
| H | G | Habit | Mode of Occurrence | Remarks |
|-------|-----|--|--|---|
| 4.5-5 | 4-6 | Small square prismatic crystals with pyramidal terminations; sometimes massive. | Placers; minor amounts in granite, pegmatites | Some crystal form as zircon. Massive varieties usually uraniothorite. May contain trace of beryllium. Infusible. |

๑. แร่ยูเรเนียมวานาเดท (Uranyl vanadates)

แร่ยูเรเนียมวานาเดท มีแร่ที่สำคัญ ๒ ชนิด คือแร่ Carnotite และ tyuyamunite แร่ทั้ง ๒ ชนิดนี้นับเป็นแร่ที่สำคัญที่สุดใน "oxidized vanadiferous ore" โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแหล่งแร่ยูเรเนียม บริเวณที่ราบสูงโคโลราโด สหรัฐอเมริกา การกำเนิดของแร่ทั้งสองชนิดนี้ เป็นผลจากการ Oxidation ของ Primary uraninite-montroschite หรือ Coffinite-montroschite

วานาเดียม (V) จะมีบทบาทสำคัญมากในระหว่าง oxidation กล่าวคือวานาเดียมจะรวมกับ uranyl ion เป็น uranyl vanadates ซึ่งจะสลายตัวและทำปฏิกิริยากับ potassium (K) หรือ calcium (Ca) เกิดเป็น insoluble carnotite หรือ tyuyamunite

แร่คาร์โนไทท์

แร่คาร์โนไทท์ คือแร่โปแตสเซียม-ยูเรเนียม วานาเดท ($K_2(UO_2)_2V_2O_8 \cdot 1-3H_2O$) เป็นแร่ยูเรเนียมทุติยภูมิที่สำคัญที่สุด แหล่งแร่คาร์โนไทท์ทั่ว ๆ ไปจะพบว่ายูเรเนียมจะเกิดรวมอยู่กับพวก carbonized wood และ carbonaceous matter อื่น ๆ เสมอซึ่งนับว่ามีประโยชน์ต่อนักธรณีวิทยา ในการที่จะใช้เป็นกุญแจสำคัญเพื่อค้นหาแหล่งแร่ยูเรเนียม

แร่คาร์โนไทท์มีลักษณะเป็นผงละเอียด เนื้อแร่คล้ายดิน (earthy) มีสีเหลืองสด (canary yellow) แร่ชนิดนี้ส่วนใหญ่จะเกิดแบบ replacement ในพวก woody material เช่นกิ่งไม้ เป็นต้น หรือเป็นแบบ dissemination ใน permeable sandstone ส่วนที่พบแบบเคลือบ (coating) ตาม Joints หรือรอยแตกในหินและ fossil bone มักจะพบไม่มากนักและมีปริมาณเล็กน้อยด้วย ความถ่วงจำเพาะของแร่ชนิดนี้ประมาณ ๔ ความแข็งระหว่าง ๒-๓ และมี U_3O_8 ระหว่าง ๕๐-๕๕%

แร่ทยูยามูไนท์

แร่ทยูยามูไนท์ คือแร่แคลเซียม-ยูเรเนียม วานาเดทมีสูตรคือ $Ca(UO_2)V_2O_8 \cdot 5-8 H_2O$ ซึ่งมีความแตกต่างกับแร่คาร์โนไทท์ก็ตรงที่มีธาตุแคลเซียม (Ca) เข้าไปแทนที่โปแตสเซียม (K) เท่านั้น และจะเกิดในหินที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมสูง การกำเนิดก็เหมือนกันกับแร่คาร์โนไทท์ แร่ทั้งสองชนิดนี้ไม่เรืองแสงเมื่อกระทบแสงอุลตราไวโอเล็ต

๒. แร่ยูเรเนียมฟอสเฟต (Uranyl phosphates)

แร่ยูเรเนียมฟอสเฟต มีแร่ที่สำคัญคือแร่ autunite และ meta-autunite, torbernite และ metatorbernite, และ saleeite แร่ดังกล่าวมีพื้นฐานผลึกแบบ Tetragonal system และจะเกิดในหินแม่ที่มีปริมาณฟอสเฟต (PO_4) สูง

แร่ autunite และ meta-autunite เป็นแร่แคลเซียม-ยูเรเนียมฟอสเฟต ซึ่งมีน้ำประจำตัว แร่ทั้งสองชนิดนี้ ส่วนใหญ่จะพบเกิดอยู่ใน ๑) uraniferous phosphatic pegmatite ๒) สายแร่พิทช์เบลลินด์ และ ๓) แหล่งแร่ยูเรเนียมในหินทรายของที่ราบสูงโคโลราโดซึ่งมีปริมาณวาเนเดียมน้อย หรือไม่มีเลย และมีฟอสเฟต (PO_4) สูงซึ่งมาจากหินอัคนี หรือ fossil bone

แร่ autunite มีสูตรคือ $Ca(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 10-12H_2O$ ให้ U_3O_8 ประมาณ ๖๓% มีความวาวแบบเปลือกหอยมุกหรือแบบแก้ว สีเหลือง เขียวแกมเหลือง หรือเขียวอ่อน และเมื่อกระทบแสงอุลตราไวโอเล็ต ทั้งแบบชนิดคลื่นสั้นและคลื่นยาวจะเรืองแสงเป็นสีเขียวแกมเหลือง ความถ่วงจำเพาะระหว่าง ๓.๑-๓.๒ ความแข็งประมาณ ๒-๒.๕ สำหรับแร่ meta-autunite นั้นแตกต่างกับแร่ autunite ตรงที่มีน้ำประจำตัวน้อยกว่า คือ มีเพียง ๘ อนุ แร่ทั้ง ๒ ชนิดมักจะเกิดร่วมกับแร่ยูเรไนท์ ซึ่งจะพบเกิดแบบ disseminations ในหินทรายหรือตามรอยแตกของพวกหิน altered-granite

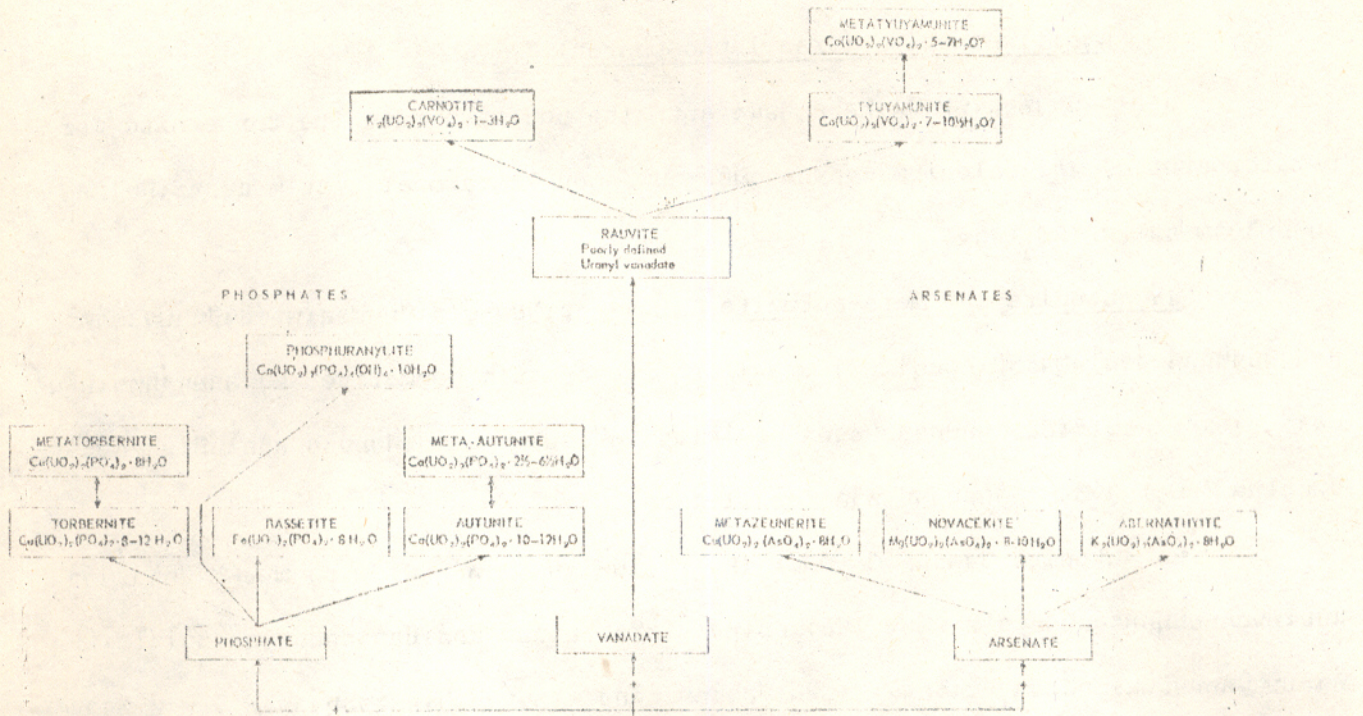
แร่ torbernite และ meta-torbernite

แร่ทั้ง ๒ ชนิดเป็นแร่ ทองแดง-ยูเรเนียม ฟอสเฟต ที่มีน้ำประจำตัว (Hydrous Copper-uranium phosphates) มีสูตรคือ $Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot H_2O$ (torbernite) และ $Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ (meta-torbernite) อาจจะมีธาตุอาร์เซนิก (As) ปริมาณเพียงเล็กน้อยเข้าไปแทนที่ฟอสฟอรัส (P) ปริมาณ U_3O_8 มีสูงถึงประมาณ ๖๐ เปอร์เซ็นต์

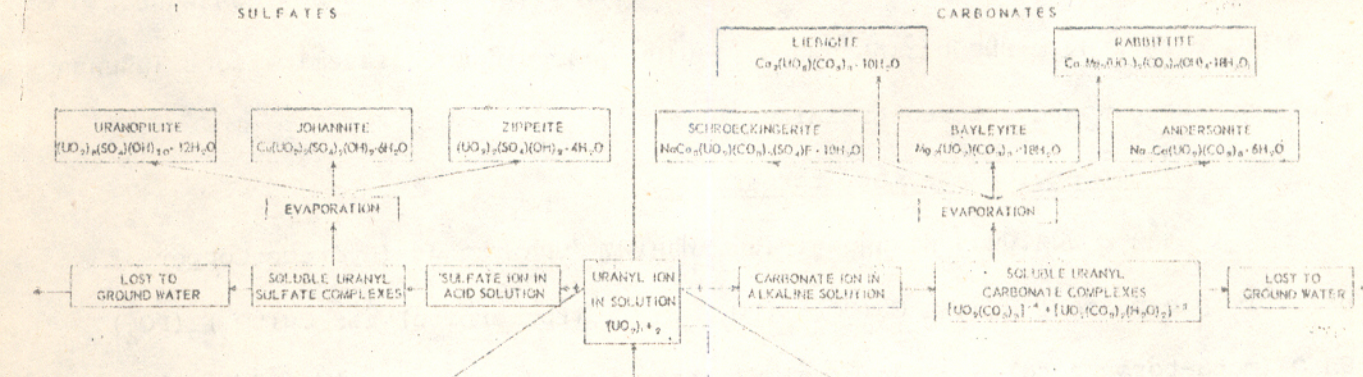
แร่ทั้ง ๒ ชนิดนี้มีสีเขียวอ่อนหรือเขียวแกมมักจะเกิดกระจายอยู่ทั่วไปใน ๑) uraniferous pegmatites ๒) สายแร่พิทช์เบลลินด์ต่าง ๆ. ในธรรมชาติแร่ metatorbernite จะพบเกิดมีปริมาณมากกว่าแร่ torbernite ความวาวของแร่เป็นแบบแก้วหรือหอยมุกแร่ torbernite มีความถ่วงจำเพาะประมาณ ๓.๒ ส่วนแร่ metatorbernite ประมาณ ๓.๕-๓.๗ ความแข็งของแร่ทั้งสองเท่ากัน คือ ๒.๕ ผลึกของแร่ มักจะเป็นแผ่นบาง ๆ หรือ tabletes แร่นี้มักพบเคลือบอยู่ตามรอยแตกของหินหรือเป็นแบบ dissemination ในหิน granite และ schist นอกจากนี้ก็อาจจะพบเกิดอยู่ในสายแร่ เช่น สายแร่ฟลูออไรท์ เป็นต้น และอาจจะฝัง (impregnations) อยู่ในผนังของหิน gneiss และ amphibolite เพื่อนแร่ที่เกิดร่วมกันอาจจะมีแร่ออพูไนท์, ยูเรโนเฟน และแร่ยูเรเนียมอื่น ๆ

INSOLUBLE OXIDATION PRODUCTS

VANADATES

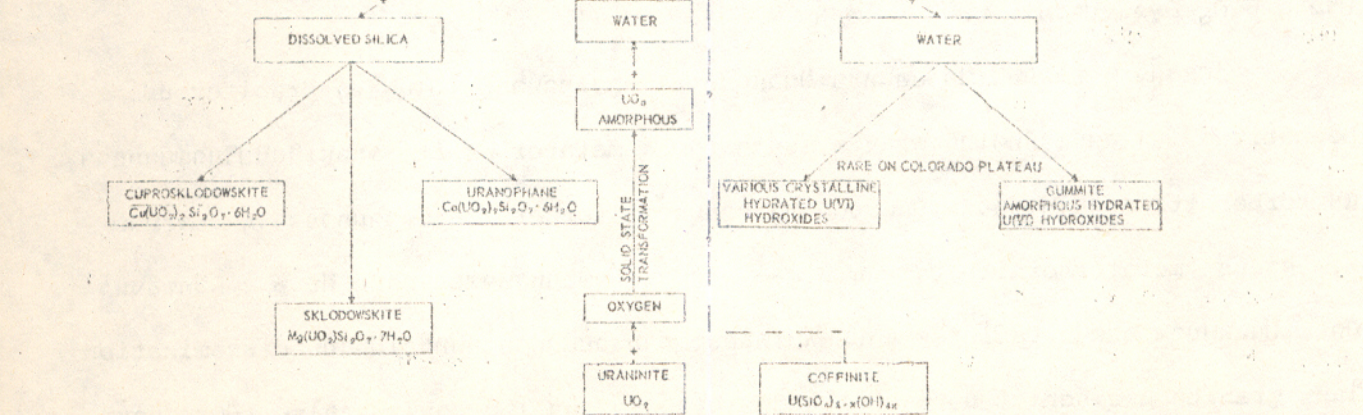


SOLUBLE OXIDATION PRODUCTS



SILICATES

HYDROXIDES



317 10 Reactions and products in the weathering of uraninite and coffinite. Data on minerals from Weeks and Thompson (1954), Gruner (1954), and Weeks (oral communication).

แร่บางตัวอย่างจะเรืองแสงสีเขียวสด เมื่อกระทบแสงอุลตราไวโอเล็ต แต่ส่วนใหญ่จะไม่เรืองแสง
แร่ Saleeite

แร่ saleeite เป็นแร่แมกนีเซียม-ยูเรเนียม ฟอสเฟต ซึ่งมีน้ำประจำตัว ๘-๑๐ อนุ มีสูตร
 $\text{Ug}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8-10\text{H}_2\text{O}$ ให้ U_3O_8 สูงสุดประมาณ ๖๓%

แร่ชนิดนี้อาจจะพบเกิดใน ๑) แหล่งแร่ oxidized pitchblende ซึ่งมีธาตุ Co, Ni และ Fe
เกิดร่วมอยู่ด้วย ๒) Siliceous rocks ร่วมกับแร่ torbernite และ metatorbernite และ
๓) limonitic vein ร่วมกับแร่พวกอาร์ซีเนท และซิลิเกต เช่นแร่ zeunerite และ uranoplane เป็นต้น

แร่ Saleeite เป็นแร่ที่มีสีเหลืองส้ม หรือเหลืองแกมเขียวและมีความวาวคล้ายหอยมุกซ์
ผงละเอียดยของแร่จะมีสีเหลืองอ่อน ความถ่วงจำเพาะประมาณ ๓.๒๗ ความแข็ง ๒.๕ มีผลึกเป็นแผ่นเล็ก ๆ
บาง ๆ รูปสี่เหลี่ยม แร่ชนิดนี้เมื่อกระทบแสงอุลตราไวโอเล็ตชนิดคลื่นยาวจะเรืองแสงเป็นสีเหลืองสดหรือ
สีเหลืองอ่อน ๆ และจะเรืองแสงเป็นสีเขียวแกมเหลืองเมื่อกระทบคลื่นสั้น

๓. แร่ยูเรเนียมซิลิเกต (uranyl silicates)

แร่ยูเรเนียมทุติยภูมิชนิดซิลิเกตที่สำคัญคือแร่ uranoplane ซึ่งเป็นแร่แคลเซียม ยูเรเนียม
ซิลิเกต ที่มีน้ำประจำตัว มีสูตรโครงสร้างคือ $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{SiO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (Smith et al, 1957)
แร่ชนิดนี้ให้ U_3O_8 สูงประมาณ ๖๔% และเป็นแร่ทุติยภูมิชนิดซิลิเกตที่สำคัญที่สุดซึ่งจะพบแพร่กระจายอยู่ทั่วไป

แร่ uranoplane จะพบเกิดอยู่ในหิน pegmatites และในแหล่งแร่ยูเรเนียมในหินทรายแบบ
ที่ราบสูงโคโลราโด ลักษณะที่เกิดทั่ว ๆ ไปเป็นแบบ replacement และเคลื่อนตามรอยแตกหรือ joints
ในหินต่าง ๆ

แร่ uranoplane มีสีเหลืองอ่อน เหลืองปนเขียว หรือเหลืองออกส้ม มีผลึกอยู่ในระบบ
Monoclinic ลักษณะคล้ายเข็มซึ่งอาจจะแผ่เหมือนรัศมีวงกลมหรือตัดกันไปมา ความวาวคล้ายหอยมุกซ์หรือขี้ผึ้ง
ความถ่วงจำเพาะประมาณ ๓.๖๘-๓.๘๖ ความแข็งประมาณ ๒-๓ เมื่อบดเป็นผงละเอียดจะมีสีเหลืองอ่อน แร่
ชนิดนี้จะไม่เรืองแสงเมื่อกระทบแสงอุลตราไวโอเล็ต แต่อาจจะพบบ้างที่เรืองแสงเป็นสีเขียวอ่อน ๆ มีเพื่อน
แร่ที่สำคัญคือแร่ autonite และ torbernite

๔. แร่ยูเรเนียมคาร์บอเนต (uranyl carbonates)

แร่ยูเรเนียมคาร์บอเนตมีแร่ที่สำคัญเพียงชนิดเดียวคือแร่ schoepingerite (Complex
hydrated sulfate, carbonate and fluoride of calcium, sodium and uranium) มีสูตรคือ
 $\text{NaCa}_5(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3(\text{SO}_4)\text{F} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

แร่ชนิดนี้มีสีเหลืองหรือเหลืองแกมเขียว มีลักษณะผลึกอยู่ในระบบ orthorhombic เมื่อป่นเป็นผงจะมีสีเหลืองแกมเขียวคล้ายเนื้อแร่เดิม ลักษณะความวาวคล้ายแก้วหรือหอยมุกซ์ ความถ่วงจำเพาะประมาณ ๒.๕๑-๒.๕๕ และอ่อนมากคือมีความแข็งประมาณ ๒.๕ เมื่อกระทบแสงอุลตราไวโอเล็ตทั้งคลื่นสั้นและคลื่นยาวจะเรืองแสงเป็นสีเหลืองแกมเขียว แร่นี้ให้ U_3O_8 สูงประมาณ ๓๐% มักจะพบเกิดแทรกหรือเคลือบอยู่ในหินหรือทรายและตามรอยแตกของหิน ลักษณะทั่ว ๆ ไปจะคล้ายเม็ดแก้วเขียวแต่ยาวกว่าหรืออาจจะเป็นเกล็ด ๆ ผิงอยู่ในดิน

นอกจากแร่ยูเรเนียมชนิดนี้ดังกล่าวมาแล้วยังมีแร่ที่ให้ปริมาณ U_3O_8 สูงอีกหลายชนิดเช่นแร่ curite (70% U_3O_8), zeunerite (55% U_3O_8), uraninite (40-80% U_3O_8) เป็นต้น แต่แร่ที่กล่าวนี้จะพบไม่มากนัก