında bilginimiz^ hem bu gibi kristallerin kapsadığı karmaşık bor-oksijen poli-4yonların özelliklerini düzenlediği izlenimini veren birçok kurallar yazacak ve hem de bilinen sulu boratların sistematik sınıflandırılmasına girişecek kadar yükselmiştir. Bu kısa yazının amacı, ÖZİ edilen konuda elde edilen sonuçların anahtarlarını açık olarak belirtmektir. Daha ayrıntılı bir makale hazırlanmakta olup yakında yayımlanacaktır.

Dört kural yazılabilir (Christ, 1959): 1, bor, ya üç oksijen ekleyerek üçken ya da dört oksijen ekleyerek bir tetrahedron oluşturur; 2, polinükleer (çok nüveli) anyonlar, bor-oksijen üçken ve tetrahedronların sadece köşelerini, düşük ile orta derecelerde negatif şarjlı yoğun gök mevzi bir gurup oluşturacak şekilde ortaklaşa paylaşırlar; 3, sulu boratların poli-4yonlarındaki iki bor tarafından paylaşılamayan oksijenler bünyelerine her zaman bir proton bağlayarak hidroksil grupları şeklinde gözlenir; 4. çok mevzi gruplar^ parçalanıp dışarı su atarak çeşitli şekillerde polimerize olurlar, İMnel kuralın bir sonucu olarak çöte yersel gurupların olası sayısının oldukça artmış, gibi görüldüğü açıklanabilir. Dördüncü kuralın bir sonucu olarak ise, deneyimler çok yersel grupların ya çapraz olarak ya da çift olarak bağlanmış şekilde sonsuz zincirler oluşturarak polimerice olabileceğini* farkedilmiştir, ola-

sılıkla nadiren ya da hiçbir zaman bu iki had sınır arasındaki derecede polimerizasyon olmayacağını göstermiştir,

Çizelge 1 de, kristal yapısı etüdüleri Üe kesin olarak tayin edilen poli-4ionlar, b« poli-4yonların geometrik tanımları, isimleri* okMt formülleri ve içerisinde bulunduğulari bileşiklerin yapısal formülleri liste şeklinde verilmiştir. Bu yazıda örneklere yer Yerilmiştir. Okuyucunun definilen belgelerde verilen öl-gün makalelerdeki ilgili faullere bakması gerektir.

Büinen bu yapısal formülleri aynı stokiometrik karışıma sahip difer bileşiklere de genişletmek olasıdır. Böylece, Çizelge 2 deki sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre, inderit, 2MgO, 35₂O₈, 1ŞH₂O içerisinde inyoit minerali içerisinde bulunan aynı [B₃Q_a (OH)₅]=i halkalarının ya da daha az bir olasılıkla kolemanit içerisinde bulunan [B₃O₄ (OH)₅]_n-an zincirlerinin bulunması beklenebilir. Bu şekilde, ©kstrapolasyon yoluyla bir bileşik için bulunan yapısal formül kabul edilen polimerizasyonun derecesine bağlıdır. Her durumda da polimerizasyon İM ya da daha fazla sayıda yersel guruplar arasındaki su moleküllerinin parçalanıp atılmasını içerir, özel herhangi bir polimerizasyon örnek olarak ve şematik olarak verilen meyerhofferit ve kolemanit arasındaki bağıntı ile daha iyi anlaşılabilir:



Bu çeviri The American Mineralogist, V, 45 pp 334-340 da yayınlanan "Crystal Chemistry and Systematic Classification of Hydrated Borate Minerals" adlı yazıdan yapılmıştır.

Mineralin ismi	Oksit formülü	Poli-iyon	Tanım (Δ = üçgen, t=tetrahed.)	Yapısal formülü	Araştırmacı
Sassolit	$B_2O_3 \cdot 3H_2O$	$B(OH)_3$ (Molekül)	Δ	$B(OH)_3$	Zachariasen(1954)
Tepleit	$Na_2O \cdot B_2O_3 \cdot 2NaCl \cdot 4H_2O$	$[B(OH)_4]^{-1}$	t	$Na_2[B(OH)_4]Cl$	Fornasari(1949)
Bandytit	$CuO \cdot B_2O_3 \cdot CuCl_2 \cdot 4H_2O$			$Cu[B(OH)_4]Cl$	Collin(1951)
Pinnolit	$MgO \cdot B_2O_3 \cdot 3H_2O$	$[B_2O_3(OH)_6]^{-2}$	2t	$Mg[B_2O_3(OH)_6]$	Paton ve MacDonald (1957)
Inyoite	$2CaO \cdot 3B_2O_3 \cdot 13H_2O$	$[B_3O_3(OH)_5]^{-2}$	2t, 1 Δ	$Ca[B_3O_3(OH)_5] \cdot 4H_2O$	Clark (1959)
Sentetik	$2CaO \cdot 3B_2O_3 \cdot 9H_2O$			$Ca[B_3O_3(OH)_5] \cdot 2H_2O$	Clark ve Crist(1959)
Meyerhofferit	$2CaO \cdot 3B_2O_3 \cdot 7H_2O$			$Ca[B_3O_3(OH)_5] \cdot H_2O$	Christ ve Clark(1956)
Kolemanit	$2CaO \cdot 3B_2O_3 \cdot 5H_2O$	$[B_3O_3(OH)_5]^{-2n}$	(2t, 1 Δ) _∞ zincirler	$Ca[B_3O_3(OH)_5] \cdot H_2O$	Christ et al.(1958)
Sentetik	$2CaO \cdot 3B_2O_3 \cdot H_2O$	$[B_3O_3(OH)_5]^{-2n}$	(2t, 1 Δ) _{2∞} levhalar	$Ca[B_3O_3(OH)_5]$	Clark ve Crist (yayınlanacak)
Monoklinik Meta- borik asit	$B_2O_3 \cdot H_2O$	$[B_3O_4(OH)_2]^{-n}$	(1t, 2 Δ) _∞ zincirler	$H[B_3O_4(OH)_2]$	Zachariasen(1952)
Boraks	$Na_2O \cdot 2B_2O_3 \cdot 10H_2O$	$[B_4O_5(OH)_4]^{-2}$	2t, 2 Δ	$Na_2[B_4O_5(OH)_4] \cdot 8H_2O$	Morimoto (1956)
"Potasyum Pentatö- rat tetrahidrat"	$K_2O \cdot 5B_2O_3 \cdot 8H_2O$	$[B_5O_6(OH)_4]^{-1}$	1t, 4 Δ	$K[B_5O_6(OH)_4] \cdot 2H_2O$	Zachariasen(1938)

Çizelge 1 : Kristal yapıları bilinen sulu boratların yapısal formülleri

Çizelge 2, mevcut durumda kristal yapıları bilinmeyen bir miktar bileşiğin olası yapısal formülünü göstermektedir. Tersini kanıtlayan bir kanıt olmadıkça bu poli-iyonun monomerik olduğu kabul edilir. Belirgin bir polimer olduğunu gösteren kanıtlar var ise bu polimer listede verilen polimerdir. Uzunluk (space) gurubu ve birim-hücre hacmi verileri olası polimerleri kısıtladığından önemlidir. Böylece frolonin formülü Çizelge 1 de tepleit ya da pinnolit formülünden çıkarılabilir, inderit, kurnakovit, inderborit ve hidroborositin hepsinin de 2:3:K oksit oranları olup bilinen inyoit-kolemanit serileriyle ilgili olduğu kabul edilir, Tinkalolit olasılıkla, boraksla aynı polimerizasyonundan oluştuğu varsayılabilir. Bu polimerin içerdiği kernit belki de bu poli-iyonların polimerizasyonundan oluştuğu varsayılabilir. Amerikalı Jeolojik araştırmacılarından Brian J. Skinner'in inyoiti 400°C'de su ile birlikte ısıtarak ve birkaç gün 200 barlık basınçta tutarak hazırladığı ve Çizelge 1 de gösterilen 2. CaO, 35. B₂O₃·H₂O bileşimindeki sentetik bileşim çap, raz olarak birleşmiş kolemanit tipi zincirlerden ibaret olduğu ve yapısal formülünün CaB₃O₅(OH) olduğu düşünülmektedir. Hüsgard'ta ve parahüsgardit için Gonyer tarafından yapılan analizler 2CaCl₂·60aO·9B₂O₃·4H₂O formülünü buldurmıştır. Bu iki mineralin OaB₃O₅(OH)* sentetik Mefiginde bulunan levhaların aynısını kapsadığı kabul edilmiştir. Bu bileşim açıklanabilir (Çizelge 2),

Zachariasen (1952), kristalin monoklinik metaborik asitin (HBO₂)_n [B₃O₄(OH)]_n-n bileşiminde zincirler içerdiğini göstermiştir, üçgen ve bir tetrahedronun oluşan ilgili yersel halkaların formülü [B₃O₃(OH)₄]⁻ⁿ dir, Zincirler veya halkalar (veya ara

polimerleri) Çizelge 2 de gösterilen gowerit (EnL et al., 1959; Christ ve Clark, 1960), viçit (Clark et al., 1959; Clark ve Mrose, 1960) veya p-viçit Braltsch 1959 b) gibi MO₂·3B₂O₃·XH₂O tipindeki m ne raileri açıklamaktadır. Viçit'in (Srof 35. O_a, 2 (?) H₂O) ilkel kristal yapısı çalışmaları, [B₆O₅(OH)]₂-2 bileşimindeki ikili polimerlerin varlığını gösterir. Buradan SrB₆O₇(OH)₆ yapısal formülü Üe SrO, SB₂O₆·3H₂O geikleme oksit formülünün bağlantısı elde edilir, P-Viçit de olasılıkla bu ikili polimerleri içermektedir.

Konu edilecek geriye kalan polinükleer iyon ise "potasyum pentaborat tetrahidrat" K₂p.S[∞]Og.SH₂p içerisinde 1938 yılında Zachariasen tarafından bulunan pentaborat iyonudur, Zachariasen bu pentaborat iyonunu [B₅O₆(OH)₄]⁻¹ olarak formüleştirerek ve kristalin hidronyum iyonları içerdiğini kabul ederek bileşiğin formülünü KH₅(H₂O)₂·B₅O₆ olarak yazdı. Buna karşın bütün boratların su içerisindeki eriyikleri zayıf ile kuvvetli arasında bazı olduklarından (zayıf bir asit olan ortoborik asitin dışında) bu veya diğer sulu borat kristallerindeki poli-iyonun bir proton vericisi olarak görünmesi olasıdır. Çok zayıf, Luzzati, 1953'e göre kristallerdeki hidronyum iyonlarının oluşumu sadece HNO₃, BH₃O gibi kuvvetli asitlerin hidratlarından olup. Bu sonuç, 1959 yılında Silvidi ve McGrath ve 1952 yılında Smith ve Richards tarafından "proton manyetik rezonans" üzerinde yapılan çalışmaların sonuçlarıyla bağdaşmaktadır. Bu çalışmaları ve üç numaralı temel kuralı göm önünde tutarak Zachariasen'in ana neticelerini kabul eder ve potasyum pentaborat tetrahidratın bir tetrahedron üzerine köşelerine bağlanmış dört üçgenden oluşmuş [B₅O₆

(*) Braitsch (1960 a), yeni yaptığı araştırmaların bir sonucu olarak parahüsgardit ve Hüsgardit için Ca₂B₅O₈(OH)₂·O₁ ve kendi bulduğu yeni stronsiyum hüsgardit için (Ca, Sr)₂B₅O₈(OH)₂·Cl formülünü önermektedir. Bu çalışmaların sürdürülmesi gerekmektedir.

İsimleri	Oksit Formülleri	Poli-iyon	Tanım $\Delta = \text{Üçgen}$ $\square = \text{Tetrahedron}$	Yapısal Formülleri	Kaynaklar ve Notlar
Frolovit	$\text{CaO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 4(?)\text{H}_2\text{O}$	$[\text{B}(\text{OH})_4]^{-1}$ veya $[\text{B}_2\text{O}(\text{OH})_6]^{-2}$	\square veya $2t$	$\text{Ca}[\text{B}(\text{OH})_4]_2$ veya $\text{Ca}[\text{B}_2\text{O}(\text{OH})_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$	Petrova (1957) (Petrova oksit formülünde $3\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ verir.
İnderit	$2\text{MgO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$	$[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_6]^{-2}$	$2t, 1\Delta$	$\text{Mg}[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_6] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Vol. 2, p. 360
Kurnakovit	$2\text{MgO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$			$\text{Mg}[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_6] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Vol. 2, p. 360
İnderborit	$\text{MgO} \cdot \text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$			$\text{MgCa}[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_6]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Vol. 2, p. 355
Hidroborasit	$\text{MgO} \cdot \text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_3]^{-2n}$	$(2t, 1\Delta)_\infty \text{Z.}$	$\text{MgCa}[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_6]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Vol. 2, p. 353
Tinkalkonit	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	$[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4]^{-2}$	$2t, 2\Delta$	$\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Vol. 2, p. 337 Christ ve Garrels (1959)
Kernite	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	$[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_2]^{-2n}$	$(2t, 2\Delta)_\infty \text{Z.}$	$\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Vol. 2, p. 335 Christ ve Garrels (1959)
Hilgardit ve parahilgardit	$2\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{CaO} \cdot 9\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	$[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})]^{-2n}$	$(2t, 2\Delta)_\infty \text{L}$	$\text{Ca}_8[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_6]_6 \text{Cl}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Vol. 2, pp. 382-383
Gowertit	$\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	$[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_4]^{-1}$	$1t, 2\Delta$	$\text{Ca}[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_4]_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Erd ve diğ. (1959) Christ ve Clark (1960)
Vlçit	$\text{SrO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2(?)\text{H}_2\text{O}$	$[\text{B}_6\text{O}_7(\text{OH})_6]^{-2}$	$(1t, 2\Delta)_2 \text{Ç.}$	$\text{Sr}[\text{B}_6\text{O}_7(\text{OH})_6]$	Clark ve diğ. (1959, 1960) Bu formül oksit formülüne en azından $3\text{H}_2\text{O}$ gerektirir.
p-Viçit	$\text{SrO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2(?)\text{H}_2\text{O}$	$[\text{B}_6\text{O}_7(\text{OH})_6]^{-2}$	$(1t, 2\Delta)_2 \text{Ç.}$	$\text{Sr}[\text{B}_6\text{O}_7(\text{OH})_6]$	Braitsch (1959b) yukarıda verilen husus burada da geçerlidir.
Ammonioborit	$(\text{NH}_4)_2\text{O} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\frac{1}{3}\text{H}_2\text{O}$	$[\text{B}_2\text{O}_6(\text{OH})_4]^{-1}$	$1t, 4\Delta$	$\text{NH}_4[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_4] \cdot \frac{2}{3}\text{H}_2\text{O}$	Clark ve Christ (1959b)
Larderellit	$(\text{NH}_4)_2\text{O} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5(?)\text{H}_2\text{O}$			$\text{NH}_4[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_4] \cdot \frac{1}{2} (?)\text{H}_2\text{O}$	Clark ve Christ (1959b)
Sborgit	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$			$\text{Na}[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_4] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Cipriani (1957)
Bzkurrit	$2\text{Na}_2\text{O} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	$[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6]^{-2}$	$2t, 3\Delta$	$\text{Na}_2[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$	Muessig ve Allen (1957)
Üleksit	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$	$[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6]^{-3}$	$3t, 2\Delta$	$\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Vol. 2, p. 345
Probertit	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$			$\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Clark ve Christ (1959c) Vol. 2, p. 343 Clark and Christ (1959c)
Preobrazhenskit	$3\text{MgO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 4\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$	$[\text{B}_7\text{O}_7(\text{OH})_4]^{-3n}$	$(3t, 2\Delta)_\infty \text{Z.}$	$\text{Mg}_3[\text{B}_7\text{O}_7(\text{OH})_4]_2 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$	Yarzhemskii (1956)
Terçit	$4\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$	$[\text{B}_7\text{O}_7(\text{OH})_7]^{-4}$	$4t, 1\Delta$	$\text{Ca}_2[\text{B}_7\text{O}_7(\text{OH})_7] \cdot 6\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$	Melxner (1953)
Kaliborit	$\text{K}_2\text{O} \cdot 4\text{MgO} \cdot 11\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	$[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_4]^{-1}$ veya $[\text{B}_2\text{O}_6(\text{OH})_6]^{-2}$	$1t, 4\Delta$ ve $2t, 1\Delta$	$\text{KMg}_2[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_4][\text{B}_2\text{O}_6(\text{OH})_6]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Vol. 2, p. 367

NOT: Z. Zincirler, L. Levhalar, Ç. Çiftli

Çizelge 2: Kristal yapıları bilinmeyen sulu boratların postütle edilen yapısal formülleri.

$(\text{OH})_4]^{-1}$ bileğindeki poHâyötular igerdiğlno ve $\text{K}[\text{B}_6\text{O}_6(\text{OH})_4]_f \cdot 2\text{B}^{\circ}\text{O}^*$ yapısal formüle sahip olduğuna karar verilir, 2 nolu çizelgedeki larderellit ve ammonioborit mimerallerinin yapısal formülleri de bu kıyaslama ile elde edilir.

Bütünüyle stereochemical kurallara göre penta-borat halkamın $\text{O}_5\text{B}(\text{OH})$ ügkenlerlnln herbirinin sırayla $\text{O}_5\text{B}(\text{OH})_6$ tetrahedralar ile değiştirilebilecek fi düşünülebilir. Böyle bir işlem 1:5 $\text{E}:\text{X}$; $\text{E}:\text{B}:\text{X}$; $\text{é}:\text{S}:\text{X}$; $5:\text{S}:\text{X}$ oranlarına ulaştırır. Bu yöntem çizelge 2 deki yapısal formülleri excurrit iğln 2:5:7, üleksit için 3:5:16, probertit için 8:5:10, preobrazhenskit için $\text{B}1\text{B}1\text{e}$ 1/2 ve terçit için 4:5:20 olarak ortaya konmuştur.

Bag lanmış beş tane tetrahedradan ibaret penta« borat iyonlarını içer \wedge 5:5:X ©ranmdaki mimerallerin» baflantılı iM tetrahedra poli-iyonlan kapbiyân pinnoit yapısındaki minerallere doğru yaklaştıkça denge-siz olacakları olasıdır (Çizelge 1),

Çizelge 2 de son olarak» iki belirgin polHyon tü» rü içeren ender bir mineral durumunu teanMl etasesi bakımından kaliborit çizelgeye eMenmiştir.

Çalınal'arda çok sayıda sentetik sulu boratlar ve« rilmiş v© buğlar Kemp (19BB) tarafından özetlenmiştir. Bu yazıyı kısa tutmak için bunlar burada konu edilmemiştir. Fakat, daha sonra hazırlanacak ayrıntılı yazıda ele alınacaktır.

DEĞİNİLEN BELGEU03B

Braitsch, O., 1959a, 1 Te-Strontiöhlgarait (Ca, Br)₂ $[\text{B}_6\text{O}_6(\text{OH})_4]_f \text{Cl}$ und aedne Stellung in der Hilgarditgruppe $\text{X}^M [\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_4]_a \text{O}1$: Belt, zur Mineralogie und Petrographie, 6, 238-247

Braitsch, Ö., 1059b, Über p-Veatchite, eine neue Veatchit=Varietüt aus dem Zechstelnalz: Betr. zur Mineralogie und Pétrographie, tt_f 352-356

Ohrist, CL., 1950, Nature of the polyions contained in hydra-ted borate crystals: Program and Abstract«, American CrystaUograpMc Association Meeting Ithaca, N.Y., 28

Christ, Cli, ve Clark, J.R., 1058, The structure of me« yerhofferite, 2 CaO, 3 \wedge 0 \wedge , TI \wedge O, a PI crystal, determined by the direct method of Hauptoan and Karle: Acta Cryst., 9, 980

Christ, Cli, ve Olark, J.R., 1960, X-ray crystallQf-raphy and crystal ehemtetry of gowertite, \wedge 0* SBgO^{\wedge} , 6H₂O: Ame, MneraL, éB_f 230.234

Ohrist, C.U, Caark, JM_f, v© Evans, H.T.Jr», 19Ö8, Stu* dies of borate minerals (III): The crystal structure of colenaanite, Oa1? \wedge (OH)₃, H \wedge O*: Acta Cry», .11, 761-770

Christ, O. L, ve Garreis, R.M., 1959, Relations among sodium borate hydrate at thé Kramer deposit, Boron, California: Ame, Jour, Sei., 257, 516* 528

(*) Silvidl ve McOrath'ın (1950) gonoçlan da pentaborat halkasının bir iç hidrojen bâfi İçerdiğini gösterir. Böyle bir bağın yüksek elektropozitif yükü olan bordan bir protonu 1 A \wedge kadar uzaklaştırman bu varsayımın kabul edemeyecek kadar yanlış olduğunu gösterir.

- Oipriani, O., 1957, Un nuovo mineral© fra i prodotti boriferi di Lardorello: Atti Acad. Naz. Lincei, Rend. Class. Sci. fis. mat. © nat., 22, 519-525
- Clark, J.R., 1950, Studies of borate minerals IV. The crystal structure of inyoite, $\text{CaB}_4\text{O}_7 \cdot (\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$: Acta Cryst., 12, 162-170
- Clark, J.R., ve Christ, C.L., 1959a, Studies of borate minerals (VIII): The crystal structure of $\text{CaB}_3\text{O}_6 \cdot (\text{OH})_5 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: Zeits. Krist., 112, 213-223
- Clark, J.R., ve Christ, G.L., 1959c, Studies of borate minerals (VU): X-ray studies of ammonoborite, larderellite, and the potassium and ammonium pentaborate tetrahydrates: Ame. Mineral., 44, 1150-1158
- Clark, J.R., ve Christ, C.J., 1959c, Studies of borate minerals (V): Reinvestigation of the X-ray crystallography of ulexite and probertite: Ame. Mineral., 44, 712-719
- Clark, J.R., ve Mrose, M.B., 1960, Veatchite and p-veatchite: Ame. Mineral., (in press)
- Clark, J.R., Mrose, M.E., Perloff, A., ve Burley, O., 1959, Studies of borate minerals (VI): Investigation of veatchite: Ame. Mineral., 44, 1141-1149
- Collin, R.L., 1951, The crystal structure of **bandylite**, $\text{CuBi}_2\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$: Acta Cryst., 4, 204-209
- Erd, R.C., McAllister, J.F., ve Almond, H., 1959, Gowerite, a new hydrous calcium borate from the Death Valley region, California: Ame. Mineral., 44, 911-919
- Kemp, P.H., 1956, The chemistry of borates, Part I: Borax Consolidated Ltd., London, 90 s.
- Meixner, H., 1953, Mineralogische Backtungen an Coiemanit, inyoite, Meyerhofferit, Tertchit und Ulexit aus neuen Türkischen Boratlagerstätten: Heidelb. Beitr. Miner. Petrogr., 7, 445-455
- Morimoto, N., 1958, The crystal structure of borax: Min. J., Japan, 2, 1-18
- Muessing, Sr., ve Allen, R.D., 1957, The hydration of kernite ($\text{Na}_3\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$): Ame. Mineral., 42
- Palache, H., Herman, H., ve Frondel, C., 1951, The system of mineralogy (7th ed.): Vol. II, John Wiley
- Yarzhemskii, Ya., 1956, Associations of hydroboracite and saibelyite in the salt horizons of the inner upheaval: Dokl. Akad. Nauk SSSR, 111, 687-689 (in Russian)
- Zachariasen, W.H., 1954, The precise structure of orthoboric acid: Acta Cryst., 7, 305-310