منشورات جامعة دمشق
كلية العلوم

كتاب عملي
بتروغرافية الصخور النارية والمتحولة

الدكتورة
فيروز المهنا
مدرسة في قسم الجولوجيا

جامعة دمشق 1428 - 1429 هـ
2007 - 2008 م

كتاب عملي بتروغرافية الصخور النارية والمتحولة

السنة الثانية:

القسم: الجيولوجيا

الاختصاص: الفرعين التطبيقي والجيوفيزيائي

منشورات جامعة دمشق
كلية العلوم

كتاب عملي
بتروغرافية الصخور النارية والمتحولة

الدكتورة
فيروز المهنا
مدرسة في قسم الجولوجيا

جامعة دمشق
1428 - 1429 هـ
2007 - 2008 م


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفهرس

المقدمة	**7**
الفصل الأول	**9**
1 ـ تعريف الفلزات	11
2 ـ الصفات الفيزيائية:	11
أ ـ الصفات الفيزيائية التي تعتمد على البنية الداخلية	11
ب ـ الخواص التي تعتمد على الضوء	13
3 ـ تطبيقات الصفات الضوئية:	15
1 ـ النيوسيليكات	18
2 ـ الإينوسيليكات	28
3 ـ الفيلاوسيليكات	51
الفصل الثاني:	**87**
1 ـ تعريف الصخور	89
2 ـ تصنيف الصخور	89
3 ـ أنواع الصخور	94
3 ـ 1 ـ الصخور الحامضية	94
3 ـ 2 ـ الصخور متوسطة التركيب	111
3 ـ 3 ـ الصخور الأساسية	151

3 ـ 4 ـ الصخور فوق الأساسية 184
الفصل الثالث 217
الصخور المتحولة: 217
1 ـ التحول 219
2 ـ تصنيف الصخور المتحولة 219
3 ـ البنية 221
4 ـ أنواع الصخور المتحولة 222
الخاتمة 235

المقدمة

يشتمل أي عمل تطبيقي على قسمين:

القسم النظري والقسم العملي، حيث يؤمن القسم النظري الأساس العلمي العريض غير أن هذا الأساس النظري يحتاج إلى دعم لتثبيت وترسيخ هذه المعلومات ويتم هذا من خلال القسم العملي الذي نحن بصدده والذي لا يقل أهمية عن القسم النظري لا بل قد يفوقه. حيث تترك المعلومات الملموسة دائماً معلومة أكثر ثباتاً وتزيد من المعرفة بشكل أوسع وتساعد على دعم المفاهيم النظرية في أي علم تطبيقياً كان أم نظرياً وهذا هو الهدف من هذا الكتاب، «عملي الصخور النارية والمتحولة لطلاب السنة الثانية جيولوجيا»، حيث نقدم بهذا الكتاب دراسة مبسطة داعمة للدراسة النظرية في مجال الصفات العامة للفلزات، وتصنيف الصخور وتعريفها بالإضافة إلى دراسة هذه الصخور وبنيتها بشكل مبسط، حيث تحتاج الدراسة البتروغرافية للصخور النارية إلى معرفة الخصائص المميزة للصخور المختلفة والتي لا تتم إلا بتصنيفها حسب مجموعات يشترك كل منها بصفات خاصة تميزها عن غيرها من المجموعات.


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الأول

لمحة عامة عن الفلزات

1 ـ تعريف الفلزات

2 ـ الصفات الفيزيائية

أ ـ الصفات الفيزيائية التي تعتمد على البنية الداخلية

ب ـ الصفات التي تعتمد على الضوء

3 ـ تطبيقات الصفات الفيزيائية:

1 ـ النيوسيليكات

2 ـ الإنيوسيليكات

3 ـ الفيللوسيليكات


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

لمحة عامة عن الفلزات

1 ـ تعريف الفلزات:

من الصعب تلخيص تعريف لكلمة فلز، غير أنه يمكن اعتبار التعريـف الآتـي هـو التعريف المأخوذ به بشكل عام.

الفلز:

هو كل جسم صلب طبيعي متجانس، له تركيب كيميائي محدد ناتج عن اتحاد عنـصر أو مجموعة عناصر، وتتميز معظم الفلزات بأنها مبلورة تتشكل غالباً نتيجة عمليـات غيـر عضوية، بينما يكون عدد قليل منها غير مبلور (ليس لها تنظيم أو ترتيب معين).

ويمكن التعرف على الفلزات المبلورة من دراسة الأوجه البلورية إن وجدت أو يلجـأ لدراستها بواسطة المجهر الاستقطابي أو الأشعة السينية، أما لتحديد الفلز بطريقة سريعة فـي المخبر أو الحقل فَيلْجأ إلى الخواص الفيزيائية التي لها ارتباط وثيق بالتركيب الكيميائي.

2 ـ الصفات الفيزيائية للفلزات:

أ ـ الصفات الفيزيائية التي تعتمد على البنية الداخلية:

الانفصام:

هو قابلية الفلز لأن ينفصم وفق اتجاه معين، إذا طبقت عليه قوة معينة ويكون الإنفصام وفق سطح أملس ناعم عاكس للضوء يعرف بسطح الإنفصام.

الإنفصال:

هو انفصال الفلز إلى أجزاء عند مستويات ضعف، تتكون نتيجة تعرض الفلـز بعـد تشكله إلى عوامل خارجية كالضغط والتكسير.

ولهذا ليس من الضروري أن يكون للفلز الواحد صفة الإنفصال، ويمكن تمييز الإنفصام عن الإنفصال بأن مستويات الأول تكونت أثناء تشكل الفلز لأنها ترتبط بالتركيب البلوري وتكون متوازية فيما بينها في اتجاه بلوري ثابت والمسافات بين مستوياتها متساوية على العكس تماماً من مستويات الإنفصال.

المكسر:

هو عبارة عن شكل السطح الذي يحصل بنتيجة تكسير وتحطيم الفلز، في اتجاهات مختلفة عن مستويات الإنفصال والإنفصام ويظهر المكسر بوضوح في الفلزات التي ليس لها انفصاماً ويوصف المكسر بأنه محاري، مستوي، غير منتظم، ترابي الخ...

أ ـ المكسر المحاري:

هو المكسر الذي يشبه السطح الداخلي للقواقع حيث يظهر السطح المنكسر على شكل خطوط مقوسة أو دائرية مثل مكسر المرو وزجاج البراكين شكل (1).



شكل (1)

المكسر المحاري

ب ـ المكسر المستوي:

يكون السطح من المكسر المستوي أملساً تقريباً كما هو الحال في فلزي الصوان والشيرت.

جـ ـ المكسر غير المستوي:

يظهر السطح المنكسر خشن وهو منتشر في كثير من الفلزات.

د ـ المكسر ترابي:

وهو مكسر كامد خشن ويلاحظ في فلزي الكاولن والليمونيت.

هـ ـ المكسر المسنن:

يظهر السطح المنكسر على شكل أسنان حادة ويشبه مظهره الألواح الخـشبية غيـر المصقولة.

الفساوة:

هو مقاومة سطح الفلز الناعم للخدش وهي خاصة تابعة للبنية الداخلية وقوة الـروابط بين الذرات المؤلفة للفلز وتختلف من فلز لآخر.

التماسك:

تعرف المقاومة التي يبديها الفلز للكسر والطحن والانحناء والتمزق بالتماسك.

الوزن النوعي:

الوزن النوعي هو العدد الذي يعبر عن نسبة وزن فلز ما إلى وزن حجم مساو له من الماء في الدرجة (+4).

ب ـ الخواص التي تعتمد على الضوء:

1 ـ البريق:

وهو مظهر انعكاس الضوء على سطح الفلز، ويمكن أن يكون للفلز بريق معـدني، أو لا معدني أو شبه معدني.

البريق اللا معدني:

تتصف الفلزات التي لها بريق لا معدني بأنها فاتحة اللون وتسمح بمرور الضوء خلال الأحرف الرقيقة ويكون مخدشها لا لون له أو ذو ألوان فاتحة جداً وبالتالي البريق يكون:

زجاجي:

يكون للفلز بريق زجاجي كالمرو.

بريق صمغي:

يكون للفلز بريق يشبه الصمغ مثل السفاليريت.

بريق لؤلؤي:

يكون للفلز بريق يشبه بريق اللؤلؤ مثل فلزي الطلق والميكا.

بريق دهني:

ويكون للفلز بريق يشبه بريق الدهن مثل النيفلين والمرو الكتلي والزهري.

بريق حريري:

ويكون بريق الفلز حريرياً ويكون نتيجة لتجمع بلورات متوازية ليفية مثـل الجـص الليفي، السربنتين.

بريق الماسي:

يشبه بريق الألماس الساطع.

بريق ترابي:

حيث يكون السطح كامداً مثل الليمونيت، الكاولينيت.

2 ـ اللون:

يتوقف لون الفلز على طول الموجات الضوئية التي يعكسها، فإذا سقطت أشعة ضوئية على فلز ما، وكان له القدرة ليعكس جميع الموجات الضوئية يبدو أبيض اللون. وإذا كان لـه القدرة على امتصاص الموجات المؤلفة له ويعكس الموجات الحمراء يبدو الفلز بلون أحمـر وهكذا.

3 ـ الشفوفية:

وهي خاصة نفوذ الضوء إلى الفلز، فالفلزات التي تسمح بمرور الضوء إما أن تكـون شفافة في حالة تمكننا من رؤية الأجسام خلالها بوضوح، أو نصف شفاف عنـدما لا تـسمح

برؤية الأجسام خلالها بوضوح تام. وتعرف الفلزات بأنها معتمة عندما لا تسمح بنفوذ الضوء خلالها ولو كانت على شكل صفائح رقيقة.

4 ـ المخدش:

هو لون مسحوق الفلز، وليس من الضروري أن يكون لون المخدش هو لون الفلـز. ففلزات الماغنتيت، الهيماتيت، الغوتيت لها لون أسود غير أن مخادشها تختلف حيـث يكـون أسود في الماغنيتيت، أحمر في الهيماتيت، وبني مصفر في الغوتيت. ويمكن تحديد المخـدش بواسطة حك الفلز على ظهر قطعة من البورسلان الخشن، أما للفلزات ذات القساوة العالية لا تستخدم هذه الطريقة وإنما نقوم بسحق قطعة صغيرة من الفلـز سـحقاً ناعمـاً، ومـشاهدة المخدش.

الإنكسار المضاعف:

جميع الفلزات المبلورة ما عدا بلورات النظام المكعبي تُرينا انكساراً مضاعفاً فعنـدما يدخل شعاع ضوئي فلز ما فإنه ينكسر إلى شعاعين باتجاهين وبسرعتين مختلفتين.

الخواص السابقة هي الخواص الضوئية التي يمكن الاعتماد عليها في تحديد الفلـزات بسهولة في المخبر.

3 ـ تطبيقات الصفات الضوئية:

تصنيف الفلزات:

للقيام بالدراسة التنظيمية للفلزات لابد من تـصنيفها، وذلـك بتجميـع الفلـزات فـي مجموعات ذات صفات محددة، تسهل دراستها.

بدأت دراسة الفلزات في عام (1750 ـ 1850) وقد اقترح عدد من الطرق التـصنيفية التي اعتمدت على:

ـ الصفات الكيميائية.

ـ الصفات الفيزيائية.

غير أن الاستخدام الأوسع كان للتصنيف الذي يستند على التركيب الكيميـائي حيـث قسمت المجموعات الفلزية تحت هذا التصنيف إلى صفوف آخذة بعين الاعتبار وجود أيونات محددة أو مجموعات أيونية وعلى درجة تعقيدها ونذكر من هذه المجموعات:

1 ـ العناصر الحرة Native elements

2 ـ الكباريت Sulphides

3 ـ الهاليدات Halides

4 ـ الأكاسيد والأكاسيد المائية Oxides and Hydro-Oxides

5 ـ الكربونات Carbonates

6 ـ الكبريتات Sulphates

7 ـ الفوسفات Phosphates

8 ـ السيليكات Silicates

وسوف ندرس هنا بعض المجموعات السابقة بشكل مختصر جداً بينما سنقوم بدراسة واسعة لبعضها الآخر وخاصة السيليكات بأنواعها المختلفة.

1 ـ العناصر الحرة:

إن وجود العناصر الحرة نادر جداً في الطبيعة ولا تعد من الفلزات المشكلة للقشرة الأرضية، يكون تشكل هذه العناصر مرافقاً لتبلور الماغما أو أثناء التفاعلات الثانوية وقد يتشكل بعضها أثناء عمليات التحول، تحت تأثير الضغط والحرارة المرتفعين، من الفلزات العائدة لهذه المجموعة، الغرافيت، الألماس، البلاتين، الذهب، الكبريت.

2 ـ الكباريت المعدنية:

تدخل الكباريت كفلزات ثانوية في تراكيب القشرة الأرضية ولكنها تعد من أهم المجموعات الفلزية لأنها تضم أغلب الخامات المعدنية، يرجع منشأ الكباريت بصورة رئيسية إلى المحاليل الهيدروترمالية، وقد تتشكل من تصلب الماغما.

تتصف أغلبية فلزات هذه المجموعة بالبريق المعدني والقساوة المنخفضة والوزن النوعي المرتفع وتشمل الفلزات التالية:

بيريت، كالكوبيريت، ماركاسيت، سفاليريت.

3 ـ الهاليدات:

تضم هذه الزمر عدداً من الفلزات، تمثل أملاح حمض كلور الماء (الكلوريدات) وأملاح حمض فلور الماء ونذكر منها:

الهاليدات، السيلفيت، الفلوريت.

4 ـ الأكاسيد والأكاسيد المائية:

تنتج هذه المجموعة من اتحاد عناصر مختلفة مع الأوكسجين وجـذر الهيدروكـسيل مثالها:

الماغنيتيت، الهيماتيت، الليمونيت، البيرولوزيت، الكورندوم، البوكسيت.

5 ـ الكربونات:

فلزات هذه الزمرة هي أملاح حمض الكربون ويعد بعضها من أهم الفلزات المكونـة للصخور الرسوبية وأحياناً المتحولة وتتصف جميعها بتفاعلها مع حمض كلور الماء، مطلقـة غاز ثاني أوكسيد الكربون من فلزات هذه الزمرة، الكالـسيت، الآراغونيـت، الـدولوميت، السيدريت، الملاكيت.

6 ـ الكبريتات:

تعد معظم الكبريتات من الفلزات المكونة للصخور الرسوبية، تتشكل نتيجـة ترسـيب أملاح حمض الكبريت من المياه السطحية بالتبخر أو نتيجة أكسدة الكباريت المعدنية، من هذه الفلزات الجص.

7 ـ الفوسفات:

يتألف بصورة رئيسية من فوسفات الكالسيوم، ممثله الرئيسي هو فلز الاباتيـت الـذي تكون بلوراته عادة على شكل مواشير طويلة أو قصيرة أو مسطحة، تنتهي بأهرامات وكذلك بسطوح قاعدية وقد يوجد أيضاً على هيئة كتل ذات حبيبات ناعمة، اللون غالباً في البلـورات الكبيرة، أخضر فاتح، أو أزرق مخضر أو بنفسجي، أو أحمر، أو بنـي، بريقـه زجـاجي، القساوة (5)، الوزن النوعي 3.2، يوجد الأباتيت كفلز ثانوي في الصخور النارية والمتحولـة وكذلك في البغماتيت والعروق الأخرى.

ويمكن أن يكون الأباتيت ذو منشأ هيدروترمالي، كذلك يوجد في الصخور الرسـوبية على شكل حبيبات مختلطاً بالكلس والغضار والرمل.

8 ـ السيليكات:

تعد السيليكات أهم الفلزات المكونة لصخور القشرة الأرضية إذ أنها تؤلف 25% مـن الفلزات المعروفة وما يقارب 40% من الفلزات الشائعة وهي من الفلزات الرئيسية المكونـة للصخور النارية والمتحولة لذلك سوف نقوم بدراستها بشيء من التفـصيل. حيـث قـسمت السيليكات إلى ست مجموعات وهذا التقسيم ناتج عن عملية اختلاف طريقة اتحاد رباعيـات الأوجه SiO4:

1 ـ النيسوسيليكات Nesosilicates

وهي عبارة عن رباعيات أوجه منفصلة $(SiO_4)^{-4}$ تربط بينها شوارد موجبة كالحديـد (Fe^{+2}) والمغنيزيوم (Mg^{+2}) وتكون نسبة السيليكون $\frac{si}{o}=\frac{1}{4}$ مثالها فلزات الاوليفين.

الأوليفين:

نظام التبلور: يتبلور في النظام المعيني المستقيم عادة ما تكون بلوراته بـشكل كتـل حبيبية، أو وجهية.

الصفات الفيزيائية:

ـ **اللون:** أخضر مصفر فاتح حتى أخضر زيتوني في الفورستيريت ويـصبح بنـي مخضر عند ارتفاع نسبة الحديد الثلاثي (Fe^{+3}).

ـ **القساوة:** 6.5 ـ 7.

ـ **المكسر:** غير منتظم، مخروطي.

ـ **البريق:** زجاجي.

ـ **الشفافية:** شفاف إلى نصف شفاف.

ـ **الوزن النوعي:** 3.27 ـ 4.37.

يزداد الوزن النوعي مع ازدياد الحديد.

التركيب والبنية:

إن زمرة الأوليفين عبارة عن محلول صلب مستمر يبدأ بفلز الفورسـتيريت Mg_2SiO_4 حتى الفياليت Fe_2SiO_4، أكثر أنواع الأوليفينات انتشاراً هي الغنية بالمغنيزيوم مقارنة بالحديد

Fe^{+2}. أما البنية فقد تم المرور على ذكرها سابقاً وتظهر بالشكل (2) مع العلم بأنه عندما يكون الضغط (50 ـ 100) كيلوبار تتحول البنية إلى بنية سبينيل شكل (3) حيث بنية السبينيل أكثر تورق وكثافة.

الصفات المميزة:

يعرف عادة الأوليفين ببريقه الزجاجي ومكسره المخروطي ولونه الأخضر، عدم قابليته للانصهار، انحلاله ببطء بحمض كلور الماء (Hcl)، تشكيل جيلاتين سيليكاتي عند غليانه.

التواجد:

معروف تواجده في المعطف، ويعد أكثر الفلزات ندرة في تشكيل الصخور. ويتراوح تواجده بين فلزات ثانوية ورئيسية في الصخور القاتمة النارية مثـل الغـابرو، البيريـدوتيت والبازلت.

الفساد:

يتحول إلى السربنتين، انتيغوريت $Mg_6si_4O_{10}(OH)_8$، ماغنيزيت $MgCO_3$ مع أكاسـيد الحديد ويعطي في الصخور المتحولة بنية بشكل التاج مؤلفة من بيروكسين وأمفيبـول، هـذا التاج ناتج عن عدم ثبات أوليفين الحرارات العالية في درجات الحرارة الأخفض فـي بيئـة حاوية على الماء.

الاستعمال:

يستعمل الأوليفين النقي كفلز للزينة وتستخدم الأنواع الأخرى في الصناعة.

التسمية:

أطلق اسم البيريدوت على الأوليفين ذي اللون الأخضر الزيتوني والذي أعطاه تسميته الحالية.

الغرينا (الغارنت):

نظام التبلور: يتبلور في النظام المكعبي، اثنا عشري منتظم، شكل (4، أ)، أو ترابيزي (4، ب)، (4، جـ) الأشكال الأخرى للغرينا نادرة شكل (4، د، س)، وغالباً ما تظهر الغرينا بشكل حبات مدورة.

الصفات الفيزيائية:

اللون: يتراوح بين أحمر بني، أصفر، أبيض، أخضر، أسود.

الفساوة: 6.5 ـ 7.5

البريق: زجاجي

الشفافية: شفاف إلى عديم الشفافية.

الكثافة: 3.5 ـ 4.3

البنية والتركيب:

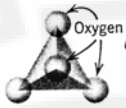
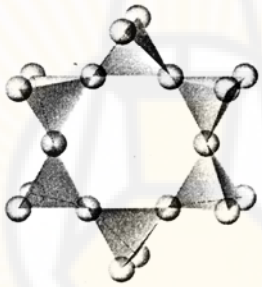
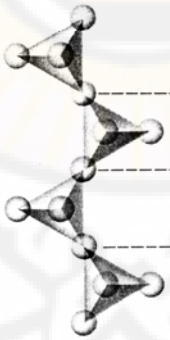
الصيغة العامة للغرينا $A_3 B_3 (SiO_4)_3$

حيث $A = Ca, Mg, (Fe^{+2}$ أو $Mn^{+2})$

$B = Cr^{+3}, Fe^{+3}, Al$

انظر الشكل (5) الذي يبين جزء من بنية الغارنيت.

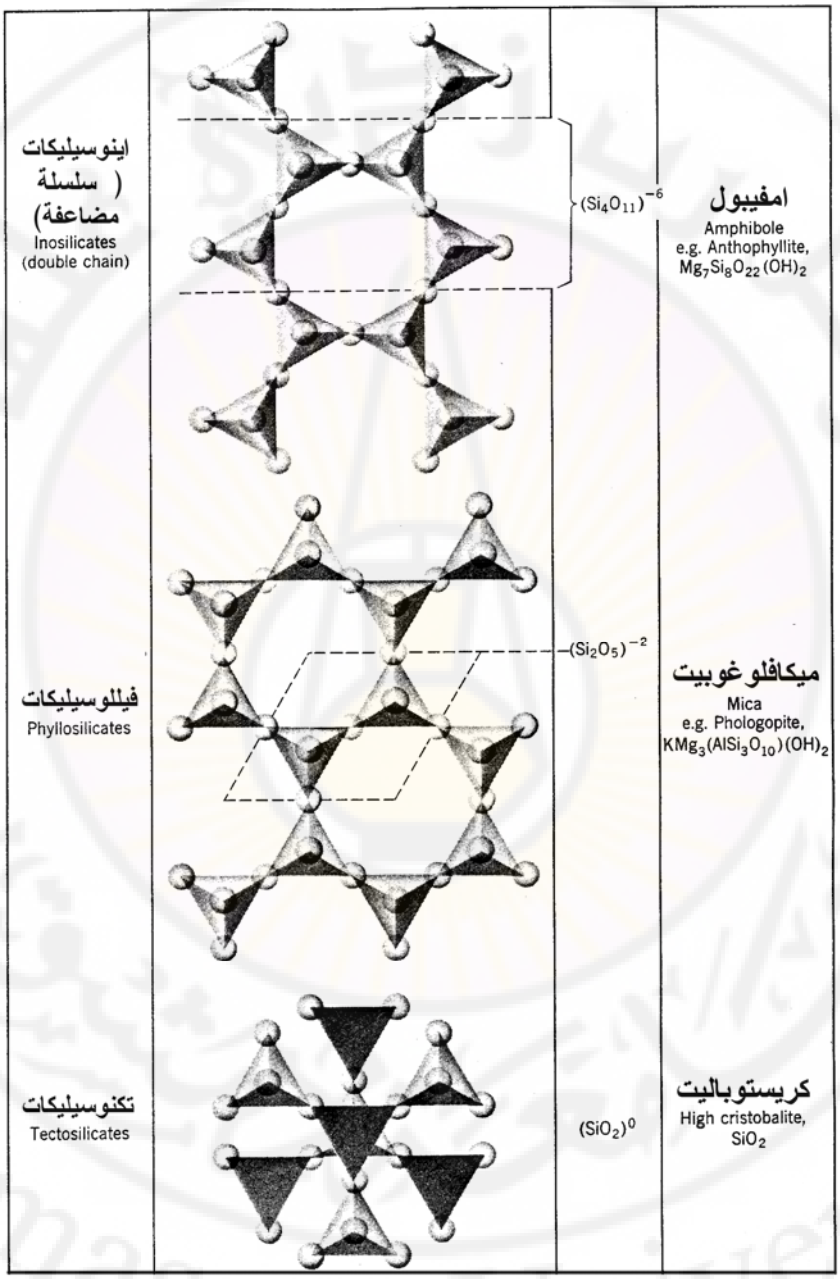
انظر الجدول (1) الذي يبين أنواع الغرينا الذي يمثل التركيب الكيميـائي والـصفات الفيزيائية لهذا الفلز بأنواعه.

الصف Class	ترتيب رباعيات الأوجه (Si) Sio4 ++ مركزية غير مرئية) Arrangement of SiO_4 tetrahedra (central Si^{4+} not shown)	تركيب الوحدة Unit composition	أمثلة فلزية Mineral example
النيسوسيليكيان Nesosilicates		$(SiO_4)^{-4}$	أولفيـــــن Olivine, $(Mg, Fe)_2 SiO_4$
سوروسيليكات Sorosilicates		$(Si_2O_7)^{-6}$	هيميمورفيت Hemimorphite, $Zn_4Si_2O_7(OH)\cdot H_2O$
سيكلوسيليكات Cyclosilicates		$(Si_6O_{18})^{-12}$	بيريـــــل Beryl, $Be_3Al_2Si_6O_{18}$
إنيوسيليكات Inosilicates (single chain)		$(Si_2O_6)^{-4}$	بيروكسين بيروكسين Pyroxene e.g. Enstatite, $MgSiO_3$

الشكل (2)

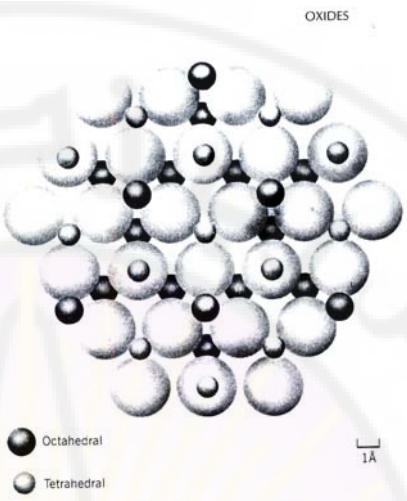
يبين الوحدات الأساسية المشكلة للسيليكات

تابع الشكل (2)

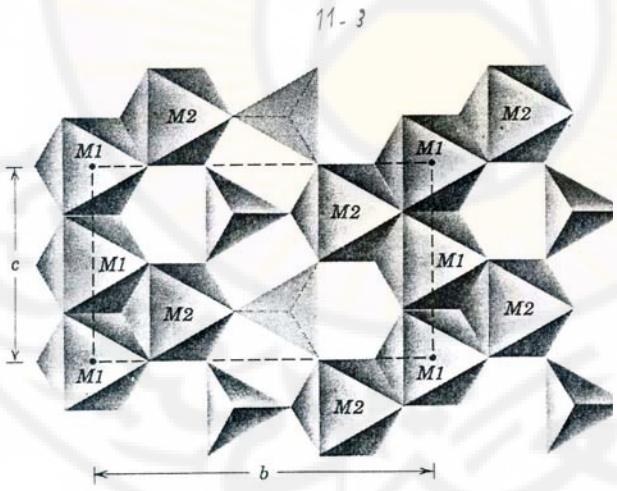

اينوسيليكات
(سلسلة مضاعفة)
Inosilicates
(double chain)
$(Si_4O_{11})^{-6}$
امفيبول
Amphibole
e.g. Anthophyllite,
$Mg_7Si_8O_{22}(OH)_2$
$(Si_2O_5)^{-2}$
فيللوسيليكات
Phyllosilicates
ميكافلوغوبيت
Mica
e.g. Phologopite,
$KMg_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$
تكنوسيليكات
Tectosilicates
$(SiO_2)^0$
كريستوباليت
High cristobalite,
SiO_2

طبقة من الأوكسجين في بنية السبينيل موجودة في المستوي /111/.

إن الدوائر الكبيرة هي من الأوكسجين المتوضع على شكل مكعبات من الطبقات الأكثر تقارباً ويوضح الشكل أيضاً طبقات ثمانية ورباعية الأوجه المتوضعة على جميع جوانب الأوكسجين.

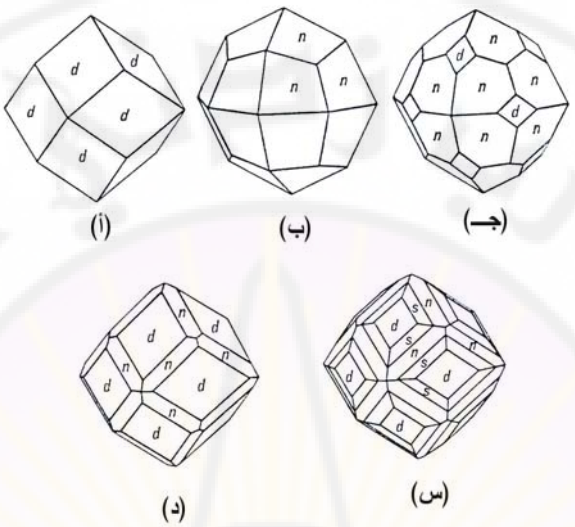


شكل (3)



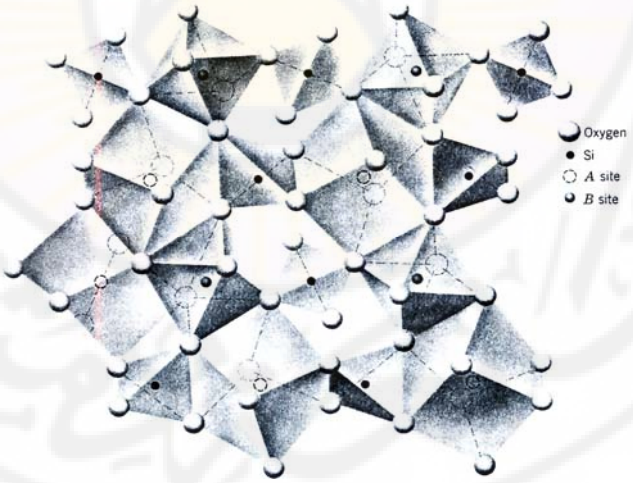
جزء من البنية النظامية للأوليفين وفق الوجه /100/ حيث M_1 و M_2 تمثل مواقع ثمانيات الأوجه.. حيث ثماني الوجه M_1 مشوه (لا يأخذ شكله النظامي)، بينما M_2 فيأخذ شكله النظامي.

بلورات غارنت



شكل (4)

شكل (4) يمثل أشكال بلورات الغارنت



شكل (5)

شكل (5) جزء من بنية الغارنت وفق الوجه /001/

الجدول رقم (1)

اسم الفلز	الصيغة Composition	الوزن النوعي	واحدة الخلية الأولية (A°)
بيروب	$Mg_3Al_2Si_3O_{12}$	3.58	11.46
الماندين	$Fe_3Al_2Si_3O_{12}$	4.32	11.53
سبيسارتين	$Mn_3Al_2Si_3O_{12}$	4.19	11.62
غراسوليار	$Ca_3Al_2Si_3O_{12}$	3.59	11.85
اندراديت	$Ca_3Fe_2Si_3O_{12}$	3.86	12.05
يوفاروفيت	$Ca_3Cr_2Si_3O_{12}$	3.90	12
هيدروغراسوليار	$Ca_3Al_2Si_2O_8(SiO_4)_{1-m}(OH)_{4m}$, m = 0 – 1		

جدول يبين الصفات الفيزيائية والكيميائية للغرينا (الغارنت)

البيروب:

Mg_3Al_2 مع قليل من Ca، Fe^{+2}، اللون أحمر قاتم قريب من الأسود غالباً شفاف يستخدم عندها كمجوهرات. وتسمية البيروب أتت من اليونانية حيث كلمة بيروب تعني شبيه النار.

رودوليت:

أي غرينا ذات اللون الزهري المحمر أو أرجواني وهو بتركيبه يعتمد على جزأين، البيروب والالماندين.

الماندين:

$Fe_3Al_2Fe^{+3}$ حيث يحل Al مكان Fe^{+3} والـMg^{+2} مكان Fe^{+2} وهو من الأنواع نصف الثمينة المستخدم كمجوهرات.

اللون: أحمر قاتم، الأنواع الثمينة منه تكون شفافة وبلون بني محمر أما الأنواع الأخرى من الألماندين تكون نصف شفافة.

سبيسارتين: $Mn_3Al_2Fe^{+2}$

يحل عادة Mn^{+2} مكان Fe^{+3} مكان قليل من Al

اللون: بني ـ أحمر.

غراسوليار: Ca_3Al_3

يحتوي غالباً على Fe^{+2} الذي يحل محل Ca، وكذلك Fe^{+3} الذي يحل مكان Al

اللون: أبيض، أخضر، أصفر، بني حتى أسود.

اندراديت: $Ca_3Fe_2^{+3}$

يمكن أن يحل Al مكان Fe^{+3}، Fe^{+2}، Mn^{+2} ويمكن أن يحل Mg مكان الـ Ca

اللون: أصفر، أخضر، بني حتى الأسود.

ديمونتوئيد:

هو ذو لون أخضر مع بريق الماسي ويستخدم كحجر ثمين ويسمى بلغة المنرالوجيين البرتغال داندرادا.

يوفاروفيت: $Ca_3Cr_2^{+3}$

لونه: زمردي.

الصفات المميزة:

تعرف الغرينا عادة بواسطة تناظر بلوراتها، قساوتها، ألوانها، قرينة انكـسارها، الغارنـت (الغرينا) الحديدية الماندين واندراديت يمكن الخلط بينها وبين كرات الماغنتيت أمـا السبيـسارتين عندما يمتزج مع كربونات الصوديوم يعطي كرات من المنغنيز مثل حبـات المـسبحة المكـورة، اليوفاروفيت، يعطي لون أخضر لأملاح الكبريت الحاوي على حبات من Cr.

التواجد:

الغارنت فاز شائع يتواجد في بعض أنواع الصخور المتحولة بكثرة شـكل (6) كفلـز رئيسي وكفلز ثانوي في بعض أنواع الـصخور الناريـة، والتواجـد الأكبـر يكـون فـي الميكاشيست، الشيست الهورنبلاندي والغنيس ويستخدم الغارنت كفلز مميـز للحـد الفاصـل المتساوي للصخور المتحولة، كذلك يتواجد البغماتيت في دايكات البغماتيت وبشكل نادر فـي الصخور الحامضية.

البيروب:

يتواجد في الصخور فوق الأساسية مثل البيريدوتيت، الكمبرليت، يتراوح نوع الغارنت المتواجد مع البيروكسين والكيانيت في الإيكلوجيت بين بيروب والماندين حيث يمثل الالماندين النوع الأكثر انتشاراً وتواجداً في الصخور المتحولة والناتج عن تحول الـصخور الرسـوبية الأرجيلية (الطينية).

سبيسارتين:

يتواجد في السكارن، المجموعات الغنية بالمنغنيز والحاوي على الرودونيت.

غراسوليار:

وهو نوع نصف ثمين يستخدم كمجوهرات، ناتج عن تحول تماسي أو إقليمي للصخور الكلسية السيليكاتية غير النقية.

اندراديت:

ناتج عن تحول تماسي وإقليمي للصخور الكلسية السيليكاتية غير النقية.

ميلانيت: وهو النوع الأسود من الاندراديت، يميز الصخور النارية البوتاسية.

البيروب:

نوع راق من الغرينا يستخدم كمجوهرات، يتواجد مع البلورات النقية مـن الاوليفـين (بيريدوت).

التجوية:

يتحول الغارنت بالتجوية جزئياً إلى تالك، سربنتين، كلوريت.

الاستعمالات:

تستخدم جميع الأنواع كفلزات ثمينة (مجوهرات) ويعتبر الاندراديت الأخضر من أثمن الأنواع والمعروف باسم ديمانتوئيد.

التسمية:

أتت تسمية الغارنت من الكلمة اللاتينية (granatiss) والتي تعني ما يشبه الحبْ.

2 ـ الاينوسيليكات

ترتبط في هذه المجموعة رباعيات الأوجه SiO_4 مشكّلة:

آ ـ سلسلة مفردة متصلة من رباعيات الأوجه السيليكاتية

$(Si_2O_6)^{-4}$ أو $(Si_4O_{12})^{-8}$

تتكون من اشتراك شاردتين من الأوكسجين من كل رباعي أوجه (شكل 2) وتـرتبط السلاسل مع بعضها عن طريق شوارد موجبة أخرى، وتكون النـسبة $\frac{Si}{O}=\frac{1}{3}$ ومـن أهـم فلزات هذه المجموعة هي فلزات البيروكسين.

ب ـ سلسلة مزدوجة من رباعيات الأوجه السيليكاتية $(Si_4O_{11})^{-6}$

وتتكون كل شاردتين أو ثلاث شوارد من الأوكسجين مشتركة من رباعيـات الأوجـه بشكل متناوب (شكل 2) ويكون الفراغ السداسي بين السلسلتين مملوء بالهيدروكسيل (OH) أو الفلور وتكون نسبة $\frac{Si}{O}=\frac{4}{11}$ من أهم الأمثلة على هذه المجموعة فلزات الأمفيبول.

آ ـ البيروكسينات:

الصيغة الكيميائية العامة للبروكسين هي xyz_2o_6

حيث:

$x = Li^{+}, Mg^{+2}, Fe^{+2}, Mn^{+2}, Ca^{+2}, Na^{+1}$

$y = Ti^{+4}, cr^{+3}, Al^{+3}, Fe^{+3}, Mg^{+2}, Fe^{+2}, Mn^{+2}$

$z = Al^{+3}, Si^{+4}$

حيث يكون القطر الشاردي الذي يمثل x أكبر من القطر الشاردي الذي يمثل y.

تقسم البيروكسينات إلى عدة مجموعات جدول (2).

البيروكسينات [جدول رقم (2)]

1 ـ سلسلة انستاتيت ـ اورثوفيروسيلليت (حديدية ـ مغنيزية مستقيمة)

ـ انستاتيت $MgSiO_3$

ـ هبرستين $(Mg,Fe)SiO_3$

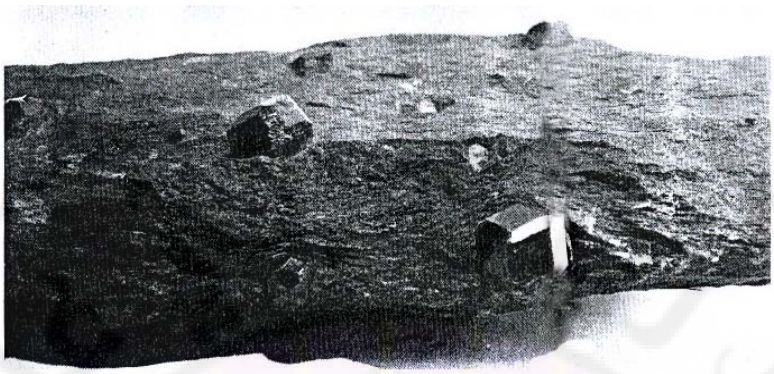
ـ بيجونيت $Ca_{0-25}(Mg, Fe)_{1.75}\ Si_2O_6$

2 ـ سلسلة ديوبسيد ـ ايدينبرجيت (الكلسية المائلة).

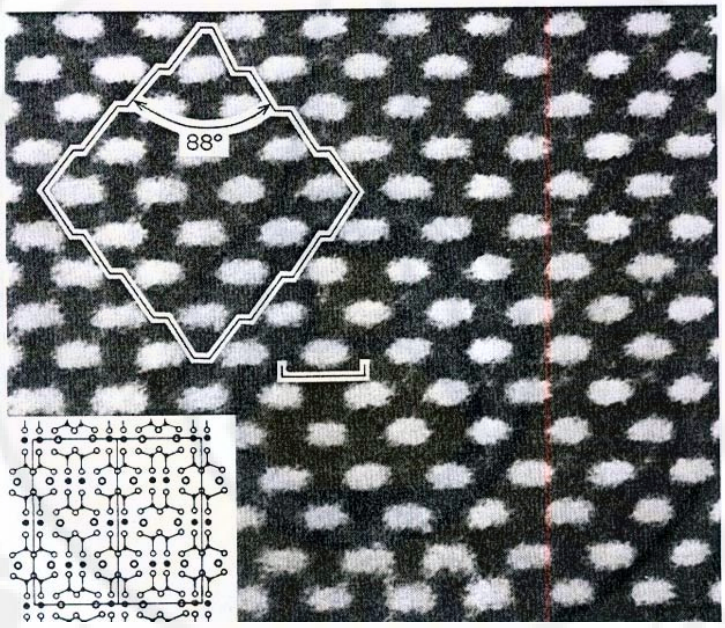
ـ ديوبسيد $Ca\ Mgsi_2O_6$

ـ ايدينبرجيت $Ca\ Fe\ Si_2O_6$

ـ أوجيت $xy\ (z_2o_6)$ حيث تمثل x عنصري (Na, Ca) في حين تمثل y عنصري (Mg, Fe).



شكل (6) بلورات غارنت في صخر الكلوريتوشيست



شكل (7) يبين بنية الأورثوبيروكسين وسطوح الانفصام التي تشكل زاوية قدرها (88°) تحت المجهر الالكتروني حيث تمثل البقع البيضاء المنطقة الواقعة بين M2 في بنية البيروكسين وهي أصغر نسبياً من العناصر الأخرى في هذه البنية.

3 ـ مجموعة البيروكسينات القلوية

ـ جاديت $NaAlSi_2O_6$

ـ اكميت (ايجيرين) $NaFe^{+3}Si_2O_6$

4 ـ السلسلة الليثية

ـ سبودومين $LiAlSi_2O_6$

5 ـ سلسلة البيروكسينات الكلسية القلوية

ـ امفاسيت $(Ca, Na)(Mg, Fe^{+2}, Al)(Si_2O_6)$

ـ انستاتيت $MgSiO_3$

ـ هبرستين $(Mg, Fe)SiO_3$

الصفات الفيزيائية

ـ للانستاتيت:

* **نظام التبلور:** معيني مستقيم.
* **اللون:** عديم اللون، أبيض، رمادي، بني فاتح، أخضر فاتح، أخضر زيتوني.
* **سطوح الانفصام:** تامة باتجاهين قريب من 90°.
* **القساوة:** 5.5 ـ 6
* **البريق:** زجاجي إلى لؤلؤي على سطوح الانفصام.
* **الشفافية:** نصف شفاف ونادراً شفاف.
* **الوزن النوعي:** 3.2 ـ 3.6 يزداد الوزن النوعي بازدياد نسبة Fe

للهيبرستين:

* **نظام التبلور:** معيني مستقيم
* **اللون:** رمادي فاتح
* **سطوح الانفصام:** تامة وفق اتجاهين بزاوية قريبة من 90°
* **القساوة:** 5.5 ـ 6

* **الشفافية:** نادراً شفاف غالباً نصف شفاف

* **الوزن النوعي:** 3.2 ـ 3.6

البنية والتركيب:

تصل نسبة إحلال Fe^{+2} مكان Mg^{+2} في الاورثوبيروكسين حتى 90% $FeSiO_3$ وبجميع النسب، أما أوكسيد الكالسيوم فيمثل 1.5% من الوزن العام لهذه البيروكسينات.

نسب العناصر الرئيسية في الانستاتيت هي -4% Mgo، 60% SiO_2.

الاورثوبيروكسينات ذات بنية أكثر تعقيداً من الاوليفين بحيث تمثّل على شكل سلاسل في حين أن البنية البلورية للانستاتيت تتمثل بتوضع الـ Fe^{+2} في اتجاه (M_2) شكل (7).

أما الدراسات التجريبية لثبات البيروكسينات حيث التواجد الأكبر للاورثوبيروكسين مقارنة بالتواجد الأقل للكلينوبيروكسين في المجموعة $MgSiO_3$ - $FeSiO_3$ تبين أن مجموعة الاورثوبيروكسين بشكل عام أكثر ثباتاً حتى في درجات الحرارة الأخفض مقارنة مع مجموعة كلينوبيروكسين وحيد النوع.

الصفات المميزة:

نتعرف عادة على البيروكسينات السابقة (هبرستين إنستاتيت) بواسطة ألوانها، سطوع انفصامها وبريقها، غير أن الأنواع الحاوية على الحديد تصبح سوداء اللون مما يؤدي إلى صعوبة تمييزها عن الأوجيت دون دراسة تحت مجهرية.

هذه البيروكسينات غير قابلة للإنصهار ولكن مع ارتفاع نسبة الحديد تزداد قابليتها للانصهار.

التواجد:

تعتبر الأنواع الغنية بالمغنيزيوم من الادرثوبيروكسينات أكثر تواجد في صخور البيريدوتيت، الغابرو، التوريت، البازلت والصخور المتحولة ذات الحرارات والضغوط العالية مثل السحنات الغرانوليتية.

تشكل هذه البيروكسينات فلزات رئيسية في الصخور النارية. وتكون حالة توازن مع فلزات الكلينوبيروكسين الكلسي (مثل الأوجيت)، الاوليفين، والبلاجيوكلاز.

أما الأنواع الغنية بالحديد من هذه الاورثوبيروكسينات مثل الإيولايت فتنمو في الصخور المتحولة الحديدية المتوازنة مع الصخور الغرانوليتية.

الاستعمالات:

تستخدم البيروكسينات السابقة كمجوهرات نصف ثمينة.

التسمية:

الإنستاتيت هي كلمة يونانية تعني (مقاوم، معارض) وذلك يعتمد على صفة هذا الفلـز المقاومة.

أما الهيبرستين أتت من كلمتين يونانيتين تعنيان بالإنكليزيـة (Strong, Very) وتعنـي قوي جداً وذلك بسبب قساوته العالية والتي هي أعلى من قساوة الهورنبلاند.

البرونزيت: $(Mg,Fe)_2\ Si_2O_6$

* **اللون:** رمادي، أصفر، أخضر فاتح، أخضر زيتوني، بني.
* **البريق:** برونزي
* **القساوة:** 5 ـ 6
* **الشفافية:** نصف شفاف
* **الوزن النوعي:** 3.2

التواجد:

يتواجد عادة البرونزيت كما جميع أنواع الاورثوبيروكسينات في الصخور الأساسـية وفوق الأساسية ذات نسبة الكالسيوم المنخفضة، مثل بيروكسينيت بيريدوتيت، نوريت، بعض أنواع البازلت والأنديزيت.

البيجونيت $Ca_{0\text{-}25}(Mg, Fe)_{1.75}\ Si_2O_6$

* **نظام التبلور:** وحيد الميل

الصفات الفيزيائية

* **اللون:** بني، بني مخضر وحتى الأسود.
* **سطوح الانفصام:** تامة وفق /110/ وغير تام وفق /100/.
* **البريق:** زجاجي.

*** القساوة:** 6.

*** الشفافية:** شفاف إلى عديم الشفافية.

*** الوزن النوعي:** 3.30 ـ 3.46

البنية والتركيب:

البيجونيت من أنواع الكلينوبيروكسين أحادي النوع الفقير بالكالسيوم والحـاوي علـى 5 ـ 15% ذرة من $CaSiO_3$ يكون البيجونيت ثابت في درجات الحرارة العالية في الـصخور النارية وهو أقل تواجداً في درجات الحرارة الأخفض.

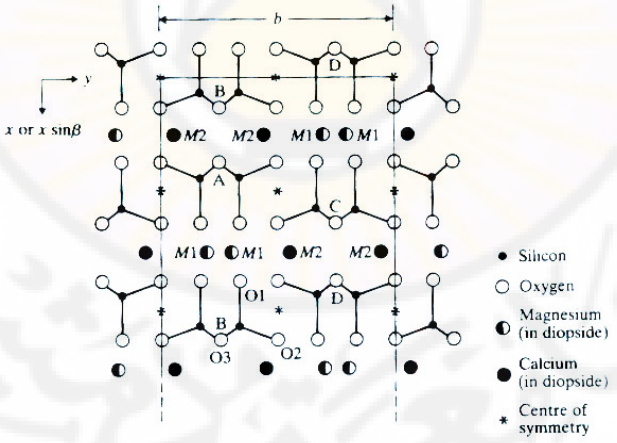
البنية البلورية للبيجونيت شبيهة ببنية الديوبسيد مع دخول الكالسيوم، المغنيزيوم، الحديد في (M_2) ويمكن أن يفضل كل من الحديد والمغنيزيوم التوضع في (M_1) الشكل 8 (أ، ب).

الصفات المميزة:

يختلف البيجونيت عن الفلزات الأخرى بالصفات الضوئية أو عـن طريـق الدراسـة بواسطة أشعة (x).

التواجد:

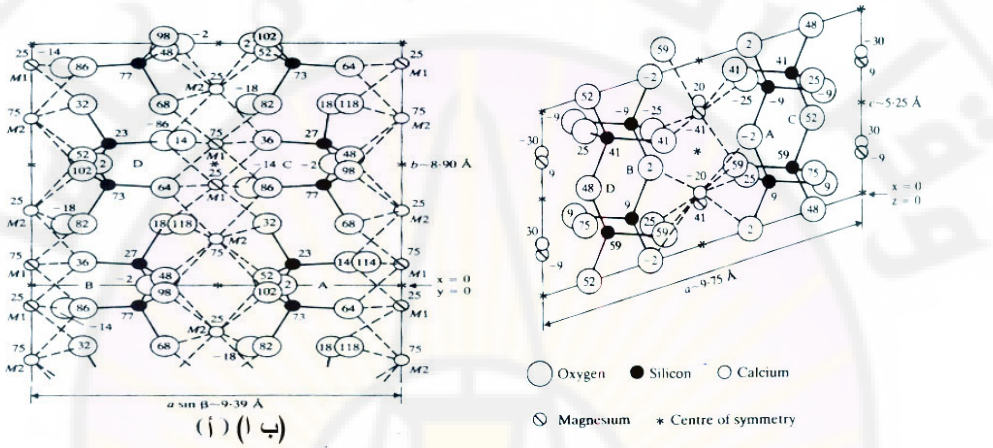
يتواجد البيجونيت في الحرارات المرتفعة وأنواع اللافا السريعة التبرد وفـي بعـض الصخور الاندفاعية مثل الديباباز، ويكون بشكل فينوكريست في بعض الصخور الاندفاعية.



الشكل (8 ـ أ)

يبين تمثيل الشكل النظامي لبنية البيروكسين حيث يظهر السلسلة البيروكسينية وأماكن توضع (M_1 و M_2).

يمثل الأوكسجين متعدد الجوانب سلسلة موازية للمحور (z)، يكـون البيروكـسين مـع مجموعة الفراغ $\frac{C_2}{C}$ وسلسلة ((Si-o، A، B، C وD متساوية في حين في مجموعة الفـراغ $\frac{P_2}{C}$ وpbca تكون C = A وD = B وB غير مطابقة لـ A.



الشكل (8 – ب1) و(8 – ب2)

يبين بنية الديوبسيد، تظهر وضعية سلسلة A، B، C، D والأبعاد الذرية (α) على طول (z وb) على طول y في الشكل (ب1) قليل من الأوكسجين مزاحة بشكل بسيط وتغطي بعضها بعضاً.

عندما يتشكل البيجونيت بالتبريد البطيء تظهر معه خطوط متوازية مـن الأوجيـت (تعطي مظهراً شبيهاً بالتوأمية) على الوجه /001/، ويمكن للبيجونيت أن ينقلب إلى هبرستين من خلال تبديل الشكل، أما في درجات حرارة أخفض فيتحول الهيبرستين إلى أوجيت ويشكل خطوطاً شبيهة بالتوأمية على طول الوجه /100/.

التسمية:

تعود إلى تسمية محلية وهي كهوف بيجون في مينيسوتا.

- ديوبسيد $CaMgSi_2O_6$
- ايدنبرجيت $CaFeSi_2O_6$
- اوجيت $(Ca, Na)\ (Mg,Fe,Al)\ (Si, Al)_2O_6$

يمثل الديوبسيد والايدنبرجيت محلولاً صلباً تاماً مع تنوع فـي الـصفات الفيزيائيـة واحلال Al مكان Si في الديوبسيد.

أما الأوجيت فيعد تابعاً لصف الديوبسيد ـ ايدنبرجيت غير أنه فقير بالكالسيوم ويشكل مع الصف السابق محلولاً صلباً مستمراً. وله تركيب متغير بشكل كبير حيث يمكن أن يكـون حديدياً فيسمى فيرواوجيت، أو تيتانياً فيعطي الاوجيت التيتاني أو صودياً فيـشكل الاوجيـت الصودي، غير أن أكثر أنواع الاوجيت انتشاراً تحتوي المينيوم من 3 ـ 7.5% (في الأوجيت الحديدي تكون نسبة Al أقل من الأوجيت التيتاني حيث تكون هذه النسبة أعلى بمرتين).

وهذا التغيير في نوع الأوجيت الناتج عن الاستبدال واحلال الـصوديوم (Na) مكـان الكالسيوم (Ca) وقليل من الالمينيوم، أيضاً يحصل استبدال مع المغنيزيوم والحديد والـسيليكا مع العلم بأن نسبة الحديد والمغنيزيوم تكون أكبر في الأوجيت مما هي عليه في الديوبسيد.

الصفات الفيزيائية:

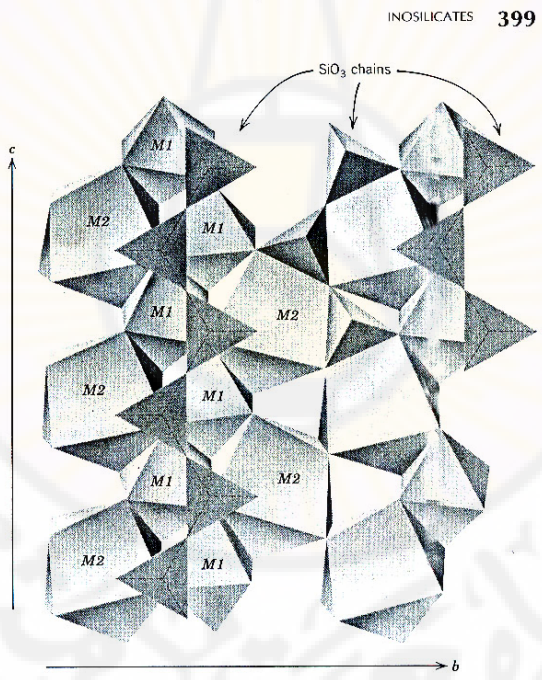
* **نظام التبلور:** وحيد الميل
* **اللون:** عديم اللون، بني، أزرق، أخضر فاتح، رمادي.
* **سطوح الانفصام:** جيدة وفق /110/.
* **القساوة:** 6
* **البريق:** زجاجي
* **الشفافية:** شفاف إلى عديم الشفافية
* **الوزن النوعي:** 3.25 ـ 3.55
* **المخدش:** أبيض مخضر

ايدينبرجيت:

* **نظام التبلور:** وحيد الميل
* **اللون:** بني مخضر، رمادي مخضر، رمادي مسود، أخـضر قاتم أسود
* **سطوح الانفصام:** تامة
* **القساوة:** 5 ـ 6
* **البريق:** زجاجي ـ لؤلؤي
* **الشفافية:** شفاف ـ نصف شفاف ـ عاتم
* **الوزن النوعي:** 3.2 ـ 3.3
* **المخدش:** أخضر فاتح

الأوجيت:

* **نظام التبلور:** وحيد الميل
* **اللون:** بني، أخضر، بني فاتح، بني قاتم، أسود
* **سطوح الانفصام:** تامة وفق /110/ إلى غير تامة وفق /010/.
* **القساوة:** 5.5 ـ 6
* **البريق:** زجاجي
* **الشفافية:** عديم الشفافية ـ عاتم
* **الوزن النوعي:** 3.2 ـ 3.6
* **المخدش:** أخضر فاتح



شكل (9)

بنية الجاديت NaAlsi2O6، والبيروكسين أحادي الميل، حيث يحتل Na+ مكان M2 وAl+3 مكان M1.

(عن كتاب C.T.Prewitt C.W.Burnhaem, American Mimera – lagis, 1966, p966).

التواجد:

يتواجد كل من الديوبسيدو الإيدنبرجيت في الصخور المتحولة الغنية بالمغنيزيوم، والغنية بالحديد. أما الأوجيت فيتواجد في الصخور النارية القاتمة مثل اللافا البازلتية والصخور العميقة (غابرو، بيريدوتيت، انديزيت) وهو يعد من الفلزات البيروكسينية الشائعة.

الصفات المميزة: تتميز الفلزات السابقة، بالشكل البلوري وسطوح الانفصام التي تكون الزاوية بينها 87° ـ 93°، وعدم الانحلال بالحموض، والاخضرار والتحول إلى زجاج أخضر.

الاستعمال:

يستخدم الديوبسيد الشفاف كنوع من المجوهرات.

التسمية:

أتت كلمة ديوبسيد من كلمتين يونانيتين اللتان تعنيان باللغة الإنكليزية (double) و(appearance) وتعني الكلمة الأولى مضاعف أما الثانية فتعني ظهور وذلك لأن الموشور الديوبسيدي يمكن أن يوجه بطريقتين.

أما الإيدنبرجيت فقد أتت تسميته من اسم العالم الكيميائي السويدي الذي اكتشف ووصف هذا الفلز.

الأوجيت أتت تسميته من اليونانية، بما يعني اللامع وبشكل عام كلمة بيروكسين تعني الغريب عن النار حيث كان يعتقد بأنه لا يتواجد في الصخور النارية.

جاديت $NaAlSi_2O_6$:

الصفات الفيزيائية:

* **نظام التبلور:** وحيد الميل

* **اللون:** أخضر تفاحي أو أخضر زمردي أو أبيض أو يمكن أن يكون أبيضاً مع بقع خضراء.

* **سطوح الانفصام:** تكون واضحة بزاوية 87° ـ 90°، قاسية جداً ويصعب كسرها.

* **القساوة:** 6.5 ـ 7

*** البريق:** زجاجي أو لؤلؤي على سطح الانفصام

*** الوزن النوعي:** 3.3 ـ 3.5

البنية والتركيب:

يمثل الجاديت Na_2O 15.4%، Al_2O_3 25.2%، SiO_2 59.4% فيه لا يحصل استبدال بين Si وAl ويكون التبادل بين Al وFe^{+3} محدود جداً، يتميز الجاديت بأنه متوسط في تركيبه بين النيفلين $NaAlSiO_4$ والألبيت $NaAlSi_3O_8$ غير أنه لا يتبلور تحت الشروط النظامية لتشكل كل من الفازين السابقين. وإنما تحت ضغط عالٍ (10 ـ 25) كيلوبار وحرارة (600 ـ 1000°م) وكذلك يتشكل الجاديت من الالبيت تحت الضغوط العالية. تظهر بنية الجاديت في الشكل (9).

الصفات المميزة:

ما يميز الجاديت لونه الأخضر، وفلزاته القاسية الثانوية ذات المظهر الليفي، وعدم قابليته للانحلال بالحمض، وقابليته للانصهار حيث يتحول بنتيجته إلى فقاعات شفافة زجاجية.

ويتميز عن التيفريت بسهولة انصهاره وببريقه الزجاجي حيث يختلف عن البريق الزيتي للسطح الأملس للتيفريت.

التواجد:

يتواجد الجاديت في الصخور المتحولة فقط حيث أظهرت الدراسات المخبرية أنه يتشكل تحت ضغوط عالية وحرارة منخفضة، فقد عثر على مثل هذا الشكل بالقرب من أعراف القشرة القارية كما هو الحال في الألب، وكاليفورنيا، واليابان ويتواجد الجاديت بتفاعل توازني مع الغلوكوفان والآراغونيت والموسكوفيت واللافسانيت والكورتز في منطقة فرانسيسكو.

الفلزات المشابهة:

امفاسيت:

وهو ذو لون أخضر لامع من أشكال الأوجيت الغني بـ $NaAlSi_2O_6$ يتواجد في الإيكلوجيت الحاوي على امفاسيت وغرينا غنية بعنصر البيروب، حيث إنها صخور حرارات وضغوط عالية. ويعتبر الإيكلوجيت كيميائياً مقابلاً للبازلت غير أنه يحتوي فلزات أكثر كثافة.

يتواجد الامفاسيت، أيضاً، في الكمبرليت. وقد جاءت تسميته (Omphax) وتعني العنب النيء (الحصرم)، وذلك بسبب لونه الأخضر.

الاكميت (ايجيرين) $NaFe^{+3}Si_2O_6$:

الصفات الفيزيائية:

* **نظام التبلور**: وحيد الميل
* **اللون**: بني أو أصفر
* **سطوح الانفصام:** واضحة تامة بزاوية 87° ـ 93°
* **البريق**: زجاجي
* **الشفافية**: شفاف
* **الوزن النوعي**: 3.5 ـ 3.6

البنية والتركيب:

يستخدم كل من المصطلحين، اكميت وايجيرين، للبيروكسين ذي التركيب $NaFe^{+3}Si_2O_6$. يظهر الاكميت طيفاً واسعاً من التحولات مع عملية الاستبدال، التي تؤدي بالنتيجة إلى الوصول إلى فاز الأوجيت، مروراً بمراحل متوسطة (أوجيت ـ اكميت)، مع العلم أن الاكميت يكون دائماً ذا بنية نطاقية تصل حتى الأوجيت وهي بنية مطروقة جداً في هذه الفازات.

الصفات المميزة:

من الصعب تمييز هذا الفاز دون دراسة ضوئية وهو قابل للانصهار يعطي شعلة صفراء صودية ولونه بني أخضر.

التواجد:

يتواجد الاكميت، الذي يعد فازاً نادراً، في الصخور النارية والأمفيبوليتية الغنية بالصوديوم والفقيرة بالسيليكا مثل السيانيت النيفليني والفونوليت ويتوازن مع الاورتوكلاز، الفلدسباثوئيد، الاوجيت ومع الغلوكوفان أو الريبكيت في الصخور المتحولة.

التسمية:

أتت التسمية من الكلمة اليونانية (akme) والتي تعني النقطة وذلك بإشارة إلى كون هذا الفاز يتوضع ضمن الصخر بشكل نقطي.

السبودومين $LiAlSi_2O_6$:

الصفات الفيزيائية:

* **نظام التبلور:** وحيد الميل
* **اللون:** أبيض، رمادي، زهري، أصفر، أخضر.
* **سطوح الانفصام:** تامة
* **البريق:** زجاجي
* **الشفافية:** شفاف أو عديم الشفافية
* **القساوة:** 6.5 ـ 7
* **الوزن النوعي:** 3.15 ـ 3.20

يسمى النوع ذي اللون الليلكي بالكونزيت وذو اللون العنبي المخضر بالهيدنيت.

البنية والتركيب:

يتألف هذا الفلز من LiO_2 8%، Al_2O_3 27.4%، SiO_2 64.6%

وقليل من Na، الذي يحصل استبدال بينه وبين الليثيوم عادة وحدته البنيوية أصغر مما هي عليه في الديوبسيد، حيث يمكن حصول استبدال الكالـسيوم والمغنزيـوم ذي الايونـات الكبيرة مع ايونات أصغر من الليثيوم والالمينيوم أدى هذا الانخفاض في حجم الايونات إلـى إعطاء سلاسل متراصة من SiO_3.

الصفات المميزة:

ما يميز هذا الفلز: شكل سطوح الانفصام الموشورية قابليته للانصهار حيـث يعطـي تشعبات يتحول بعدها إلى زجاج، يعطي شعلة قرمزية اللون، غير قابل للذوبان.

الفساد:

السبودومين سهل الفساد يتحول إلى فلزات غـضارية أو ألبيـت، أو موسـكوفيت أو ميكروكلين.

التواجد: يتواجد السبودومين بشكل فلزات كبيرة يبلغ حجمها 100 سـم3 قـدماً فـي الصخور البغماتيتية الغنية بالليثيوم ويعد من المصادر الهامة لعنصر الليثيوم وهو فلز نادر.

الاستعمالات:

يستعمل كفلز ثمين وكمصدر لليثيوم، كما يستخدم في صناعة الالمينيوم والـسيراميك وبطاريات الادخار وهواء المكيفات وكسائل للُحامْ.

التسمية:

كلمة سبودومين هي كلمة يونانية تعني الرماد الملون، أما تسمية الهيدنيت فتعود لاسم العالم W.E.Hidden، والكونزيت اشتقاقاً من اسم العالم G.E.Kunz.

الأمفيبولات:

تكتب الصيغة الكيميائية العامة للأمفيبول بالشكل:

$w_{0-1}\ x_2\ y_2\ z_8\ o_{22}\ (OH, F)_2$

حيث $k = w$ و Na تتوضع في A

Li, Ca, Na, Mn, Fe, Mg = x تتوضع في M4

Mn, Fe, Mg, Fe^{+3}, Al^{+3} = y وTi^{+4} يتوضع في M_1 وM_2 وM_3.

Al^{+3}, Si^{+4} = Z في رباعيات الوجوه (الشكل 10)

إذ يمكن أن يحصل استبدال تام بين الصوديوم والكالسيوم وبين Mg, Fe^{+2}, Mn^{+2} غير أنه هناك استبدال محدود بين Fe^{+3} وAl وبين Ti وغيرها مـن الايونـات التابعـة لـ (y) واستبدال جزئي بين Al وSi في رباعيات الوجوه للسلاسل المضاعفة كما يمكن أن يحـصل استبدال (O, F) وOH في مكان الهيدروكسيل.

فيما يلي نقتصر على دراسة الأمفيبولات التالية:

1 ـ انتوفيلليت $(Mg, Fe)_7\ Si_8\ O_{22}\ (OH)_2$

2 ـ مجموعة الكامنغتونيت

ـ كومنغتونيت $FeMg_5Si_8O_{22}(OH)_2$

ـ غرونيريت $Fe_7Si_8O_{22}(OH)_2$

3 ـ مجموعة تريموليت

ـ تريموليت $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$

ـ اكتينوليت $_5Ca_2\ (Mg,Fe)\ Si_8O_{22}$

ـ هورنبلاند $x_{2-3}\ y_5\ z_8\ O_{22}\ (OH)_9$

4 ـ مجموعة الأمفيبولات الصودية:

ـ غلوكوفان $Na_2\ Mg_2\ Al_2\ Si_8\ O_{22}\ (OH)_2$

ـ ريبكيت $Na_2Fe_3^{+2}Si_8O_{22}(OH)_2$

1 ـ الانتوفيلليت $(Mg,\ Fe)_7\ Si_8O_{22}(OH)_2$

الصفات الفيزيائية:

* **نظام التبلور:** معيني مستقيم
* **اللون:** رمادي، رمادي مع ظلال مختلفة، بني، بيج (أبيض متسخ).
* **سطوح الانفصام:** تامة
* **البريق:** زجاجي
* **القساوة:** 5.5 ـ 6
* **الشفافية:** شفاف إلى عديم الشفافية
* **الوزن النوعي:** 2.85 ـ 3.2

البنية والتركيب:

يعد الانتوفيلليت (الأنتيفلليت) من سلاسل محلول صلب يبدأ بـ $Mg_7Si_8O_{22}(OH)_2$ وينتهي بـ $FeMg_5Si_8O_{22}(OH)_2$، من الأنواع الغنية بالحديد وحتى الكومنغتونيت، يزداد تجانس بنية الفلزات السابقة بارتفاع نسبة احتوائها على الحديد.

يعد فلز الجيدريت نوع من أنواع الانتوفيلليت الالومينية الصودية والذي تكون نسب العناصر فيه على الشكل التالي:

$$Na_{0.5}(Mg,Fe^{+2})_2\ (Mg,Fe^{+2})_{3.5}\ (Al,Fe^{+3})_{1.5}\ Si_6Al_2O_{22}(OH)_2$$

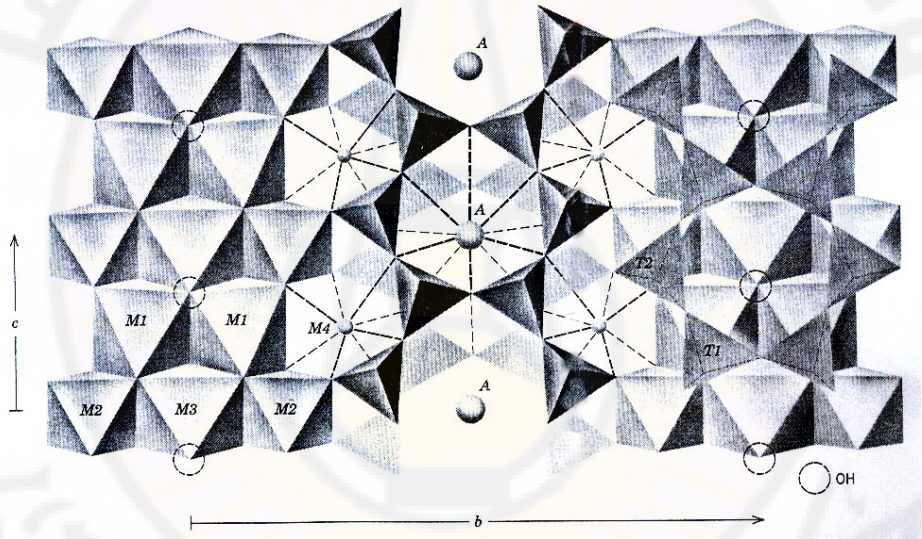
مع دخول Na في المنطقة (الموقع) A من بنية الفلز.

تتشكل، في الحرارة المتوسطة، فجوات مشتركة بين الانتوفيلليت والجيدريت مع العلم أن بنيتهما (الانتوفيلليت والجيدريت) متماثلة.

الصفات المميزة:

يتميز فاز الانتوفيلليت بلونه البني القرنفلي غير أنه هناك بلورات لهذا الفاز لا يمكـن تمييزها عن أنواع الأمفيبول الأخرى مثل الكومنغتونيت أو الغرونيريت دون الدراسة بأشـعة (x) أو الدراسة الضوئية.

يمكن للانتوفيلليت أن ينصهر ويعطي طلاء أسوداً مغيزياً، وهو في نفس الوقت غيـر قابل للانحلال بالحموض.



شكل (10)

بنية بلورة أمفيبول أحادي الميل تتوضع فيها (OH) في مركز الفراغ الكبير للشكل الدائري (الخاتمي) في السلسلة.

M_1، M_2، M_3 تتوضع في y بتناسق سداسي أما M_4 فهي تمثل عناصر حجم أكبر وتتوضع مكان x بتناسق سداسي إلى ثماني، أما الايونات المتوضعة مكان A بين الجزء الخلفي للسلسلة المضاعفة تكون ذات تناسق 10 ـ 12.

التواجد:

يتواجد فلز الأنتوفيلليت في الصخور المتحولة الغنية بالمغنيزيوم، والصخور المتحولة التراجعية المؤثرة على الاورثوبيروكسين والأوليفين والـصخور الشيـستية الحاويـة علـى الكورديوريت، كذلك يتواجد في الصخور النارية وفوق الأساسية والدولوميتية.

التسمية:

أتت من الكلمة اللاتينية (anthoplyllum) والتي تعني القرنفلي في إشارة إلى لون هـذا الفلز القرنفلي.

2 ـ مجموعة الكومنغتونيت:

ـ كومنغتونيت $(Mg_1Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$

ـ غرونيريت $Fe_7Si_8O_{22}(OH)_2$

ـ كومنغتونيت:

* **نظام التبلور:** أحادي الميل
* **اللون:** أخضر فاتح حتى البني المسود، أبيض
* **سطوح الانفصام:** تامة باتجاهين الزاوية بينهما (55.50°)
* **البريق:** زجاجي وحتى حريري
* **القساوة:** 6
* **الشفافية:** شفاف
* **الوزن النوعي:** 3.2 ـ 3.6

ـ غرونيريت:

نظام التبلور: موشوري أحادي الميل.

الصفات الفيزيائية:

* **اللون:** رمادي، بني، بني مخضر، رمادي قاتم.

* **القساوة:** 5 ـ 6.
* **البريق:** زجاجي ـ لؤلؤي.
* **سطوح الانفصام:** تامة وفق /110/.
* **نظام التبلور:** أحادي الميل.
* **الشفافية:** شفاف إلى عديم الشفافية.
* **المخدش:** عديم اللون.
* **الوزن النوعي:** 3.4 ـ 3.5.

البنية والتركيب

يـشكل الكومنغتونيـت وغرونيريـت مجموعـة واسـعة التركيـب ابتـداء مـن $Fe_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$ وحتى $Fe_7Si_8O_{22}(OH)_2$ مع نسبة مغنيزيوم أقل من الحديـد فـي فلـز الكومنغتونيت ونسبة الحديد أعلى من المغنيزيوم في الغرونيريت حيث تمثل بحدود 30% من نسبة الذرات في الفلز بالإضافة للعناصر السابقة يمكن أن يدخل في التركيب عنـصر Mn^{+2} بشكل $Mn_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$ ويتوضع عندها Mn^{+2} في الفراغ M_2 في البنية أمـا الكالـسيوم والألمينيوم فتصل أعلى نسبهما إلى 0.4% ـ 0.9% من النسبة المئوية الوزنية.

الصفات المميزة:

تتميز الفلزات السابقة بلونها البني الفاتح، وشكلها الابري ولمعانهـا الواضـح، لكـن يصعب تمييزها عن الانتوفيلليت والجيدريت دون الدراسة الضوئية.

التواجد:

الكومنغتونيت فلز تحول إقليمي، يتواجد في صخور الأمفيبوليـت مـع الاكتينوليـت والهورنبلاند، ويتواجد الكومنغتونيت الغني بالمغنيزيوم مع الانتوفيلليت، وذلك بسبب الامتزاج البسيط بين الانتوفيلليت وأنواع الكومنغتونيت الغنية بالمغنيزيوم، أما أنواعه الغنية بـالمنغنيز فتتواجد في الوحدات المتحولة الغنية بالمنغنيز، كما يتواجد الكومنغتونيت بشكل بلورات كبيرة (فينوكريست) في الصخور النارية، ولكن بشكل محدود مثل الداسيت، أما الغرونيريت فيميـز الصخور المتحولة الغنية بالحديد.

التسمية:

أتت تسمية الكومنغتونيت من اسم الكاتب كومنغتون وأما الغرونيريت فأتى مـن اسـم الكيميائي السويسري الذي قام بتحليله في القرن التاسع عشر وهو لويس غرونير.

تريموليت: $Ca_2 Mg_2 Si_8 O_{22} (OH)_2$

الصفات الفيزيائية:

* **نظام التبلور:** وحيد الميل
* **اللون:** أبيض، بني، عديم اللون، رمادي، أخضر فاتح، أصفر فاتح، نهدي.
* **القساوة:** 5 ـ 6
* **سطوح الانفصام:** جيدة ـ ممتازة.
* **البريق:** زجاجي، حريري.
* **الشفافية:** شفاف إلى عديم الشفافية.
* **المخدش:** أبيض.
* **الوزن النوعي:** 3 ـ 3.3.

أكتينوليت: $Ca_2 (Mg,Fe)_5 Si_8 O_{22} (OH)_2$

الصفات الفيزيائية:

* **نظام التبلور:** وحيد الميل.
* **اللون:** أخضر، أسود مخضر، رمادي مخضر، أسود.
* **القساوة:** 5 ـ 6
* **سطوح الانفصام:** جيدة ـ ممتازة.
* **البريق:** زجاجي ـ حريري.
* **الشفافية:** شفاف إلى عديم الشفافية.
* **المخدش:** أبيض.
* **الوزن النوعي:** 3.03 ـ 3.24

البنية والتركيب:

تمثل مجموعة تريموليت ـ فيرواكتينوليت محلولاً صلباً، وهي تتواجد كاملة في الصخور المتحولة ذات درجات الحرارة العالية وفي الصخور النارية بدءاً من التريموليت ـ فيرواكتينوليت وحتى الهورنبلاند وهذا ناتج عن المجال الواسع لإحلال الألمينيوم مكان السيليكا. وتمثل هذه المجموعة الأنواع الفقيرة بالألمينيوم.

يتواجد كل من الفلزين السابقين في درجات الحرارة المنخفضة ويمكن تواجدهما مع الهورنبلاند كنتيجة للامتزاج بين التريموليت أو اكتينوليت مع الهورنبلاند.

ويمثل الشكل (10 و11) بنية تريموليت ـ فيرواكتينوليت.

الصفات المميزة

تتميز فلزات التريموليت، اكتينوليت بمواشيرها الرقيقة (الرشيقة) وسطوح الانفصام الواضحة الموشورية، وتختلف عن البيروكسين بزوايا سطوح الانفصام وعن الهورنبلاند بلونها الفاتح قي فلزات قابلة للانصهار والتحول إلى زجاج.

التواجد:

يتواجد التريموليت في الصخور المتحولة الناشئة على حساب الصخور الكلسية الدولوميتية، ويتحول إلى ديوبسيد في درجات الحرارة العالية.

أما الأكتينوليت فيميز سحنة الشيست الخضراء والشيست الغوكوفاني حيث يتواجد في هذه السحنة مع فلزات الكوارتز، الايبيدوت، الغوكوفان، البومبلليت والولستاتين.

الاستعمالات:

يستخدم أحد أنواع الفلزات السابقة التيفريت كفلز للزينة.

التسمية

أتت تسمية التريموليت من وادي تريمولوسويسرا، أما الاكتينوليت فقد أتت تسميته من كلمتين يونانيتين تعنيان بالإنكليزية (ray) و(stone) والتي تعني الفلز المضيء اعتماداً على صفة البريق المضيء للأكتينوليت.

ـ هورنبلاند $(Ca,Na)_{2-3}\ (Mg, Fe, AL)_5\ Si_6\ (Si, AL)_2\ O_{22}\ (OH)_2$

*** نظام التبلور:** أحادي الميل

الصفات الفيزيائية:

*** اللون:** أخضر قاتم مع ظلال مختلفة وحتى الأسود

*** القساوة:** 5 – 6

*** سطوح الانفصام:** ممتازة

*** الوزن النوعي:** 3 – 3.4

* **الشفافية:** جيدة في الأطراف الرقيقة.

البنية والتركيب:

يظهر الهورنبلاند استمراراً حتى التر يموليت ـ فيرو اكتينوليت في درجات الحرارة العالية وكل ما ينطوي تحت اسم الهورنبلاند يكون ذي تركيب واسع عائد إلى نسب متفاوتة من OH/F , AL/Si , AL/Fe^{+3} - Mg/Fe^{+2} - ca/Na.

يتواجد الهورنبلاند في بعض أنواع الصخور البركانية مع تركيز عالي من Fe^{+3}/Fe^{+2} وانخفاض في نسبة (OH)، وتطابق بنية الهورنبلاند بنية التريموليت وتظهر في الشكل (11)، يحتوي الهورنبلاند دائماً على توأميه الفرونيرت بسبب المزج بين الأمفيبول الكلسي وللأمفيبول المغنيزي الحديدي شكل (12أ).

الصفات المميزة

يتميز الهورنبلاند عن البيروكسين الأسود بشكل بلوراته وزاوية سطوح الانفصام، بالإضافة إلى أنه يتميز عن الأمفيبولات الأخرى بلونه القاتم وهو فلز قابل للإنصهار.

التواجد:

يعد الهورنبلاند ذا انتشار واسع في الصخور المتحولة والنارية ومنها السيانيت والديوريت ويشكل مع البلاجيو كلاز الجزء الرئيسي من الفلزات المشكلة للصخور الأمفيبوليتية.

التسميات المطابقة:

بسبب التركيب الكيميائي الواسع للهورنبلاند اقترحت له عدة أسماء قائمة على أساس الصفات الكيميائية والفيزيائية والضوئية، أكثر هذه الأسماء انتشاراً هو ايدينيت، بارغاسيت، هامستنغيت، وتشيرماكيت.

غلوكافان: $Na_2\ Mg_3\ AL_2\ Si_8\ O_{22}\ (OH)_2$

* **نظام التبلور:** وحيد الميل
* **الصفات الفيزيائية**
* **اللون:** رمادي ـ أزرق فاتح
* **البريق:** زجاجي

* **القساوة:** 5 – 6

* **سطوح الانفصام:** تامة

* **المخدش:** رمادي ـ رمادي مزرق

* **الوزن النوعي:** 3.1 ـ 3.4

* **الشفافية:** شفاف إلى نصف شفاف

التسمية:

أتت من كلمة يونانية تعني بالإنكليزيـة (blue) الأزرق و(appear) وضـوح وذلـك بالاعتماد على اللون حيث يكون لون الغلوكافان أزرق واضح.

ريبيكيت: $Na_2\ Fe_3^{+2}\ Fe_2^{+3}\ Si_8\ O_{22}\ (OH)_2$

* **نظام التبلور:** أحادي الميل

الصفات الفيزيائية:

* **اللون:** أزرق فاتح، أزرق مسود، أزرق رمادي، رمادي، بني.

* **البريق:** زجاجي.

* **القساوة:** 5 – 5.5

* **سطوح الانفصام:** تامة

* **الشفافية:** شفاف، نصف شفاف إلى شفاف على الأطراف الرقيقة

المخدش: رمادي فاتح، رمادي مزرق

الوزن النوعي: 3.1 -3.4

التسمية:

من اسم العالم الالماني المكتشف لهذا الفلز وهو ايميل ريبيك.

البنية والتركيب للريبيكيت والغلوكوفان:

يقترب تركيب عدد قليل من الغلوكافان من الصيغة $Na_2Mg3Al_2Si_8O_{22}(OH)_2$ وذلـك لوجود بعض عمليات الاستبدال بين (Mg^{+2},Fe^{+2}) من جهة و(Al^{+}, Fe_2^{+33}) من جهة أخرى.

أما تركيب الريبكيت فلا ينطبق على الصيغة السابقة لأسباب لن نقوم بدراستها في هذا الكتاب حيث تحتاج إلى تفصيل كبير. في حين أن الكروزيت يكون ذا تركيب وسط بين الريبكيت والغلوكوفان.

تعود بنية كل من الغلوكوفان والريبكيت إلى نمط التريموليت الشكل (10).

الصفات المميزة:

يتميز كل من الغلوكوفان والريبكيت بالشكل الليفي واللون الأزرق

التواجد:

يمثل الغلوكوفان الفلز الرئيسي في الصخور الشيستية الغلوكوفانية في كاليفورنيا بالإضافة إلى ذلك فهو يتواجد في صخور الايكلوجيت، الرخام، والشيست.

إن تواجد هذا الفلز يدل على تحول ذو حرارة منخفضة وتحول ذو حرارات عالية، ولكن وجوده في الحالة الأخيرة مرتبط بوجود فلز الجاديت واللافسانيت والآراغونيت.

الاستعمالات:

يشكل الكروزيدوليت حوالي 4% من الاسبستوس الموجود في العالم تتوضع النسبة الرئيسية لهذا الفلز في جنوب إفريقيا وشرق استراليا مع مكامن الحديد العائدة للبريكامبري. يعد كروزيدوليت هذه المكامن خطراً جداً على الصحة وهو أخطر من الأسبستوس من نوع الكرزوتيل والاموسيت، وقد تبين ذلك من خلال الدراسة الطبية التي أجريت على الفلزات السابقة. تُعد الفلزات السابقة ذات استعمال واسع في الصناعة كمجوهرات للزينة حيث يكون لها أشكال ليفية جميلة تسمى بعين النمر.

مقابلات الغلوكوفان والريبكيت:

الارفيدوسينيت $Na_3\ Fe_4^{+2}\ Fe_2^{+3}\ Si_8\ O_{22}\ (OH)_2$ يتوازن مع الاكميت (الايجيرين) واكميت - اوجيت وهو ذو لون أخضر قاتم ويماثل الريبكيت من حيث التواجد. غير أنه يختلف عنه من حيث البنية، حيث يملأ عنصر الصوديوم (Na^+) بشكل كلي أو قريب من الكلي للموقع (A) في هذه البنية، الشكل (10).

3 ـ الفيللوسيليكات (السيليكات المتورقة) $(Si_4O_{10})^{-4}$

أتت هذه التسمية من اليونانية (Phylon متورقة) والتي تعني بالانكليزية (Leaf ورقة) وهي صفيحة مستمرة من رباعيات الأوجه حيث تشترك ثلاث شوارد أوكـسجين مـن كـل رباعي الأوجه وتكون نسبة $\frac{si}{O} = \frac{2}{5}$ الشكل (2) وتكون معظم الفلزات التابعة لهذه المجموعة صفائحية. قشرية ذات سطوح انفصام واضحة وفق اتجاه واحد وغالباً ما تكون هذه الفلـزات ناعمة، تظهر سهولة الالتواء، أي مرونة تتعلق كل هذه الصفات بالبنية الصفائحية (الورقية).

من الأمثلة العائدة لهذه المجموعة الميكا والفلزات الغضارية والكلوريت وسوف نورد هنا مجموعة الفيللوسيليكات التي سوف ندرس منها الفلزات الأكثر أهمية.

عائلة السربنتين:

انتيغوريت $Mg_3\ Si_2O_5\ (OH)_4$

كريزوتيل $Mg_3\ Si_2O_5\ (OH)_4$

عائلة الفلزات الغضارية:

كاولينيت $Al_2\ Si_2O_5\ (OH)_4$

تالك $Mg_2\ Si_4O_{10}(OH)_2$

بيروفيلليت $Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$

عائلة الميكا:

موسكوفيت $Kal_2\ (Al\ Si_3O_{10})\ (OH)_2$

فلوغوبيت $K(Mg_3\ Al\ Si_3\ O_{10})\ (OH)_2$

ليبيدوليت $K\ (Li,Al)_{2\text{-}3}\ (Al\ Si_3\ O_{10})\ (OH)_2$

مارغاريت $Ca\ Al_2\ (Al_2\ Si_2O_{10})\ (OH)_2$

عائلة الكلوريت:

الكلوريت $(Mg,Fe)_3 (Si,Al)_4 O10 (OH)_2$ ـ $(Mg,Fe)_3 (OH)_6$

عائلة السرينتين:

انتيغوريت، ليزارديت، كريزوتيل $Mg_3 Si_2 O_5 (OH)_4$

انتيغوريت:

* نظام التبلور أحادي الميل

الصفات الفيزيائية:

* **اللون:** ظلال خضراء متفاوته
* **القساوة:** 4
* **سطوح الانفصام:** ممتازة
* **البريق:** شمعي
* **الشفافية:** نصف شفاف ـ عاتم
* **الوزن النوعي:** 2.55
* **المخدش:** أبيض

ليزارديت:

نظام التبلور: ثلاثي الميل

الصفات الفيزيائية:

* **اللون:** أخضر ـ أخضر مزرق
* **القساوة:** 2.5 تساوي قساوة أضافر اليد.
* **سطوح الانفصام:** ممتازة
* **البريق:** حريري

* الشفافية نصف شفاف ـ شفاف

* **الوزن النوعي:** 2.57

* **المخدش:** أبيض

كريزوتيل:

* **نظام التبلور:** موشوري أحادي الميل

* **الصفات الفيزيائية:**

* **اللون:** أخضر

* **القساوة:** 2.5

* **البريق:** حريري

* **الشفافية:** شفاف إلى نصف شفاف

* **الوزن النوعي:** 2.53

* **المخدش:** أبيض

البنية والتركيب:

تكون نسب العناصر في الصيغة التالية لفلزات السربنتين $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ على الشكل التالي: 43% أكسيد مغنزيوم، 44% أوكسيد السيليكا 12.9% من الماء حيث تحصل عملية استبدال بين (Ni, Fe) و(Mg) وبين AL وSi أن البنية المثالية للانتيغوريت تظهر في الشكل (12ب) حيث يتألف من طبقات صغيرة منضدة متوازية وبسبب عدم التطابق بين طبقات رباعيات وثمانيات الأوجه فإن البنية الحالية للانتيغوريت تكون بشكل طبقات ملتوية موازية للوجه /001/ الشكل (13أ)، أما في الكريزوتيل فإن عدم التطابق السابق نفسه هو المسؤول عن انحناء طبقات ثمانيات ورباعيات الأوجه (O ـ t) مشكلة انبوب أسطواني الشكل (13 ب).

إن القسم الأكبر من السربنتين هو من نوع ليزارديت مشكلة من حبات متناهية في الصغر بشكل صفائح مستويه كما هو ملاحظ تحت المجهر الالكتروني في شكل (14)

t = رباعيات الأوجه O = ثمانيات الأوجه

الصفات المميزة

تميز هذه الفلزات بواسطة لونها الأخضر المبرقش ولمعانها الشحمي أو بشكلها اللفي وهي غير قابل للإنصهار، وتتميز عن الأنواع الليفية من الأمفيبول بوجود كمية كبيرة من الماء.

التواجد:

السربنتين فلز واسع الانتشار حيث يتواجد في الصخور المغاتية والمتحولـة ويكـون عادة ناتج فساد السيليكات الغنية بالمغنزيوم وخاصة الاوليفين، والبيروكسين والأمفيبول، كي يتواجد مع الماغنيتيت والكروميت.

السربنتين كصخر كتلي مؤلف من مزيج من الانتيغوريت والليزارديت الناعم الحبيبة.

الاستعمالات:

يستعمل السربنتين الكتلي عديم الشفافية ذو اللون الأخضر الفاتح وحتى القاتم كـصخر زينة وبناء وذلك بمزجه مع المرمر. فيعطي مظهراً تكوينياً جميلاً وعندها يـسمى المرمـر الأخضر.

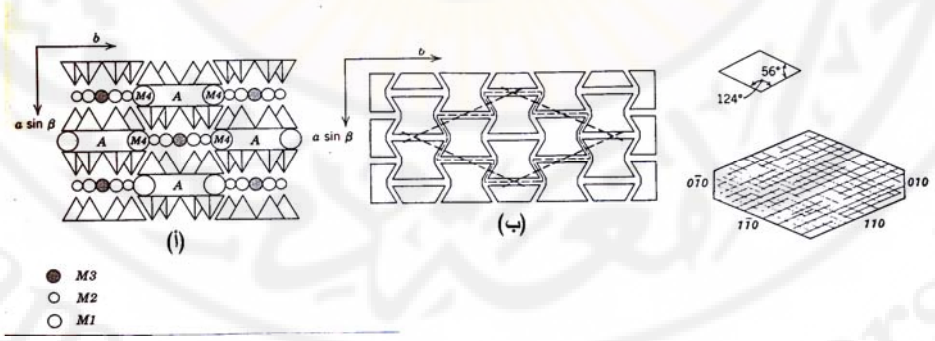
الأنواع الصفراء المخضرة الشفافة المسماة بونيت تستخدم كفلز زينة مكان الجاديت.

أما الكريزو تيل كفلزا إسبست أبيض فيستخدم كشعر اصـطناعي ونـسيج لـصناعة الملابس، وكموصل حراري، وكعازل حراري وكهربائي.

في حين يكون الاسبستوس الذي يعود إلى الأمفيبول مثل الكروزيدوليت أي الاسبست الأزرق وأموزيت ذو اللون البني أقل أهمية من الاسبست الأبيض صناعياً.

التسمية:

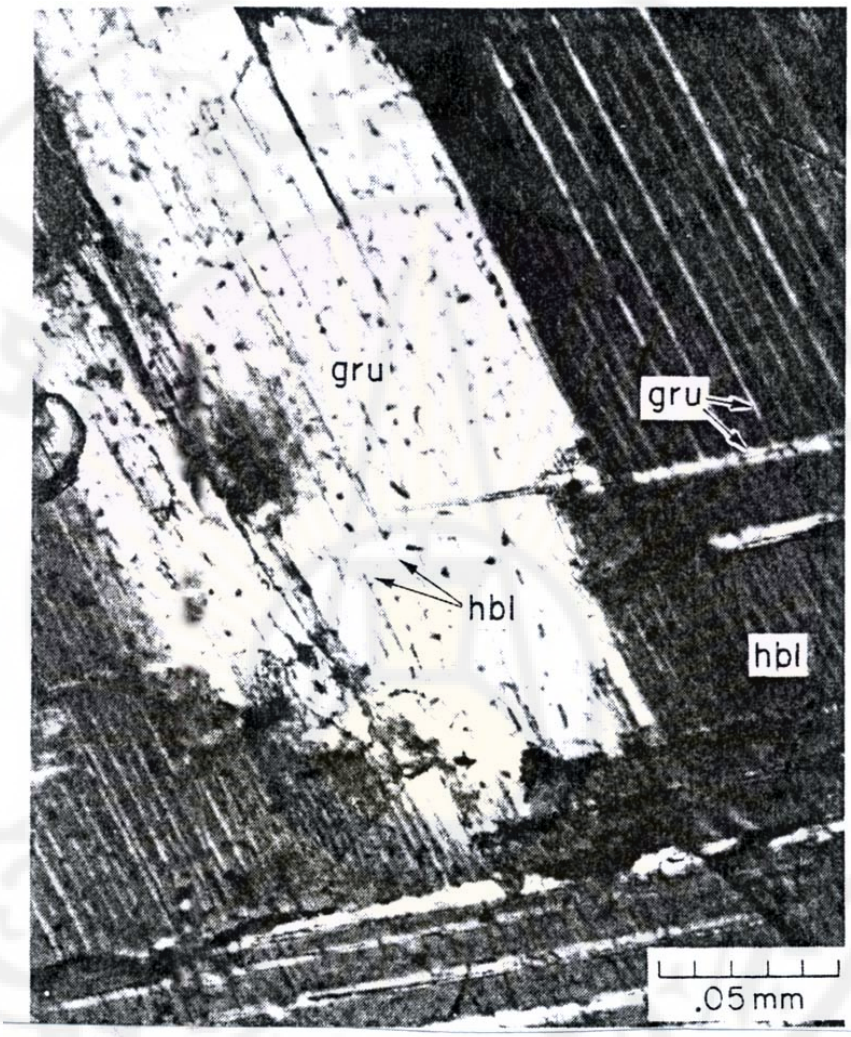
أتت تسمية السربنتين من الكلمة الفرنسية التي تعني الأفعى الخضراء اللامعة أو مـن اللون الأخضر المشابه للون الغيوم الشبيه بالأخضر، أما الانتيغوريت فمن اسم كاتب إيطـالي انتيغوريو، وأخيراً الكريزوتيل أتت تسميته من الكلمة اليونانية التي تعني الألياف الذهبية.



الشكل (11)

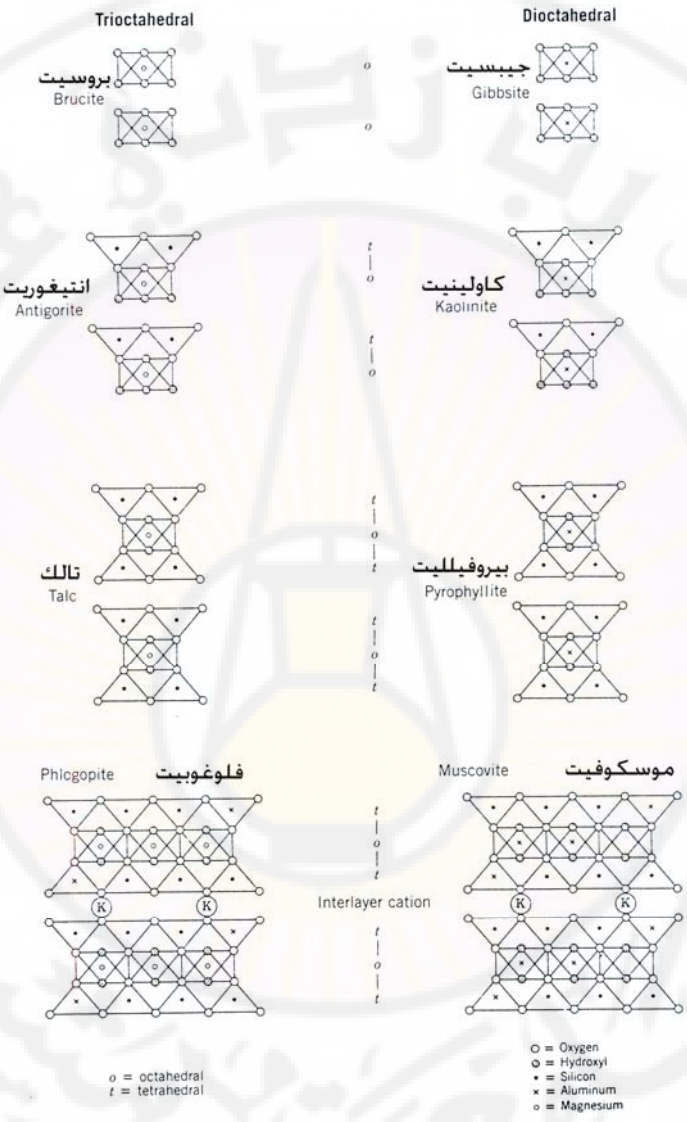
(أ) شكل تخطيطي يظهر بنية الكلينوأمفيبول وفق مستوي عمودي على المحور (C).

(ب) شكل يبين الزاوية بين سطوح الإنفصام في جزء من (t.o.t) في بنية الأمفيبول.



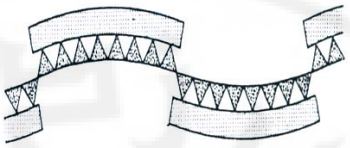
الشكل (12 ـ أ)

شكل تصويري تحت المجهر لتوأمية الهو رنبلاند في الغرونيسرين وغرونيريت في الهورنبلاند وهي موازية للوجه /001/ و/100/.



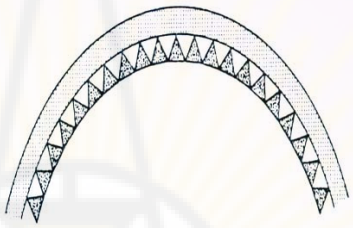
الشكل (12 ـ ب)

شكل تخطيطي يظهر تغيرات بنية الفيللوسيليطات.



طبقات البروسيت Brucite layer

(أ) طبقات رباعيات الأوجه Tetrahedral layer

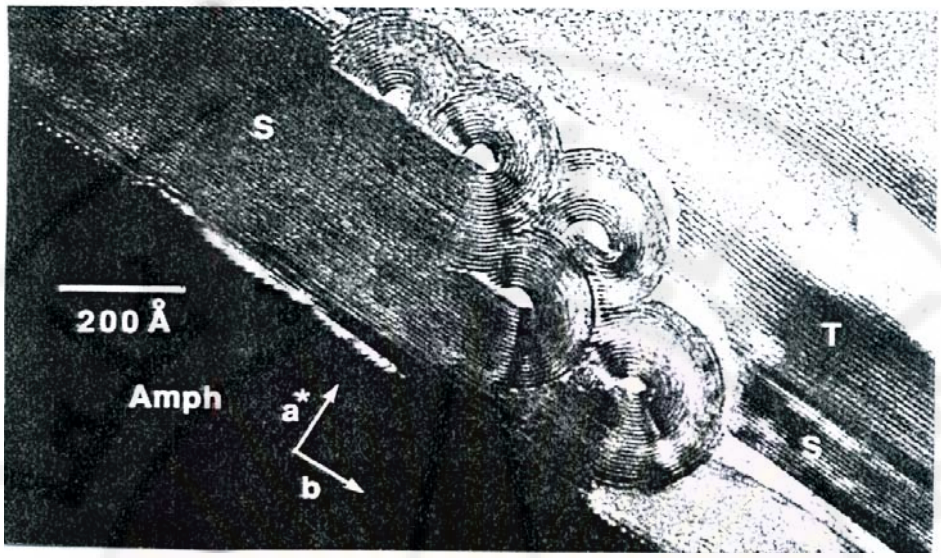


(ب)

الشكل (13)

(أ) شكل تخطيطي لبنية الأنتيغوريت كما يظهر على طول المحور (b) يبين رباعيات الأوجه المنحنية (t) وطبقات ثمانيات الأوجه (O)

ب ـ شكل تخطيطي يظهر بنية الكريزوتيل المنحنية.



الشكل (14)

شكل تحليلي تحت المجهر الالكتروني (HRTEM) يظهر البنية البسيطة المكورة (الكروية) للسربنتين، السربنتين البسيط (S) يظهر نهايات مكورة من الكريزوتيل. التالك (T) متداخل مع طبقات السربنتين البسيط والليزارديت نوعي السربنتين تشكلا على حساب حبات بلورات الأمفيبول (Amph) (من د.ر. فيبلين و ب.ر بوسيك 1979).

عائلة الميكا

تتصف بالصفائحية والاحتواء على نسبة من الماء.

ينتمي لهذه العائلة مجموعة من الفلزات وهي:

الموسكوفيت: $Kal_2 (AlSi_3 O_{10}) (OH)_2$

* **نظام التبلور:** أحادي الميل

* الصفات الفيزيائية

* **اللون:** عديم اللون

* **البريق:** حريري ـ لؤلؤي.

* **القساوة:** 2 – 2.5.

* **سطوح الانفصام:** تامة، تساعد على انفصال الفلز إلى وريقات رقيقة جداً مرنة.

* **الشفافية:** شفاف في المقاطع الرقيقة، في المقاطع الاسمك يصبح عديم الشفافية مع ظلال صفراء بنيه، خضراء، حمراء.

* **المخدش:** أبيض.

* **الوزن النوعي:** 2.76 ـ 2.88

البنية والتركيب:

تتألف بنيه الموسكوفيت من وريقات (صفائح) من $(Si,AL)_2 O_5$ مرتبطـة برباعيـات أوجه سالبة الشحنة تتوازن مع كل من الصوديوم والبوتاسيوم (Na^+ , K^+) شكل (12).

تشكل مجموعة الميكافي الواقع محاليل صلبة مشكلة رباعيات أوجه مضاعفة وثلاثيـة يحصل فيها استبدال بسيط بين عناصر (صوديوم، روبيديوم، سيزيوم)، وبوتاسيوم، مغنيزيوم، حديد ثنائي وحديد ثلاثي، ليثيوم، منغنيز، تيتانيوم، كروم وهـذه العناصـر بـدورها تقـوم بالاستبدال مع المينيوم وفلور ثم في المراحل المتقدمة يحصل استبدال بين (المينيوم، فلـور) و(OH).

الصفات المميزة:

سطوح الانفصام الواضحة جداً، اللون الأبيض، يختلف عن الفلوغوبيت بأنه غير قابل للانحلال بحمض الكبريت وعن الليبيدوليت بأنه لا يعطي شعلة قرمزية.

التواجد:

ينتشر الموسكوفيت بشكل واسع في صخور الغرانيت، البغاتيت الغرانيتي، الـصخور المتحولة ويكون هذا الفلز بشكل بلورات كبيرة متوازنة مع فلز الكوارتز والفلدسبار في صخر البغماتيت.

الاستعمالات:

يستخدم الموسكوفيت بسبب عازليته العالية ومقاومته للحرارة فـي معامـل الأجهـزة الكهربائية وكمادة لاصقة في الأفران، وكأبواب للأفران.

التسمية:

أتت تسمية الميكا من الكلمة اللاتينية (micare) والتي تعني اللامع، أما الموسـكوفيت فمـن استخدام هذا الفلز مكان الزجاج في روسيا القديمة (موسكوفي).

فلوغوبيت $KMg_3 (AlSi_3 O_{10}) (OH)_2$

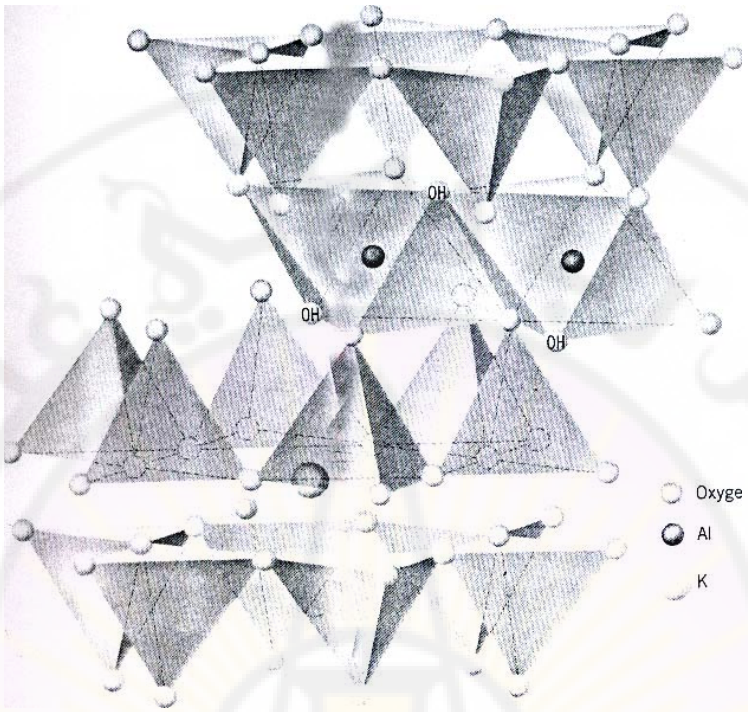
* **نظام التبلور:** أحادي الميل

الصفات الفيزيائية:

* **اللون:** بني مصفر، أخضر،أبيض غالباً مع انعكاسات نحاسية على سطح الانفصام.
* **القساوة:** 2.5 ـ 3

سطوح الانفصام: تامة صفائحية مرنة.

* **البريق:** زجاجي ـ لؤلؤي.
* **الشفافية:** شفاف في الصفائح الرقيقة يمكن أحياناً ظهور أشكال نجـوم فـي هـذه الصفائح الرقيقة بسبب وجود فلز الروتيل.
* **الوزن النوعي:** 2.6



الشكل (15)

يظهر بنية الموسكوفيت (غريم 1968).

البنية والتركيب:

يمكن أن يحصل استبدال محدود جداً بين الموسكوفيت والفلوغوبيت والبيوتيت حيث تستبدل نسبة قليلة من الصوديوم وبشكل أقل من الروبيديوم، سيزيوم، باريوم مع البوتاسيوم كذلك الأمر بالنسبة لاستبدال Fe^{+2} بالمغنيزيوم وذلك باتجاه تشكيل البيوتيت.

أما بالنسبة لبنية الفلوغوبيت فهي عبارة عن طبقات (وريقات) تتصل بينها شوارد البوتاسيوم (K^{+}) وهي مشابهة لبنية الموسكوفيت غير أنها تختلف عنها بالصفائح ثمانية الوجوة المنبسطة الشكل (12).

الصفات المميزة:

يتميز الفلوغربيت عن البيوتيت بلونه الأفتح، وعن الموسكوفي بإنحلاله في حمض الكبريت، ويتصف هذا الفكر بسطوح انفصامه الميكاوية ولونه البني المصفر.

التواجد:

يتواجد الفلوغوبيت في الصخور فوق الأساسية، الكمبرليـت والـصخور المتحولـة المتشكلة على حساب الصخور الكلسية الغنية بالمغنيزيوم.

الاستعمالات:

له نفس استخدامات الموسكوفيت.

التسمية:

أتت تسمية الفلوغوبيت من اللاتينية بمعنى الشبيه بالنار وتعتمد هذه التسمية على لون الفكر.

البيوتيت $K\,(Mg,Fe)_3\,(Al\,Si_3\,O_{10})\,(OH)_2$

* **نظام التبلور:** وحيد الميل.

الصفات الفيزيائية:

* **اللون:** عادة أخضر قاتم بني إلى أسود، نادراً ما يكون أصـفراً فاتحـاً، الـصفائح الرقيقة دخانية اللون وهذا يميزه عن الموسكوفيت.
* **البريق:** لؤلؤي لماع
* **القساوة:** 2.5 ـ 3.
* **سطوح الانفصام:** تامة وفق اتجاه واحد.
* **المخدش:** أبيض.
* **الوزن النوعي:** 2.8 ـ 3.2

البنية والتركيب:

يماثل تركيب البيوتيت تركيب الفلوغربيت مع عملية تركيز استبدال الحديـد الثنـائي والثلاثي والالمينيوم مع المغنزيوم وألمنيوم مع السيليس كـذلك يمكـن اسـتبدال صـوديوم، كالسيوم، باريوم، روبيديوم، سيزيوم مع البوتاسيوم أما بنيـة البيوتيـت فهـي نفـس بنيـة الفلوغوبيت شكل (16).

الصفات المميزة:

يتميز بسطوح الانفصام الميكاوية واللون القاتم وبتحلله نتيجـة غليانـه مـع حمـض الكبريت معطياً محلولاً حليبياً.

التواجد:

يتشكل البيوتيت تحت ظروف جيولوجية مختلفة لذلك يتواجد في الـصخور الناريـة (غرانيت، ديوريت، غابرو، بيديدوتيت وحتى البغماتيت الغرانيتي) كي يتواجد في الـصخور المتحولة الناتجة عن التحول الإقليمية والتماسية تحت ضغوط وحرارات مختلفة، بالإضافة إلى تواجده في الأرجيلليت وهو دليل ارتفاع الحرارة (تحول تقدمي).

التسمية:

أتت تسميته من اسم الفيزيائي الفرنسي (J.B.Biot).

الفازات المشابهة:

فيرميوليت: فلز صفائحي ناتج عن فساد البيوتيت ستيلبنوميلان

$K_{0.6}(Mg, Fe^{+2},Fe^{+3})_6 Si_8 Al (O,OH)_{27}$ 2-3 (H_2O)

هذا الفلز دليل درجات الحرارة المنخفضة للشيست وسحنة الغلوكوفان الناتجـة عـن التحول الإقليمية، وهو يميز أيضاً التشكيلة الحديدية العائدة للبريكامبري.

ليبيدوليت $K(Li,AL)_{2-3} (AL\ Si_3\ O_{10})\ (O,OH,F)_2$

* **نظام التبلور:** وحيد الميل

* **الصفات الفيزيائية:**

* **اللون:** أحمر وردي، ليلكي، أبيض رمادي.

* **البريق:** لؤلؤي.

* **القساوة:** 2.5 ـ 4.

* **سطوح الانفصام:** تامة.

* **الشفافية:** عديم الشفافية.

* **المخدش:** ـ

* **الوزن النوعي:** 2.8 ـ 2.9.

البنية والتركيب:

يتغير تركيب الليبيدوليت بالاعتماد على نسبة AL وLi في رباعيات الأوجه وقد بينـت التحاليل تغير نسب أوكسيد الليثيوم من 3.3 ـ 7%.

يمكن أن يحصل استبدال بين صوديوم، روبيديوم، سيزيوم وبوتاسيوم.

الصفات المميزة:

يعطي شعلة قرمزية، لا ينحل بالحموض، له انفصام تام ميكاوي، لونه ليلكي، أحمـر وردي ويمكن أن يكون أبيضاً في حين يمكن للموسكوفيت أن يكون ورديأ وبالتـالي التمييـز بينهما في هذه الحالة يتم من خلال الشعلة.

التواجد:

الليبيدوليت فلزنادر يتواجد في البغماتيت ومع الفلزات الحاوية علـى الليثيـوم مثـل التورمالين الأخضر أو الوردي، والامبلليغونيت وسبودومين وهـو غاليـاً مـا ينجـو مـع الموسكوفيت..

الاستعمالات:

يستعمل كمصدر لليثيوم، كما يستخدم في معامل الزجاج المقاوم للحرارة.

التسمية:

أتت من اليونانية بما يرادف الحراشف بالانكليزية (Scale).

عائلة الكلوريت:

يتدرج تحت هذه العائلة مجموعة فلزات لها نفـس التركيـب الكيميـائي، الـصفات البلورية، الصفات الفيزيائية. ومن الصعب التمييز بين هذه الفلزات دون الدراسـة بواسـطة أشعة (X) وفيما يلي نصف الفلز الرئيسي المميز لهذه العائلة:

الكلوريت: $(Mg,Fe)_3\,(Si,Al)_4\,O_{10}\,(OH)_2\,(Mg,Fe)_3\,(OH)_6$

* **نظام التبلور:** أحادي الميل.

الصفات الفيزيائية:

* **اللون:** أخضر مع ظلال مختلفة، نادراً أصفر، أبيض، وردي محمر.
* **البريق:** زجاجي، لؤلؤي.
* **القساوة:** 2 ـ 2.5.
* **سطوح الانفصام:** تامة متورقة، غير مرنة.
* **الشفافية:** شفاف إلى عديم الشفافية.

*** المخدش:** ـ

*** الوزن النوعي:** 2.6 ـ 3.3.

البنية والتركيب:

الكلوريت هو سيليكات الالمينيوم والمغيزيوم المائية, وتنتج من تحلل، جميع الفلـزات السيليكاتية الحاوية على الألمينيوم والحديد مع إضافة الماء.

تشبه البنية البلورية للكلوريت بنية الميكا الصفائحية، إلا أن الصفائح ترتبط مع بعضها بواسطة جذر الهيدروكسيل، أو المغنيزيوم Mg^{+2}، أو بواسطة الألمينيوم AL^{+3}، أو الحديد Fe^{+3} ويعتمد التركيب الكيميائي للكلوريت بشكل رئيسي على الفلز الآم الأصلي، وبسبب هذه البنية تتصف فلزات الكلوريت بانفصام جيد، يؤدي إلى وريقات تفتقر إلى المرونة الموجـودة فـي فلزات الميكا، وإضافة لذلك فإن البلورات المفردة تكون صغيرة جداً.

الصفات المميزة:

يتميز بلونه الأخضر، عدم مرونته، سطوح انفصامه التامة، إعطاء محلـول حليبـي بنتيجة غليانه مع حمض الكبريت.

التواجد:

ينتشر الكلوريت بشكل واسع في الصخور المتحولة (الشيست الأخضر وهو فلز مميز له، صخور شيستية بيليتية متوازن مع الكوارتز الالبيب، كلوريت، سير تسيت، غارنت) كما يتواجد في الصخور النارية كناتج تعرية للسيليكات الحديدية المغنزية مثـل البيروكـسينات. الأمفيبولات، البيوتيت والغارنت مكتسبة اللون الأخضر بسبب وجود الكلوريت.

التسمية:

من اليونانية بما يتوافق مع اللون الأخضر المعروف لهذا الفلز وترادفها بالانكليزيـة كلمة (green).

2 ـ التكتوسيليكات:

تتكون من بناء هيكلي كامل في الاتجاهات الثلاثة لرباعيات الأوجه السيليكاتية حيـث تشترك فيه جميع شوارد الأوكسجين الأربع في كل رباعي الأوجه، تكـون نـسبة $\frac{1}{2} = \frac{si}{o}$ شكل (2).

تنطوي تحت هذه المجموعة الفلزات التالية غير أننا سوف ندرس بعضهما فقط:

مجموعة SiO_2:

- كوارتز SiO_2
- تريد يميت SiO_2.
- كريستوباليت SiO_2.
- أوبال $SiO_2 . nH_2O$.

مجموعة الفلدسبار:

- فلدسبار بوتاسي $KAl\ Si_3O_8$.
- ميكروكلين $KAl\ Si_3O_8$.
- أورثوكلاز $KAl\ Si_3O_8$.
- ساندين $KAl\ Si_3O_8$.

مجموعة بلاجيوكلاز فلدسبار:

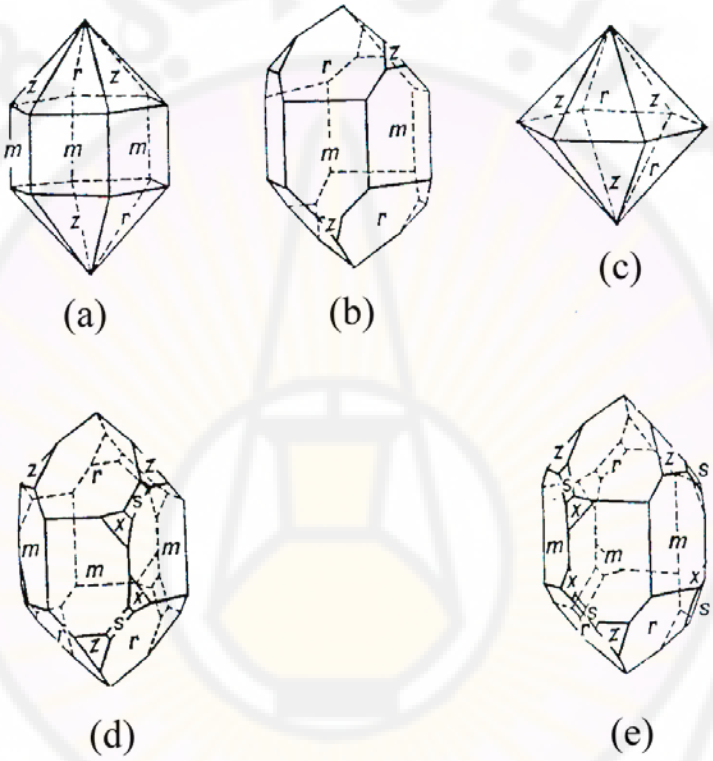
- البيت $Na\ Al\ Si_3O_8$.
- أنورتيت $Ca\ Al_2\ Si_2O_8$.
- دانبوريت $Ca\ B_2\ Si_2O_8$.

مجموعة فلدسباثوئيد:

- لوسيت $KAl\ Si_2\ O_6$.
- نيفلين $(Na,k)\ Al\ SiO_4$.
- سوداليت $Na_8\ (Al\ SiO_4)_6\ Cl_2$.
- لازوريت $(Na,Ca)_8\ (Al\ SiO_4)\ (SO_4,S,Cl)_2$.
- بيتاليت $Li\ Al\ Si_4O_{10}$.

مجموعة السكابياليت:

- ماريالیت $Na_4 (Al\ Si_3O_8)_3\ (Cl_2, CO_2, SO_4)$.
- ميونيت $Ca_4 (Al_2\ Si_2O_8)_3\ (Cl_2, Co_2, SO_4)$.
- أنالسيم $Na\ (Al\ Si)_2\ O_6.H_2o$.



الشكل (16) يمثل الأشكال المختلفة لفلز الكوارتز.

مجموعة الزيوليت:

- ناترولیت $Na_2\ Al_2\ Si_3\ O_{10\text{-}2}\ H_2O$.
- شابا زيت $Ca\ Al_2\ Si_4\ O_{12\text{-}6}\ H_2O$.
- هيولانديت $Ca\ Al_2\ Si_7\ O_{18.6}\ H_2O$.
- ستيلبيت $Na\ Ca_2\ Al_5\ Si_3\ O_{36\text{-}14}\ H_2O$.

عائلة SiO_2

ترتبط فلزات عائلة SiO_2 بواسطة هيكل مؤلف بأكمله من SiO_2 بطرق مختلفة معطيـة تسع أشكال متماثلة من الفلزات السيليكاتية الحاوية على SiO_2 كعنصر رئيسي في هياكلها.

الكوارتز SiO_2:

*** نظام التبلور:** سداسي (مواشير ذات رؤوس هرمية) شكل (16).

الصفات الفيزيائية:

*** اللون:** عديم اللون أبيض إذا احتوى على شوائب فيمكنه أن يأخذ أي لون.

*** البريق:** زجاجي، دهني.

*** القساوة:** 7.

*** سطوح الانفصام:** لا يوجد.

*** الشفافية:** شفاف إلى عديم الشفافية.

* المكسر: محاري.

*** الوزن النوعي:** 2.65.

البنية والتركيب:

يعد الكوارتز من أفقر الفلزات بالعناصر الكيميائية المشكلة، حيث يتألف من عنصرين فقط Si (46,7%) و O (53.3%).

يظهر الشكل (17) بنية الكوارتز.

الصفات المميزة:

يتميز ببريقه الزجاجي، المكسر المحاري، والشكل البلوري الذي يختلف عن الكالسيت بالقساوة العالية وعن أنواع البيريل بقساوته الأخفض من قساوة الكوارتز، قابـل للانـصهار، قابل للانحلال ما عدا في حمض الهيدروفلوريك.

الأوبال $SiO_2\ n\ H_2O$:

عامة هو فاز غير مبلور، كتلي غالباً عنقودي.

الصفات الفيزيائية:

* **اللون:** عديم اللون، أبيض، ظلال صفراء فاتحه، حمراء، بنية، أخـضر، رمـادي، أزرق.

* **البريق:** زجاجي ـ أحياناً شمعي.

* **القساوة:** 5.5 ـ 6.

* **سطوح الانفصام:** لا يوجد.

* المكسر: محاري.

* **الشفافية:** شفاف إلى عديم الشفافية.

* **الوزن النوعي:** 2 ـ 2.25.

بعض أنواع الأوبال وخاصة الهياليت يعطي تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية تلونـاً بالأخضر المصفر.

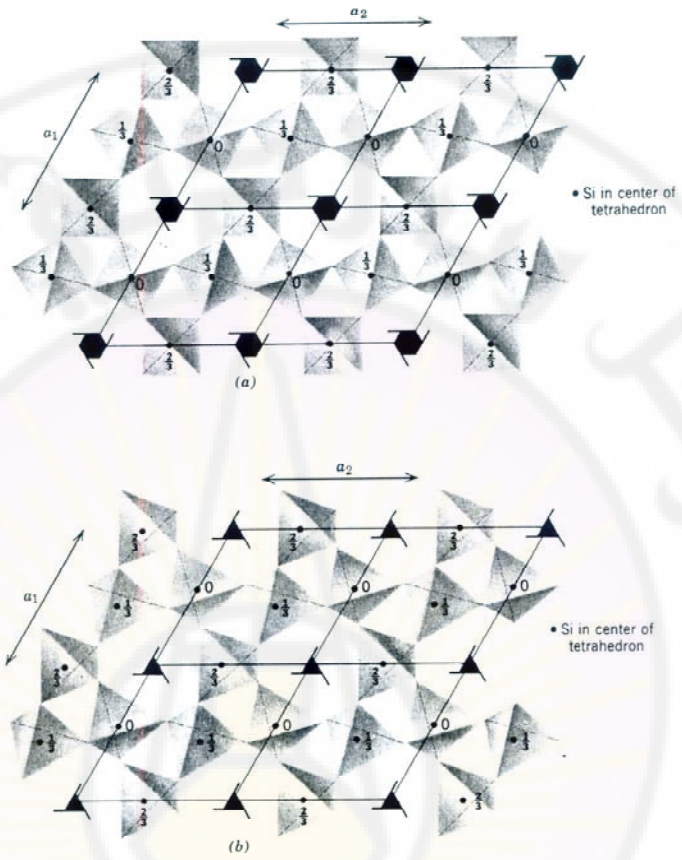
البنية والتركيب:

صيغة الفلزهي $SiO_2.\ nH_2O$ أن نسبة المياه في هذا الفلز تتراوح بين 4 ـ 9% وإذا زادت نسبته يمكن أن تصل إلى أعلى حد لها بحدود 20% حيث يزداد الوزن النوعي بازدياد نسبه الماء.

الأوبال غير مبلور فهو لا يتواجد بشكل بلورات غير أن حبيبات (كـرات) الـسيليكا تعطي شكل مواشير سداسية أو مكعبة الشكل (18، 19).

الصفات المميزة:

يتميز عن أنواع الكوارتز بقساوته الأخفض، والوزن النوعي المميز، وبوجود المـاء، وانحلاله في المحاليل الحارة القلوية، الأنواع الثمينة من الاوبال تعطي ألواناً مثل البرلنت مع تداخلات حمراء، خضراء، زرقاء، أو سوداء، أما الأوبال الناري فهو ذو انعكاسات برتقاليـة إلى حمراء، الأنواع الشائعة من الأوبال هي الأبيض الحليبي، أصفر، أخضر، أحمـر بـدون انعكاسات.



الشكل (17) بنية الكوارتز حيث تظهر رباعيات الأوجه (SiO_2) مع المحاور السداسية (62).

التواجد:

يتكون الأوبال في مناطق الينابيع الحارة بأعماق قليلة، ويحل مكان الأخشاب المطمـورة في الطف البرلماني، كما يمكنه التشغيل في الكهوف.

الاستعمالات:

يستخدم الأوبال كمجوهرات حيث يقطع عادة بأشكال دائرية، الأنواع الكبيرة الحجم منه ذات اثمان عالية جداً. يستخدم الدياتوميت (نوع من أنواع الأوبال) كفاشط، كبودرة تنقية وكمادة عازلة.

التسمية:

أتت تسميته من السنسكريتية (upala) وتعني الحجر أو الحجر الثمين.

عائلة الفلدسبار:

إن التركيب الرئيسي للفلدسبار يمكن أن يكون واضحاً من خلال الـصيغة $KAlSi_3O_8$ التي تمثل الأورتوزو $NaAlSi_3O_8$ للألبيت، وأخيراً الأنورتيـت $CaAl_2\ Si_2O_8$، فالمجموعـات الفلزية ذات التراكيب المتراوحة بين $KAlSi_3O_8$ و $NaAlSi_3O_8$ تمثل أنواع الفلدسيار القلـوي وأما المجموعات المتراوحـة بـين $Na\ Al\ Si_3O_8$ و $CaAl_2\ Si_2O_8$ فتمثـل أنـواع الفلدسـبار البلاجيوكلازي:

ـ الفلدسبار البوتاسي:

ـ الميكروكلين $KAL\ Si_3O_8$:

*** نظام التبلور:** ثلاثي الميل.

الصفات الفيزيائية:

*** اللون:** أبيض إلى أبيض متسخ (مع ظلال صفراء) وأكثر ندرة أحمر أو أخضر أما النوع الأخضر فيعرف باسم حجر الامازون.

*** البريق:** زجاجي.

*** القساوة:** 6.

*** سطوح الانفصام:** تامة وفق اتجاهين الزاوية بينهما $89{,}30^o$.

*** الشفافية:** شفاف إلى عديم الشفافية.

*** الوزن النوعي:** 2.4 ـ 2.57.

*** المخدش:** أبيض.

البنية والتركيب:

إن صيغة الفلز السابق هي $KALSi_3O_8$ حيث

SiO_2= 764% Al_2O_3 =18.4%K_2O=16.9% يحـصل فـي هـذا التركيـب بعـض الاستعاضة حيث يحل Na مكان K.

أما بنية الميكروكلين فهي ثلاثية الميل وقليلة التناظر مقارنة بالساندين غير أن الميكروكلين المنخفض يظهر انتظاماً تاماً لكل من AL و Si في البنية الهيكلية لرباعيات الأوجه. وفي حالة زيادة عدم الانتظام ينتقل عندها الميكروكلين المنخفض إلى الميكروكلين المرتفع ومع ازدياد درجة الحرارة ينتقل إلى أورثوكلاز.

الصفات المميزة:

يتميز الميكروكلين عن الاورثوز فقط بتوأميته والتي نادراً ما نستطيع تحديدها بدون مجهر، وكذلك بلونه الأخضر القاتم.

التواجد:

يعد الميكروكلين من الفلزات الرئيسية في الصخور الغرانيتية والبغماتيتية والسيانيت المتبردة ببطء وتحت أعماق محددة، كما يتواجد الميكروكلين في الصخور المتحولة والرسوبية الاوركوز والكونغلوميرات.

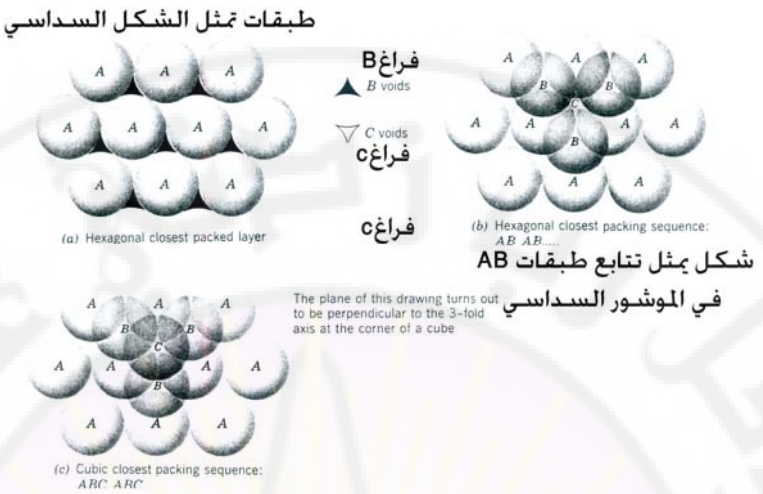
الاستعمالات:

يستخدم الميكروكلين في مصانع البورسلين حيث يسحق بشكل جيد ويخلط مع الكاولينيت أو الغضار والكوارتز، كذلك يستخدم كإسمنت ويرفع درجة حرارته ينصهر، ويشكل مادة رئيسية بالإسمنت تجمع المواد مع بعضها. عند صهر الميكروكلين يشكل مادة رئيسية كطلاء زجاجي لسطح البورسلان، كما يستخدم في معامل الزجاج بنسب ضئيلة، أما فلز الأمازون فيصقل ويستخدم كمادة للزينة.

التسمية:

أتت تسمية الميكروكلين من كلمتين يونانيتين ترادفان (little) الصغير و(inclined) بالإنكليزية وتعني المائل وهذا بالإشارة إلى الميلان القليل للزاوية بين سطوح الانفصام بمقدار $\frac{1}{2}$ درجة عن الـ 90^{o}.

أما كلمة فلدسبار فتأتي من الالمانية (feld) والإنكليزية (field) وتعني الحقل.



الشكل (18)



الشكل (19)

مسح اللكتروني للأوبال ذات المظهر الحريري يظهر توزع كرات السيليكا.

الأورثوكلاز $KALSi_3O_8$

*** نظام التبلور:** أحادي الميل، يكون عادة بشكل مواشير قـصيرة متطاولـة وقـف المحور (a) أو موازي للمحور (C) وله توأمية تسمى توأمية كارلسباد المضاعفة أو توأميـة الأورثوكلاز.

الصفات الفيزيائية:

*** اللون:** عديم اللون ، أبيض، رمادي، أحمر لحمي، نادراً أصفر أو أخضر.

*** البريق:** زجاجي.

*** القساوة:** 6.

*** سطوح الانفصام:** تامة وفق الوجه /001/، جيدة وفق الوجه /110/.

*** توأمية:** توأمية كارلسباد المميزة لهذا الغاز.

*** الوزن النوعي:** 2.57.

البنية والتركيب:

تبين التحاليل لهذا الفلز احتوائه على الصوديوم هذا يعني أن المحاليل الصلبة الكاملـة الانحلال يمكن أن تنتج من الأورثوكلاز باتجاه الالبيت.

بنية الأورثوكلاز (الاورتوز) تتشكل في درجات حرارة متوسطة ويكون فيها انتظـام جزئي للألمينيوم والسيليس تصبح هذه البنية في درجات الحرارة العالية أقـل انتظامـاً مـن السابق وعندها تدخل في بنية الساندين.

الصفات المميزة:

يتميز الأورثوز عادة بلونه، توأميته، قساوته، سطوح انفصامه التي تحيزه عن غيـره من الفلدسبار بزاوية سطوح الانفصام المساوية لـ 90^o، وبعـدم وجـود توأميـة متكـررة، الأورثوز لا ينصهر ولا ينحل بالحموض.

التواجد:

يتواجد الأورثوكلاز في الغرانيت، الغرانوديوريت، السيانيت ويعتبر فلـز فـي هـذه الصخور التي تتشكل تحت ضغوط متوسطة وتبريد معتـدل. ويتحـول الأورثـوكلاز إلـى ميكروكلين في الغرانيت ذو التبريد الأبطأ من السابق.

التسمية:

أتت من وجود الزاوية القائمة بين سطوح الانفصام.

الساندين $ALSi_3O_8$ (K.Na):

*** نظام التبلور:** أحادي الميل، البلورات عادة تكون لوحيـة موازيـة للوجـه /010/ ومتطاولة وفق المحور /a/ الشكل (21).

الصفات الفيزيائية:

*** اللون:** عديم اللون.

*** البريق:** زجاجي.

*** القساوة:** 6.

*** سطوح الانفصام:** تامة وفق الوجه /001/ وجيدة وفق /010/.

*** الشفافية:** شفاف.

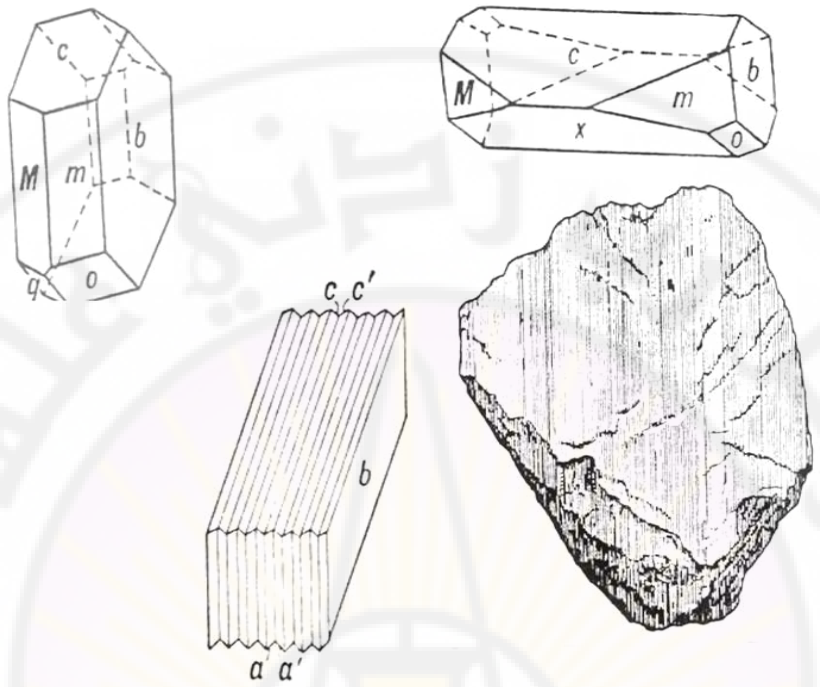
*** الوزن النوعي:** 2.56 ـ 2.62.

البنية والتركيب:

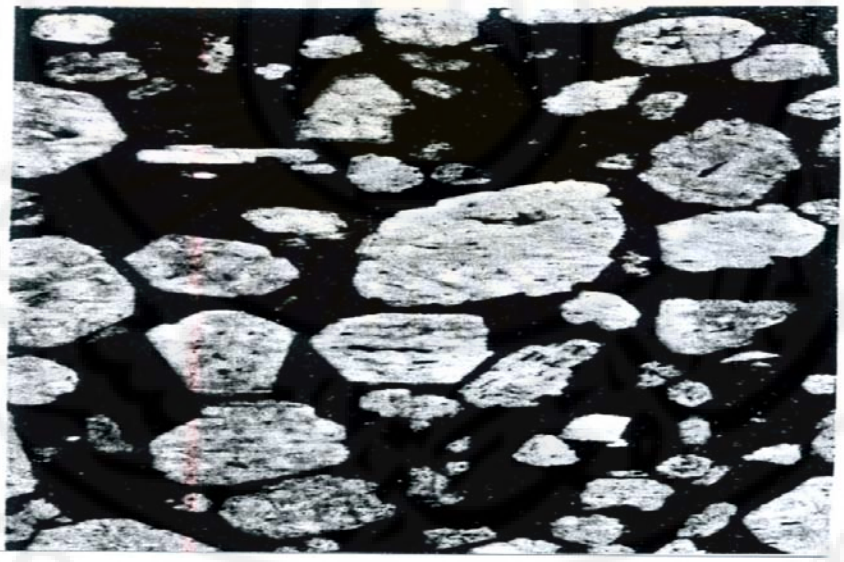
يمثل الساندين محلولاً صلباً كاملاً يتشكل الساندين والالبيـت بالانفـصال عـن هـذا المحلول في درجات الحرارة العالية في حين يتشكل الأنورثوكلاز في المرحلة الوسـط بـين تشكل الساندين والالبيت. تبين بنية الساندين أن كل من عنصري الألمينيوم والسيليكا متوضعة بشكل غير متنظم في الهياكل الرباعية وهي أكثر انتظاماً في الهياكل الرباعية للأورثوكلاز.

الصفات المميزة:

يمكن تميزه عن الأورثوكلاز بواسطة أشعة (x) و (2v)، كمـا يمكـن تمييـزه عـن البلاجيوكلاز بالتوأمية.



الشكل (20) تبين شكل بلورات الألبيت وتوأمية الألبيت.



الشكل (21) يظهر بلورات الساندين في مقطع بازلت.

التواجد:

يتواجد الساندين في الصخور الإندفاعية مثل الريوليت، التراكيت حيث يميز الـ ساندين الصخور التي تتبرد بسرعة بدءاً من الحرارة العالية.

التسمية:

أُخذَتْ تسمية الساندين من كلمة يونانية (sanis) والتي تعني لـ وحي و(idos) وتعنـي ظهور وذلك بالاعتماد على شكلها اللوحي.

مجموعة الفلدسبار البلاجيوكلازي:

إن بلاجيوكلاز الحرارات المرتفعة يكون بشكل محاليل صلبة ابتداءاً من الألبيـت Na $ALSi_3O_8$ وحتى الأنورتيت. Ca $AL_2si_2O_8$ جميع فلزات البلاجيوكلاز تتميز بوجـود توأميـة متكررة تسمى توأمية الألبيت (الشكل 20).

الألبيت $Na\ Al\ Si_3\ O_8$:

* **نظام التبلور:** ثلاثي الميل.

الصفات الفيزيائية:

* **اللون:** أبيض، أزرق، رمادي.
* **القساوة:** 6 ـ $\frac{1}{2}$ .6.
* **البريق:** زجاجي.
* **سطوح الانفصام:** تامة وفق /001/، جيدة وفق /010/.
* **المخدش:** أبيض.

الوزن النوعي: 2.62.

الأنورتيت $CaAl_2\ Si_2O_8$:

* **نظام التبلور:** ثلاثي الميل.

الصفات الفيزيائية:

* **اللون:** عديم اللون، أحمر.
* **البريق:** زجاجي.

* **الفساوة:** 6 ـ $\frac{1}{2}$ .6.

* **سطوح انفصام:** تامة.

* **الشفافية:** شفاف في الحواف الرقيقة.

* **المخدش:** أبيض.

*__الوزن النوعي:__ 2.76.

أوليغوكلاز [$Al(Si,Al)Si_2O_8$] (Na,Ca):

نظام التبلور: ثلاثي الميل.

الصفات الفيزيائية:

* **اللون:** عديم اللون، أبيض.

* **البريق:** زجاجي.

* **الفساوة:** 6 ـ 6.5.

* **سطوح الانفصام:** تامة.

* **المخدش:** أبيض.

* **الشفافية:** شفاف ـ شفاف في الحواف الرقيقة.

أنديزين:

* **نظام التبلور:** ثلاثي الميل.

الصفات الفيزيائية:

* **اللون:** أبيض، رمادي، رمادي مخضر.

* **البريق:** زجاجي كامد.

* **الفساوة:** 6 ـ 6.5.

* **الشفافية:** شفاف في المقاطع الرقيقة.

* **سطوح الانفصام:** تامة.

التسمية:

من جبال الأنديز حيث يسيطر الفلدسبار على اللافا الانديزيتية.

اللابرادور: $(Ca, Na)(Si.Al)_4O_8$.

* **نظام التبلور:** ثلاثي الميل.

الصفات الفيزيائية:

* **اللون:** عديم اللون، رمادي، رمادي فاتح، أبيض، أخضر فاتح.
* **البريق:** زجاجي.
* **القساوة:** 7.
* **الشفافية:** شفاف إلى عديم الشفافية.
* **سطوح الانفصام:** تامة وفق /001/، جيد وفق /010/، واضح وفق /110/.
* **المخدش:** أبيض.
* **الوزن النوعي:** 2.68 ـ 2.71.

البيتونيت:

نظام التبلور: ثلاثي الميل.

الصفات الفيزيائية:

* **اللون:** عديم اللون، رمادي، أو أبيض.
* **البريق:** زجاجي.
* **القساوة:** 6 ـ 6.5.
* **الشفافية:** شفاف في المقاطع الرقيقة.
* **سطوح الانفصام:** تامة وفق /001/، جيدة وفق /010/.

*** المخدش:** أبيض.

البنية والتركيب:

يمثل البلاجيوكلاز كيميائياً محاليل صلبة مستمرة تبدأ بالألبيت الـصافي $NaAlSi_3O_8$ وتستمر حتى الأنورتيت صافي $CaAl_2Si_2O_8$ حيث تقسم هذه المجموعة البلاجيوكلازية إلـى ستة أنواع:

البيت	$An_0 - An_{10}$
اوليغوكلاز	$An_{10} - An_{30}$
انديزين	$An_{30} - An_{50}$
لابرادور	$An_{50} - An_{70}$
بيتونيت	$An_{70} - An_{90}$
انورتيت	$An_{90} - An_{100}$

يكون الألبيت في درجات الحرارة المنخفضة وحتى المتوسطة ذا بنية ثلاثيـة الميـل عالية الانتظام من حيث توزع عناصر (Al,Si) وتكون بنية الألبيت في هذه الحالـة مطابقـة لبنية الميكروكلين.

أما ألبيت الحرارات العالية فهو ذو بنية ثلاثية أيضاً غير أنها غير منتظمة من حيـث توزيع (Al,Si) حيث تقترب من العشوائية وفي حرارة أعلى من (950°م) يصبح توزيعـاً ذا عشوائية عالية جداً ويطلق عليه في هذه الحالة اسم المونالبيت.

الأنورتيت يكون في درجات الحرارة المنخفضة ذو نمط شبكي فراغي $\overline{P}_1$ (حيث تـشكل العناصر الرؤوس للخلية الأولية) وتصبح في درجات الحرارة العالية مـن الـنمط الـشبكي الفراغي $I\bar{1}$ (من النمط ثلاثي الميل حيث يكون محور التناظر من الدرجة الأولى).

الصفات المميزة:

يتميز البلاجيوكلاز عن أنواع الصفاح الأخرى بوجود توأمية الألبيت، وتتميز الأنواع باختلاف أوزانها النوعية، البلاجيوكلاز يعطي زجاج عديم اللون عند انصهاره، الألبيـت لا ينحل في حمض كلور أما الأنورتيت فينحل بحمض كلور المـاء، بعـض أنـواع الألبيـت والأوليغوكلاز تصبح متلألئة وذات تلاعب لوني تسمى عندها هذه الفلزات بحجر القمر.

التواجد:

من المعروف أن البلاجيوكلاز فلز واسع الانتشار وهو أكثر انتـشاراً مـن الـصفاح البوتاسي حيث يتواجد الألبيت في الصخور النارية والمتحولة، في حين يتواجد الأوليغـوكلاز في الصخور النارية العميقة مثل الغرانيت السيانيت، الديوريت والصخور الاندفاعيـة مثـل الأنديزيت، التراكيت والمتحولة مثل الغنيس أما الأنورتيت ففي صـخور الفلـزات القاتمـة الغابرو والبازلت والصخور المتحولة التماسية، الانـديزين نـادر ماعـدا فـي الأنـديزيت والديوريت وأخيراً البيتوتيت تواجده قليل إلا كحبات في الغابرو.

إن تصنيف الصخور النارية يعتمد بشكل كبير على نوعية الصفاح، وبشكل عام هناك قاعدة تقول إنه كلما ازدادت نسبة SiO_2 كلما انخفضت نسبة الفلزات القاتمة وعنـدها تـزداد نسبة الصفاح البوتاسي والصفاح الصودي ومع انخفاض نسبة SiO_2 تـزداد نـسبة الفلـزات القاتمة ويصبح البلاجيوكلاز أكثر كلسية.

في التبلور المتتابع نجد أن الفلز المسيطر هو الفلز الذي يتشكل قبل الفلـزذو النـسبة الأقل (الأقل سيطرة) وأن درجة انصهار أنورتيت ومجموعة البلاجيوكلاز الغنية بالكالـسيوم تكون أعلى من درجة انصهار الأنواع الأخرى لذلك يتشكل البلاجيوكلاز الغني بالكالسيوم قبل بلاجيوكلاز الأنواع الأخرى وبالتالي مع استمرار التبلور يتشكل لدينا بلورات بلاجيوكلازيـة ذات مركز كلسي ومحيط صودي.

ينتمي الألبيت إلى الصفاح الفلوي حيث يتواجد مع مجموعـة الـصفاحات البوتاسـية (أورتوكلاز، ميكروكلين) من حيث التواجد في الصخر فالصفاح الفلوي يتواجد في الغرانيت، السيانيت، الريوليت والتراكيت ويمكن أن يتواجد الألبيت في البغماتيت حيـث يحـل محـل الميكروكلين بشكل بلورات لوحية صغيرة.

الاستعمالات:

إن استخدمات الصفاح البلاجيوكلازي أقل من استخدامات الصفاح البوتاسي حيـث إن الألبيت يستخدم في صناعة السيراميك كفلز مقابل للميكروكلين، أمـا اللابـرادور المتيمـز بتلاعبه اللوني يصقل ويستخدم كصخر زينة.

التسمية:

أتت تسمية الألبيت من اللاتينية التي تعني بالإنكليزية (Albus) والتي تعني الأبـيض وذلك بالاعتماد على لون الفلز، في حين أتت تسمية الأوليغـوكلاز مـن الكلمـة اليونانيـة (Oligas) وتعني الصغير و(Kasein) وتعني الكسر وذلك لأن سطوح الانفصام في هذا الفلـز ليست تامة كما هو الحال في الألبيت. أما البيتونيت فقد أتت تسميته من كلمة بيتون.

الأنورتيت أتت تسميته من اليونانية التي تعني بالإنكليزية (oblique) وتعني (منحرف ـ مائل) وذلك لكون بلوراته ثلاثية الميل.

عائلة الصفاح الحديث (فادسباثوئيد):

وهي المينوسيليكات البوتاسيوم الصوديوم والكالسيوم متشابهة كيميائيـاً مـع زمـرة الصفاح لكنها تختلف عنها من ناحية احتوائها على نسبة قليلة من السيليكا حيث تكـون هـذه النسبة من السيليكا ثلثي كمية السيليكا الموجودة في الصفاح. لذلك فهي تتكون مـن محاليـل غنية بالقلويات وفقيرة بالسيليكا.

اللوسيت $K(Al,Si_2O_6)$:

*** نظام التبلور:** موشور، رباعي، ترابيزي (رباعي الأضلاع).

الصفات الفيزيائية:

*** اللون:** أبيض، رمادي، رمادي مصفر.

*** البريق:** زجاجي حتى كامد.

*** القساوة:** 5.5 ـ 6.

* سطوح الإنفصام مضاعفة.

*** الشفافية:** نصف شفاف ـ شفاف.

*** الوزن النوعي:** 2.47.

*** المخدش:** أبيض.

البنية والتركيب:

إن أكثر أنواع اللوسيت لها الصيغة الكيميائية التالية: $KAlSi_2O_6$

حيث $K_2O_{(21.5)}$, $Al_2O_{3\ (23.5)}$, SiO_2 55.0% يمكن حصول استبدال K و Na ولكن بنسب قليلة.

الصفات المميزة:

يتميز اللوسيت بشكله متوازي الأضلاع (الترابيزي)، قابل للانصهار، يظهـر عـادة توضع جيد في أرضية مبلورة بشكل جيد، بينما ينمو الأنالسيم بشكل حر في الفجوات.

التواجد:

يتواجد اللوسيت في أنواع اللافا الحديثة والصخور السيليكاتية الفقيرة بالسيليكا.

التسمية:

من الكلمة اليونانية التي تعني الأبيض.

النيفلين $(Na,K)\ Al\ SiO_4$:

* **نظام التبلور:** مواشير سداسية.

الصفات الفيزيائية:

* **اللون:** عديم اللون، أبيض، أبيض مصفر، رمادي، رمادي ذو ظلال بنيـة عنـدما يكون كتلي، ويكون رمادي، مخضر، أبيض محْمرْ.

* **البريق:** زجاجي في البلورات الصافية ويكون زجاجياً متسخاً في الأنـواع الكتليـة لذلك يسمى ايليوليت.

* **القساوة:** 5.5 ـ 6.

* **الشفافية:** نصف شفاف ـ شفاف.

* **سطوح الانفصام:** ضعيفة وفق /1010/.

ـ **المخدش:** أبيض.

* **الوزن النوعي:** 2.60 ـ 2.65.

البنية والتركيب:

أن صيغة النيفلين هي $Na\ AlSiO_4$ حيث Na_2O 21.8% .35.9% Al_2O_3 42.3% SiO_2 ونسبة K_2O المتواجدة في النيفلين بشكل عادي تتراوح بين 3 ـ 12%.

يمكن أن تحصل عملية امتزاج بين $KAlSiO_4$ و $Na\ Al\ SiO_4$ وذلك في حرارات متوسطة أما في الحرارات العالية أعلى من(1000°م) فيتشكل لدينا محلول صلب كامل بين الأعضاء الصودية والبوتاسية.

ونتيجة لانخفاض درجة الحرارة في المحاليل الصلبة العامة المتجانسة نجد أن ايونات K^+ وNa^+ تنفصل مشكّلة انبثاقات من تركيبين مختلفين كما يحصل تماماً بين الصفاح البوتاسي والكلسي (البلاجيوكلاز).

الصفات المميزة:

تتميز في الكتل الكبيرة ببريقها المتسخ، ويتميز عن الكوارتز بقساوة الكوارتز الأعلى، ويختلف عن الفلدسبار أن الفلدسبار يتحول إلى هلام في الحموض، قابل للانصهار، حيث يعطي زجاجاً عديم اللون، عند تعريضه للحرق يعطي شعلة من الصوديوم صفراء ذات صفار قاتم، يعطي هلاماً سيليكاتياً بالغليان، ينحل بصعوبة في حمض كلور الماء.

التواجد:

يتواجد النيفلين في الصخور النارية العميقة والسطحية الفقيرة بالسيليكا.

الاستعمال:

يستخدم مكان الفلدسبار في معامل الزجاج والسيراميك وذلك لاحتوائه على نسبة عالية من Al_2O_3، مصانع الجلد، الخشب، المطاط، النفط، والنسيج.

التسمية:

النيفلين كلمة يونانية تعني بالإنكليزية (Cloud) وتعني الغيوم وذلك لأنه بإنحلاله في الحمض يعطي غيوم.

الصوداليت $Na_8\ (AlSiO_4)_6\ Cl_2$

نظام التبلور: غير مبلور Isotropic

الصفات الفيزيائية:

اللون: عادة أزرق، أبيض، رمادي، أخضر.

البريق: زجاجي.

سطوح الانفصام: ضعيفة.

القساوة: 5.5 ـ 6.

الشفافية: شفاف إلى نصف شفاف.

الوزن النوعي: 2.15 ـ 2.3.

البنية والتركيب:

يحتوي هذا الفلز على 25.6% Na_2O، 31.6% Al_2O_3، 37.2% SiO_2، 7.3% Cl ويمكن أن يحصل إحلال بسيط للبوتاسيوم مكان الصوديوم.

الصفات المميزة:

يتميز الصوداليت بلونه الأزرق، يعطي سيليكا هلامية عند تبخيره، يحلّ في حمـض كلور الماء.

التواجد:

الصوداليت فلز قليل الانتشار يتواجد مع النيفلين والكانكرينيـت (شـبيهات النيفلـين) والصفاحات الأخرى في السيانيت النيفليني، تراكيت، فونوليت.

الاستعمالات:

يستخدم في الزينة.

التسمية:

تسمية الصوداليت أتت من احتوائه على الصوديوم.

الفصل الثاني

1 ـ تعريف الصخور

2 ـ تصنيف الصخور

3 ـ أنواع الصخور

ـ حامضية

ـ متوسطة التركيب

ـ أساسية

ـ فوق أساسية

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

1 ـ تعريف الصخر:

الصخر هو جسم تشكل في ظروف طبيعية تحت ظروف فيزياكيميائية ثابتة، قد يتألف من عدة فلزات يسمى عندها صخراً متعدد الفلزات أو يتألف من فلز واحد ويسمى عندها صخراً أحادي الفلز، وتختلف الصخور عن بعضها بصفات تحددها الفلزات المؤلفة لها ونسب هذه الفلزات إلى بعضها بعضاً في الصخر الواحد ونمط نشوئها وطبيعة وجودها، ويمكن تصنيفها إلى ثلاث مجموعات رئيسية نارية، متحولة، رسوبية، مهما اختلفت أنماطها وخصائصها، وسندرس منها الصخور النارية والمتحولة.

أ ـ الصخور النارية igneous Rocks:

تعود تسميتها إلى كلمة (ignis) اللاتينية وتعني النار وتشمل جميع الصخور التي تكونت من المادة النارية المنصهرة في باطن الأرض والمعروفة بالماغما، سواء تبردت وتصلبت في باطن الأرض (صخور نارية عميقة) أو اندفعت إلى سطح الأرض على شكل لابا (لاڤا) معطية صخوراً اندفاعيةً.

ب ـ الصخور المتحولة Metamorphic Rocks:

هي الصخور الناتجة عن إعادة تشكل وتبلور صخور كانت مبلورة سابقاً، رسوبية، نارية، متحولة قديمة وذلك تحت شروط محددة من ضغط وحرارة وفلوئيدات (مواد طيارة) مما يؤدي إلى ظهور فلزات بتركيب فلزي وكيميائي جديد يتلاءم مع ظروف التحول.

2 ـ تصنيف الصخور:

سنلجأ إلى تصنيف الصخور النارية والمتحولة فقط.

1 ـ تصنيف الصخور النارية:

يتم تصنيف الصخور النارية وفق عدة أسس وهي:

- أماكن تشكلها أو تبردها.
- تركيبها الكيميائي.
- تركيبها الفلزي.
- نسب الفلزات الفاتحة والقاتمة.

ـ التصنيف الكمي الفلزي.

ـ درجة تبلور الفلزات.

وسنشرح فيما يلي كلاً من هذه الأسس:

ـ أماكن تشكلها أو تبردها.

تقسم الصخور النارية وفقاً لهذا التصنيف إلى:

1 ـ صخور عميقة:

تتشكل نتيجة تبرد الماغما على أعماق كبيرة في القشرة الأرضية على شـكل أجـسام ضخمة، ذات تبلور كامل وشامل، حجم الحبيبة أكبر من 5مـم، وهـي كتليـة، متراصـة، متماسكة، فلزاتها متجانسة التوزع.

2 ـ صخور متوسطة العمق:

تتشكل على أعماق متوسطة على شكل أجسام غير كبيرة، تبلورهـا شـامل، حجـم حبيباتها صغير أصغر من 5مم، كتلية، متراصة، متجانسة حيث تتوزع فلزاتها بشكل متجانس في الصخر.

3 ـ صخور قرب سطحية:

تتشكل قريباً من السطح مشكلة دايكات وسيلات (Sills)، تبلورها شامل، دقيقة الحبيبة (التبلور)، كتلية، متراصة، متماسكة، متجانسة.

4 ـ صخور عرقية:

تتشكل تحت سطح الأرض على أعماق مختلفة مائلة للشقوق بشكل عروق دقيقـة أو ضخمة الحبيبات، كتلية، متراصة، متماسكة، متجانسة ويمكن أن تكون غير متجانسة.

5 ـ صخور بركانية (سطحية أو مخترجة):

تنتج عن تدفق الماغما على سطح الأرض بتماس مع الهواء أو تنـدفع تحـت ميـاه المحيطات والبحار حيث تشكل في الحالة الأولى مخاريطاً بركانية مؤلفة من صبات بركانيـة متماسكة أو من توضعات فتاتية أو من كليهما. أما في الحالة الثانية فيتـشكل لـدينا الوسـائد البركانية (البيلولافا). وتكون الصخور الناتجة عن البركنة ذات تبلور مجهري، نصف مبلور (زجاج + بلورات) أو زجاجي (عديم التبلور).

ـ التركيب الكيميائي:

تصنف الصخور بالاعتماد عليه وفقاً لمبدأين:

1 ـ نسبة السيليكا SiO_2:

حيث تقسم الصخور النارية بالاعتماد على نسبة السيليكا إلى:

ـ صخور فوق أساسية حيث نسبة السيليكا أقل من 45%.

ـ صخور أساسية حيث نسبة السيليكا بين 45 ـ 52%.

ـ صخور متوسطة التركيب حيث نسبة السيليكا بين 52 ـ 65%.

ـ صخور حامضية حيث نسبة السيليكا أعلى من 65%.

2 ـ مجمل احتواء الصخر على العناصر القلوية:

المقصود بالعناصر القلوية (البوتاسيوم والصوديوم) وتكون هناك علاقة بـين ارتفـاع نسبة القلويات والسيليكا، تقسم الصخور بالاعتماد على هذا التصنيف إلى:

أ ـ صخور معتدلة القلوية (النظامية) تكون نسبة القلويات منخفضة ولا تحوي فلزات قلوية.

ب ـ صخور متوسطة القلوية (تحت قلوية):

تكون نسبة القلويات متوسطة، صخور هذه المجموعة لا تحتوي فلزات قلوية حقيقية.

جـ ـ صخور قلوية، تكون نسبة القلويات مرتفعة، وتحتوي علـى فلـزات قلويـة حقيقية.

حيث بين صخور المجموعة (أ و ب) يظهر حد فاصل وذلك بظهور فلـزات محـددة مثل كلينوبيروكسين، أمفيبول، بيوتيت.

وبين مجموعة صخور (ب و جـ) يظهر حد فاصل يتميـز بظهـور البيروكـسينات القلوية والأمفيبولات القلوية مثل ايجيرين، ريبكيت...

انظر الشكل (21)

ـ التركيب الفلزي:

يتعلق التركيب الفلزي لصخر ما بتركيبه الكيميائي من جهة وبالشروط الترموديناميكية لتبلوره من جهة أخرى حيث يلعب كل من السيليس والألمينيـوم دوراً أساسـياً فـي تحديـد التركيب الفلزي.

وتقسم الفلزات المكونة للصخور النارية تبعاً لذلك إلى أولية وثانوية:

آ ـ الفلزات الأولية: وهي الفلزات التي تبلورت مباشرة من المهل نتيجة التبريد.

وتقسم هذه الفلزات إلى ثلاثة أنواع حسب أهميتها في الصخر:

1 ـ فلزات رئيسية.

2 ـ فلزات درجة ثانية.

3 ـ فلزات الدرجة الثالثة.

1 ـ الفلزات الرئيسية: تقسم إلى نوعين حسب تركيبها الكيميائي ولونها وهي:

ـ فلزات رئيسية فاتحة اللون وفلزات قاتمة اللون.

ـ فلزات رئيسية فاتحة هي (صفاح) ميكا بيضاء، مرو، صفاح، حديث).

ـ فلزات رئيسية قاتمة (اوليفين، بيروكسين، أمفيبول، ميكا سوداء) وهنا يجب الإشارة إلى أن الفلزات الرئيسية تحدد تسمية الصخر.

2 ـ فلزات الدرجة الثانية:

تكون هذه الفلزات في الصخر بنسبة قليلة لا تتجاوز (5%) ولا تؤثر على طبيعـة أو تسمية الصخر وينسب إلى هذه الفلزات أي فلز من الفلزات الرئيسية إذا ما تواجد في الصخر بنسب قليلة.

3 ـ فلزات الدرجة الثالثة:

تكون هذه الفلزات في الصخر بنسبة لا تتجاوز (3%).

منها زركون، اباتيت، كالسيت، اورتيت، تورمالين، روتيل، سفين، سبينيل، ماعنيتيت، هيماتيت، ايلمينيت، كروميت.

ب ـ الفلزات الثانوية:

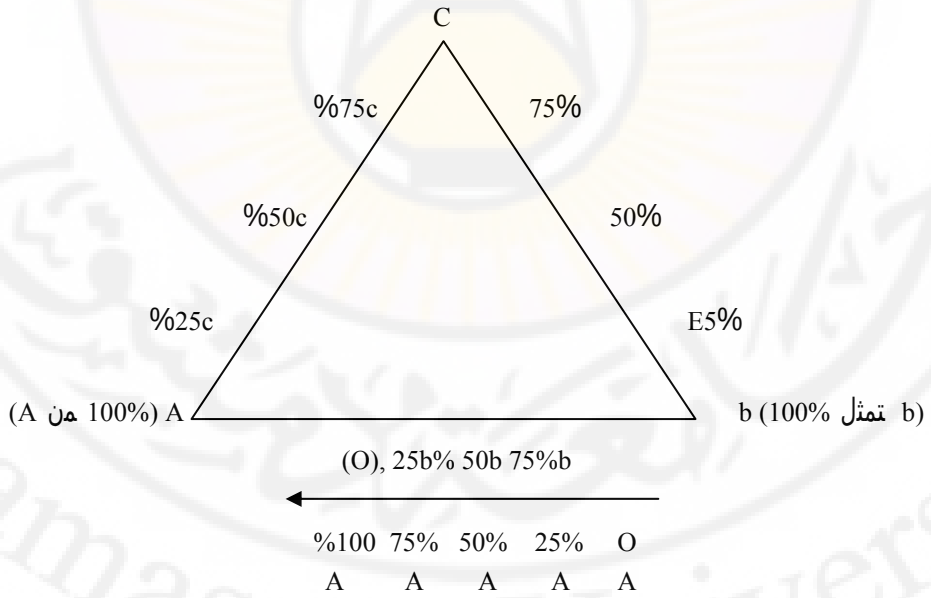
وهي لاحقة التبلور قد تكون تحولية أو هيدروترمالية، أو ناتج فساد الفلـزات الأوليـة ومنها السربنتين، الإيدينغسيت، تالك، كلوريت، تريموليت، اكتينوليت، إيبيدوت، سيرسـيت، موسكوفيت، كاولينيت، كربونات.

ـ نسب الفلزات الفاتحة والقاتمة فيها:

اللون	نسب الفلزات القاتمة
صخور متوسطة اللون (فاتحة ونطلق عليها اسم ليكو Leuco)	12.5 ـ 37.5%
صخور متوسطة اللون (أي لونها وسط بين الفاتحة والقاتمة ونطلق عليها ميزو Mezo)	37.5 ـ 62.5%
صخور عالية التلون (قاتمة ونطلق عليها اسم ميلانو Melano)	62.5 ـ 87.5%

ـ التصنيف الكمي الفلزي:

إن الصخور الكاملة التبلور تقسم لأنواع مختلفة حسب النسب المئوية الكمية للفلزات، حيث تُحملّ هذه النسب على مثلثات متساوية الأضلاع تسمى بالمثلثات التصنيفية، وتمثل رؤوس المثلث الفلزات الرئيسية المشكلة للمجموعة الصخرية المدروسة، ويمثل كل رأس من رؤوس المثلث نسبة 100% للفلز الموجود على هذا الرأس. ولتحميل التركيب الفلزي على المثلث تحسب قيمة كل فلز من الفلزات الموجودة في رؤوس المثلث كنسبة مئوية محسوبة من (100).



ـ التصنيف حسب درجة تبلور الفلزات:

ـ صخور ذات حبات خشنة، حجم الحبات أكبر من (5مم).

ـ صخور ذات حبات متوسطة، حجم الحبات بين (1 – 5مم).

ـ صخور ذات حبات ناعمة، حجم الحبات (أقل من 1مم).

3 ـ أنواع الصخور:

للصخور عدة أنواع هي:

1 ـ الحامضية.

2 ـ متوسطة التركيب

3 ـ الأساسية

4 ـ فوق الأساسية

3 ـ 1 ـ الصخور الحامضية:

هي الصخور المغماتية العميقة والسطحية (الاندفاعية) التشكل فاتحة اللون تصل نسبة الكوارتز فيها 30 ـ 40% وتكون نسبة السيليكا في هذه الصخور 68 ـ 73% وتُعد مرتفعـة البوتاسية عندما تكون $k_2o>Na_2o>3$، مرتفعة القلوية عنـدما $\frac{K_2O+Na_2O}{Al_2O_3}>1$ مرتفعـة الألومينية عندما $\frac{K2O+Na_2O}{Al_2O_3}<1$ وتقسم إلى:

1 ـ الصخور الحامضية العميقة

2 ـ الصخور الحامضية تحت السطحية

3 ـ الصخور الحامضية السطحية (الاندفاعية).

3 ـ 1 ـ 1 ـ الصخور الحامضية العميقة:

3 ـ 1 ـ 1 ـ 1 ـ الصخور الحامضية العميقة النظامية (الكلسية ـ القلوية):

تكون نسبة السيليكا فيها 68 ـ 73%، مجموع أوكسيد البوتاسيوم والـصوديوم 7-8% ($k_2O+Na_2O=7-8\%$) مع نسبة مرتفعة من الألومينا.

تزداد نسبة حامضية البلاجيوكلاز، والاورثوكلاز والميكروكلين ونسبة البيوتيت (مـن الفلزات القاتمة)، بينما تنخفض نسبة الفلزات القاتمة بازدياد نسبة الكوارتز في الغرانيتوئيدات (أنواع الغرانيت المختلفة).

وتقسم هذه الصخور حسب نسبة الاحتواء على الكوارتز وعلى نـسبة البلاجيـوكلاز والميكروكلين والأورثوكلاز إلى مجموعات:

*** حسب نسب الإحتواء على الكوارتز:**

ـ مجموعة الغرانوديوريت حيث تكون نسبة الكـوارتز 15 ـ 25% وتكـون نـسبة البلاجيوكلاز في هذه الصخور أكبر من نسبة الاورثوكلاز والميكروكلين.

ـ مجموعة الغرانيت حيث نسبة الكوارتز 25 ـ 55% وتكون نـسبة البلاجيـوكلاز مساوية لنسبة الاورثوكلاز والميكروكلين.

*** حسب نسبة البلاجيوكلاز والاورثوكلاز والميكروكلين تقسم إلى:**

ـ مجموعة البلاجيوغرانيت وتكون نسبة الأورثوكلاز والميكروكلين منخفضة وتكون نسبة البلاجيوكلاز مرتفعة تصل إلى (80 ـ 85%).

ـ مجموعة الآلاسكيت حيث نسبة الاورثوكلاز والميكروكلين مرتفعـة، أمـا نـسبة البلاجيوكلاز فتكون أقل من 10%.

تضم مجموعة الصخور العميقة الحامضية النظامية أربع عائلات وهي:

أ ـ عائلة الغرانوديوريت:

تصنف حسب نسبة السيليكا تتراوح بـين 64 ـ 68% ونـسبة أوكـسيد الـصوديوم والبوتاسيوم تكون أقل من (7.5 ـ 8.1%)

($Na_2O+K_2O<7.5-8.1\%$)

ب ـ عائلة الغرانيت منخفض الفلاوية:

تكون فيها نسبة السيليكا أكبر من 68% ونسبة الفلويات أقل من 7%

($Na_2O+k_2O<7\%$)

ج ـ عائلة الغرانيت النظامية (الكلسية ـ القلوية):

تتـراوح نـسبة الـسيليكا بـين 68 ـ 73% ونـسبة القلويـات بـين (8.1 ـ 7%) ($Na_2O+K_2O<7\%<81.\%$)

د ـ عائلة الليكوغرانيت:

حيث نسبة السيليكا تكون أعلى من 73% ونسبة القلويات تتراوح بين 8.1 ـ 7% ($k_2O+Na_2O>7\%<8,1\%$)

وسنعمد إلى دراسة كل عائلة على حده فيما يلي:

أ ـ عائلة الغرانوديوريت:

ـ **التسمية:** أعطيت بالاعتماد على وضوح الفلزات والآتية من كلمة (Granom) ومن الكلمة اليونانية (Diorite) وتعني يميز.

ـ اللون والبنية:

صخر رمادي مخضر، ضخم كبير، متوسط إلى ناعم الحبيبـة، متجـانس أو غيـر متجانس الحبيبة ويمكن أن يكون بورفيري، البنية كتلية نادراً ذات مظهر غنيسي.

ـ الفلزات المشكلة:

1 ـ الفلزات الرئيسية:

ـ بلاجيوكلاز: 28 ـ 60.5% عادة يكون تمنطقي (النواة هي An_{30-50} وبشكل أنـدر An_{60} والمحيط يكون An_{5-30}) ويكون البلاجيوكلاز لوحي.

ـ الصفاح البوتاسي: اورثوكلاز ـ ميكروكلين.

ـ الأمفيبول: وهو عادة من نوع الهورنبلاند، يشكل الهورنبلاند بشكل حبـات كاملـة الوجهية قصيرة أو طويلة لا تتضح فيها الحواف.

ـ البيوتيت: ويكون بشكل بلورات لوحية كبيرة مع وريقات ناعمة ويتوضع البيوتيت بين الفلزات الأخرى.

2 ـ فلزات الدرجة الثانية:

ماغنيتيت، كلينوبيروكسين (أوجيت)، تيتانوماغنيتيت، ايلمينيت.

3 ـ الفلزات الثانوية:

وهي: اباتيت، تيتانيت، زركون وبشكل أندر اورتيت، فلوريت، غرانـات، تورمـالين روتيل (هناك 45 فلز ثانوي).

4 ـ الفلزات النامية على حساب الفلزات الرئيسية:

ـ ايبيدوت: وينمو على حساب جميع الفلزات الرئيسية.

ـ كلوريت: وينمو على حساب البيوتيت والهورنبلاند.

ـ سيرسيت، كاربونات، البيت وينمو على حساب البلاجيوكلاز.

ويعد صخر التونالیت فرداً من أفراد عائلة الغرانوديوريت.

نسبة الفلزات القاتمة في الصخر يمكن أن تصل حتى 41%.

تعتمد الأنواع المختلفة في هذا الصخر على نسبة الفلزات القاتمة وعلى شكل وحجـم الفلزات المشكلة له.

أ ـ 1 ـ التونالیت:

اللون: صخر رمادي مخضر، رمادي فاتح، حتى الرمادي القاتم.

حجم الحبات: كبير، متوسط الحبيبة، ناعم الحبيبة.

التجانس: متجانس، غير متجانس ويمكن أن يكون بورفيري.

البنية: Texture

كتلية اوغنيسية نادراً مخططة أو منطقة.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ الفلزات الرئيسية:

ـ **بلاجيوكلاز:** يكون بشكل بلورات متناظرة من نوع الانديزين وهو الفلز المـسيطر في الصخر.

ـ **الصفاح البوتاسي:** نادر ويمثل 10% من مجموع فلزات الصفاح وهو مـن نـوع الاورثوكلاز.

ـ **كوارتز:** يملأ الفراغات بين الفلزات الأخرى.

ـ **كلينوبيروكسين:** وهو من نوع (ديوبسيد، اوجيت)، لا يتواجد بشكل دائم في صخر التوناليت، ينمو حوله فلز الهورنبلاند، ويتواجد بالإضافة إليه فلز الأورثوبيروكسين (هبرستين).

ـ **الأمفيبول:** وهو من نوع الهورنبلاند ذو تبلور كامل (وجهي).

ـ **البيوتيت:** يكون بشكل ألوان أو وريقات ويعد من الفلزات الدائمة الوجود في الصخر.

2 ـ فلزات الدرجة الثانية:

ماغنيتيت، تيتانوماغنيتيت، ايلمينيت.

3 ـ الفلزات الثانوية:

اباتيت، تيتانيت، زركون، روتيل.

4 ـ الفلزات النامية على حساب الفلزات الرئيسية:

ـ كلوريت على حساب البيوتيت والهورنبلاند.

ـ البيت

ـ سيرسيت

ـ ساسوريت على حساب البلاجيوكلاز

ـ ايبيدوت على حساب الفلزات القاتمة

نسبة الفلزات القاتمة في الصخر يمكن أن تصل 41%، تعتمد الأنواع المختلفة من هذا الصخر على نسبة الفلزات القاتمة وعلى شكل وحجم الفلزات المشكلة له.

ب ـ عائلة الغرانيتات منخفضة الفلوية (تحت الفلوية)

ينطوي تحت هذه العائلة صخرا البلاجيوغرانيت والغرانيت منخفض الفلوية.

ب ـ 1 ـ البلاجيوغرانيت:

اللون: يتواجد الصخر بألوان الأبيض، الرمادي، الرمادي المخضر ومختلف درجات الظلال الحمراء الرمادية.

حجم الحبات: كبير خشن إلى متوسط الخشونة، ذو مظهر بورفيري.

البنية: كتلية، تاكسيتية، أحياناً موجهة، غنيسية.

الفلزات المشكلة للصخر:

1 ـ الفلزات الرئيسية:

ـ بلاجيوكلاز: وهو من نوع أوليغوكلاز أو انديزين ونادراً لابرادور تمنطقي كامـل التبلور لوحي (المركز اوليغوكلاز ـ انديزين An_{20-30}، والمحيط من نوع البيت An_{7-20}) يمثل (50 ـ 60%) من نسبة فلزات الصخر.

ـ الصفاح البوتاسي: اورثوكلاز (اورثوز) ـ ميكروكلين ويمثل أقل مـن 5% مـن الصخر.

ـ بيوتيت ونادراً موسكوفيت: يمثل (5 ـ 8%) وهو تموجي (بني مخضر وحتى بني محمر، نادراً ذو ظلال حمراء بنية) ويكون بشكل صفائح.

ـ كوارتز يمثل 30 ـ 35%

ـ هورنبلاند (5 ـ 8%)

ـ بيروكسين يمثل بلورات مفردة.

2 ـ الفلزات الثانوية:

اباتيت، زركون، ماغنيتيت، موناسيت.

ما يميز صخر البلاجيوغرانيت هو ارتفاع نسبة البلاجيـوكلاز والفلـزات القاتمـة، وانخفاض نسبة الصفاح البوتاسي. ويتميز عن الديوريت الكوارتزي بارتفاع الكوارتز نـسبياً في الأخير وانخفاض الفلزات القاتمة مع ازدياد في نسبة البيوتيت فيه، نـسبة الـسيليكا فـي البلاجيوغرانيت تصل بين 68 ـ 77% وارتفاع نسبة الصوديوم مقارنة بالبوتاسـيوم حيـث ($\frac{Na_2O}{K_2O} \geq 1.7\%$) وأحياناً أكثر وهو ذو الومينية مرتفعة، للبلاجيوغرانيت عدة أنواع منها:

ب ـ 1 ـ 1 ـ البلاجيوغرانيت الفاتح (ليكوبلاجيوغرانيت):

يحتوي بلاجيوكلاز حامضي (البيت ـ اوليغوكلاز) ويمثل 70%، كوارتز 25%، مـع نسبة قليلة من الفلزات القاتمة وعندها يسمى الصخر تراندميت.

ـ البلاجيوغرانيت ثنائي الميكا (بيوتيت ـ موسكوفيت).

ـ بلاجيوغرانيت اندريزيني وبلاجيوغرانيت لابرادوري.

ـ اندريت (وهو بلاجيوغرانيت حاوي على هبرستين، ديوبسيد، غرانات) على تماس مع صخور البلاجيوغرانيت ينمو مكامن النحاس، الحديد ضمن صخور استعاضية تماسية.

ب ـ 1 ـ 2 ـ الغرانيت منخفض الفلوية (تحت فلوي):

اللون: له ألوان فاتحة خاصة اللون الرمادي، الزهري.

حجم الحبات: متوسط ـ خشن الحبيبة، بورفيري.

البنية: كتلية، تكسيتية محلياً.

الفلزات المشكلة للصخر:

ـ **البلاجيوكلاز:** (30 ـ 50%) وهو من نـوع (اوليغـوكلاز ـ انـديزين) وتـشكل بلورات كاملة التبلور وجهية تمنطقية (المركز An_{35-40} حتى An_{45-55} أما المحيط فهو An_{15-25}).

الصفاح البوتاسي: (19 ـ 30%) تحت وجهي، بيرتيتي بشكل صفائح ضيقة وحتـى المظهر الخيطي.

بيوتيت: (1 ـ 6%) من نوع (فلوغوبيت ـ آنيت، ايستونيت ـ سيديروفلليت).

الهورنبلاند: (صفر ـ 3%).

كوارتز: (21 ـ 33%).

أحياناً يتواجد البيروكسين.

2 ـ الفلزات الثانوية:

اباتيت، زركون، ماغنيتيت، ايلمينيت، اورتيت، غرانات.

تتميز هذه الصخور من حيث التركيب الكيميـائي بارتفـاع نـسبة Cao,Mgo,Al_2o_3 وانخفاض نسبة القلويات وما يميزها عن البلاجيوغرانيت هو ارتفاع نسبة K_2o فيه وانخفاض نسبة الفلزات الفاتمة، وهو مرتفع الألومينية.

تتميز أنواع هذه الصخور عن بعضها بأنواع الصفاح وبالفلزات الفاتمة المشكلة لهـا، كذلك بظهور أو غياب الفلزات الألومينية.

ج ـ عائلة الغرانيت النظامية (الكلسية ـ القلوية):

اللون: رمادي فاتح، رمادي حتى الأصفر، زهري ويسيطر عـلـى الـصخر اللـون الزهري.

حجم الحبات: خشنة ـ متوسطة إلى ناعمة الحبيبة نادراً بغماتيتي.

التجانس: متجانس أو بورفيري.

البنية: كتلية، غنيسية.

الفازات المشكلة للصخر:

ـ كوارتز (23 ـ 36%) في جميع أنواع الغرانيت يكون لـه جـيلان الأول بـشكل بلورات كبيرة حتى (اسم) والجيل الثاني يكون بشكل بلورات صغيرة (1 ـ 5مم) بالإضـافة إلى توضعه داخل الصفاح البوتاسي بشكل انبثاقات ميكروغرافية.

ـ **البلاجيوكلاز:** (24 ـ 35 وأندر تصل 39 ـ 41) وهو من نوع An_{30-36} حتى An_{8-10} وعادة يكون An_{20-25}) ويكون بشكل مواشير متطاولة أحياناً يكون تمنطقي (المركز An_{30-40} والمحيط An_{20-15}) أوليغوكلاز ـ اندينزين.

ـ **الصفاح البوتاسي:** له شكل لوحي ويمثل 30%.

يلاحظ في أنواع الغرانيت أن نسبة البلاجيوكلاز تكون أكثـر قلـيلاً مـن الـصفاح البوتاسي ونادراً تكون نسبة الصفاح البوتاسي أعلى من بلاجيوكلاز في حين تكون متـساوية في بعض الحالات.

ـ البيوتيت:

يكون بشكل حبات لوحية متوضع بشكل جيلين يتراوح حجم حباتـه بـين (2ـ ـ5 و 0.5ـ 2مم) ويمثل (4%) من حجم الصخر ويحتوي على اباتيت وزركون.

ـ أمفيبول:

يمثل (0.3 ـ 1%) من حجم الصخر.

ـ موسكوفيت:

يتواجد في الغرانيت ذو نوعي الميكا ويمثل (6%) من حجم الـصخر مـع العلـم أن نسبته عادة لا تتجاوز (1 ـ 1.5%).

الأنواع المعروفة من الغرانيت تكون حاوية على فلزات ذات الومينية مرتفعة (كورديوريت، سيليمانيت، اندالوزيت).

تمثل نسبة السيليكا في الغرانيت النظامي 68% ونادراً ما تصل إلى 73% ونسبة أوكسيد الصوديوم + أوكسيد البوتاسيوم = 7 ـ 8%، أوكسيد الصوديوم/أوكسيد البوتاسيوم = 6.0 ـ 4.1 وهي مرتفعة الألومينية.

لهذه الصخور أنواع مختلفة منها: (الشكل 22).

* غرانيت بيوتيتي.
* غرانيت هورنبلاندي.
* غرانيت بيوتيتي ـ موسكوفيتي (ميكاوي).
* غرانيت هورنبلاندي ـ بيوتيتي.

د ـ عائلة الليكوغرانيت (الغرانيت الفاتح) تحت قلوي:

اللون: ذو لون رمادي وزهري.

حجم الحبات: يتراوح بين بغماتيتي كبير الحجم وحتى ناعم الحبيبة.

البنية: كتلية نادراً مخططة، غنيسية.

الفلزات المشكلة للصخر:

1 ـ الفلزات الرئيسية:

ـ البلاجيوكلاز: تتراوح نسب البلاجيوكلاز بين (20 ـ 30%) في أغلب أنواع هذه الصخور ونادراً ما يتراوح بين 11 و29% ويعود لجيلين، الجيل الأول تمنطقي، ذو توأمية وهو من نوع الأوليغوكلاز An_{22-33} وبحجم (4 ـ 5مم)، أما الجيل الثاني أكثر حامضية An_{15-18} وحجمه أجزاء من الميليمترات له توأمية البيت.

ـ الصفاح البوتاسي: اورثوكلاز، ميكروكلين، لوحي حجم حبيباته (1 ـ 2سم) وحتى ناعم الحبيبات (2 ـ 3مم) ويحوي الصفاح البوتاسي على انبثاقات من الالبيت نسبة الصفاح (24% ـ 51%).

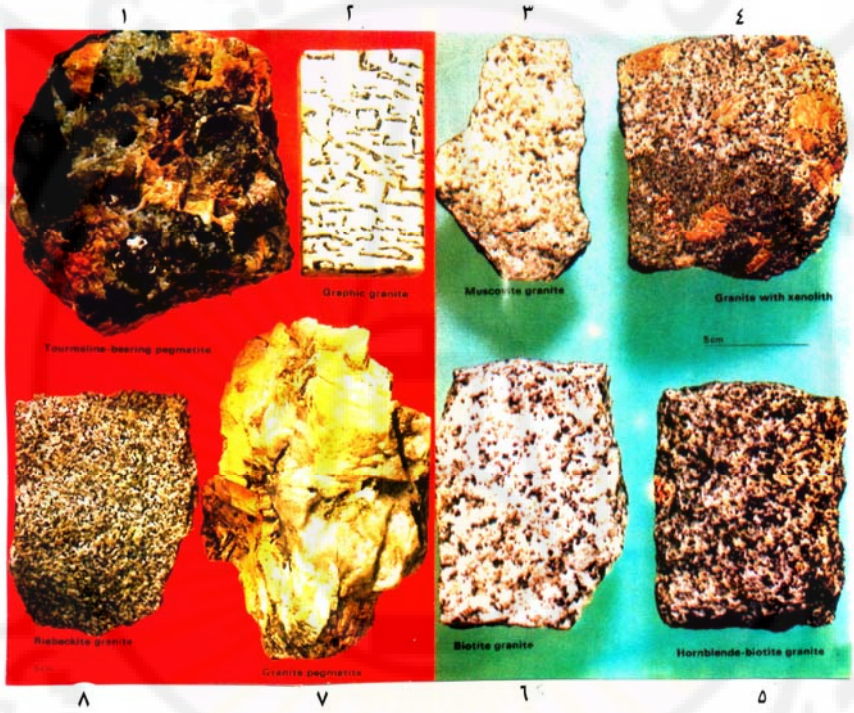
ـ بيوتيت: لوحي يتشكل من جيلين الجيل الأول يكون حجم الفلزات فيه (2 ـ 5مم) أما الجيل الثاني فيكون حجم الفلزات أجزاء من أعشار الميليمترات ويكون هذا البيوتيت واضحاً في الليكوغرانيت.

ـ **أمفيبول:** هورنبلاند قياس حباتها (1 ـ 3مم) وهو لا يتواجد دائماً في الصخر نادراً تصل نسبته إلى (1 ـ 5.1%).

ـ كوارتز شكله غير منتظم، وحجم الحبات يصل من 1سم وحتى (2 ـ 5مم) ويمثـل (23 ـ 40%) من حجم الصخر.

2 ـ فلزات ثانوية (نادرة):

اباتيت، زركون، أورتيت، ايلمينيت، تيتانيت، ماغنيتيت يتواجد بنسبة قليلة أو لا يتواجد.



الشكل (22) يمثل الأنواع المختلفة للغرانيت

1 ـ البغماتيت التورماليني

2 ـ الغرانيت الكتابي

3 ـ الغرانيت الموسكوفيتي

4 ـ الغرانيت الحاوي على محتبسات

5 ـ الغرانيت البيوتيتي الهورينلاندي

6 ـ الغرانيت البيوتيتي

7 ـ الغرانيت البغماتيتي

8 ـ الغرانيت الريبكيتي (الريبكيت نوع من أنواع الأمفيبول)

محتوى هذه الصخور من السيليكا 73 ـ 4.76%، متوسط قيمة $Na_2O + K_2O$ تصل حتى 5.7%، $\frac{Na_2O}{K_2O} = 1.23 - 0.54$

هذه الصخور صودية – بوتاسية غير أن النوع البوتاسي فيها نادر.

ونميز في الليكوغرانيت حسب نسبة الاحتواء على الفلزات الفاتمة:

ـ ليكوغرانيت بيوتيتي وهو كثير الانتشار.

ـ ليكوغرانيت بيوتيتي هورنبلاندي.

ـ ليكوغرانيت ميكاوي (بيوتيت، موسكوفيت).

ـ ليكوغرانيت تورمالييني (التورمالين من المظاهر الغازية).

ـ ليكوغرانيت تورمالييني ـ موسكوفيتي.

ـ آلاسكيت وهو صخر فاتح يتألف من بلاجيوكلاز أقل من 10% وتكون نسبة الأورتوز والميكروكلين فيه أكبر من بلاجيوكلاز وهو لا يحتوي على فلزات قاتمة وإن احتوى فهي لا تتجاوز 1% وهو حبيبي(ذو تبلور واضح)، زهري أو رمادي.

ـ ابليت وهو صخر فاتح يتميز بتبلوره الدقيق.

ـ بغماتيت، صخر أبيض، حجوم فلزاته تصل حتى (اسم) وأكبر، له نفس تركيب الغرانيت، يكون بشكل عروق.

3 ـ 1 ـ 2 ـ صخور نصف الأعماق (ميكروغرانيت نظامي):

وتتألف من كوارتز + اورثوز + بلاجيوكلاز + بيوتيت ونادراً كورديوريت وأمفيبول، وموسكوفيت.

نميز حسب درجة التبلور الأنواع التالية:

ـ ميكروغرانيت دقيق التبلور

ـ ميكروغرانيت خفي التبلور

ـ ميكروغرانيت بورفيري

3 ـ 1 ـ 3 ـ الصخور البركانية الحامضية النظامية (السطحية):

المقابلات السطحية للغرانيت ـ غرانوديوريت والتونالیت هي على التوالي (ريوليـت ـ ريوليت اوبسيديان)، (ريوداسيت ـ ريواوبسيديان)، (داسيت ـ داسيت اوبسيديان)، الشكل (23).

أ ـ ريوليت ـ ريوليت أوبسيديان:

صخر ناتج عن التبريد السريع للماغما حيث تتصلّبْ بشكل زجاج مع بلورات كبيـرة (فينوكريست) أو بدونها هذه الصخور بورفيرية حيث الفينوكريست يكون من الفلدسبار (مـن الساندين) وعادة يكون الساندين الصودي بالإضافة إلى بلورات الكوارتز الفينوكريستية. فـي بعض أنواع الريوليت مرتفع القلوية يكون الفينوكريست من الأنورثوكلاز في حين يكون من البلاجيوكلاز في الصخور تحت القلوية.

في الأوبسيديان يكون البلاجيوكلاز من نوع البيت ويتواجد أحياناً هـذا النـوع مـن البلاجيوكلاز في الأنواع القلوية ومرتفعة القلوية.

في كثير من أنواع الريوليت يتواجد فلزات حديدية مغنيزية أكثرها تواجداً هو البيوتيت ذو البلورات الوجهية الصغيرة، وبشكل ليس نادراً الأوجيت عديم اللون، ثم الهيبرستين الـذي يتواجد في بعض الأنواع، أما الهورنبلاند فهو أكثر ندرة.

في بعض الأنواع تحت القلوية الريوليتية والبتشـستون يتواجـد فينوكريـست مـن الغيرواوجيت وفياليت بالإضافة للأورتوز، وفي بعض الحالات الغارنت من نوع سبيسارتين ـ الماندين، في حين لا يتواجد الموسكوفيت الأولي.

كما يحتوي هذا النوع من الريوليت الأنيغماتيت كفلزات حديدية مغنيزية فينوكريـستية متوازنة مع ايدينبرجيت صودي يترافق أحياناً مع الغاياليت أو مع أمفيبول صودي كما تتواجد فلزات حديدية مغنيزية في أرضية هذا الصخر وهي عبارة عن اينغماتيـت ـ ابجيـرين ـ ارفيدوسينيت وريبكيت.

الفلزات الثانوية (النادرة) من الاباتيت، خامات حديد، زركون: يمكن أن تلاحظ هـذه الفلزات في طور الفينوكريست الذي يختفي ضمن الأرضية.

الريوليت ـ الريوليت اوبسيديان هي المقابلات السطحية للصخور الغرانيتيـة تحـت القلوية والقلوية والغرانيت.

أ ـ 1 ـ الريوليت مرتفع القلوية ـ ريوليـت ـ اوبـسيديان مرتفع القلوية: peralkalin rhyolites

تحتوي على فينوكريست من الانورتوكلاز، ايدينبرجيت صودي، انيغماتيـت أحيانـاً فياليت بعضها يحتوي كوارتز، الأرضية تحتوي فلزات واضـحة التبلـور مـن الفلدسـبار البوتاسي وفلزات سيليكاتية بالإضافة إلى ايجيرين وانيغموتيت، بعض أنواع هـذه الـصخور تحتوي على الريبكيت.

أ ـ 2 ـ الريوليت القلوي: Alkali rhyolites

صخر فاتح جداً يحتوي فينوكريست من ساندين وكوارتز او من الساندين فقـط مـع ظهور كميات صغيرة من البلاجيوكلاز الكلسي بين الفينوكريست غير أنـه لا يتواجـد فـي الأرضية بالإضافة للفلزات السابقة يوجد البيوتيت ويكون الأمفيبول متواجـداً بـشكل أنـدر بكميات قليلة بشكل فلزات فينوكريست كما يتواجد البيروكسين بشكل متناوب مع الأمفيبـول وغالباً يكون من نوع الفيرواوجيت مع أو بدون فياليت.

أ ـ 3 ـ ريوليت اوبسيديان قلوي:

ليس بورفيري، يحوي أحزمة من البلورات وميكروليت وكزينوليت وهورنبلاند بنـي مخضر ابري واندريزين مع قليل من الزجاج التداخلي.

نفس الفلزات موجودة في الاوبسيديان ولكن بشكل مبعثر بـشكل خثـرات أو حبـات مفصولة مفردة.

ب ـ ريوداسيت ـ داسيت ومقابلاتها من الأوبسيديان:

تكون هذه الصخور زجاجية، جزئياً أو كلياً أو مبلورة بشكل كريبتوكريستال (بلورات لا تتميز تحت المجهر العادي). إن الريوداسيت كثيراً ما يشابه الريوليت في حـين الداسـيت والريوداسيت يشبه كثيراً الاندريزيت.

عادة ما تكون هذه الصخور بورفيرية تحتوي فينوكريست وجهـين مـن الكـوارتز، ريوداسيت يحوي فينوكريست ساندين وهذا ما يميـزه عـن الداسـيت غيـر أن الكـوارتز والفلدسبار القلوي يكون خفياً مختبئاً في زجاج الأرضية.

يحتوي الريوداسيت والداسيت عادة فينوكريست من البلاجيوكلاز الكلسي الممنطق، أما الفلزات المغنيزية الحديدية فتكون عادة بشكل فينوكريست من البيوتيت، هورنبلاند (بنـي أو أخضر في المقاطع الرقيقة)، أوجيت وهبرستين، قليل من أنواع الداسيت الفقيـر بالـسيليس يحتوي على أوليفين.

تحوي بعض أنواع الداسيت والريوداسيت فينوكريست من الفيرواوجيت والفايالیـت، الهورنبلاند يتواجد في صخور ذات أرضية زجاجية محصور في زجاج الأرضية.

عندما تكون الأرضية مبلورة تكون عندها من فلزات الفلدسبار مع فلـزات سـيليكاتية وبلورات وجهية من البيروكسين، الساندين والبلاجيوكلاز المتواجد في أرضية الريوداسـيت. يتواجد التريموليت وكريستوباليت في جسم الصخر الحديث أما في الـصخر القـديم فيكـون عبارة عن الكوارتز.

ب ـ 1 ـ اوبسيديان:

وهو ريوليت لا مائي زجاجي.

ب ـ 2 ـ بشتاين اوريتينيت:

وهو ريوليت مائي (10%) زجاجي بأكمله.

ب ـ 3 ـ بيرليت:

ريوليت مائي تصل نسبة الماء فيه بين 5.2 ـ 6% تظهر تشققات في هذه الـصخور تقسمها إلى عدة بلوكات (أجزاء) التي تشكل كرات منفصلة تسمى البيـرل (أي ذات الـشكل الدائري الشبيه باللؤلؤ).

وتمثل الصخور الثلاث الأخيرة الصخور البركانية الزجاجية غير المبلورة لكـن هنـا تجدر الإشارة إلى أن البيشتاين يمكن أن يحوي أحياناً على بعض البلورات من الأوجيت.

3 ـ 1 ـ 1 ـ 2 ـ عائلة الصخور الحامضية تحت الفلوية العميقة:

يتبلور الغرانيت تحت الفلوي من ماغما تحت مشبعة بالألومينا ويؤدي إلـى تـشكيل بيروكسين صودي أو بيروكسين صودي ويتواجد الإيجيرين (الكميت) في تحاليل التورم، هذا النوع من الغرانيت يحتوي ريبيكيت، ريبكيت وايجيرين، ايجيرين، أرفيدوسينيت وهذه الفلزات تُعد الفلزات القاتمة في هذه الصخور.

أ ـ الغرانيت الحامل للريبكيت:

حيث يكون الريبكيت والايجيرين بشكل بلورات تحت وجهية، أو بينيـه تنمـو بـين البلورات، او متغلغلة ضمن الفلزات الأخرى.

الفلدسبار في هذه الصخور يكون من نوع ميكروكلين ـ ميكروبيرتيت وفـي بعـض الصخور يكون هذا النوع من الفلدسبار فقط هو النوع الوحيد المتواجد. وفي مجموعة أخرى يتواجد الالبيت.

ويتواجد الايجيرين الأخضر متوازناً مع لايجيرين البني.

ب ـ الغرانيت الحامل للأرفيدوسينيت:

وهو يحوي الأرفيدوسينيت (نوع من أنواع الأمفيبول القلوي) مع البيت ـ انتيبرتيـت كوارتز مع محتبسات من السوائل ويكون الأرفيدوسينيت بشكل مواشير غير منتظمة وبـشكل بلورات غير منتظمة وأما الايجيرين والإينغماتيت فيتواجدان بشكل بلورات ثانوية.

3 ـ 1ـ 1 ـ 3 ـ عائلة الصخور الحامضية العميقة القلوية:

صخور نادرة وتتميز عن الصخور الحامضية الأخرى بأنها تحتوي صفاح صودي ـ بوتاسي، وعلى فلزات قاتمة (أمفيبول قلوي وبيروكسين قلوي).

نسبة البيت (Ab)، اورتوز (Or) وميكروكلين تصل 60%، أما الكوارتز فيصل 30% بالإضافة للفلزات القاتمة وهي ايجيرين، ريبكيت، بيوتيت).

فلزات ثانوية: تيتان زركون، اباتيت، فلوريت، ماغنيت.

أنواعه تتبع الفلز القاتم:

غرانيت بيروكسيني، غرانيت أمفيبولي، غرانيت بيـوتيتي، غرانيـت موسـكوفيتي، غرانيت بيوتيتي موسكوفيتي، غرانيت بيروكسيني أمفيبولي.



الشكل (23):

يظهر الشكل الأنواع المختلفة من الصخور الاندفاعية الحامضية.

1 ـ صخر الريوليت

2 ـ البتشستون

3 ـ اوبسيديان

4 ـ بوميس

5 ـ ميكروغرانيت بورفيري (تحت سطحي).

البنية:

متجانسة حبيبية أوغنيسية يختلف الغرانيت القلوي عن النظامي باحتوائه على كمية عناصر قلوية أعلى من 9% وعلى حديد (Fco) عالي في حين تكون كمية cao قليلة.

من أنواعه أيضاً:

أ ـ البغماتيت:

الذي يتألف من مرو + صفاح

فلزات حديدية مغنيزية نادرة

فلزات غازية بنسبة كبيرة (تورمالين، توباز، فلوغوبيت، اباتيت، بيريل).

ويقسم البغماتيت إلى نوعين:

أ ـ 1 ـ بغماتيت صودي ليتي:

يحتوي هذا البغماتيت على:

ـ ليبيدوليت (أخضر مصفر) + مرو + صفاح.

ـ تورمالين بشكل مواشير صافيه أو وردية (بتأثير الروبيديوم).

ـ البيريل بشكل مواشير خضراء أو شافة أو حليبية.

أ ـ 2 ـ بغماتيت بوتاسي:

وهو صخر شائع مشترك مع أنواع الغرانيت الكلسية ـ الـصودية ومؤلـف بـشكل رئيسي من:

مرو+ ميكروكلين صودي أو بيرتيتي.

الفلزات الثانوية:

موسكوفيت، تورمالين، توبار.

3 ـ 1 ـ 2 ـ 3 ـ صخور نصف أعماق حامضية قلوية

أ ـ ميكروغرانيت قلوي:

يتواجد على أطراف الكتل الغرانيتية القلوية وتكون ذات سحنة حبيبية ناعمة وهي دليل التريد السريع مقارنة بصخور الأعماق. وله نفس تركيب الغرانيت القلوي غير أنه أنعم.

3 ـ 1 ـ 3 ـ 3 ـ صخور حامضية قلوية اندفاعية

أ ـ ريوليت قلوي:

هذا النوع من الصخور الاندفاعية قليل جداً، يتألف من كوارتز، أورثوز، بلاجيوكلاز، بيتوتيت ولكن عندما يسيطر الفلدسبار البوتاسي يصبح الصخر بلون أحمر أو زهري وتكـون عندها نسبة أورثوز أعلى من البلاجيوكلاز، يكون الريوليت غالباً بورفيري البنية.

ب ـ كيراتوفير كوارتزي:

لون هذه الصخور أحمر، أخضر.

تتألف من ابرميكروليتية من الألبيت المغلفة بإسمنت قوامه مـن المـرو والكلوريـت والسيرسيت والايبيدوت والسفين والأباتيت ومن هنا أتى لون هذه الصخور.

ويعد نوعاً من أنواع التراكيت الغني بالالبيت والذي استعيض فيـه عـن الفلـزات الحديدية المغنزية بما يقابلها من فلزات هيدروترماليه (كلوريت، ايبيدوت، كالسيت).

3 ـ 2 ـ صخور متوسطة التركيب

3 ـ 2 ـ 1 ـ صخور متوسطة التركيب عميقة:

3 ـ 2 ـ 1 ـ 1 ـ صخور متوسطة التركيب عميقة نظامية.

الفلزات المشكلة لهذه الصخور هي بلاجيوكلاز An40 تحت وجهي غالبـاً تمنطقـي، بيوتيت بني متواجد في كثير من أنواع الديوريت ويكون بشكل الواح صغيرة أو نثرات لوحده أو في حالة توازن مع الهورنبلاند ولكن يكون في أنواع الديوريت البيروكسيني بشكل صفائح بويكيلية ويمكن أن يكون قد تشكل بشكل جزئي على حـساب البيروكـسين أو الهورنبلانـد. الهورنبلاند يتواجد بشكل بلورات موشورية تحت وجهية عادة يكون بلون بني مخضر ويكون بنياً في أنواع الديوريت الفاتمة.

البيروكـسين إن كمـا أن متواجـداً فيكـون أورثـوو كلينوبيروكـسين، ويكـون الاورثوبيروكسين نسبياً تحت وجهي ونادراً ما يأخذ بشكل بلورات بويكيلية مع البلاجيوكلاز.

يكون الكلينوبيروكسين من نوع الأوجيت متحول إلى هورنبلاند الأوليفين عادة يكـون من الفلزات الثانوية وأحياناً يصبح فلزاً من الفلزات الهامة.

الفلزات الثانوية: اباتيت، زركون، سفين، اورتيـت وخامـات حديديـة، ايلمينيـت، ماغنيتيت، بيروتيت، كالكلوبيريت، بيريت، بيروتيت أنواع مـن الـديوريت تحتـوي علـى الكوارتز يمكن عندها أن يترافق هذا الكوارتز مع الفلدسبار البوتاسي.

البنية:

البنية النموذجية للديوريت هي حبيبية تحت وجهية، أحياناً بنية بويكيلية الشكل(25).

تقسم هذه المجموعة من الصخور إلى ثلاثة عائلات:

أ ـ عائلة الديوريت:

لون صخور هذه العائلة رمادي، رمادي مخضرة وحتى الأسـود، متجانـسة، نـادراً بورفيرية مع تفاوت كبير في حجم الحبات حيث تتفاوت بين كبيرة الحجم وحتى الناعمة.

البنية:

كتلية، تاكسيتية نادراً، كروية، غنيسية.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ بلاجيوكلاز: 65 ـ 70% في أنواع الديوريت الفاتح (ليكوديوريت) يصل حتـى 95% من حجم الصخر وهو من نواع أوليغوكلاز واندينين نادراً لابـرادور وفـي الأنـواع التمنطقية يمكن أن يتواجد بيتونيت وأنورتيت.

البلاجيوكلاز لوحي أحياناً متناظر، أو موشوري، له توأمية الألبيت والتوأمية المعقدة.

2 ـ الفلزات القاتمة 30 ـ 35%

ـ الكلينو بيروكسين وهو من نوع (ديوبسيد، أوجيت) بشكل مواشير قـصيرة محـاط بنطاق من الهورنبلاند الأخضر.

ـ الأورثوبيروكسين (هبرستين بشكل اندر من البرونزيت) عادة ما يكون وجهياً.

ـ الأمفيبول (هورنبلاند) بشكل مواشير متطاولة ليس لأطرافها حدود ونادراً ما يكون الهورنبلاند ابيري ويكون له مظهر المصفات بسبب فساده إلى بيوتيت.

ـ **البيوتيت:** بلوراته تكون وجهية أو يكون لها شكل غير منتظم.

3 ـ الكوارتز:

يحتوي محتبسات من الفلزات القاتمة والبلاجيوكلاز والفلزات الثانوية.

4 ـ الفلزات الثانوية (النادرة): 5%

ماغنيتيت، اباتيت، وبشكل اندر ايلمينيت، تيتانيت، زركون نادر جداً أورتيت.

5 ـ الفلزات النامية على حساب الفلزات الرئيسية (فلزات الفساد):

أورااليت، كلوريت، ايبيدوت، ماغنيتيت، البيت، سيرسيت.

أنواع الديوريت الفاتحة والمتوسطة اللون يقابلها الانديزيت البازلتي.

الديوريت يكون بشكل دايكات ولاكوليت وعادة يدخل الديوريت فـي الكتـل الكبيـرة والتي تمر بشكل تدريجي باتجاه الغرانيتوئيدات.

ـ ويمكن للديوريت أن يكون بشكل أجسام قاطعة.

والديوريت المرافق للغابروئيدات يكون في مناطق الطيات.

يتواجد مع الديوريت مكامن الذهب والماغنيتيت من نوع السكارن وكـذلك النحـاس، الموليبدين، الولفراميت.

يستخدم الديوريت كمواد زينة:

ب ـ عائلة الديوريت الكوارتزي:

اللون: رمادي، رمادي مخضر.

حجم الحبات: من كبير إلى ناعم الحبية.

البنية: كتلية، بشكل اندر غنيسية، نادراً تاكسيتية.

الفلزات الرئيسية المشكلة:

1 ـ البلاجيوكلاز 55 ـ 65% وهو من نوع أوليغوكلاز (An_{10-35}) – وأنديزين (An_{45}) في المحيط أما في المركز فهو من نوع البيت وحتى بيتونيت (An_{30-80}) ويكون بشكل الـواح متطاولة (في الأنواع القاتمة) وفي الأنواع (الفاتحة ومتوسطة اللون) تكـون بـشكل ألـواح متطاولة، أو يكون متساوي الأبعاد (الحجم).

2 ـ الفلزات الفاتمة: تمثل (0 ـ 25%) من حجم الصخر ونادراً مـا تـصل حتـى 35%.

ـ كلينوبيروكسين (أوجيت وبشكل اندرديوبسيد). بشكل مواشير قصيرة غير منتظمة الشكل كثيراً ما يكون محاطاً بالهورنبلاند.

ـ أورثوبيروكسين (هبرستين) تكون بشكل حبات وجهية.

ـ أمفيبول (هور نبلاند) بشكل ألواح أو بشكل غير منتظم.

ـ بيوتيت بشكل حراشف يحيط بالبيروكسين ونادراً بالهورنبلاند.

3 ـ الكوارتز 5 ـ 20%:

يكون بشكل بلورات غير منتظمة ويتوضع بين الفلزات السابقة.

4 ـ الأورثوز (5%):

أحياناً يتواجد بكمية قليلة.

5 ـ فلزات الفساد:

أورالیت، كلوريت، ايبيدوت، ماغنيتيت، البيت، سيرسيت، ليكوكسين.

6 ـ الفلزات الثانوية:

لباتيت، تيتانيت، زركون، ماغنيتيت، ايلمينيت، فلوريت، تورمالين، غرانات.

الديوريت الكوارتزي من حيث التركيب الكيميائي والفلزي يطابق الأنديزيت.

والديوريت أما أن يكون بوتاسي صودي حيـث $\frac{Na_2O}{K_2O}$ = 7.0 ـ 4% أو صـودية حيث $\frac{Na_2O}{K_2O}$ = 4 ـ 15%.

أما ما عدا ذلك فيكون الديوريت ذو الومينية نظامية (75.0 ـ 1) أو مرتفع الالومينية حيث (Al_2O_3 = 1 ـ 2) أو عالي الالومينية جداً (Al_2O_3 = 2 – 3.5).

يترافق الديوريت الكوارتزي عادة مع (غرانيتوئيدات، ديوريتات، غابروئيدات) وذلك في مرحلة تشكل الغرانيتوئيدات. يترافق أيضاً مع الديوريت الكـوارتزي، مكـامن الـذهب، الحديد، النحاس وأما الأنواع المميزة من الديوريت الكوارتزي فتستخدم كمواد بناء.

ج ـ عائلة الفيروديوريت:

اللون: رمادي فاتح أو قاتم فساده يعطي لون بني محمر.

البنية: مخططة.

يتميز الفيرودويورية بأن البلاجيوكلاز فيه أكثر حامضية من اندزين ـ لابرادور أي (An_{50})، أما الفلزات القاتمة فتكون غنية بالحديد.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1ـ بلاجيوكلاز: وهو من نوع أوليغوكلاز ـ اندزين حيث يكون تمنطقي ومركزه من الاندزين وأما المحيط فهو أوليغوكلاز.

2 ـ الفلزات القاتمة:

ـ الكلينوبيروكسين وهو من نوع الأوجيت الحديدي لونه بني قاتم ـ أسود.

ـ الأوليفين وهو من نوع فاياليت شديد الحديدية 10 ـ 21%.

3 ـ الكوارتز:

يكون بشكل بلورات مستقلة أو انبثاقات ضمن الأورتوز وتكون نسبة الكـوارتز بـين 5ـ10%.

4 ـ الأورتوز:

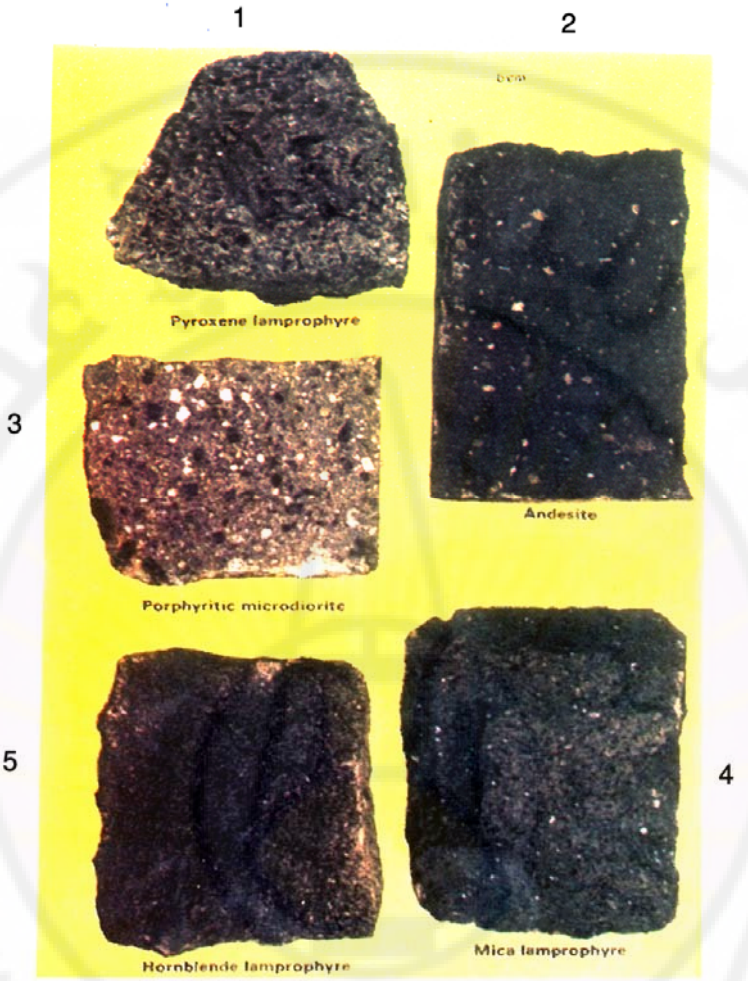
الفلزات الثانوية:

اباتيت، زركون، ايلمينيت، تيتانوماغنتيت.

أنواع الفيروديوريت:

ـ فيروديوريت أوليفيني بيروكسيني.

ـ فيروديوريت بيروكسيني.



الشكل (24)

يبين الشكل أنواع صخور:

1 ـ اللامبروفير البيروكسيني.

2 ـ أنديزيت.

3 ـ ميكروديوريت بورفيري.

4 ـ لامبروفير ميكاوي.

5 ـ لامبروفير هورنبلاندي.

3 ـ 2 ـ 3 ـ 1 ـ صخور متوسطة التركيب اندفاعية نظامية (سطحية):

أ ـ الأنديزيت:

هو المقابل السطحي (الاندفاعي) لصخر الديوريت الكوارتزي، وهو يورفيري لونـه قاتم البنية كتلية وأحيانا فراغية الشكل (24).

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1ـ فلدسبار:

غالباً ما يكون بشكل فينوكريست (بلورات كبيرة) ويكون في الأرضية بشكل عوارض صغيرة والفينوكريست غالباً تمنطقي وهو من نوع An_{80} وحتى An_{60} والمحيط يكون انـديزين وحتى أوليغوكلاز التمنطق تسلسلي أو مذبذب.

2 ـ البيروكسين:

يكون عادة حديدياً مغنزياً

ـ كلينوبيروكسين وهو متوافر بشكل جيد في جسم الصخر وفي الأرضية وهو مـن نوع الأوجيت الغني بالكالسيوم وبالمرور باتجاه البازلت يصبح الكلينوبيروكسين عبارة عـن أوجيت ـ بيجونيت.

ـ أورثوبيروكسين:

يمكن أن يتواجد بشكل فينوكريست في الجسم أو يمكن أن يتواجد فـي الأرضـية أو يتواجد في جسم وأرضية الصخر معاً.

3 ـ الأوليفين المغنيزي:

تكون بلورات الأوليفين بشكل فينوكريست في جسم الصخر وكذلك في الأرضية.

4 ـ الهورنبلاند والبيوتيت:

هي فلزات نادرة وأن وجدت فتكون بكمية قليلة بشكل فينوكريست.

5 ـ الفلزات الثانوية:

ايلمينيت ماغنيتيت، اباتيت وتتواجد هذه الفلزات بشكل فينوكريست في جسم الـصخر وكذلك في الأرضية.

يتواجد أيضاً الزركون في بعض أنواع الأنديزيت.

ب ـ الأنديزيت البازلتي:

وهو صخر قاتم، رمادي إلى رمادي قاتم، وهو المقابل السطحي للديوريت.

الفلزات الرئيسية:

1 ـ بلاجيوكلاز:

تكون بشكل بلورات فينوكريست واضحة التمنطق وكذلك يمكـن أن تكـون بـشكل بلورات ميكروليتيه ويكون مركز البلورات من اللابرادور ـ بيتونيت وأما المحيط فيكون من الأنديزين.

2 ـ البيروكسين:

ـ أورثوبيروكسين المسيطر وهو من الهيبرستين.

ـ الكلينوبيروكسين يكون من نوع ديوبسيد أوجيت.

3 ـ الهورنبلاند:

لونها بني وعادة فاسدة جزئياً أو كلياً مصابة بالأباتيزاتسيا.

4 ـ الفلزات الثانوية:

الماغنيتيت التيتانوماغنيتيت.

ج ـ الإيسلانديت:

وهو المقابل السطحي الديوريت الحديدي، لونه رمادي قاتم إلى أسود. نادراً ما يكـون بورفيري عندها يتواجد البيجونيت بشكل بلـورات كبيـرة بالإضـافة للبيجونيـت يتواجـد الهورنبلاند والأوليفين الحديدي، ما يميز الإيـسلانديت عـن الأنـديزيت أن الأول يحتـوي بلاجيوكلاز أكثر حامضية حيث لا يتجاوز البلاجيوكلاز نوع الانديزين وفلزات الإسـلانديت القاتمة (بيروكسين أوليفين) أكثر حديدية من الأنديزيت.

3 ـ 2 ـ 1 ـ الصخور متوسطة التركيب العميقة:

3 ـ 2 ـ 1 ـ 2 ـ صخور متوسطة التركيب عميقة تحت قلوية.

تكون نسبة السيليكا (SiO_2) في هذه الصخور (53 ـ 64) + 2% ومجموع العناصـر القلوية (5 ـ 5.7 وحتى 9 ـ 14%).

أ ـ عائلة صخور الديوريت ـ المونزونيت تحت القلوية العميقة:

هذه العائلة أقل انتشاراً من الـديوريت واحتوائهـا علـى الـسيليكا تتـراوح بـين (53 ـ 57%) ونادراً ما تكون أقل من (52%) وتتميز هذه العائلة عن الـديوريت النظـامي باحتوائها الأعلى على القلويات ($Na_2O+ K_2O$) وبظهور الصفاح الصودي البوتاسي.

أ ـ 1 ـ الديوريت تحت القلوي:

هذه الصخور مرتبطة بالصخور الديوريتية مع مرور تدريجي منها باتجاه الـديوريت تحت القلوي والديوريت الكوارتزي تحت القلوي ومونزوديويت.

الديويت تحت القلوي ذولون رمادي، رمادي ـ زهري، حجم حباتهـا متفـاوت مـن الناعمة ـ خشنة الحبيبة.

البنية: حبيبية متجانسة، أو غير متجانسة، أحياناً بورفيرية، نادراً تاكسيتية.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ بلاجيوكلاز:

تمنطقي من نوع (An_{36-45}) حيث يكون المركز من نـوع An_{60} وأمـا المحـيط An_{25} وحتى An_{30} وعادة يكون تمنطق نظـامي نـادراً تمنطـق عكـسي ويـشكل البلاجيـوكلاز 59 ـ 95% من الصخر.

2 ـ كلينوبيروكسين:

وجهي وهو من نوع الأوجيت محـاط بنطـاق مـن الهورنبلانـد وبيوتيـت ويعـد الكلينوبيروكسين نادر في هذه الصخور.

3 ـ أمفيبول:

من نوع الهورنبلاند ذات حديدية تصل 62% وجهي وعديم الوجهية.

4 ـ البيوتيت:

وهو فلز منتشر في هذه الصخور وجهي نادراً ما يكون حرشفياً شكله غيـر منـتظم حرارة تشكله تتراوح بين 650 ـ 750 وبشكل أندر 800 ـ 850°م

5 ـ صفاح صودي يوتاسي:

(بيرتيت ميكروكلين، بيرتيت أورثوكلازي) تحت وجهي محاط بالبلاجيوكلاز تـصل نسبه هذا الصفاح بالصخر (10%) من مجموع قيمة الصفاح الفلوي.

6 ـ الفلزات الثانوية:

ما غنيتيت، ايلمينيت، اباتيت، تتيانيت، زركون، بشكل اندراورتيت وكوارتز كفلـزات درجة ثانية.

7 ـ فلزات الفساد:

كلوريت، ايبيدوت، البيت، سيرسيت، ليكوكسين.

تقسم أنواع هذه الصخور بالاعتماد على نسبة الفلزات الفاتمة.

أ ـ 2 ـ الديوريت المونزونيتي:

يكون التركيب الفلزي لهذه الصخور وسطاً بين الديوريت تحت القلوي والمونزونيت.

اللون: رمادي، رمادي قاتم، رمادي قاتم مخضر.

البنية: متجانسة حبيبة بشكل اندربورفيرية.

حجم الحبات: من ناعمة الحبيبة وحتى خشنة الحبيبة.

الفلزات الرئيسية المشكلة:

1 ـ بلاجيوكلاز: لوجي، وجهي، ويمكن أن يكون تحت وجهي تمنطقي ذو تمنطقـي نظامي أو عكسي وهو من نوع (An_{3-50}) ويشكل انـدر أساسـي. ويمثـل 60 ـ 90% مـن الصخر.

2 ـ كلينوبيروكسين:

يكون بشكل مواشير قصيرة أو عديمة الشكل من نوع الأوجيت محـاط باليوتيـت أو الهورنبلاند بشكل بلورات مستقلة عديمة الوجهية أو لوحيـة، الهورنبلانـد بـدوره محـاط بالبيوتيت.

3 ـ الأمفيبول:

يكون من نوع الهورنبلاند بشكل بلورات مستقلة عديمة الوجهية أو لوحية. وهو محاط بالبيوتيت.

4 ـ صفاح صودي ـ بوتاسي:

ويكون بشكل بيرتيت أورثوز أو بيرتيت ميكروكلين غير شبكي. شكله غيـر وجهـي ونادراً وجهي محاط بنطاق من البلاجيوكلاز والذي يشكل هذا النوع من الصفاح يكون ناتجـاً عن عمليات بعد مغماتية استعاضية بوتاسية.

وتمثل نسبة هذا الصفاح في الصخر (10 ـ 35%) من مجموع كمية الصفاح.

والتسلسل الزمني لتبلور الفلزات هو:

البلاجيوكلاز (في الصخور الحاوية على الأوليفين يكون الأوليفين مكان البلاجيوكلاز) الفلزات القاتمة (أوجيت، هورنبلاند، بيوتيت). ثم الصفاح الصودي البوتاسي.

5 ـ فلزات الدرجة الثانية:

كوارتز اوليفين (بشكل نادر).

6 ـ الفلزات الثانوية:

ماغتيت، تيتانيت، زركون، كلوريت، البيت، سيرسيت، ايبيدوت صـخور الـديوريت المونزونيتي هي صخور صودية بوتاسية حيث $4.0=\frac{Na_2O}{K_2O}$ ـ 3% وهذه الصخور إما أن تكون فقيرة بالالومينا(75.0 ـ 1) نسبة الالومينية، أو مرتفعة الومينية حيث نـسبة الألومينيـة هي 1 ـ 2 أو مرتفعة الألومينية جداً حيث نسبة الالومينية = 2 ـ 3.

أنواع هذه الصخور تعتمد على نسبة الفلزات القاتمة وهي منتشرة بشكل واسـع فـي الطبيعة.

أ ـ 3 ـ مونزونيت:

لون الصخر: رمادي قاتم، رمادي، رمادي زهري.

حجم الحبات: الصخر مبلور ضخم إلى كبير الحبيبات وحتى ناعم الحبيبة.

البنية: كتلي متجانس أو غير متجانس، بورفيري، أو تاكسيتي، تراكيتي.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ البلاجيوكلاز:

من نوع An_{30-50} وبشكل اندر أساسي وأحياناً أوليغوكلاز، وجهي أو بشكل حبيبات غير منتظمة، البلاجيوكلاز الممنطق هنا نادر.

ويكون البلاجيوكلاز هنا عائد إلى طورين حيث يشكل الطور الثاني بلاجيوكلاز مـن نوع انديزين أو أوليغوكلاز.

2 ـ الصفاح الصودي البوتاسي:

وهو من نوع بيرتيت أورثوكلاز أو بيرتيت ميكروكلين غير شـبكي تحـت وجهـي وعديم الوجهية يحوي على بلورات من بلاجيوكلاز وفلزات قاتمة ويمثـل 35 ـ 65% مـن مجموع الصفاح في الصخر.

3 ـ أوليفين:

نادر جداً ويكون بشكل بلورات غير منتظمة.

4 ـ كلينوبيروكسين:

وهو من نوع أوجيت وبشكل اندر ساليت وجهي.

5 ـ الأمفيبول:

من نوع الهورنبلاند وهو وجهي وتحت وجهي.

6 ـ بيوتيت:

يتواجد بشكل اندر من الأمفيبول وهو حر شفي الشكل غير منتظم نسبة الفلزات القاتمة في الصخر غير ثابتة (0 ـ 40%) المونزونيت هو صخر صودي بوتاسي حيث ($\frac{Na_2O}{K_2O} =$ 4.0 ـ 3).

وهو إما فقير بالالومينا (75.0 ـ 1) مرتفع الالومينية حيث نسبة الومينـا = (1 ـ 2) وأما مرتفع الالومينية جداً فتصل نسبة الالومينا فيه إلى (2 ـ 6) وتكون بهذه الحالـة نـسبة ($Mgo + Feo + Fe_2O_3$ = 3-10%).

يتشكل المونزونيت في مرحلة الطيات.

ب ـ عائلة الديوريت الكوارتزي ـ المونزونيت الكوارتزي العميقة تحت القلوية.

تتميز هذه العائلة عن الديوريت الكوارتزي بنسبة القلويات الأعلى حيث تكون نسبة $\frac{Na_2O}{K_2O} = 7.5$ ـ 5.7% وهو يمثل الحد الأدنى لهذه الصخور أما الحد الأعلى للقلويات فتصل حتى 2.8 ـ 5.10% تقسم هذه الصخور إلى ثلاثة أنواع وهي:

الديوريت الكوارتزي تحت القلوي، المونزونيت الكوارتزي، المونزوديوريت الكوارتزي.

ب ـ 1 ـ ديوريت كوارتزي تحت قلوي:

اللون: رمادي زهري، رمادي.

حجم الحبيبات: الصخر مبلور حجم الحبيبات يتراوح بين كبير إلى صغير الحبيبة.

البنية: كتلية نادراً تاكسيتية.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ البلاجيوكلاز:

يكون بشكل بلورات وجهية لوحية وبلورات ذات أوجه غير منتظمة ويلاحظ فيه أحياناً بلورات منطقة ذات تمنطق نظامي ونادراً تمنطق عكسي، في الحالة الأولى يلاحظ 5 ـ 6 نطاقات مع تغيير في تركيب المحيط An_{18-27} وأما المركز فيكون An_{30-57}.

نسبة البلاجيوكلاز تمثل أكثر من 90% من مجموع نسبة الصفاح في الصخر.

2 ـ كلينوبيروكسين:

لا يتواجد في جميع الصخور وهو من نوع أوجيت وجهي ينمو على حسابه الهورنبلاند.

3 ـ الأمفيبول:

وهو هورنبلاند غني بالتيتانيوم ويكون بشكل مواشير طويلة متوازنة مع البيوتيت.

4 ـ البيوتيت:

يكون بشكل لوحي الألواح غير وجهية وذات حديديـة 40 ـ 59% ويلاحـظ وجـود طورين من البيوتيت ويمكن للبيوتيت أن يحتوي على جميع أنواع الفلزات الثانوية.

نسبة الفلزات القاتمة في الصخر (0 ـ 35%).

5 ـ الصفاح البوتاسي:

وهو بيرتيت ميكروكلين غير شبكي أو بيرتيت أورثـوكلازي نـسبة هـذا الـصفاح البوتاسي تصل حتى 10% من نسبة الصفاح في الصخر.

6 ـ كوارتز:

عديم الوجهية يتوضع بين الفلزات الأخرى.

تُعد صخور الديوريت الكوارتزي تحت القلوية صودية حيـث $<4\frac{Na_2O}{K_2O}$ الـصودية البوتاسية وهي الأكثر انتشاراً من السابقة $=\frac{Na_2O}{K_2O}4.0$ ـ 4.

وهذه الصخور تحتوي نسبة الومينا منخفضة = (75.0 ـ 1) أو مرتفعـة = (1 ـ 2) أو مرتفعة جداً = (2 ـ 5.3) وبشكل اندر (10) مقابلات الصخور الديوريتية الكوارتزية تحت القلوية الصودية فقط هي الصخور المرتفعة الالومينية جداً.

تتشكل الصخور الديوريتية الكوارتزية تحت القلوية فـي المرحلـة الجيوسـينكلينالية مرحلة تشكل الطيات.

ب ـ 2 ـ مونزوديوريت كوارتزي:

اللون: رمادي ـ رمادي قاتم.

حجم الحبات: من كبيرة وحتى ناعمة الحبيبة وبشكل اندربورفيري.

البنية: كتلية.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ بلاجيوكلاز:

بشكل ألواح متطاولة عادة له توأمية الالبيت ويظهر بشكل طـورين (جيلـين) الأول يكون من نوع An_{38-55} والثاني An_{30-38}.

2 ـ كلينوبيروكسين:

فلزات ذات شكل غير منتظم بعضها قريب من الوجهي وهو من نواع الأوجيت غير أنه نادر التواجد في هذه الصخور.

3 ـ أمفيبول:

هوربنلانت بشكل بلورات (حبيات) عديمة الوجهية (غير منتظمة) غير أنه يمكن أن تتواجد حبيبات وجهية يتشكل في طورين.

4 ـ بيوتيت:

حديدي يكون بشكل حراشف نقطية عديمة الشكل كما أنه يتواجد بشكل حراشف بين البلاجيوكلاز والصفاح الصودي ـ البوتاسي أحياناً يكون محاط بنطاق من الهورنبلاند أو يكون بشكل محتبسات ضمن الهورنبلاند.

5 ـ الصفاح الصودي ـ البوتاسي:

بيرتيت أورثوكلازي أوبيرتيت ميكروكليني غير شبكي وتكون البلورات بشكل حبات غير متنظمة نادراً تحتبس بلاجيوكلاز سابق التشكل.

نسبة هذا الصفاح تمثل 10 ـ 35% من نسبة الصفاح في الصخر.

6 ـ كوارتز:

عديم الوجهية متوضع بين حبات فلزات أخرى.

7 ـ الفلزات الثانوية:

ماغنيتيت، اباتيت، زركون، تيتانيت.

8 ـ فلزات الفساد:

كلوريت، ماغنيتيت، البيت، سيرسيت، ايبيدوت.

يقع هذا الصخر من حيث التركيب الكيميائي بين صخري الديورين الكوارتزي تحت القلوي، والمونزونيت الكوارتزي.

حيث تعود هذه الصخور إلى المجموعة الصودية ـ البوتاسية حيث $\frac{Na_2O}{K_2O} = 4.0$ ـ 4

وأما بالنسبة للألومينية فهناك أنواع منخفضة الالومينية حيث تكون نسبتها = (75.0 ـ ـ 1) أو مرتفعة الالومينية = (1 ـ 2) أو مرتفعة الالومينية جداً وتكون القيمة مساوية (2 ـ 5).

تمثل صخور المونزوديوريت الكوارتزي كتل مستقلة (دايكات، جدر) نادرة التواجد أو تتواجد مترافقة مع صخور المونزونيت الكوارتزي تحت الفلوي الديوريت الكوارتزي تحت الفلوي، الديوريت، والمونزوديوريت وذلك حيث تظهر انتقالاً تدريجياً مع هذه الصخور.

ب ـ 3 ـ مونزونيت كوارتزي:

اللون: رمادي، رمادي زهري وحتى الزهري.

حجم الحبيبات: كبير حتى ناعم الحبيبة.

البنية: كتلية.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ البلاجيوكلاز:

وجهي أو له شكل غير منتظم ويكون بشكل حبات متطاولة (An_{30-50}) نادراً تمنطقي المركز يكون من نوع (An_{34-55}) والمحيط (An_{30-34}) عادة ما يكون ناتجاً عن جيلين (طورين) يطابق الجيل الثاني في تركيبه تركيب المحيط المذكور آنفاً أي An_{30-34} ويمثل البلاجيوكلاز 65 ـ 90% من الصخر.

2 ـ الصفاح الصودي ـ البوتاسي:

يتواجد بشكل حبيبات غير متنظمة متوزع بشكل غير منتظم في الصخر ويحتوي على محتبسات من البلاجيوكلاز والفلزات الملونة (أوجيت، هورنبلاند، بيوتيت) أحياناً يظهر البيرتيت.

نسبة هذا الصفاح في الصخر مساوية لنسبة البلاجيوكلاز.

3 ـ الكوارتز:

يكون بشكل حبيبات عديمة الوجهية نادراً متناظرة.

4 ـ الفلزات الثانوية:

ماغنيتيت، اباتيت، زركون، تيتانيت نادراً أورتيت، تورمالين.

5 ـ فلزات الدرجة الثانية:

كلينوبيروكسين (أوجيت نادراً ديوبسيد) يحيط به الهورنبلاند والبيوتيت.



الشكل (25)

يبين أنواع الصخور متوسطة التركيب المختلفة:

1 ـ السيانيت.

2 ـ السيانيت النيفليني.

3 و4 ـ الديوريت.

يعـود هـذا الـصخر كيميائيـاً إلـى المجموعـة الـصودية ـ البوتاسـية حيـث $\frac{Na_2O}{k_2O} = 0.4 - 3$ ويكون ذا الومينية مرتفعة = (1ـ2) ومرتفعة الالومينية جداً = (2 ـ7) هذا يعني بأن هذا الصخر مقارنة مع الصخور المونزوديوريتيـة الكوارتزيـة والـديوريت الكوارتزي تحت القلوي أفتح لونا.

يتواجد هذا الصخر (المونزونيت الكوارتزي) بشكل كتـل مـستقلة مـن الستـسوك والدايكات وهو نادر التواجد.

ج ـ عائلة السيانيت:

تتميز هذه العائلة بنسبة SiO_2 = 54 ـ 64% ± 2 ونسبة قلويات $Na_2O + K_2O$ = 8.7 ـ 14%.

ج ـ 1 ـ السيانيت:

اللون: زهري، رمادي زهري، بشكل اندر رمادي أو بني.

حجم الحبيبات: يتراوح ضمن مجال واسع من ضخم الحبيبات يصل حتـى (10سـم) وحتى ناعم الحبيبات ويمكن للسيانيت أن يكون من حيث توزيع الحبيبات متجـانس أو غيـر متجانس الحبيبية اوبورفيري.

البنية: كتلية، تاكسيتية، تراكيتية (تراكيتية) الشكل (25).

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ البلاجيوكلاز:

من نوع البيت، أوليغوكلاز، انديزين (An_{30-33}) وبشكل اندر An_{35-44} هذا البلاجيوكلاز موشوري أو غير منتظم الشكل. حيث يحصل استبدال البلاجيوكلاز بالـصفاح الـصودي ـ البوتاسي.

2 ـ الصفاح الصودي ـ البوتاسي:

أنورثوكلاز، بيرتيت أورثوكلاز، بيرتيت ميكروكلين غير شبكي وبشكل اندر شـبكي، يظهر الصفاح الصودي ـ البوتاسي توأمية كارلسياد. عادة يكـون تمنطقـي وجهـي (1 ـ 10سم) تنفصل النطاقات عن بعضها بحدود واضحة عدد النطاقات (8 ـ 10 وبسماكة 3مم).

حيث يتوضع ضمن الحدود الفاصلة لهذه النطاقات فلزات (محتبسات) في جميع أنواع الفلزات الأخرى وتزداد نسبة هذه الفلزات في الأطراف مشكلة سلاسلة، أما في الجزء المركزي فهذه المحتبسات غير موجودة وفي حال تواجدها تكون غير منتظمة التوزيع. من المحتبسات المتواجدة في الصفاح الصودي ـ البوتاسي فلز البلاجيوكلاز وخاصة في مركز التمنطق وفي المحيط يتواجد بالإضافة للبلاجيوكلاز الهورنبلاند، الماغنيتيت وغيرها من الفلزات.

3 ـ كلينوبيروكسين:

وجهي من نوع ساليت، تيتانواوجيت، فيرواوجيت، ديوبسيد، ايدنيرجيت وغيرها.

محاط بالهورنبلاند، يصادف بعض فلزات كلينوبيروكسين تمنطقية.

4 ـ أورثوبيروكسين:

وجهي تقريباً، من نوع هبرستين وبشكل اندر اينستاتيت ولا يتواجد الاورثوبيروكسين في كل أنواع الصخور العائدة للسيانيت.

5 ـ أمفيبول:

وهو من نوع الهورنبلاند.

6 ـ بيوتيت:

من نوع ليبيدوليت.

7 ـ الفلزات الثانوية:

تيتانوماغنيتيت، ماغنيتيت، ايلمينيت، اباتيت، زركون، تيتانيت.

8 ـ فلزات الدرجة الثانية:

عديمة الوجهية من الكوارتز والالوليفين.

9 ـ فلزات الفساد:

ايدنغزيت، كلوريت، كالسيت.

درجة حرارة تبلور السيانيت هي 800 ـ 900°م تمثل بداية التبلور وحتى 500 ـ 550°م في نهاية التبلور.

أما من حيث التركيب الكيميائي فيعود السيانيت إلى المجموعة الصودية ـ البوتاسـية حيث $\frac{Na_2O}{K_2O} = 4.0$ ـ 3 يعد السيانيت مرتفع الالومينية حيث نسبة الالومينية = (5.1 ـ ـ 2) ومرتفع الألومينية جداً ونسبة الالومينا هنا هي (2 ـ 8) الأنـواع المختلفـة للـسيانيت تقـسم بالاعتماد على صفات الحبيبات وكمية الفلزات القاتمة ونوع الفلزات القاتمة وأي هذه الفلزات هو المسيطر.

يشكل السيانيت كتلاً مستقلة بشكل ستوك أو دايكات، لاكوليت، غاربوليت.

ج ـ 2 ـ السيانيت ذو الصفاح القلوي:

اللون: زهري، رمادي زهري.

حجم الحبيبات: كبيرة حتى ناعمة الحبيبات، تتوزع هذه الحبيبيات بشكل منتظم فتعطي مظهراً متجانس للصخر أو تتوزع بشكل غير منتظم فتعطي مظهراً غير متجانس ويمكن أن تتشكل لدينا بلورات كبيرة ضمن وسط انعم معطية صخور بورفيرية المظهر.

البنية: كتلية، نادراً تراكيتية (تراكيتية).

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ الصفاح الصودي ـ البوتاسي:

أورثوكلاز، بيرتيت أورثوكلاز، أنورثوكلاز، بيرتيت ميكروكلين ويكون بشكل ألواح طويلة أو قصيرة أما في الأطراف فيكون مؤلف من بلورات صغيرة ذات توأميـة كارلـسباد ويكون للبلاجيوكلاز جيلين الأول كبير الحيبية بينما الثاني فيكون ناعم الحبيبة.

2 ـ كلينوبيروكسين:

يكون بشكل بلورات وجهية من الاوجيت وعادة ما يكون فيرواوجيـت، فيروسـاليت، نادراً ديوبسيد ـ ايدينبرجيت. ويتوضع هذا الكلينوبيروكسين بين بلورات الصفاح الصودي ـ البوتاسي.

3 ـ اورثوبيروكسين:

شكله غير منتظم وحتى الوجهي وهو من الهيبرستين وغير متواجد في جميع أنـواع الصخور السيانيتية.

4 ـ أمفيبول:

غاستنغسيت، كيرسوتيت نادراً هورنبلاند هو وجهي وبنسبة أعلى غير منتظم الوجهية يتواجد مع الفلزات القاتمة الأخرى والماغنيتيت في الفراغات بين فلزات الـصفاح الـصودي البوتاسي.

5 ـ فلزات الدرجة الثانية:

بلاجيوكلاز، كوارتز عديم الوجهية، أورثوبيروكسين.

6 ـ فلزات ثانوية:

ماغنيتيت، اباتيت، زركون ونادراً تيتانيت.

7 ـ فلزات الفساد:

كلوريت، ماغنيتيت، البيت، كربونات.

يعد السيانيت من حيث التركيب الكيميائي ذو الصفاح الـصودي ـ البوتاسـي مـن الصخور مرتفعة الألومينية وتكون نسبة $\frac{Na_2O}{K_2O}$ بالنسبة للمجموعـة البوتاسـية أقـل مـن (4.0%) وهذه النسبة في المجموعة الصودية ـ البوتاسية تتراوح بين (4.0 ـ 4%).

تقسم أنواع السيانيت المختلفة بحسب نسبة الفلزات القاتمة إلـى: فاتحـة، متوسـطة، وقاتمة اللون وتقسم هذه الصخور بشكل أندر بالاعتماد على صـفات الـصفاح الـصودي ـ البوتاسي.

يتواجد هذا السيانيت بشكل أجسام مستقلة (ستوك، لاكوليت، دايك، أو أجـسام كتليـة مختلفة).

3 ـ 2 ـ 3 ـ الصخور متوسطة التركيب الاندفاعية:

3 ـ 2 ـ 3 ـ 2 ـ الصخور متوسطة التركيب اندفاعية تحت فلوية

تقسم هذه الصخور إلى ثلاثة عائلات:

ـ لاتيت تراكي اندیزيت بازلتي.

ـ لاتيت تراكي اندیزيت كوارتزي.

ـ تراكيت (تراكيت).

أ ـ عائلة تراكي انديزيت بازلتي:

تتراوح نسبة SiO_2 في هذه الصخور بين 53 ـ 57% ونسبة القلويات تتـراوح بـين Na_2O+K_2O=5-5.7% كحد أدنى و6.7 ـ 2.8 كحد أعلى.

في هذه العائلة يتواجد نوعان من التراكي انديزيت البازلتي واللاتيت.

أ ـ 1 ـ تراكي انديزيت بازلتي:

اللون: رمادي قاتم أسود تقريباً، رمادي مخضر قاتم عادة يكون الـصخر بـورفيري نادراً افيري (أي متجانس).

البنية: كتلية، فراغية، لوزية.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ بلاجيوكلاز:

يكون بجسم الصخر بشكل ألواح من (An_{40-60}) حيث تمثـل بحـدود 10% أمـا فـي الأرضية فيكون بشكل ورقي يتواجد معه الأورثوكلاز بشكل انبثاقات من انتيبرتيت.

2 ـ كلينوبيروكسين:

تيتانواوجيت واوجيت.

3 ـ اورثوبيروكسين:

هبرستين وهو نادر.

4 ـ أوليفين:

وجهي ولا يتواجد دائماً.

5 ـ أمفيبول:

هورنبلاند تيتاني وتكون بشكل رئيسي في جسم الصخر حيث تمثل 5%.

6 ـ الفلزات الثانوية:

ماغنتيت، اباتيت وفلوريت.

7 ـ فلزات الفساد:

كلوريت، ماغنيتيت، البيت، ايبيدوت، وبشكل أندر سربنتين، زيوليت.

الأنواع القديمة من التراكي انديزيت البازلتي يتمثل بظهور ماغنيتيت، البيـت علـى حساب البلاجيوكلاز، ايبيدوت على ساب كلينوبيروكسين، سربنتين ينمو على حساب الاوليفين أما على حساب الزجاج الذي يمثل 60 ـ 90% من حجم الصخر يتشكل الكلوريت، ايبيدوت، ماغنيتيت وغيرها. هذا النوع من الصخور القديمة يسمى تراكي انديزيت بازلتي بورفيريتي، أو ميتاتراكي انديزيت بازلتي.

يمثل صخر التراكي انديزيت البازلتي المقابل الكيميائي للديوريت والمونزوديوريـت، بالاعتماد على نسبة $\frac{Na_2O}{K_2O}$ تقسم هذه الصخور إلى مجموعة صودية حيث $\frac{Na_2O}{K_2O}=4$ ـ 13 ومجموعة صودية ـ بوتاسية حيث $\frac{Na_2O}{K_2O}=0.4$ ـ 4، أما بالاعتمـاد علـى الألومينيـة فالصخور إما منخفضة الألومينية وتكون نسبة الألومينية (75.0 ـ 1) أو مرتفعة الألومينيـة وتمثل (1 ـ 2) أو مرتفعة الألومينية جداً وتمثل (2 ـ 5.3).

أ ـ 2 ـ لاتيت:

لون الصخر: رمادي مخضر، رمادي، أصفر، عادة يكون الصخر بورفيري.

الفازات المشكلة الرئيسية:

1 ـ بلاجيوكلاز:

يكون بشكل بلورات لوحية في جسم الصخر من نـوع An_{40-60} أمـا النـوع الأكثـر حامضية فيكون ورقي الشكل.

2 ـ كلينوبيروكسين:

تيتانواوجيت وبشكل أندر اوجيت ـ ديوبسيد.

3 ـ أورثوبيروكسين:

هبرستين وهو نادر في صخر اللاتيت.

4 ـ أوليفين:

يلاحظ وجوده في صخر اللاتيت أكثر من صخر التراكي انديزيت البازلتي.

5 ـ أمفيبول وبيوتيت:

وجهية.

6 ـ الصفاح البوتاسي:

فلز مميز لصخور اللاتيت ويمثل مع البلاجيوكلاز 55% من حجم الصخر.

7 ـ فلزات الدرجة الثانية:

ماغنيتيت، اباتيت، اورثوبيروكسين، كوارتز، تيتانيت.

8 ـ فلزات الفساد:

كلوريت، ماغنيتيت، البيت وبشكل أندر سربنتين.

يتواجد في جسم الصخر بشكل بلورات كبيرة. بيروكسين، بيروكسين + بلاجيوكلاز، كلينوبيروكسين + بلاجيوكلاز + صفاح صودي – بوتاسي، كلينوبيروكسين + اوليفين، كلينوبيروكسين + هورنبلاند.

في الأرضية بالإضافة للزجاج يتواجد بلاجيوكلاز، صفاح صودي بوتاسي، كلينوبيروكسين، بيوتيت، ماغنيتيت، اباتيت، تيتانيت.

نسيج الأرضية في اللاتيت بيلوتاكسيتية، ميكروليتية، هيالوبيلية وأحياناً انترسيرتالية.

بالاعتماد على نسبة Na_2O وK_2O نجد أن اللاتيت يحوي المجموعة الصودية البوتاسية فقط حيث $\frac{Na_2O}{K_2O} = 0.4$ ـ 4 وهنا أيضاً تقسم هذه الصخور إلى صخور فقيرة بالألومينا حيث نسبة الألومينا = (75.0 ـ 1) ومرتفعة الألومينية = (1 ـ 2) وأخيراً مرتفعة الالومينية جداً = (2 ـ 5.3) وتقسم هذه الصخور حسب نسب الفلزات القاتمة إلى ليكولاتيت حيث نسبة الفلزات القاتمة أقل من 20% وميزولاتيت حيث نسبة الفلزات القاتمة تمثل 20 ـ 40% أما الميلانولاتيت فنسبة الفلزات القاتمة فيه أعلى من 40%. وأما بالاعتماد على نوع الفلزات القاتمة الموجودة في جسم الصخر فنميز لاتيت ثنائي البيروكسين (هبرسيتيني ـ أوجيتي)، هبرستيني تيتانواوجيتي ـ هورنبلاندي، تيتانوأوجيتي، أوجيتي ـ اوليفيني وبيوتيتي ـ تيتانواوجيتي.

ب ـ عائلة تراكي انديزيت، لاتيت كوارتزي:

هذه الصخور أكثر انتشاراً من الصخور السابقة.

ب ـ 1 ـ تراكي انديزيت:

اللون: رمادي قاتم، رمادي مخضر، صخر بورفيري بشكل أقل افيري.

بنية: كتلية، فراغية.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ بلاجيوكلاز:

يتواجد في جسم الصخر لوحي الشكل من نوع (An_{30-40}) أحياناً (An_{50-60}) يحتـوي انتيبرتيت أما بلاجيوكلاز الأرضية فيكون ميكروليت (An_{32-48}) ويمثل بحدود 40 ـ 60% من حجم الصخر بين الميكروليت يتوضع فلزات قاتمة وزجاج.

2 ـ كلينوبيروكسين:

تيتانواوجيت، اوجيت، ديوبسيد.

3 ـ اورثوبيروكسين:

هبرستين وهو فلز نادر في صخر التراكي انديزيت.

4 ـ اوليفين:

وجهي يمثل في جسم الصخر 1% وهو من نوع (Fa_{53}-Fa_{67})

5 ـ أمفيبول:

هورنبلاند بازلتي، كيرسوتيت ويكون وجهي في جسم الصخر أما في الأرضية فيكون بشكل بلورات غير منتظمة.

6 ـ فلزات الدرجة الثانية:

اوليفين، اورثوبيروكسين، ماغنيتيت، بشكل أقل اباتيت، فلوريت.

7 ـ فلزات الفساد:

كلوريت، البيت، ماغنيتيت، هذه الفلزات تظهر في المرحلة بعد الماغماتية.

يمثل الفينوكريست الموجود في جسم الأنواع البورفيرية من هذه الصخور 5 ـ 40% من حجم الصخر.

وهي تمثل بلاجيوكلاز، بلاجيوكلاز + كلينوبيروكسين، بلاجيوكلاز + كلينوبيروكسين + أمفيبول، بلاجيوكلاز + أمفيبول.

أما الأرضية فتحوي بالإضافة للزجاج ونواتج فـساده البلاجيـوكلاز، البيروكـسين والماغنيتيت.

يعد التراكي انديزيت المقابل السطحي للديوريت الكوارتزي والمونزونيت الكوارتزي. تتفاوت نسب احتوائها على الأكاسيد الرئيسية وهنا نميز حسب نـسبة Na_2O وK_2O صـخور تراكي انديزيتية عائدة للمجموعة الصودية $\frac{Na_2O}{K_2O} = (4 - 18)$ وصخور تراكي انديزيتيـة عائدة للمجموعة البوتاسية $\frac{Na_2O}{K_2O} = (4.0 - 4)$.

وبالاعتماد على نسب الفلزات القاتمة في الصخر يقسم الصخر إلى:

أنواع ليكوتراكيتية انديزيتية حيث نسب الفلزات القاتمة أقل من 20% وميزوتراكيتية انديزيتية حيث نسب الفلزات القاتمة تكون مساوية إلى 20 ـ 40% وأخيراً الميلانوتراكيتيـة انديزيتية حيث نسبة الفلزات القاتمة أعلى من 40% كذلك تقسم هذه الصخور بالاعتماد علـى نوع الفلزات القاتمة.

ب ـ 2 ـ لاتيت كوارتزي:

اللون: رمادي مخضر إلى رمادي نهدي، عادة الصخر بورفيري.

البنية: كتلية.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ البلاجيوكلاز:

يتواجد في جسم الصخر بشكل ألواح من نوع (An_{30-40}) أما في الأرضية فيكون ورقياً وهو من نوع اوليغوكلاز ـ انديزين.

2 ـ كلينوبيروكسين:

أوجيت تيتانواوجيت.

3 ـ اورثوبيروكسين:

هبرستين وهو نادراً ما يتواجد في صخر اللاتيت الكوارتزي.

4 ـ صفاح صودي ـ بوتاسي:

من نوع ساندين أو اورثوكلاز (في الأنواع القديمة من هذه الصخور).

5 ـ بيوتيت.

6 ـ كوارتز.

7 ـ أمفيبول من نوع هورنبلاند بازلتي بشكل أندر كيرسوتيت.

8 ـ الفلزات الثانوية وفلزات الدرجة الثانية.

ماغنيتيت، اوليفين، اورثوبيروكسين، اباتيت، تيتانيت، روتيل.

9 ـ فلزات الفساد:

كلوريت، ماغنيتيت، البيت.

تتواجد في جسم الصخر الفلزات التالية:

بلاجيوكلاز + صفاح صودي ـ بوتاسي، بلاجيوكلاز + صفاح صودي ـ بوتاسي + بيوتيت + كوارتز، بلاجيوكلاز + كلينوبيروكسين، بلاجيوكلاز + كلينوبيروكسين + صفاح صودي ـ بوتاسي.

في الأرضية:

بالإضافة للزجاج وفساده يتواجد (40 ـ 95%) بلاجيوكلاز، صفاح صودي ـ بوتاسي، كلينوبيروكسين وكوارتز.

ويعد اللاتيت الكوارتزي من حيث الاحتواء على Na_2O وK_2O عائد إلى المجموعة الصودية البوتاسية حيث $0.4=\frac{Na_2O}{K_2O}$ ـ 4، وبالاعتماد على نسبة الألومينا تقسم الصخور إلى صخور منخفضة الألومينية حيث نسبة الألومينا = (75.0 ـ 1) ومرتفعة الألومينية وفيها نسبة الألومينا= (1 ـ 2) وأخيراً مرتفعة الألومينية جداً ونسبة الألومينا = (2 ـ 5.3) أما الأنواع المختلفة من اللاتيت الكوارتزي فتقسم بالاعتماد على نسبة ونوع الفلزات القاتمة.

ج ـ عائلة التراكيت:

صخور اندفاعية نسبة السيليكا فيها 55 ـ 66% ± 2 وهي صخور أكثر قلوية مقارنة بجميع الصخور الاندفاعية السابقة حيثNa_2O K_2O في الحد الأدنى لها = 8.7 – 5.10% وأما الحد الأعلى لهذه القلويات فتصل 9 ـ 14%.

ج ـ 1 ـ التراكيت (تراكيت):

هو المقابل الكيميائي للسيانيت.

اللون: رمادي فاتح، رمادي قاتم، زهري، أصفر، رمادي زهري.

3 ـ 2 ـ 3 ـ الصخور متوسطة التركيب القلوية:

تتميز هذه الصخور باحتوائها على السيليكا (53 ـ 66%) وقلويات (8.7 ـ 5.14%) وهي متساوية التواجد في الطبيعة مع الصخور متوسطة التركيب تحت القلوية.

3 ـ 2 ـ 3 ـ 1 ـ الصخور متوسطة التركيب القلوية العميقة:

أ ـ عائلة السيانيت القلوي:

أ ـ 1 ـ السيانيت القلوي:

اللون: رمادي زهري، رمادي زهري مخضر، رمادي مخضر.

حجم الحبات: مختلف الحبيبة وبشكل أندر بورفيري.

البنية: كتلية وبشكل أندر تراكيتية المظهر.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ البلاجيوكلاز: تمنطقي وجهي أو عديم الوجهية يتميز بتوأمية الألبيت وهـ ـو مـ ـن نوع البيت نادراً اوليغوكلاز ونادراً جداً اندزين حيث يكون مركز البلورات في النـ ـوع الأول من الاوليغوكلاز ومحيطه من الالبيت.

2 ـ الصفاح البوتاسي الصودي:

أكثر عدم وجهية من البلاجيوكلاز.

3 ـ البيروكسين القلوي:

وهو وجهي أو غير منتظم يمكن أن يحتوي في آن واحد على البيروكـسين الكلـسي (أوجيت) وأكثر انتشاراً من (أوجيت ايجيرين).

4 ـ الأمفيبول القلوي:

أقرب للوجهية وعديمة الوجهية وهو من نوع كاتافيريت، باركيفيكيت، غاستنغـسيت، غاستنغسيت الحديدي.

5 ـ البيوتيت:

عادة من نوع الليبيدوليت يتواجد على شكل نثرات عديمة الوجهية ولكن ليس بـشكل دائم في جميع الصخور السيانيتية القلوية نسبة الفلزات القاتمة تتراوح بين 1 ـ 35%.

يعتبر السيانيت القلوي هو المقابل البتروكيميائي العميق للتراكيـت القلـوي. مقارنـة بالسيانيت تحت القلوي، ينتمي التراكيت القلوي إلى صف الصخور البوتاسية الصودية.

تقسم الأنواع التابعة للسيانيت القلوي بالاعتماد على مؤشرات مختلفة وهي:

1 ـ حجم الفلزات

2 ـ نسبة الفلزات القاتمة

3 ـ نوع الفلزات القاتمة

يتشكل هذا النوع من السيانيت في المراحل النهائية لمراحل الطي في المناطق الفعالـة تكتونياً، وفي مناطق البلاتفورم.

يترافق التانتال، الزركون مع السيانيت القلوي الذي يمكن استخدامه كمواد بناء.

أ ـ 2 ـ تنسبرجيت:

اللون: زهري، زهري محمر، رمادي زهري نادراً رمادي.

حجم الحبات: خشن إلى ناعم الحبات متجانس أو غير متجانس نادراً بورفيري.

البنية: كتلية، تراكيتية المظهر نادراً مخططة.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ الصفاح البوتاسي ـ الصودي:

وهو من نوع انورتوكلاز، اورثوكلاز ـ بيرتيت وجهي أو عديم الوجهية.

2 ـ البيروكسين:

وجهي أو غير منتظم من نوع ايجيرين، ايجيرين اوجيت، الأنواع الكلسية مـن نـوع اوجيت، تيتانواوجيت.

3 ـ الأمفيبول القلوي:

من نوع ريبكيت، ارفيدوسينيت، أمفيبول كلسي ـ صودي (غاستنغسيت)، باركيفيكيت وهو وجهي أو غير منتظم.

4 ـ فلزات الدرجة الثانية:

بلاجيوكلاز (البيت نادراً اوليغوكلاز)، بيروكسين كلسي ـ صـودي مـع أو بـدون أمفيبول وبيوتيت.

5 ـ الفلزات الثانوية:

ماغنيتيت، هيماتيت، تيتانيت، زركون، اباتيت، نادراً فلوريت، غرانات (مـن النـوع التيتاني اندراديت ـ ميلانيت).

6 ـ فلزات الفساد:

كالسيت.

7 ـ صفاح بوتاسي ـ صودي:

وجهي أو عديم الوجهية، غير منتظم.

إن نسبة الفلزات القاتمة لا تتجاوز 5% أحياناً تصل 25%.

عندما يحتوي هذا الصخر على نسبة (1.0 ـ 10%) من النيفلين يسمى بولاسكيت.

نسبة السيليكا في صخر التنسبرجيت تتراوح بين 54 ـ 66% ونسبة قلويات Na_2O + K_2O أكثر من 9%، أما نسبة $\frac{Na_2O}{K_2O} = 0.4$ ـ 4%.

وعندما يتمني الصخر إلى النوع البوتاسي ـ الصودي أو عندما الـ $\frac{Na_2O}{K_2O}$ أقل من 4.0 ينتسب الصخر إلى النوع البوتاسي.

أما من حيث الألومينية فيعتبر مرتفع الألومينية جداً حيث نسبة الألومينا تصل 2ـ6.

تعتمد أنواع هذا الصخر على:

1 ـ حجم الحبات

2 ـ نسبة الفلزات القاتمة

3 ـ نوع الفلزات القاتمة

ب ـ عائلة السيانيت الفلدسباثوئيدي:

تتميز هذه العائلة بنسبة سيليكا (9.64 ـ 7.56%) وتقسم إلى مجموعتين:

1 ـ متوسطة التركيب

2 ـ أساسية التركيب

مع العلم أن المجموعتين تتميزان بانخفاض نسبة السيليكا بالمقارنة مع الفلويات والألومينية.

تتراوح الفلويات في هذه العائلة بين (86.13 ـ 38.18%) أما الألومينا (Al_2O_3) فتتراوح بين (20 ـ 25%) في الأنواع الفاتحة، أما في الأنواع المتوسطة والقاتمة اللون (المينرو والميلانو) فتكون النسبة (10 ـ 15%).

إن انخفاض نسبة السيليكا (SiO_2) في الصخر تؤدي إلى ارتفاع نسبة أوكسيد التيتانيوم، أوكسيد الزركون، أوكسيد النوبيديوم، أوكسيد الفوسفور.

السيانيت الفلوسباثوئيدي واسع الانتشار في الأجزاء القارية.

تقسم هذه العائلة إلى خمس أنواع:

ب ـ 1 ـ فوياييت:

أتت تسمية الصخر من جبال فويا في البرتغال.

اللون: عادة فاتح.

حجم الحبات: متوسط ـ كبير إلى بغماتيتي الحبيبة.

البنية: كتلية، تاكسيتية، تراكيتية المظهر.

جسم الصخر يتألف من بلورات موشورية من الصفاح البوتاسي ـ الـصودي حيـث يتوضع النيفلين، البيروكسين والأمفيبول بين بلورات الصفاح البوتاسي ـ الصودي مظهـراً بنية مخططة.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ نيفلين:

تمثل (20 ـ 30%) من الصخر يظهر بشكل واضح على السطح المصاب بالتعريـة حيث يكون النيفلين الطازج عادة رمادي أو رمادي مخضر، حاوي علـى محتبـسات مـن الايجيرين مبكر التشكل (بشكل فلزات بويكيلية).

2 ـ كلينوبيروكسين:

يمثل (5 ـ 20%) من حجم الصخر وهو من نوع ايجيرين ـ اوجيـت، ايجيـرين ـ ساليت ايدنبرجيت.

أما الايجيرين فيتواجد في أنواع الفوياييت شديدة القلوية.

3 ـ أمفيبول:

يمثل (10 ـ 18%) من حجم الصخر وهو من نوع غاستنغسيت حديدي، كاتافوريـت كلسي، ارفيدوسونيت، يتواجد الغاستنغسيت في حالة توازن مع ايجيرين ـ ايدينبرجيت. أمـا الكاتافوريت فيتواجد مع ايجيرين ساليت، والارفيدوسينيت يتواجد مع الايجيرين.

4 ـ الصفاح البوتاسي ـ الصودي:

يمثل (40 ـ 60%) من حجم الصخر وهو من نوع ميكروبيرتيت اوبيرتيـت عـادي (كبير الحجم)، تركيبه يتغير من بيرتيت اورثوكلازي إلى بيرتيت ميكروكليني.

5 ـ يحوي أحياناً اوليفين في المراحل الماغماتية المبكرة ويمثل 2 ـ 3% حيث يكون متوازناً مع ايجيرين ـ ايدينبرجيت والتيتانوماغنتيت.

6 ـ فلزات الدرجة الثانية:

ساليت، كانكرينيت، زيوليت متشكل علـى حـساب النيفلـين، البيـت، بيوتيـت أو (ليبيدوليت) متشكل على حساب البيروكسين، أمفيبول، تيتانوماغنيتيت.

7 ـ فلزات ثانوية:

بالإضافة للفلزات المتعارف عليها (اباتيت، تيتانيت، زركون، اورتيت، تيتانوماغنيتيت وايلمينيت) يتواجد سيليكات الزركون، سيليكات تيتانيـة، سـيليكات فوسـفاتية، الـسيليكات الأرضية النادرة، فلوريت، فيليوميت.

يعتبر الفونياتيت صخر قلوي سياليتي حيث $SiO_2 = 54.6\%$، $Al_2O_3 = 20.8\%$، $Na_2O =$ 9.18% و$K_2O = 5.66\%$.

ويعتبر مرتفع القلوية مقارنة بالألومينية حيث $\frac{Na_2O}{K_2O} = 2.47\%$.

بالإضافة لاحتوائه على نسبة عالية من Feo ونسبة منخفضة Mgo، Cao. يقسم هـذا الصخر إلى أنواع متعددة وذلك حسب نوع الفلزات القاتمة (ايجيريني، اورفيدوسينيتي، ساليتي ـ ايجيريني).

ب ـ 2 ـ ليافريت:

أتت التسمية من اسم منطقة ليافرورت.

اللون: رمادي قاتم، رمادي مخضر، أخضر قاتم وحتى أسود تقريباً.

حجم الحبات: وسط ـ كبير إلى بغماتيتي. يميز هذا الـصخر الـشرائحية بـسماكات مختلفة تعكس تناوب شرائح ناعمـة وسـميكة بـدرجات مختلفـة الاغتنـاء بـالايجيرين، ارفيدوسينيت.

البنية: تراكيتية المظهر.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ النيفلين:

20 ـ 35% يكون بشكل مواشير مستطيلة كاملة أو سداسية الأوجه كما يتواجد بأشكال مدورة متناظرة.

2 ـ ميكروكلين ـ بيرتيت:

تكون بشكل بلورات لوحية وعادة أقل وجهية من النيفلين ويمثل 35 ـ 50%، البيرتيت مؤلف من بقع كبيرة من الالبيت لها أشكال مختلفة ويمكن أن يتواجد أيضاً بشكل انتيبرتيت.

3 ـ البيت:

يمثل (5 ـ 10%) ويتواجد بشكل بلورات ورقية مستقلة متوازنة مع فلز الإيجيرين في مرحلة متأخرة.

4 ـ ايجيرين:

(10 ـ 38%) مؤلف من طورين، الأول بشكل مواشير عديمة اللون، أما الثاني فيكون بشكل بلورات ذات أشكال مختلفة (سلاسل، بلورات متطاولة حريرية نقطيـة وتتميـز عـن الطور الأول من حيث التركيب).

5 ـ أمفيبول:

ارفيدوسينيت ماغنيزي، ويتواجد متوازن مع الايجيرين في بعض أنـواع الليافريـت ويحل مكان البيروكسين في الأنواع الأخرى مشكلة نطاقات متناوبة حاوية على بلورات كبيرة موشورية بين هذه النطاقات يتوضع فلزات النيفلين والميكروكلين بيرتيت.

6 ـ ايفدياليت:

يكون بشكل بلورات وجهية وغير نظامية يحتوي على تمنطق بسيط غير واضح بشكل جيد وينمو بعد تشكل الفلزات السابقة.

7 ـ فلزات ثانوية:

اباتيت، ايفدياليت، كاتابليت، لافازيريـت، رينكوليـت، نيبتونيـت، لومونوسـوفيت، لامبروفيلليت، لوباريت.

8 ـ فلزات الفساد (ناتج استعاضة):

سوداليت، كانكرينيت، زيوليت، ليبرينيت (متشكل على حساب النيفلين) البيت (يكـون بشكل بقع كبيرة من بيرتيت وبشكل نطاق حول فلزات الـصفاح البوتاسـي ـ الـصودي)، ايجيرين متوازن مع الالبيت ويكون بشكل نقطي موشوري قصير).

نسبة السيليكا في الصخر تمثل 53% ومجموع القلويات 11.14%، صخر الليافريـت قريب من الفونوليت مع العلم أنه يحتوي على نسبة أقل من الألومينا (15%) ونسبة عالية جداً من أوكسيد الحديد (73.7%).

تقسم أنواعه بالاعتماد على:

1 ـ شكل البنية (مثالها ليافيريت تراكيتي المظهر).

2 ـ نوع الفلزات الفاتمة (ليافيريت ايجيريني، وأمفيبولي).

3 ـ تواجد فلزات مميزة مثالها (ليافريت ايفدياليتي، لامبروفيلليتـي...) ويعـد هـذا الصخر بشكل عام من الصخور القلوية قليلة الانتشار.

ب ـ 3 ـ ماريوبوليت:

اشتق اسم الصخر من مدينة ماريوبول.

اللون: أبيض، رمادي فاتح، رمادي مخضر، أخضر قاتم.

حجم الحبات: ناعمة ـ متوسطة ـ كبيرة ـ بغماتيتية الحجم.

البنية: غنيسية أو مخططة بشكل أندر كتلية أو تكسيتية منقطة.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ البيت

An_{2-8} ونسبته (50 ـ 85%).

2 ـ نيفلين (10 ـ 30%).

3 ـ كلينوبيروكسين (من اوجيت ـ ايجيرين وحتى الايجيرين).

4 ـ أمفيبول (من فيروغاستنغيت وحتى ترراميت عالي القلوية، كاتافوريـت، أحيانـاً ارفيدوسينيت).

نسبة الفلزات الفاتمة (5 ـ 15%).

5 ـ الصفاح القلوي:

هو عبارة عن ميكروكلين شبكي تصل نسبته حتى (10%) وبالتالي يجب وضعه تحت اسم فلزات الدرجة الثانية.

6 ـ الفلزات الثانوية وفلزات الفساد:

اباتيت، زركون، اورتيت، بيوتيت، ليبيدوميلان أحياناً فيرسميت، ايشنيت وبيروكلور، ايفدياليت، رينوكليت، استروفيلليت (يظهر عندما يصبح الصخر فوق مشبع بالقلويات).

من حيث التركيب الكيميائي يختلف هذا الصخر عن صخري فوياييت وليافريت بأنه يحتوي نسبة أعلى من (SiO_2 (56.7%، Al_2O_3 تمثل 4.21% وNa_2O تساوي 3.11% مع انخفاض نسبة K_2O إلى 51.3%.

تقسم هذه الصخور إلى عدة أنواع وذلك حسب تواجد أنواع مختلفة من الفلزات القاتمة وظهور الميكروكلين.

ب ـ 4 ـ مياسكيت:

تعود التسمية إلى منطقة مياسك الموجودة في جبال ايلمينسك جنوب الأورال.

اللون: زهري، رمادي فاتح في بعض الأماكن يكون أبيض تقريباً وحتى الرمادي، الرمادي القاتم.

البنية: كتلية، مخططة، تراكيتية، المظهر، غنيسية تظهر تخططات سوداء.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ النيفلين (20 ـ 25%).

وهو يتمثل بجيلين الجيل الأول ينمو بشكل بلورات صغيرة في المرحلة المغماتية ذات وجهية ضعيفة أو تحت وجهية بشكل توضعات بيرتيتية، أما الجيل الثاني فيكون بعد مغماتي يأخذ النيفلين شكل بلورات صغيرة عدسية محاطة عادة ببلورات صغيرة من الميكروكلين والالبيت.

2 ـ الصفاح البوتاسي: 20 ـ 60%.

يكون بشكل بلورات مستقلة أو كريبتوبيرتيت أو بشكل حبات اهليلجية مع حاشية من الالبيت، الميكروكلين يمثل الجيل الثاني (وهو ناتج المرحلة بعد المغماتية) ويكون بشكل بلورات ناعمة ليس لها شبكة الميكروكلين وهو متوضع مع النيفلين.

3 ـ البلاجيوكلاز: صفر ـ 20%.

يكون بشكل بلورات لوحية وجهية أحياناً تمنطقية مع توأمية متكررة هذا البلاجيوكلاز يكون ناتج المرحلة المغماتية وهو من نوع الالبيت (An_{6-8}) ويمكن أن يكون الألبيت بشكل بيرتيت ويشكل حاشية للبيرتيت الميكروكليني.

4 ـ الفلزات الفاتمة:

ـ أمفيبول ويمثل صفر ـ 20%

ـ بيوتيت 5 ـ 20%

ـ كلينوبيروكسين صفر ـ 10% ويكون بشكل أندر من الفلزين السابقين وهـو مـن نوع ايجيرين ـ ساليت أو ايجيرين ـ ايدينبرجيت.

5 ـ الفلزات الثانوية:

اباتيت، تيتانيت، زركون، اورتيت، وتيتانوماغنيتيـت نـادراً كورنـدوم، غرانـات، بيروكلور، ايشينيت، فيريكميت، غادالينيت.

6 ـ فلزات الدرجة الثانية:

كانكرينيت، ليبينيريت (الذي ينمو على حساب النيفلين)، بيوتيت ينمو علـى حـساب (الأمفيبول، الكلينوبيروكسين، والتيتانوماغيتيت)، كالسيت.

النسيج:

هيبادياموريفي، آلاتريوموريفي، بورفيري (نادراً).

ج ـ عائلة السيانيت الأساسي الفلدسباثوئيدي (ذو الصفاح الحديث):

هذا السيانيت يتميز بانخفاض نسبة السيليكا ($SiO_2 = 44.76$ ـ 34.50%) والتي تقابـل البازلت نسبة القلويات عالية تصل حتى 36.18% واغتناء بالألومينا (3.22%).

هذه الصخور تحتوي ما لا يقل عن نوعين من الصفاح.

من أنواع هذا السيانيت:

ـ ناوياييت (وهو سيانيت نيفليني ـ صوداليتي).

ـ ريشوريت (سيانيت نيفليني ـ كالسيليتي).

ـ سيرنيت (سيانيت نيفليني ـ لنكرينيتي).

هذه الأنواع من السيانيت نادرة جداً وتتواجد فقط في البلاتفورم (الركيزة).

ج ـ 1 ـ ناوياييت:

تعود التسمية إلى اسم منطقة في جنوب غرب غرينلاندة، الصخر فاتح متوسط ـ خشن إلى ضخم الحبيبة، رمادي فاتح، أبيض، أندر يكون منقط ناتج عن تواجد فلزات قلوية فاتمة.

تشكل فلزات الصفاح ألواح ضخمة الحجم ويكون هذا الصفاح حاوي على انبثاقات من النيفلين والسوداليت ذات مقاييس تصل من (6 ـ 8مم).

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ الصفاح البوتاسي: 10 ـ 40%

يكون من نوع الانتيبرتيت الميكروكليني، وأما البيرتيت فيكون مؤلفاً من الالبيت حيث يحيط هذا البيريت بالصوداليت وهو متوازن مع ارفيدوسينيت وايفدياليت.

2 ـ الفلزات الفاتمة القلوية:

وهي من نوع الاكميت مرتفع الحديدية والأرفيدوسينيت حيث تنمو هذه الفلزات بشكل بلورات موشورية بويكيلية تحتبس في داخلها النيفلين والصوداليت.

يتواجد الاكميت بشكل بلورات ابرية ناعمة يتوضع بينها فلزات معادن نادرة مثل لامبروفيلليت، رينكيت، مورمانيت، نيبتونيت.

النسيج:

هيبادياموريفتنى ـ بويكيلي حيث تكون الفلزات المشكلة للنسيج البويكيلي من الصفاح البوتاسي كبير الحجم أو من الايجيرين وبشكل أقل من الأرفيدوسينيت.

يبين هذا الصخر من حيث التحليل الكيميائي أقل قيمة للسيليكا (SiO_2 = 46.9%) وأعلى نسبة قلويات ($Na_2O + K_2O$ = 18.38%) وخاصة نسبة عالية من الصوديوم (Na_2O = 14.9%) غنى بالألومينا (Al_2O_3 = 22.1%) وأكسيد الحديد = 09.4% نسبة ($\frac{Na_2O}{K_2O}$ = 6.49%) أي تصل هذه النسبة إلى أعلى قيمة لها.

ج ـ 2 ـ ريشوريت:

تعود تسمية هذا الصخر إلى اسم جبل رافومشور في الاتحاد السوفييتي السابق وهـو صخر سيانيتي فلدسباثوئيدي خشن الحبيبات رمادي ـ فاتح، رمادي ـ مخـضر، ذو بنيـة كتلية. يعتقد كثير من العلماء أن هذا الصخر تشكل نتيجة الاستعاضة البوتاسية المتشكلة على حساب السيانيت النيفليني والإيوليت في حين البعض الآخر من العلماء يعتقدان هذه الصخور هي ناتج العمليات المغماتية (منشأ مغماتي).

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ الصفاح البوتاسي 40 ـ 60%.

بلورات كبيرة مستقلة غير متجانسة مؤلفة من اورتوز ـ ساندين حاوية على انبثاقات من الالبيت.

2 ـ النيفلين 25 ـ 40%

يمثل الفلز الثاني بعد الصفاح البوتاسي حيث يتشكل في بداية مراحل تبلور الصخر مع فلز الايجيرين ـ ساليت حيث تشكل الفلزات الأخيرة حبات موشورية. ويكون النيفلين في هذا الصخر مميز باحتوائه على البوتاسيوم المتراوح بين 38.8 ـ 97.12%.

3 ـ كلينوبيروكسين 5 ـ 15%

ايجيرين ـ ساليت، ايجيرين وهو يمثل عدة أجيال، يكون الجيل الأول بشكل بلـورات ابرية ناعمة ضمن النيفلين كما أنه يشكل محتبسات بويكيلية في الصفاح أمـا الجيـل الثـاني فيكون من ايجيرين ـ ساليت بشكل مواشير ضخمة كما يتواجد أيضاً جيل ثالث ورابع مـن الكلينوبيروكسين.

4 ـ الأمفيبول الفلوي:

من نوع كاتافوريت متواجد في توازن مع الايجيرين حيث ينفـصل (يتـشكل) بعـد الكلينوبيروكسين مشكلاً بلورات ضعيفة الوجهية وتحت وجهية.

5 ـ ليبيدوميلان:

بلورات كبيرة.

النسيج:

بورفيري، ميكروبغماتيتي مؤلف من النيفلين والفلزات القاتمة.

يعد هذا الصخر الحاوي على SiO_2 = 51.30% من الصخور القاتمة غير أنه يتميز عن الصخور القاتمة باحتوائه على نسبة عالية من الألومينا Al_2O_3 = 22.3% والقلويات K_2O+Na_2O = 17.34% ونسبة منخفضة من الكالسيوم Cao والمغنيزيوم Mgo والحديد.

ج ـ 3 ـ سيرنيت:

أتت التسمية من منطقة سيرنا، الصخر هو سيانيت ثنائي الفلدسباثوئيد يحتوي على صفاح بوتاسي ونيفلين بالإضافة إلى الكانكرينيت.

ناعم إلى متوسط الحبيبة رمادي فاتح، رمادي مخضر، رمادي قاتم.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ الصفاح البوتاسي 40 ـ 54%.

اورثوز بشكل فلزات كبيرة موشورية وجهية بورفيرية له توأمية كارلسباد.

2 ـ النيفلين: 5 ـ 30%.

3 ـ كانكرينيت: 5 ـ 30%.

4 ـ كلينوبيروكسين تمنطقي 5 ـ 10%.

يمثل هذه الفلزات الأربعة بلورات كبيرة لوحية تغطي أرضية السيرنيت، الكانكرينيت يكون وجهي وكثيراً ما يكون بشكل محتبسات ضمن النيفلين.

النسيج:

بورفيري:

يمثل هذا الصخر السيانيت النيفليني ـ الكانكرينيتي حيث SiO_2 = 51% والذي يتميز عن الصخور السابقة بنسبة الألومينا الأخفض Al_2O_3 = 19.4% وأخفض قيمة للقلويات K_2O+Na_2O = 13.86% مع العلم بأن نسبة Na_2O أعلى من K_2O مع اغتناء واضح بالكالسيوم (Cao) والمغنيزيوم (Mgo).

يتواجد هذا الصخر مع الصخور فوق الأساسية القلوية في الصخور القديمة للركيزة (بلاتفورم).

3 ـ 3 ـ الصخور الأساسية

وهي الصخور التي تكون فيها نسبة السيليكا متراوحة بين 44 ـ 53% (±2%).

تقسم الصخور الأساسية بالاعتماد على نسبة السيليكا والقلويات إلى ثلاث مجموعـات (صفوف).

1 ـ المجموعة الأولى وهي مجموعة الصخور النظامية (القلويـة النظاميـة) هـذه المجموعة هي الأكثر انتشاراً.

2 ـ المجموعة الثانية هي المجموعة تحت القلوية.

3 ـ المجموعة الثالثة هي المجموعة القلوية.

حيث يمكن تحديد نسبة القلوية بالاعتماد على النسبة $\frac{Na_2O}{K_2O}$ حيث تقـسم الـصخور بالاعتماد على هذه النسبة إلى:

ـ صخور صودية عندما تكون النسبة السابقة (4<)

ـ صخور صودية ـ بوتاسية عندما تكون النسبة (1 ـ 4).

ـ صخور بوتاسية عندما تكون النسبة (1>).

أيضاً من الهام في الصخور الأساسية نسبة الألومينا والتي تحدد بالشكل التالي:

$$al' = \frac{Al_2O_3}{Feo + Fe_2o_3 + Mgo}$$

حيث تكون هذه النسبة في الصخور منخفضة الألومينية أقل مـن (75.0)، أمـا فـي الأنواع متوسطة الألومينية فتكون النسبة (75.0 ـ 1)، أما الأنواع مرتفعة الألومينية فتـصل (1 ـ 2).

3 ـ 3 ـ 1 ـ مجموعة الصخور النظامية (القلوية ـ الكلسية):

3 ـ 3 ـ 1 ـ 3 ـ مجموعة الصخور النظامية الأساسية الاندفاعية:

أ ـ عائلة البازلت البيكريتي ـ البازلت الدوليريتي:

العائلتان متشابهتان من حيث التركيب غير أن الاختلاف يظهر في النسيج وهذا يتعلق بطريقة (ظروف) التبرد من نفس المغما الأساسية.

أ ـ 1 ـ البازلت البيكريتي ـ الدولوريت البيكريتي:

هي صخور قاتمة رمادية خضراء في حين يكون البازلت البيكريتي بورفيري ناعم مع أرضية زجاجية أما الدوليريت البيكريتي يكون ناعماً إلى متوسط الحبيبة.

البنية متجانسة الحبيبة (حبيبية متجانسة)، مخططة (ناعمة الخطوط) أو ذات تخطـط بشكل خطوط عريضة مع اغتناء غير متجانس بخطوط من الأوليفين (أي يظهر فـي بعـض الأماكن وليس بشكل متجانس).

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ البلاجيوكلاز (20 ـ 40%)

وهو من نوع لابرادور ـ بيتونيت

2 ـ كلينوبيروكسين (15 ـ 20%)

من نوع بيجونيت، اوجيت

3 ـ اورثوبيروكسين (10 ـ 15%)

ويتواجد بشكل ليس نادر.

4 ـ اوليفين (15 ـ 60%)

كريزوتيل متحول بشكل كلي إلى بلورات صغيرة من الإيدينغزيت أو بولنجيت.

5 ـ فلزات خامية وكالسيت (2 ـ 7%)

أرضية زجاجية تصل حتى (20%) متحول (فاسد) إلى كلوريت، سـربنتين، تيتانيـت (من نوع ليكوكسين).

6 ـ أمفيبول وبيوتيت (5 ـ 10%).

النسيج:

للبازلت البكريتي بورفيري المظهـر فـي جـسم الـصخر، أمـا الأرضـية فهـي ميكرودوليريتية في الأجزاء المركزية من هذه الـصخور يكـون النـسج بويكيلواوفيتيـة ـ انترسيرتالية أحياناً نسج فيريولية.

أما نسج الدوليريت البيكريتي فهي بويكيلية، بانئيديومورفية، بويكيلواوفيتية نـادراً أو فيتية.

أما التتابع التبلوري للفلزات فهي أوليفين، بلاجيوكلاز (An_{65-95})، بيوتيت، سولفيدات.

في صخري البازلت البيكريتي والدوليريت البيكريتي تكون نسبة SiO_2 أقل من 46% والألومينا، البوتاسيوم، الصوديوم منخفضة أما الـMgo (المغنيزيوم عالية (12 - 24%) وعادة تكون نسبة Na_2O أعلى من K_2O مما يؤدي إلى وضع هذه الصخور في المجموعة البوتاسية - الصودية ونادراً ما تكون تابعة للمجموعة الصودية وبشكل أندر تكون صخور بوتاسية.

ب ـ عائلة بازلت ـ دولوريت:

تقسم هذه الصخور إلى أربع أنواع:

ب ـ 1 ـ البازلت الأوليفيني والدولوريت الأوليفيني (الثولوييتي):

تمثل هذه الصخور البازلت الثولوييتي والأوليفيني الثولوييتي وهي عادة صخور رمادية قاتمة حتى سوداء كتيمة، أحياناً فراغية.

البنية:

كتلية.

النسيج:

بورفيري، بورفيري المظهر.

الدولوريت والديباز صخور مبلورة بشكل كامل مقارنة بصخور البازلت.

البازلت:

صخر مؤلف من ثلاث فلزات رئيسية:

1 ـ البلاجيوكلاز:

وهو من نوع (An_{50-80}) ويكون تمنطقي وبشكل فينوكريست.

البلاجيوكلاز في المحيطات والقارات يكون بشكل ميكروليتات في جسم الصخر وأحياناً يأخذ شكل ألواح من نوع (An_{60-70}) كما يتواجد في الأرضية يتواجد أيضاً كبلورات غير كاملة وغير منتظمة ناتجة عن إعادة تبرد المصهور المحمول مع العناصر الطيارة.

2 ـ كلينوبيروكسين:

من نوع بيجونيت - ديوبسيداوجيت وهو بشكل فينوكريست غير أن نسبته أقل من نسبة البلاجيوكلاز والأوليفين.

3 ـ الأوليفين:

يكون بشكل فينوكريست وتمثل (1 ـ 2%) ويكون في الأنواع محيطية المنشأ ذا شكل موشوري حيث يصل حجم البلورة إلى (3 مم)، كما يتميز الاوليفين بأشكاله غير الكاملة وغير المنتظمة الناتجة عن إعادة تبريد المصهور المحمول مع العناصر الطيارة.

نسبة الأوليفين والكلينوبيروكسين لا تكون أقل من 5%.

4 ـ الفلزات الثانوية:

تيتانوماغنيتيت والايلمنيت والسبينيل في البازلت الأوليفيني المحيطي.

5 ـ يمكن تواجد الزجاج في الصخور بنسب مختلفة حيث يمكن أن يكـون بكميـات قليلة ويمكن أن تصبح كميته كبيرة حتى الوصول إلى صخور زجاجية كاملة.

ب ـ 2 ـ البازلت والدولوريت (الثولويتي):

كلمة دولوريت أتت من اليونانية (دولوروس أي المخادع).

اللون: أسود مخضر قاتم.

البنية: كتلية، فراغية، لوزية (الفراغات مملوءة بالزيوليت، الكوارتز وغيرها).

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ أوليفين:

أكثر من 5%.

2 ـ البلاجيوكلاز:

من نوع اللابرادور ويمثل (45 ـ 65%).

3 ـ كلينوبيروكسين:

بيجونيت، بيجونيت ـ أوجيت، فيرواوجيت (أوجيت حديدي)، حيث يمثل البيجوتيـت 15 ـ 45% أما الأنواع الأخرى فتمثل (20 ـ 55%).

الأرضية:

هي من اللابـرادور، انـديزين ـ لابـرادور مـع بلـورات غيـر منتظمـة مـن الكلينوبيروكسين نادراً اوليفين فاسد إلى سربنتين، ايدينغزيت.

النسيج:

بورفيري.. مع أرضية كاملة التبلور، في حال وجود الزجاج تكون زجاجيـة افيريـة اوفيتروفيرية (هيالوبازلت)، انترسرتالية (متداخلة).

نسيج الدولوريت:

يكون بويكيلي، اوفيتي، ميكرودولوريتي، تاكسيتي، ميكروتاكسيتي في مناطق التماس.

ب ـ 3 ـ بازلت بورفيريت:

صخر بازلتي قديم فاسد حيث تكون فلزاته هي ناتج فساد من التحـول إلـى البيـت للبلاجيوكلاز الأساسي وتحول الكلينوبيروكسين إلى كلوريت، أما الزجاج فهو معاد التبلور.

ب ـ 4 ـ الديباز:

هو ناتج فساد الدولوريت، تركيبه الفلزي هو بلاجيوكلاز أساسي عادة فاسد، اوجيت، أمفيبول، كلوريت، سربنتين، ماغنيتيت. بسبب العمليات بعد المغماتيـة تحـصل التحـولات التالية:

1 ـ التحول إلى أمفيبول حيث يتحول الاوجيت إلى الأمفيبول.

2 ـ التحول إلى كلوريت (حيث يتحول الأمفيبول إلى كلوريت).

3 ـ التحول إلى ساسوريت (ناتج عن فساد البلاجيوكلاز).

4 ـ التحول إلى البيت حيث يتحول البلاجيوكلاز الأساسي إلى البيت وساسوريت.

النسيج:

اوفيتي.

ب ـ 5 ـ السبيليت:

ناتج عن إعادة تبلور البازلت المحيطي.

اللون: رمادي مخضر.

البنية: اوفيتية، لوزية.

البلاجيوكلاز يتحول كلياً إلى البيت، أما الزجاج فيكون أخضراً بـسبب تحولـه إلـى كلوريت، كما أن الكلوريت ينمو هنا على حساب الكلينوبيروكسين.

النسيج:

اوفيتي مع كمية قليلة من الفينوكريست.

الأرضية انترسرتالية حيث يتوضع بينها بلورات متطاولة ميكروليتية من البلاجيوكلاز محاطة بفلزات الدرجة الثانية.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

كلوريت، كالسيت، ليكوكسين، ماغنيتيت.

نسبة السيليكا في هذا الصخر (50%) مع نسبة عالية من الصوديوم وأما البوتاسيوم فهو منخفض جداً.

يميز السبيليت التجزؤ إلى كرات (بنية وسائدية).

أهم صفات الصخور البازلتية والدولوريتية هي القتامية التي تصل أعلى من 21%.

يتميز البازلت المحيطي عن القاري حيث تكون نسبة K_2O وFeo، وFe_2O_3 في الأنواع المحيطية أقل من القارية. وMgo تصل حتى 8% في الأنواع المحيطية ونسبة $\frac{Na_2O}{K_2O}$ فيه عالية جداً ومتراوحة وهي تساوي (8 ـ 30) كما تتميز بأن نسبة $\frac{Feo}{Mgo} = 0.7 - 2.1$ وغالباً تتراوح بين (1.1 ـ 5.1).

ب ـ 6 ـ البازلت الفاتح والدولوريت الفاتح (ثولوييتي):

وهي قليلة الانتشار.

اللون: صخر أخضر قاتم مع ظلال رمادية.

الصخر متماسك، ناعم الحبيبات نادراً متوسط الحبات.

البنية: كتلية وبشكل أقل لوزية.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ بلاجيوكلاز من نوع (اللابرادور ـ بيتونيت ـ انورتيت) أحياناً يكون بشكل فينوكريست.

2 ـ كلينوبيروكسين عادة اوجيت بشكل أندر اوجيت حديدي ويمثل البيروكسين (1 ـ 35%).

3 ـ الكوارتز إما أن يكون بشكل بلورات مستقلة أو ضمن الأرضية (غرانـوفيري) ويمثل (3 ـ 5%).

4 ـ الفلزات الثانوية تصل حتى 15%.

5 ـ لا يتواجد الاوليفين حيث تتراوح نسبته من (صفر ـ 2%).

6 ـ نادراً ما يتواجد الاورثوبيروكسين.

7 ـ يحوي (1 ـ 38%) زجاج.

الأرضية مؤلفة من البلاجيوكلاز والبيروكسين بالإضافة للفلزات الثانوية (ماغنيتيـت، تيتانوراغنيتيت) مع كمية من الزجاج.

النسيج:

1 ـ بويكيلواوفيتي.

2 ـ اوفيتي.

3 ـ غابرواوفيتي.

هذه الصخور عامة غنية بالألومينا (17%)، نسبة SiO_2 ليس أقل من (48%)

نسبة $\frac{Mgo}{Feo}$ عالية وأما الاحتواء على Mgo فهو منخفض (3 ـ 7%) وتتميز أيـضاً بنسبة الكالسيوم عالية (7 ـ 15%) وانخفاض نسبة TiO_2 (5.0 ـ 3.0).

نسبة K_2O والفوسفور منخفضة، تنسب هذه الصخور إلى المجموعة الصودية نادراً ما تلاحظ أنواع بوتاسية ـ صودية.

ب ـ 7 ـ البازلت الهيبرستيني:

كلسي ـ قلوي

يتميز هذا النوع من البازلت عن الأنواع الثولوييتية الأخرى بارتفاع نـسبة الألومينـا (7 ـ 23%) وانخفاض نسبة Ti، Fe وMg وينتمي إلى مجموعة الصخور البوتاسية الصودية مع نسبة مرتفعة من $\frac{K_2O}{Tio_2}$ أعلى من (8.0).

الأنواع الأكثر حامضية من هذه الصخور تحتوي نسبة عالية من الفلزات القاتمة مثل: اوليفين، بيروكسين مرتفع الحديدية.

اللون: رمادي قاتم أو أسود نادراً رمادي.

أحياناً تكون هذه الصخور فراغية، بورفيرية، الفينوكريست فيها كبيرة.

تتميز هذه الصخور بالتخطط حيث تناوب خطوط رمادية سوداء مع خطوط حمراء.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ بلاجيوكلاز:

ذو توأمية مع محتبسات من الزجاج نوعه (An_{60-70}) أما نسبته فتتراوح بين (45 ـ 70%).

2 ـ أوليفين:

يكون بشكل فينوكريست ويمثل (2 ـ 6%).

3 ـ هبرستين:

(2 ـ 10%.)

4 ـ أوجيت ـ ديوبسيد

30 ـ 40%

5 ـ ماغنيتيت وبشكل أندر تيتانوماغنيتيت 1 ـ 7% وتكون بشكل فينوكريست.

6 ـ بعض بلورات أمفيبول من نوع الهورنبلاند بالإضافة للميكا (فلوغوبيت ـ بيوتيت).

7 ـ يحوي 8 ـ 10% من حجم الصخر زجاج.

يمثل مجموع البيروكسين مع البلاجيوكلاز 70% من الصخر ويمثل الفينوكريست منها 30% الدور الرئيسي في هذه الصخور يلعبه البيروكسين والفلزات الثانوية.

النسيج:

تكون الأرضية إنترسيرتالية، بيلوتاكسيتية اوهيالوبيلية ونادراً ميكرودولوريتية.

ب ـ 8 ـ الأوفيت:

معان الأوفيت متعددة.

1 ـ هو عبارة عن دياباز البيرينيه فيه اوجيت فاسد إلى اوراليت.

2 ـ صخر كامل التبلور يتألف من بلاجيوكلاز مع اوجيت مغنيزي ومـع أو بـدون اوليفين.

3 ـ السربنتين حيث يستخدم مصطلح الاوفيت في الوقت الحالي للدلالة على صخور السربنتين.

3 ـ 3 ـ 1 ـ مجموعة الصخور الأساسية العميقة:

3 ـ 3 ـ 1 ـ 1 ـ مجموعة الصخور الأساسية العميقة النظامية.

أ ـ عائلة الغابروئيدات:

هي صخور عميقة أساسـية وتـضم مجموعـة مـن الـصخور وهـي الغـابرو، غابرواوليفيني، نوريت، انورتوزيت اوليفينـي، غابرونوريـت، غابرونوريـت اوليفينـي، تروكتوليت وانورتوزيت.

تُعد الصخور السابقة صخور أساسية نظاميـة حيـث ($Na_2O + K_2O = 0.5 - 4.5\%$) ونسبة SiO_2 (44 ـ 53%).

أ ـ 1 ـ الغابرو:

سمي هذا الصخر على اسم منطقة تقع شمال إيطالية.

لونه: رمادي فاتح حتى الرمادي القاتم أو أخضر قاتم حتى الأسود الصخر حبيبي.

البنية: مخططة، تراكيتية، غابرو ذو بنية حلقية (الشكل 26).

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ بلاجيوكلاز أساسي تتراوح نسبته بين (35 ـ 65 أو 45 ـ 90).

يكون هذا البلاجيوكلاز عادة ذو توأمية متكررة (توأمية الالبيت).



الشكل (26):

يظهر بعض الصخور الأساسية العميقة المنشأ:

1 ـ غابرواوليفيني

2 ـ غابروتطبقي

3 ـ انورثوزيت

4 ـ تروكتوليت

2 ـ كلينوبيروكسين:

من نوع ديالاج أو أوجيت ـ ديوبسيد ـ ساليت، ساليت، تيتانو أوجيت أحياناً يحتوي هذا الكلينوبيروكسين على محتبسات الاورثوبيروكسين من نوع هيرستين برونزيت.

يحتوي التيتانو أوجيت انبثاقات من الكيرسوتيت بشكل نقط كما يمكن أن يحتوي على الاكتينوليت بلون أخضر فاتح إلى عديم اللون، يمثل البيروكسين 10 ـ 60% من حجم الصخر.

3 ـ الاوليفين:

يكون بشكل بلورات مدورة، كثيراً ما يحوي نطاق كيليفيتي من الاكتينوليت مع سبينيل بالإضافة إلى ظهور ميرميكيت الناتج عن تداخل أوليفين والتيتانواوجيت يكون الاوليفين عادة فاسداً إلى سربنتين وماغنيتيت.

4 ـ الأمفيبول:

عادة ينمو على حساب البيروكسين تمثل أقل من 5%.

5 ـ الفلزات الثانوية:

تيتاتوماغيتيت، ايلمينيت، اباتيت، تيتاتيت، سبينل أقل من 5% من حجم الصخر.

6 ـ البيوتيت:

أقل من 5%.

النسيج

يتبع النسيج التركيب الفلز حيث يكون في الأنواع البلاجيوكلازية (أي نسبة البلاجيوكلاز) هي الأعلى من الفلزات الأخرى (الليكوغابرو) يكون النسيج هيباديومورفي.

أما في الأنواع التي يسيطر فيها الفلزات القاتمة (ميلانوغابرو) يكون النسج من نوع تحت أوفيتي.

فساد الغابرو:

تتمثل بعملية تشكل الاورالیت، اكتينوليت (التحول إلى أمفيبول) تشكل الكلوريت، سيرسيت، ساسوريت، ايبيدوت، سكابالیت، سربنتين.

تحتوي الصخور الغابروية على (42 ـ 52%) سيليكا حيث تتناقص هذه النسبة في أنواع الغابرو الفاتم إلى (40%) وأن متوسط احتواء الغابرو على SiO_2 السيليكا في أنواع الغابرو العالمي هي (50%) أما الاكاسيد الأخرى فهي Al_2O_3 (8 ـ 28%) للأنواع الفاتمة Al_2O_3 تتراوح بين (8 ـ 11%).

متوسط الاحتواء لاوكسيد الحديد $Fe_2O_3 + FeO$ تتراوح بين (10 ـ 15%) في الأنواع الأخرى من الغابرو ترتفع هذه النسبة في حين تنخفض في الأنواع المحيطية على أقل من 10%.

أما نسبة Mgo المغنزيوم فمتوسط احتواء الغابرو منه هي (6 ـ 8%) في بعض أنواع الغابرو ترتفع هذه النسبة حتى (18%) وقد أثبت بأنه مع انخفاض نسبة Mgo ترتفع نسبة النيكل وأوكسيد الكالسيوم cao من (8ـ 18%) حيث عنصر التيتانيوم يزداد في أنواع الغابرو الحاوية على الأنورتيت والديوبسيد أما نسبة $Na_2 + K_2O$ تتراوح بين (0.5ـ 5.4%) حيث $Na_2O > K_2O$.

أ ـ 2 ـ النوريت:

ـ صخر كامل التبلور.

ـ **اللون:** رمادي ـ بني.

ـ الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ بلاجيوكلاز.

من نوع لا برادور بيتونيت.

2 ـ أورثوبيروكسين:

من نوع الهيبرستين.

أحياناً كلينوبيروكسين، كوارتز، بيوتيت ونادراً أوليفين.

الفلزات الثانوية:

ايلمينيت، ماغنيتيت، سولفيدات.

أ ـ 3 ـ غابرونوريت:

يتواجد غالباً مع الغابرو الغابرونوريت يكون متوسط الحبيبة.

اللون: رمادي فاتح، رمادي قاتم حتى الأسود.

يتميز عن الغابرو تحت المجهر بالبلاجيوكلاز الشفاف وبالهيبرستين ذو اللون البنـي والأوجيت الأخضر المسود وبوجود البيوتيت والأمفيبول.

البنية: كتلية، تاكسيتية، تراكيتية بحيث يظهر توجه للبلاجيوكلاز والفلزات القاتمة.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ البلاجيوكلاز الأساسي:

يمثل 35 ـ 65% وهو من نوع An_{50-70} حتى البيتونيت.

2 ـ أورثوبيروكسين ينمو داخل الكلينوبيروكسين

3 ـ الكلينوبيروكسين.

أوجيت، تيتانواوجيت يمثل (5 ـ 60%).

4 ـ الأوليفين:

من نوع غورتونوليت يحتوي محتبسات من الأوجيت وأمفيبول نسبة أوليفين أقل من 5%.

5 ـ الفلزات الثانوية:

ايلمينيت، تيتانوماغيتيت وبشكل أندر ماغنيتيت.

الفساد:

ينمو الساسوريت والإبيدورت على حساب البلاجيوكلاز، كما ينمو التالك والباسـتيت على حساب الأورثوبيروكسين كما ينمو على الأجزاء الخارجية منـه الاكتينوليـت، التالـك والبيوتيت.

النسيج:

تحت اوفيتي، أوفيتي، غابرواوفيتي نادراً غابروي أوبورفيري أن نسبة السيليكا فـي هذه الصخور تتراوح 42 ـ 45% والالومينا Al_2O_3 (12-19%) نسبة أوكسيد الحديـد تطـابق نسبته في الغابرو (10 ـ 15%) وترتفع هذه النـسبة فـي الغابروتوريـت والغابرونوريـت الاوليفيني القاتم إلى20%.

وأما $Na_2O + K_2O$ فتكون النسبة (1 ـ 3%) وترتفع في الصخور تحت القلوية إلـى 5 ـ 6%.

أ ـ 4 ـ الغابرونوريت الاوليفيني:

له نفس صفات الصخر السابق.

أ ـ 5 ـ التروكتوليت:

اللون: رمادي، رمادي مخضر، رمادي قاتم وحتى الأسود.

البنية: كتلية، مخططة، تاكستية غير واضحة التخطط، تراكيتية، فلوئيديـة (سـيلية). الشكل (26).

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ بلاجيوكلاز أساسي:

نوعه (An_{50-80}) تتراوح نسبته بالصخر من (35 ـ 65%) له توأمية متكـررة ناعمـة ويكون بشكل اندر ذو شكل موشوري والذي يكون متحولاً إلى برينيت، سيرسيت وعناصـر بيلليتية.

2 ـ الاوليفين:

يكون وجهياً أو بشكل بلورات بشكل نقطي يصل أبعادها من 3 ـ 5مم فلز الأوليفـين يتوضع بشكل سلسلة متقطعة محاطة بحبات صغيرة من البلاجيوكلاز بشكل نطاق غالباً يحاط الاوليفين بفلز الهيبرستين وكثيراً ما يكون الاوليفين محتبساً ضمن البلاجيوكلاز.

3 ـ الكلينوبيروكسين:

يكون من نوع الاوجيت، بيجونيت، تيتانواوجيت في التروكتوليت الصودي البوتاسي.

4 ـ الهورنبلاند:

نادراً ما يتواجد وتكون عديمة اللون أو خضراء محاطة بنطاق من الفلزات الخامية أو بالاوليفين.

5 ـ البيوتيت:

يكون عادة بشكل نطاق حول الفلزات الخامية (تيتانوماغنيتيت، ماغنيتيت) ونادراً مـا يحيط بالاوليفين أحياناً (يحصل تحول الاوليفين كلياً إلى بيوتيت).

النسيج:

غابروي، بشكل اندر بورفيري المظهر مع بلورات فينوكريست من البلاجيـوكلاز أو الاوليفين، ينتشر أيضاً بشكل واسع النسيج الكيليفيتي.

كثيراً ما يكون هذا النطاق الكيليفيتي من الهورنبلاند والغرانات من حيث الـشكل إذا كان المسيطر، أو ذو النسبة الأكثر هو من الاوليفين هذا يعني أنه تشكل أولاً وأما فـي حـال كان البلاجيوكلاز هو الأكثر، فهذا يعني أنه هو المتشكل أولاً.

تحتوي صخور التروكتوليت 43 ـ 44% من السيليكا والتي ترتفع حتى (48%) فـي الغابرو أنورتوزيت والغابرو السيانيتي.

نسبة الالومينا Al_2O_3 (12 ـ 15%) وهي ترتفع حتـى (18 ـ 21%) فـي الغـابرو السيانيتي والغابرو انورتوزيت.

نسبة القلويات في التروكتوليت وخاصة الصوديوم من 1% وحتى 3 ـ 4% وأمـا نسبة المغيزيوم فهي حوالي 14% ترتفع حتى 20%.

أ ـ 6 ـ الغابرو الأمفيبولي:

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ الأمفيبول:

من نوع اكتينوليت، بني عادة، ويكون بشكل نطاق حول الكلينوبيروكسين نـادراً مـا يكون هو رنبلاند أولي في هذا النوع من الغابرو.

2 ـ البلاجيوكلاز:

أساسي جداً من نوع الانورتيت.

أ ـ 7 ـ الأنورتوزيت:

أتت تسمية الصخر من الكلمة الفرنسية انورتوز والتي تعني البلاجيوكلاز.

الانورتوزيت صخر حبيبي خشن حتى كبير الحبيبة بشكل أندر متوسط الحبيبة أو ناعم الحبيبة.

اللون: رمادي قاتم حتى الأسود تقريباً.

البنية: كتلية موجهة ناتجة عن حركة الماغما أثناء التبلور وهي حاوية على بلاجيوكلاز لوحي.

الانورتوزيت صخر يتألف تقريباً بأكمله من البلاجيوكلاز (لابرادور، بيتونيت، وبشكل اندر اندیزین واوليغوكلاز) حيث يظهر نوعان من البلاجيوكلاز الأول ناعم الحبيبة من نوع (An_{45-50}) والثاني خشن الحبيبة من نوع (An_{58-60}) حيث على الحد مع الأخير ينموميرميكيت مع بلاجيوكلاز من نوع (An_{90}).

البلاجيوكلاز في هذه الصخور تحتوي على محتبسات بشكل رقائق من الخامات الحديدية. عندما يصغر حجم بلورات البلاجيوكلاز تختفي المحتبسات وتأخذ الفلزات مظهر حبات المرمر.

البلاجيوكلاز يمكن أن يكون بنوعيه الناعم والخشن متحولاً إلى البيت ثم ميكروكلين وهذا مرتبط بعملية دخول الصوديوم، ويمكن أن ينمو الموسكوفيت، الكوارتز الابيدوت باراغونيت، زويسيت، كالسيت، كلينوزويسيت على حساب البلاجيوكلاز.

يحتوي الانورتوزيت، الاورثوبيروكسين، الكلينوبيروكسين والاوليفين بنسبة ليس أكثر من 10%.

الاورثوبيروكسين:

من نوع الهيبرستين، فيروهبرستين، برونزيت ويمكن أن يحل محله اكتينوليت وكلوريت مع فلزات خامية.

الكلينوبيروكسين:

من نوع اوجيت، ساليت بشكل مواشير أو ألواح قصيرة، يتحول الأوجيت بالفساد إلى تريموليت وكلوريت.

الفلزات الثانوية:

ايلمينيت، تيتانوماغنيتيت، اندرماغنيتيت، بيروتيت، بيريت، كالكوبيريت وتكون تحت وجهية بالمقارنة مع البيروكسين والبلاجيوكلاز.

النسيج:

آلاتريومورفي (عديم الوجهية)، بانئيديومورفي (كامل التبلور)، أحياناً أومنيتي، بورفيري المظهر، غرانوبلاستي. الشكل (26).

كيمياء الصخر:

تصل أعلى نسبة للسيليكا في الانورثوزيت (48 ـ 54%) أما نسبة الألومينا فتصل إلى (32%) والمغنيزيوم (3.0 ـ 3%) في بعض أنواع الانورثوزيت ترتفع نسبة البوتاسيوم حتى (1%) مما يؤدي إلى ظهور الاورثوزفيها وفي حال ارتفاع الصوديوم ينعكس ذلك على نـوع البلاجيوكلاز حيث يصبح من نوع الاوليغوكلاز.

أنواع الانورثوزيت:

1 ـ الأنواع القاتمة تتميز بارتفاع نسبة الفلزات القاتمة حتى (10%).

2 ـ الانورثوزيت الحاوي على الاوليفين يحتوي اوليفين حتى (5%).

3 ـ انورثوزيت لابرادوري يحوي بلاجيوكلاز (An_{50-70}).

4 ـ انورثوزيت لابرادوري ـ بيتونيتي البلاجيوكلاز من نوع بيتونيت (An_{70-90}).

5 ـ انورثوزيتي لابرادوري ـ انديزيتي.

6 ـ انورثوزيت بيروكسيني.

7 ـ فيرو انورثوزيت يحوي بيتونيت An_{63} بنـسبة (87%) وفلـزات خاميـة 11% وبيروكسين 1%.

8 ـ انورثوزيت كورونـدومي (كيشتيميت) حيث يكون الفلز الخام موجوداً في الصخر هو الكورندوم.

3 ـ 3 ـ 2 ـ مجموعة الصخور الأساسية تحت القلوية.

3 ـ 3 ـ 2 ـ 3 ـ مجموعـة الـصخور الأساسـية تحـت القلويـة الاندفاعية (السطحية).

تتميز صخور هذه المجموعة عـن الـصخور النظاميـة بارتفـاع نـسبة القلويـات (Na_2O+K_2O 5.2 – 5.9%) أما نسبة السيليكا في الصخور النظامية وتحت القلويـة فتكـون تقريباً متساوية (SiO_2 = 44 – 53%) من ناحية أخرى تختلف الصخور البازلتية تحت القلوية عن الأنواع القلوية بعدم وجود الفلدسباثوئيد والأمفيبول القلوي والبيروكسين حيث ترتفع نسبة الالبيت في الصخر البازلتي تحت القلوي.

الفلزات الرئيسية المشكلة للبازلت تحت القلوي هي أوجيت غني بالكالسيوم، سـاليت، تيتانواوجيت وايجيرين ـ أوجيت ـ أنوراتوكلاز أو ساندين، بيوتيت كذلك الاوليفين بـشكل فينوكريست في جسم الصخر وفي الأرضية.

إن الصخور تحت القلوية الاندفاعية الأساسية تتوحد جميعها تحت صف واحـد هـو التراكي بازلت.

أ ـ عائلة البازلت والتراكي بازلت تحت القلوية.

تحت هذه العائلة ينضم سبع أنواع:

1 ـ البازلت الاوليفيني والدولوريت تحت القلوي.

2 ـ البازلت الاوليفيني الفاتح (ليكوبازلت) والدولوريت الفاتح (ليكودولوريت) تحـت القلوي.

3 ـ ليكوبازلت تحت قلوي (ميغابلاجيوفيري).

4 ـ هافاييت (بازلت انديزيتي).

5 ـ موجيريت (بازلت اوليغوكلازي).

6 ـ تراكي بازلت وتراكي دولوريت.

7 ـ شاشونيت (بازلت تراكيتي غني بالبوتاسيوم والتراكي دولوريت).

أ ـ 1 ـ البازلت الأوليفيني الفاتح والدولوريت الفـاتح تحـت القلوي

الصخور كتلية أو ناعمة إلى ناعمة الحبيبة جداً ذات لون رمادي إلى رمـادي نهـدي وعادة تكون أفتح من الصخور البازلتية السابقة.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ **الاوليفين**:

بلورات فينوكريستية سداسية أو دائرية مصابة بالأباتيزاتسيا يتراوح قياسها بين (1% و4%مم) بعض هذه البلورات محاطة بفساد ذو لون بني مصفر من الإيدينغزيت والبولنجيـت الأخضر.

2 ـ **الكلينوبيروكسين**:

بلورات ناعمة (1% - 15.0مم) وبشكل أندر (2.0 ـ 5.0مم) موشورية قـصيرة أو بشكل حبيبات غير منتظمة، عديمة اللون من نوع الأوجيت والساليت حيث يكون الأوجيـت غني بالكالسيوم أو من نوع التيتانواوجيت ويكون بلون بني فاتح.

3 ـ **البلاجيوكلاز**:

ينمو بشكل بلورات موشورية متطاولة يصل طولها من (1.0 ـ 5.1مم) بالإضافة إلى الأشكال البلورية اللوحية العريضة (1 ـ 3مم) في اللافا الحديثة يكون البلاجيوكلاز شفافاً، أما نوع البلاجيوكلاز فيكون لابرادور، انديزين، نادراً اوليغوكلاز ذو توأمية متكـررة (توأميـة الألبيت، أو البيت كارلسباد) يظهر التمنطق في بلورات مفردة من البلاجيوكلاز.

4 ـ فلزات ثانوية:

ماغنيتيت، تيتانوماغنيتيت، ايلمنيت هيماتيت.

5 ـ فلزات الدرجة الثانية:

لباتيت، كورندوم، زركون، تيتانيت، روتيل، فلوريت.

6 ـ في الفراغات ينوضع:

كالسيدوان، زيوليت، ايدينغزيت، ليمونيت، أراغونيت، كلوريت، ايبيدوت، كالسيت.

7 ـ فلزات خامية:

ماغنيتيت، تيتانوماغنيتيت.

النسيج:

اوفيري (دولوريتية)، بورفيري مع نسبة غير كبيـرة مـن فينوكريـست الاوليفـين (10 ـ 15%)، بويكيلوواوفيتي مع مواشير قصيرة من البيروكسين التي يصل قياسـها إلـى (5.0مم) تتضمن بلورات متطاولة من البلاجيوكلاز، اوليفين وفلزات أخرى.

تحتوي هـذه الـصخور مـن وجهـة النظـر الكيميائيـة 3.48 ـ 6.51% سـيليكا و(9.0 ـ 7.1) أوكسيد التيتـانيوم، (4.16 ـ 7.17%) ألومينـا، (2.9 ـ 9.10%) أوكـسيد الحديد، (5 ـ 4.6) أوكسيد المغنيزيوم. (2.9 ـ 7.7) أوكـسيد الكالـسيوم، (7.4 ـ 6.5%) أوكسيد صوديوم والبوتاسيوم، (9.0 ـ 8.1%) من أوكسيد البوتاسيوم.

وتُعد هذه الصخور ذات محتوى أكبر بالألومينا والسيليكا والقلويات مقارنة بالـصخور التي وردت سابقاً مع انخفاض نسبة أكاسيد التيتانيوم والحديد والمغنيزيوم والكالسيوم.

أ ـ 2 ـ البازلت الفاتح، ميغابلاجيوفيرية تحت القلوية:

تتميز هذه الصخور بأنها بورفيرية بشكل واضح في أرضية أفيرية معادة التبلور حيث يكون الفينوكريست عبارة عن بلورات مدورة من البلاجيوكلاز وتشكل 30 ـ 40% من حجم الصخر.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ البلاجيوكلاز:

يكون بشكل فينوكريست وميكروليت تصل نسبته حتى 80% حيث يكون البلاجيوكلاز الفينوكريستي تمنطقياً نظامياً أو ذو توأمية متكررة، أو توأمية البيت ـ كارلسباد حيث يحتوي على محتبسات من الماغنيتيت، حجم الميكروليت (16.0×13.0مم) ويكون من نـوع (An_{50-60}) ويحتوي البلاجيوكلاز على أوكسيد بوتاسيوم (5.0 ـ 1%).

2 ـ الاوليفين:

يتواجد بشكل بلورات مفردة غير منتظمة عديمة اللون تصل نسبته من (صفر ـ 3%) كثيراً ما تحتوي هذه الفلزات على الزجاج.

3 ـ الكلينوبيروكسين:

أوجيت غني بالكالسيوم، ساليت تكون بشكل بلورات غير منتظمة عديمة اللون يـصل حجمها من (1 ـ 2مم) بعض البلورات منها تكون خضراء.

4 ـ أورثوبيروكسين:

بلورات مفردة موشورية حجمها أقل من (5.0مم).

الأرضية تمثل 80% من حجم الصخر وهي مؤلفة من ميكروليتات من البلاجيـوكلاز حجمها أقل من 2مم مع تيتانوماغنيتيت وزجاج عديم اللون إلى بني فاتح تصل نسبتها إلى (15 ـ 30%).

النسيج للأرضية هيالوبيللي، انترسيرتالي اوميكروليتي.

كيميائية الصخر تتميز بنسبة سيليكا (5.49 - 3.53%) وأوكسيد الألومينوم (5.18-7.21%)، قلويات (6.5 - 6.6%) وهي كمية عالية، أوكسيد التيتانيوم تصل حتى (1.1%)، أوكسيد المغنيزيوم (2.2 - 5.5%) أوكسيد الحديد (7.5 - 9%) أي يظهر ارتفاع بالألومينا وانخفاض بالسيليكا وتتميز هذه الصخور عن الموجيريت والبازلت تحت القلوي الفاتح بالاحتواء على نسبة أكبر من القلويات والألومينا.

أ - 3 - هافاييت (بازلت اندنزيتي):

يشبه من حيث المظهر صخور البازلت الاوليفيني تحت القلوي ويختلف عنه بالتركيب الفلزي والكيميائي.

الصخر ناعم الحبيبة، افيري، بورفيري يكون الفينوكريست من البلاجيوكلاز الناعم وفلزات قاتمة.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 - البلاجيوكلاز:

تكون بشكل بلورات لوحية، موشورية تمنطقية فينوكريستية (An_{50})، ورقية وميكروليتية (An_{30-40}) ونسبة في الصخر 36 - 39%.

2 - الكلينوبيروكسين:

اوجيت مرتفع الكلسية، ساليت - اوجيت اوتيتانواوجيت وبشكل أندر ساليت، ديوبسيد اوجيت وفيرواوجيت. وهو موشوري وينمو بين الفينوكريست والميكروليت.

3 - الاوليفين:

شكله منتظم واضح عديم اللون وكذلك غير منتظم ويتوضع في جسم الصخر بين الفينوكريست كما يتواجد في الأرضية.

4 - فلزات الدرجة الثانية (النامية على حساب الفلزات الرئيسية).

ايدنغزيت، بولنجيت، بالاغونيت، كربونات.

5 - كما تتواجد فلزات ماغنيتيت، اورتوكلاز، وفلزات خامية واباتيت.

النسيج:

افيري، بورفيري ناعم مع أرضية هيالوبيليتية، بيلوتاكسيتية، اندرتراكيتية، انترسيرتالية، ميكرودولوريتية.

التركيب الكيميائي:

السيليكا تمثل 3.46 ـ 3.49% وأوكسيد التيتانيوم (2.2 ـ 1.4) أوكسيد الألمينيوم (14 ـ 9.17%) أوكسيد حديد $Fe_2O_3 + Feo$ = (1.11 ـ 7.13%) أوكسيد المغنيزيوم (4 ـ ـ6%)، أوكسيد كالسيوم Cao (2.7ـ2.11%)، القلويات K_2O+Na_2O = (9.3 ـ 3.6%) (Na_2O = 1.3 ـ 5.4%) و(K_2O = 8.0 ـ 2%).

حيث يقع صخر الفاهاييت في مرحلة وسط بين الصخور تحت القلوية البازلتية الأوليفينية والصخور تحت القلوية البازلتية الأوليفينية الفاتحة.

ويعد أكبر قسم من الفاهاييت عائد للصخور البركانية البوتاسية ـ الصودية.

أ ـ 4 ـ موجيريت (بازلت أوليفيني):

اللون: رمادي، رمادي ـ بني، رمادي قاتم أحياناً أسود.

ناعم الحبيبة إلى ناعم جداً، افيري بشكل أندر ميكروبورفيري.

البنية: افيرية، بشكل أندر ميكروبورفيرية، فلوئيدية، فلوئيدية مخططة وعادة تكون كتلية (الشكل 27).

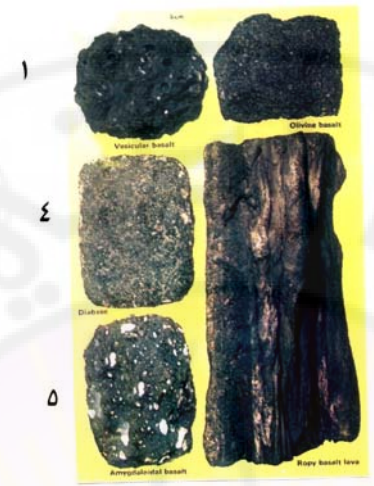
الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ بلاجيوكلاز: 50 ـ 60%

ألواح حجمها (5.0 ـ 6.0مم) مشكلة فينوكريست، في الأرضية يشكل وريقات وميكروليتات.

2 ـ الصفاح البوتاسي: 10 ـ 15%

بشكل بلورات غير منتظمة حجمها أقل من (1.0مم) وبشكل ميكروليتات متطاولة في الأرضية.



الشكل (27)

يظهر الشكل الصخور الاندفاعية الأساسية:

٧



٨
٩
١٠
١١

1 ـ بازلت فراغي

2 ـ بازلت اوليفيني

3 ـ لافا بازلتية حبلية

4 ـ دياباز

5 ـ بازلت لوزي

6 ـ قنبلة بركانية

7 ـ طف مبلور

8 ـ طف

9 ـ قنبلة بركانية

10 ـ ايغنيمبريت

11 ـ قنبلة بركانية

3 ـ أوليفين: 10 ـ 20%

جميع فلزات الأوليفين متشابهة الشكل غير منتظمة تصل أبعاد الفينوكريست (3.0ـ5.0مم) أما أوليفين الأرضية فتصل أبعاده إلى (5.0 ـ 1.0مم).

4 ـ كلينوبيروكسين 4 ـ 10%:

في الأرضية يكون بشكل بلورات متطاولة أجزاء من المليمترات.

5 ـ الفلزات الثانوية 4 ـ 10%

6 ـ الاباتيت 1 ـ 3%

مجمل احتواء الصخر على الفلزات القاتمة يصل إلى 25 ـ 35% من الحجم الكلي للصخر.

النسيج:

أفيري أو بورفيري ناعم وبشكل نادر بورفيري حيث يكون حجم الفينوكريست فيها (5.0 ـ 6.0مم) وهي من البلاجيوكلاز والأوليفين ونادراً ماغنيتيت أحياناً أباتيت، هذه الفلزات تمثل (5 ـ 10%).

كثيراً ما يكون نسيج الموجيريت تراكيتي والذي يتميز بوجود فلزات ورقية متوازية من الفلدسبار.

أ ـ 5 ـ تراكي بازلت ـ تراكي دولوريت:

لونه رمادي، رمادي فاتح، رمادي نهدي، رمادي مخضر، رمادي قاتم أحياناً أسود.

البنية: بورفيرية بشكل أندر أفيرية، كتلية، لوزية.

الفلزات المشكلة للتراكي بازلت:

1 ـ البلاجيوكلاز:

هو الفلز المسيطر في جسم وأرضية الصخر. يصل حجم الفينوكريست في جسم الصخر (5.0 ـ 5مم) أحياناً (10مم) وتكون بشكل ألواح، وتركيبها هو An_{15-25} ويمكن أن يصل إلى اللابرادور.

2 ـ الصفاح البوتاسي:

هي ألواح كبيرة فينوكريستية تتوضع بين فينوكريـست الـصخر وهـي مـن نـوع أورتوكلاز ـ ميكروكلين تصل أحجامها (1 ـ 20مم) في كثير من الأحيان يكون هذا الصفاح من نوع انورتوكلاز أو ساندين.

أما في الأرضية فيكون الصفاح البوتاسي بشكل بلورات لوحية متطاولة أحياناً ابرية أو ذات أشكال غير منتظمة حيث تكون مقاييسها تتراوح بين أجزاء من المئة وحتى (2.0مـم).
كما يشكل الصفاح البوتاسي إطاراً ميكروليتي حول البلاجيوكلاز.

3 ـ الكلينوبيروكسين:

من نوع أوجيت، ساليت، أوجيت مرتفع الكلسية، ديوبسيد، تشكل بلورات متطاولة في جسم وأرضية الصخر.

4 ـ الأوليفين:

فورستريت ويكون في جسم الصخر بشكل بلورات وجهية يمكـن أن تحتـوي علـى محتبسات من الزجاج.

5 ـ البيوتيت:

يتواجد في جسم الصخر، قاتم اللون، مقاييسه (1 ـ 3مم)، سداسي الـشكل، مـصاب بالأباتيزاتسيا بشدة.

6 ـ الأمفيبول:

كيرسوتيت (بني، أخضر فاتح) يتواجد في جسم الصخر حيث مقاس الفلـزات يـصل (2.0 ـ 3مم) غالباً تكون بشكل بلورات متطاولة، أما الأرضية فهي مصابة بالأباتيزاتسيا.

7 ـ الأباتيت:

سداسي الشكل تحت المجهر مقاييسه تصل (1 ـ 2مم).

النسيج:

بورفيري، ميكروبورفيري بشكل أندر بيلوتاكسيتي.
نسيج التراكي ـ دولوريت: أفيري، بورفيري أو دولوريتي.

كيميائياً:

التراكي بازلت، التراكي دولوريت ذات تغير واسع كيميائياً نسبة السيليكا (SiO_2) هـي 6.47 ـ 4.52%، أوكسيد التيتانيوم (8.0 ـ 3.2%)، أوكسيد الألمينيـوم (4.15 ـ 5.18%) أوكسيد الحديد (7.7 ـ 7.11%)، أوكسيد المغنيزيوم (3.2 ـ 1.7%)، أوكسيد الكالسيوم (9.5 ـ 5.9%)، القلويات (5.5 ـ 7.8%) (Na_2O=5.3ـ5.5%) و(K_2O=95.1ـ2.3%) أوكـسيد الفوسفور (3.0 ـ 11%).

أ ـ 6 ـ شاشونيت:

التسمية تعود إلى حديقة شاشون في الولايات المتحدة.

اللون: رمادي قاتم، رمادي نهدي أو رمادي مخضر.

البنية: بورفيرية (فينوكريست 25 ـ 40%)، بشكل أندر أفيريـة أحيانـاً فراغيـة أو لوزية.

في الفينوكريست نميز كلينوبيروكسين، صفاح، أوليفين، ميكا سوداء، أحياناً أمفيبـول، ماغنيتيت وأباتيت.

الأرضية: أفانيتية، ناعمة الحبيبات، أو زجاجية أحياناً سيلية.

الفازات المشكلة الرئيسية:

1 ـ البلاجيوكلاز:

(لابرادور، انديزين ـ لابرادور) في جسم الصخر يكون بشكل ألواح عريضة مقياسها (1 ـ 5.1مم) أما في الأرضية يكون بشكل ميكروليتات مقياسها (1.0 ـ 2.0مم) وبشكل أندر (4.0مم) وتكون من نوع الالبيت أو البيت ـ أوليغوكلاز وحتى أوليغوكلاز.

بلاجيوكلاز جسم الصخر يكون ذو تمنطق نظامي غير أنه ضعيف الظهور وتظهر فيه التوأمية المتكررة (البيت) كثيراً ما يصاب البلاجيوكلاز بالفساد والتحول إلى ساسوريت.

2 ـ الصفاح البوتاسي:

أورتوز ـ كريبتوبيرتيت يكون بشكل فينوكريست بكميات قليلة (5.0 ـ 5.1مم) في الأرضية: يكون بشكل ألواح متطاولة ميكروليتية (5% ـ 15.0مم) يكون الصفاح البوتاسـي غالباً فاسد إلى بيلليت والبيت.

3 ـ كلينوبيروكسين:

يشكل فينوكريست وميكروليت ويكون من نوع تيتانواوجيت.

الفينوكريست: يصل قياسها من (5.0 وحتى 5.2مم) أحياناً (5 ـ 10مم).

4 ـ أوليفين:

بلورات وجهية واضحة الشكل يصل مقياسها (1 ـ 5.1مم) عادة فاسد إلى سـربنتين وتالك وغيرها من أنواع الفساد.

5 ـ بيوتيت:

بيوتيت تيتاني وفلوغوبيت ـ أنيت قياسها (1.0 ـ 3.0مم) بالإضافة إلـى وريقـات ناعمة في الأرضية.

يفسد البيوتيت إلى كلوريت، ايبيدوت، البيت وليكوكسين.

الفلزات الثانوية:

كربونات، كلوريت، زيوليت.

النسيج:

بورفيري (فينوكريست بلاجيـوكلاز، كلينوبيروكـسين)، انترسـيرتالي، تراكيتـي، سفيروليتي.

نسيج الأرضية: ميكرودولوريتي ويمثل من (60 ـ 75%) من حجم الصخر.

التركيب الكيميائي:

يختلف عن الأنواع الأخرى التحت قلوية بارتفاع نسبة البوتاسـيوم (K_2O >3%) مـع نسبة $\frac{Na2O}{K2O}$ أقل من (1).

3 ـ 3 ـ 3 ـ مجموعة الصخور الأساسية القلوية

3 ـ 3 ـ 3 ـ 3 ـ مجموعـة الـصخور الأساسـية القلويـة الاندفاعية (السطحية):

تتميـز هـذه الـصخور باحتوائهـا علـى الـسيليكا 44 ـ 53% ونـسبة القلويـات ($Na_2O + K_2O$ = 22% ـ 5.4) وتقسم هذه المجموعة لثلاث مجموعات:

أ ـ عائلة البازلت الفلوي:

تنتمي لهذه العائلة أربع أنواع:

تيفريت، تيفريت لوسيتي، نيفليني، تراكي بازلت، تراكي بازلت لوسيتي.

تشبه هذه الصخور من حيث الشكل صخور البازلت النظامي وتتميز بارتفاع نسبة القلويات حتى (13%).

أ ـ 1 ـ التيفريت:

أتت التسمية من الكلمة اليونانية تيفرا وتعني الرماد وهو المقابل السطحي لصخر التيراليت.

البنية: كتلية أو لوزية.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ البلاجيوكلاز:

لابرادور An_{50-60} بشكل أقل اندیزین أو بیتونیت یکون هذا البلاجیوکلاز مرتفع القلوية (Al_2O_3 30%) ومرتفع الكلسية (Cao 13%) ويحتوي على الصوديوم (4%) ونسبة منخفضة من أوكسيد البوتاسيوم (5.0%).

2 ـ الكلينوبيروكسين:

تيتانواوجيت بشكل أندر أوجيت أو ساليت حيث يظهر الأوجيت التيتاني تعتيم الساعة الرملية ويحتوي محتبسات من الأباتيت.

3 ـ أوليفين:

غالباً تمنطقي يكون في أرضية الصخر غالباً أكثر حديدية من جسم الصخر، ينمو على حساب الأوليفين فلز الايدتنغزيت، السربنتين والكلوريت، إن هذا الأوليفين يتشكل بحرارة عالية لذلك يظهر معه بلورات من الماغنيتيت والتي تتحول إلى صفائح من الهيماتيت.

4 ـ الفلدسباثوئيد (نيفلين، انالسيت):

تحتوي هذه الفلزات على 13 ـ 19% من أوكسيد الصوديوم.

تكون الفلزات الفلدسباثوئيدية بشكل فينوكريست متحولة إلى زيوليت، أنالسيت، كانكرينيت.

5 ـ الفلزات الثانوية:

اباتيت، تيتانوماغنيتيت.

فلزات الدرجة الثانية:

زيوليت، كلوريت، كالسيت.

النسيج:

بورفيري، افيري، تراكيتي عندما يكون الـصخر حـاوي علـى ميكروليتـات مـن البلاجيوكلاز.

أ ـ 2 ـ التيفريت اللوسيتي:

صخر أسود، رمادي مخضر أو بني عادة يحوي فينوكريست مـن الكلينوبيروكـسين الأسود وبلورات مدورة من اللوسيت الأصفر، الزهري.

أحياناً هذه الفلزات تمثل 50% من حجم الصخر.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

لوسيت، كلينوبيروكسين (أوجيت، ديوبسيد) كثيراً ما يحوي محتبسات من الأباتيـت، ماغنيتيت، أوليفين، بلاجيوكلاز (لابرادور ـ بيتونيت وبشكل أندر انـديزين) فـي الأرضـية يتوضع الأوليفين المغنيزي.

من فلزات الدرجة الثانية البيوتيت، الأنالسيت الذي ينمـو علـى حـساب اللوسـيت، النيفلين، الصفاح القلوي (عادة ساندين)، أمفيبول.

الفلزات الثانوية منها أباتيت، ماغنيتيت.

كيميائياً:

الصخر غني بأوكسيد البوتاسيوم حيث تصل نسبته إلى (10%) وعادة تكون أعلى من نسبة أوكسيد الصوديوم.

أ ـ 3 ـ التراكي بازات النيفليني:

صخر رمادي قاتم أسود تقريباً، تبلوره كامل وبشكل أندر افانيتي اوبورفيري.

البنية: لوزية مملوءة بالكالسيت.

يختلف هذا الصخر عن التيفريت باحتوائه على البلاجيوكلاز الأكثر حمـضية وهـي الاندیزین وبشكل أندر لابرادور مع كمية معتبرة من الأورثوكلاز وبشكل أندر ساندين يمثـل البلاجيوكلاز (30 ـ 36%) من حجم الصخر والفينوكريست منه يكـون تمنطقـي، أحيانـاً النيفلين والفلدسباثوئيدات الأخرى تكون بنسب مختلفة فاسد إلى ساسوريت.

الفلزات القاتمة: الكلينوبيروكسين يمثل (10 ـ 30%) من حجم الصخر.

تمثل تيتانواوجيت، الأوجيت، الاوجيت ـ ايجيرين الفلزات الهامة في هـذا الـصخر بالإضافة للغاستنغسيت، الكيرسوتيت، البيوتيت وبشكل أندر الاوليفين.

الفلزات الثانوية:

اباتيت، تيتانوماغنيتيت.

أ ـ 4 ـ التراكي بازات اللوسيتي:

من الأنواع النادرة في الصخور القلوية وهو صخر رمادي ناعم الحبيبة بورفيري.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

كلينوبيروكسين (10 ـ 30%) من حجم الصخر، بلاجيوكلاز أحياناً يكـون تمنطقيـاً ويشكل 40% من حجم الصخر من نوع اندیزین ونادراً لابرادور.

الصفاح البوتاسي يمثل (10 ـ 30%) من حجم الصخر، لوسيت يمثـل (15 ـ 30%) نيفلين يمثل (صفر ـ 10%) أحياناً أوليفين وبيوتيت.

النسيج:

بيلوتاكسيتي، تراكيتي.

من الناحية الكيميائية هذا الصخر يكون غني بأوكسيد البوتاسيوم أكثر مـن أوكـسيد الصوديوم.

أ ـ 5 ـ التيفريت الأوليفيني:

وهو عبارة عن البازانيت مع الأوليفين (بازلت قلوي + أوليفين).

الفلزات المشكلة بيروكسين بشكل بلورات كبيرة، أوليفين، بلاجيوكلاز بالإضافة إلـى النيفلين، اللوسيت، وبعض الصخور تحوي على النيفلين واللوسيت معاً.

البيروكسين: يكون من نوع الأوجيت.

الأوليفين: بشكل بلورات كبيرة ضمن وسط ناعم وهو فلز نادر.

لوسيت، نيفلين.

أحياناً هورنبلاند، تيتانيت.

بلاجيوكلاز أساسي، نادراً ساندين، زجاج بركاني بني.

في الأنواع الفلدسباثوئيدية يكون لدينا العناصر الأرضية النادرة مثل تانتال، زركـون، سترونسيوم.

3 ـ 3 ـ 1 ـ مجموعة الصخور الأساسية العميقة:

3 ـ 3 ـ 1 ـ 3 ـ مجموعة الصخور الأساسية العميقة الفلوية.

تتضمن هذه المجموعة ثلاث عائلات:

الغابروئيدات القلوية، الفوييدوليت الأساسي، السيانيت الفلدسباثوئيدي الأساسي.

تحتوي هذه الصخور على 44 ـ 53% سيليكا ونسبة قلويات عالية تصل حتى (23%) أي ($Na_2O + K_2O$ تصل حتى 23%).

أ ـ عائلة الغابروئيدات القلوية:

تحتوي هذه العائلة نسبة عالية من الألومينا والقلويات وأما بالنسبة للسيليكا فهي تطابق سيليكا الغابرو النظامي.

نادراً ما تشكل هذه الصخور كتل مستقلة تترافق معها دائماً الصخور فوق الأساسـية القلوية (أورتيت، ايوليت) وكذلك الصخور تحت القلوية والصخور متوسطة التركيب القلويـة (السيانيت الفلدسباثوئيدي والسيانيت القلوي).

تتواجد هذه الصخور في القارات والمحيطات.

أ ـ 1 ـ التيراليت:

أتت التسمية من الكلمة اليونانية تيرايور تعني ادرسها بحذر.

لون الصخر رمادي قاتم، رمادي.

البنية: متجانسة، بشكل أندر كتلية، مخططة ناعمة.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ البلاجيوكلاز:

($An_{50-70-90}$) ذو توأمية متكررة (البيت)، عـادة طـازج بفـساده ينـتج ساسـوريت، موسكوفيت، برينيت، كاولينيت.

2 ـ الكلينوبيروكسين:

فلز رئيسي من فلزات هذا الصخر وأحياناً يكون هو الفلز الوحيد الفاتم المشكل له.

3 ـ النيفلين:

نادراً وجهي وعادة يكون تحت وجهي يملأ الفراغات بين البلاجوكلاز يمكن أن يتحول هذا الفلز إلى الزيوليت.

4 ـ الأوليفين:

يتواجد بشكل بلورات مفردة مدورة عادة يكون طازجاً بعـض بلوراتـه تفـسد إلـى ايدنغزيت كلوريت أو سربنتين مع انفصال بلورات خامية.

5 ـ الأمفيبول:

فلز درجة ثانية ينمو بشكل نطاق حول التيتانواوجيت أو يغطي التيتانواوجيت بـشكل كامل.

النسيج:

هيباديامورفني

يعد من الناحية الكيميائية التراليت قريب في تركيبه من التيفريـت مـع فـرق بـأن التيراليت أكثر غنى بالألومينا والصوديوم ونسبياً أقل غنى بالمغنيزيوم والتيتانيوم، التيراليـت فقير بالسيليكا (غير مشبع) مع احتوائه على نسبة عالية من أكسيد الحديد والكالسيوم والفلويات خاصة الصوديوم.

أ ـ 2 ـ ايسكسيت:

صخر رمادي أحياناً مبرقش يرى بالعين المجردة فلـزات البلاجيـوكلاز المتطاولـة الرمادية الفاتحة يتوضع بينها بلورات زهرية من الأورتوز، ونيفلين عديم اللـون والفلـزات قاتمة.

هذه الصخور يمكن أن تكون ناعمة ـ متوسطة ـ خشنة الحبيبات.

البنية: منقطة أحياناً تراكيتية.

يختلف التيراليت عن التيفريت من حيث التركيب الفلزي بوجود الأورتوز ونسبة أقـل من الأوليفين ونسبة أكبر من الأمفيبول والبيوتيت.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ البلاجيوكلاز:

تمنطقي في المركز من نوع الانديزين والمحيط من اللابرادور.

2 ـ كمية قليلة من الاورتوز أحياناً ميكروكلين حيث يحوي الاورتوز على انبثاقـات من البلاجيوكلاز في حين هذا الأورتوز يتوضع داخل النيفلين.

3 ـ نيفلين:

تحت وجهي (أحياناً يكون مع الأنالسيم).

4 ـ كلينوبيروكسين:

تيتانواوجيت، ايجيرين اوجيت، اوجيت.

5 ـ بيوتيت:

ينمو على حساب الأمفيبول.

الفلزات الثانوية:

اباتيت، ايلمينيت وبشكل أندر سفين.

عند ازدياد نسبة النيفلين ينتقل صخر الإيسكسيت إلى التيراليت.

يتميز الإيسكيت بتروكيميائياً باحتوائه على نسبة أعلى من السيليكا وأوكسيد البوتاسيوم مقارنة بالتشنيت والتيراليت. وتقرب فيه نسبة $K_2O+ Na_2$ مع الصخور السابقة.

ويعد الإيسكسيت عائداً إلى المجموعة القلوية البوتاسية ـ الصودية. وغالبـاً يكـون بشكل دايكات مع التيراليت والتشنيت أحياناً مع الغابروئيدات القلوية.

أ ـ 3 ـ فيرغوسيت:

لونه: رمادي مخضر أو رمادي زهري. وهو متوسط الحبيبة منقط يحتوي كثير مـن الفلزات المدورة.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ لوسيت كاذب:

يكون محاطاً بأرضية من الكلينوبيروكسين (ديوبسيد، ايدينبرجيت) الموشوري القصير وهو فاسد إلى غاستنغسيت.

2 ـ غرانات بني.

3 ـ بيوتيت (فلوغوبيت).

4 ـ صفاح.

5 ـ نيفلين عديم الوجهية.

6 ـ أنالسيم.

7 ـ فلوريت.

8 ـ أباتيت، ماغنيتيت.

ما يميز هذا الصخر هو ارتفاع نسبة أوكسيد البوتاسيوم مقارنة بأوكسيد الصوديوم.

3 ـ 4 ـ الصخور فوق الأساسية

تُعد هذه الصخور صخوراً خالية من البلاجيوكلاز وهي مؤلفة من صخور مغنيزية ـ حديدية (أوليفين، بيروكسين، أمفيبول) كمية هذه الصخور تكون قليلة في القشرة الأرضـية. وتكون الصخور العميقة من هذا النوع أكثر من الصخور الاندفاعية.

نسبة السيليكا في هذه الصخور أقل من 44 ـ 45% في البيروكسينيت والهورنبلانديت حيث تتألف تقريباً من فلز واحد دون تواجد البلاجيوكلاز.

عندما ترتفع السيليكا أكثر من 52% تصبح هذه النسبة مميزة للصخور الأساسية.

تقسم مجموعة الصخور فوق الأساسية إلى مجموعتين بيتروكيميائيتين:

1 ـ النظامية و2 ـ قلوية حيث كل من هاتين المجموعتين تحتوي صفين البركـاني والعميق أما المجموعة تحت القلوية البركانية تشمل على نوع واحد فقط وهو بيكريـت أمـا الأنواع تحت القلوية العميقة فهي نادرة جداً حيث يعود لهذا النوع البيريدوتيت الميكاوي.

عائلة البيروكسينيت (السطحية، تحت السطحية والعميقة) تحوي صفين:

1 ـ الصف الكلسي ـ القلوية (النظامي) وهي:

ميمشكيت، بيكريت، كوماتيت، أما من حيث الاحتواء على الفلزات ونوعية النسيج فهي متغيرة مثلاً منها ميمشكيت بورفيري، بيكريت بيروكسيني أو ليفيني.

2 ـ الصف القلوي:

البيكريت القلوي: تنطوي تحتها أنواع مختلفة من الصخور منها:

بيكريت بيروكسيني بيوتيتي، بيكريت بيروكسيني ميليليتي، بيكريت فلدسباثوئيدي، بيكريت قلوي دون بيروكسين، كمبرليت، كما يوجد عائلتان للصخور القلوية الاندفاعية وهي:

ـ الميليليت (صخور الميليليت الأوليفيني، الميليليت، ميليليت دون بيروكسين).

ـ فويديت فوق أساسي (ميلانونيفلين أوليفيني، ميلانو نيفلين، نيفلينيت ميلان أنالسيت، ميلان أنالسيت أوليفيني، نيفلينيت، ميلالوسيت أوليفيني، ميلالوسيت، ميلاكالسيليت أوليفيني أو (مافوريت).

في صف الصخور العميقة النظامية يتواجد عائلتين:

1 ـ الصخور الأوليفينية (أوليفينيت، دونيت) والتي ينطوي تحتها أوليفينيت، دونيت، بيريدوتيت، هارتزبرجيت، ليرزوليت، فيرليت، بيريدوتيت هورنبلاندي.

في حال ظهور فلزات بلاجيوكلاز، غرانات (غارنت) عندها يكون لدينا نفس الصخور السابقة غير أنها بلاجيوكلازية أوغرانياتية.

2 ـ الصخور العميقة القلوية:

الصخور الميليليتية (أنواع الميليليت، كوغديت، أونكامبارغيت، توريابيت، أوكابيت).

3 ـ الصخور الفويدوليت فوق الأساسية (أنواع ياكوبيرانجيت (ياكوبيرانغيت)، ميلتيجيت، (ميلتيغيت)، ايوليت، اورتيت، ميسوريت.

3 ـ 4 ـ 1 ـ الصخور فوق الأساسية النظامية:

3 ـ 4 ـ 1 ـ 3 ـ مجموعة الصخور البركانية فوق الأساسية النظامية:

أ ـ عائلة البيكريت:

وهي عبارة عن صخور اندفاعية لم تكن معروفة سابقاً أما الآن فهي مكتشفة في أكثر من مكان من العالم وتقسم هذه العائلة إلى:

ـ عائلة الصخور البيكريتية الكلسية ـ القلوية (النظامية).

ـ عائلة الصخور البيكريتية القلوية.

تتواجد صخور هذه العائلة مع الصخور القلوية كي تمثل شكل دايكات، سيلات، لاف ـا، وطف.

من الناحية الكيميائية تحتوي هذه العائلة على سيليكا 36 ـ 44% وأوكسيد مغنيزي ـ وم 20 ـ 37% وأوكسيد الصوديوم + أوكسيد البوتاسيوم (K_2O+Na_2O=0-1%) عادة أق ـ ل م ـ ن 6.0%.

تتركز القلويات عادة في هذه الصخور في الزجاج المتواجد في أرضية الصخر ل ـ ذلك لا تظهر الصفات القلوية في الفلزات المشكلة للصخور مما يؤدي إلى صعوبة تمييز الأن ـ واع القلوية لهذه العائلة عن الأنواع النظامية في حين أنه يتشكل الفلوغوبيت، البيوتيت والأمفيبول في الأنواع ذات القلوية غير المرتفعة بشكل عام.

أ ـ 1 ـ ميمشكيت:

تعود تسمية هذا الصخر إلى منطقة ميمشكا الموجودة في شمال البلاتفورم الـ سيبيري، وهي بورفيرية أو بورفيرية المظهر وهي ذات بنية كتلية، وبشكل أندر مخططة في الأن ـ واع التي تشكل الدايكات.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ في الأنواع المميزة من الميمشكيت يتواجد فينوكريست من الأوليف ـ ين الط ـ ازج عديم اللون إلى أخضر أو أصفر من نوع الكريزوتيل الذي يمثل (36 ـ 60%) وع ـ ادة م ـ ا تكون (45 ـ 51%) نادراً ما تنخفض هذه النسبة إلى (21%) وما ترتفع حتى (80%)، ك م ـ ا يتواجد السربنتين المالئ للفراغات (لوزي) وتمثل (5 ـ 16%).

2 ـ أما الأرضية فتحوي على الأوليفين الناعم (أنعم من جسم الصخر) ومتحول إل ـ ى سربنتين كما يظهر السربنتين مع الكلوريت على حساب الزجاج في هذه الصخور.

3 ـ يتواجد الكروميت الذي يمثل (1%) من الصخر ويمكن أن يكون بشكل محتبسات ضمن الأوليفين، نادراً ما ينمو الكروميت في صخور الميمشكيت الحاوية على فينوكريـست من التيتانوماغنيتيت.

4 ـ الفلزات الثانوية:

تتمثل بالماغنيتيت والتيتانوماغنيتيت المتوضـع داخـل الـسربنتين كـذلك يتواجـد الاندراديت، الأباتيت، الليكوكسين والكالسيت نادراً ما تتواجد نثرات من البيوتيت في المرحلة بعد الماغماتية يظهر بالإضافة للسربنتين فلز الكالسيت والغرانات والزيوليت. تتميز صـخور الميمشكيت من حيث التركيب الكيميائي بارتفاع أوكسيد المغنيزيوم وبنسبة السيليكا المنخفضة وكذلك الألومينا والقلويات.

يقسم الميمشكيت إلى ميمشكيت غنـي بـالأوليفين حيـث تـصل نـسبة الأوليفـين (60 ـ 85%) وميمشكيت فقير بالأوليفين (20 ـ 35%)، ميمشكيت ناعم وميمشكيت مبلـور بشكل كامل، وطف ميمشكيت.

أ ـ 2 ـ بيكريت:

أتت التسمية من الكلمة اليونانية (Picross) أي المرّ، تظهر توضعات كروية أو زرقاء ضمن أرضية خضراء قاتمة إلى سوداء مع وجود فينوكريست من الأوليفـين الفاسـد إلـى سربنتين أخضر فاتح أو بني كما تتواجد بلورات أصغر من البيروكسين.

البنية: تكون عادة كتلية وبشكل أندر فلوئيدية (سيلية) ولوزية حيث تملـئ الفراغـات بالسربنتين والعناصر الكلوريتية.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ الأوليفين:

يكون الأوليفين مكسراً يغطـي سـطحه التـشققات حيـث تمتلـئ هـذه التـشققات بالكروزموتيل، تصل أبعاد الأوليفين في الدايكات إلى (5 ـ 8مم) أما كميته فهي متغيرة، في بعض أنواع البيكريت يظهر السربنتين الاستعاضي في الأوليفين.

تكون البلورات الناعمة من الأوليفـين (1.0 ـ 2.0مـم) بـشكل محتبـسات ضـمن البيروكسين.

2 ـ الكلينوبيروكسين:

يمكن أن يكون ديوبسيد ـ أوجيت، أوجيت، تيتانواوجيت حيث يتراوح قياس بلورات البيروكسين بين (3.0 ـ 5.0سم) وهو متوضع بين بلورات الأوليفين.

3 ـ الأورثوبيروكسين:

من نوع البرونزيت، بشكل بلورات وجهية لوحية ناعمة.

ينمو في أرضية الصخور البيكريتية الاندفاعية نواتج فساد بين البيروكسين والأوليفين وهي تمثل 70% من حجم الأرضية (مثال هذه النواتج السربنتين، الكلوريت) بالإضافة إلـى تواجد الزجاج الطازج في هذه الأرضية كما هو الحال في منطقة كامشاتكا.

3 ـ البلاجيوكلاز:

4 ـ أمفيبول:

من نوع باركيفيكي، كيرسوتيت.

5 ـ البيوتيت أو الفلوغوبيت.

يتواجد بنسبة (2%).

6 ـ الفلزات الثانوية:

كروم سبينيل، ماغنيتيت، سولفيدات، اباتيت نادراً غرانات، تيتانيت، زركون.

النسيج:

جسم الصخر: بورفيري، بورفيري المظهر، بويكيلي.

أرضية الصخر: ميكروليته، فيتروفيري.

كيمياء الصخر:

تتميز الأنواع المختلفة من البيكريت بنسبة سـيليكا منخفـضة (39 ـ 43%)، نـسبة مرتفعة من الألومينا (بالمقارنة مع الصخور فوق الأساسية العميقة حيث تكون نسبتها أعلـى من 2 ـ 3 مرات)، نسبة أوكسيد الحديد عالية وهي أعلى من الدونيت والهارتزبرجيت بمـرة ونصف، نسبة أوكسيد المغنيزيوم وأوكسيد الكالسيوم تكـون ثابتـة حيـث تكـون مـساوية (29 ـ 34%).

أ ـ 3 ـ كاماتيت بيريدوتيتي:

صخر رمادي مخضر يحوي توضعات كروية.

البنية: سبينيفكس (أي غير موجهة، عشوائية تنتج عن وجود كمية كبيرة من فلـزات الأوليفين).

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ الأوليفين.

2 ـ الكلينوبيروكسين.

ديوبسيد ـ اوجيت، اوجيت، بيجونيت.

الفلزات الرئيسية غنية بالكروم والسبينيل.

كيمياء الصخر:

تتميز هذه الصخور بتواجد نسبة من أوكسيد المغنيزيوم أعلـى مـن 20% وأوكـسيد البوتاسيوم أقل من 9.0% مع نسبة منخفضة من أوكسيد التيتانيوم ونسبة عالية تقريبـاً مـن أوكسيد الكالسيوم/أوكسيد الألمينيوم أكبر من 8.0% في حين أن النسبة الأخيرة لا تحدد دائماً كون الصخر هو الكاماتيت.

النسيج:

غير موجه للصخور الحاوية على الأوليفين والبيروكسين.

التواجد:

تتواجد هذه الصخور بشكل حبات (لافاوسادية)، سيلات ودايكات.

3 ـ 4 ـ 1 ـ صف الصخور العميقة فوق الأساسية:

3 ـ 4 ـ 1 ـ 1 ـ صف الصخور العميقة فوق الأساسية النظامية.

أ ـ عائلة الأوليفينيت ـ دونيت:

تتميز هذه العائلة بأنها مؤلفة من فلز وحيد.

أ ـ 1 ـ أوليفينيت:

صخر ناعم أو متوسط الحبيبة، اللون في المقطع الطازج رمادي فاتح تقريباً، أسود مع ظلال بنية أو خضراء أحياناً.

البنية:

كتلية، مخططة أحياناً ناتجة عن تناوب طبقات أوليفين مع التيتانوماغنيتيت، أربيكولارية (حيث تظهر نطاقات مشكلة حيث يتوضع ضمن هذه النطاقات بلورات من التيتانيوماغنيتيت تشكلت بعد تشكل الصخر وتكون بشكل محتبسات).

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ الأوليفين.

2 ـ تيتانوماغنيتيت لا يتجاوز 10% في أنواع الأوليفينيت الخامية. في حين تصل نسبته عادة 30 ـ 40%، يتوضع التيتانوماغنيتيت بين فلزات الأوليفين بشكل محتبسات.

3 ـ ايلمينيت:

هو فلز على شكل ألواح ناعمة محتبسة ضمن التيتانوماغنيتيت.

4 ـ بيروفسكيت:

يظهر في الأنواع القلوية.

5 ـ فلزات الدرجة الثانية:

ديوبسيد، أوجيت، هورنبلاند، هبرستين، أباتيت، سبينيل، كروميت، تيتانيت، بيروتين، كالكوبيريت.

7 ـ فلزات الفساد:

ايدنغزيت، تريموليت، فلوغوبيت، سربنتين، دولوميت، كالسيت، ماغنيتيت.

النسيج:

بانئيديومورفي، سيدريتي يميز الأنواع الغنية بالتيتانوماغنيتيت، بورفيري المظهر (حيث تتواجد فلزات كبيرة من الأوليفين في أرضية أنعم مؤلفة من الأوليفين والتيتانوماغنيتيت).

هناك أنواع من الأوليفينيت خامية وأنواع أخرى لا تحوي على الخامـات الأخيـرة، تحوي فلزات حديدية تصل حتى 10%.

أ ـ 2 ـ الدونيت:

أتت التسمية من جبل (دون) في نيوزيلاندة، عادة يكون الصخر ناعماً، رمادي مخضر أو ذو لون أوليفيني قاتم يمكن أن يحوي الصخر كتل دائرية أو إهليلجية منفـصلة. يـصاب الدونيت الأوليفيني عادة بالفساد إلى السربنتين بدرجات مختلفة وهذا ما ينعكس علـى لـون الصخر، أما في حال كانت هذه الصخور طازجة فيكون لها لمعـان زجـاجي، يظهـر فـي الدونيت بلورات فينوكريست من الكروميت ذو اللمعان الدهني المشقق بشقوق ناعمة مملـوءة بالسربنتين (الأوليفين طازج واضح الصفات الضوئية).

أما نوع هذا الأوليفين فيكون مغنيزي.

يظهر في الدونيت بلورات فينوكريست مشققة مملوءة بالـسربنتين مـن الكروميـت، بالإضافة إلى وجود الأوليفين المغنيزي ويمثل 95 ـ 97% الطازج اللامع واضح الـصفات الضوئية، أما فلزات الدرجة الثانية فهي من كروميت (كروم سبينيل) حيث تصل نسبة هـذه الفلزات إلى 3% ويصل حجم بلوراتها (1.0 ـ 2 ـ 5مم) يتواجد بالإضافة للفلزات الـسابقة فلز الأورثوبيروكسين من نوع الانستاتيت كما يتواجد الكلينوبيروكسين.

أما فلزات الفساد فهي سربنتين (كريزوتيل، ليزارديت، انتيغوريت) بروسيت، تالـك، تريموليت، كربونات، ماغنيتيت، كلوريت.

النسيج:

فلزات الأوليفين تحت الوجهية تعطي نسيج بائيد يومورفي الشكل (28).

كيمياء الصخر:

يختلف الدونيت عن الأوليفينيت بانخفاض نسبة التيتانية والحديدية (حيـث لا يتجـاوز مجموع أوكسيدي الحديد 10%، أما أوكسيد التيتانيوم فيتراوح بين 02.0 ـ 06.0%) وعـادة الاحتواء على أوكسيد المغنيزيوم يصل 38 ـ 45%، أما السيليكا فهي أقل من 40% والألومينا أقل من 1% نادراً ما تصل حتى 2%.

بما أن صخر الدونيت وحيد الفلز فهو لا يتدرج إلى أنواع مختلفـة للـصخور وإنمـا تظهر ضمن عائلته أنواع غنية بخامات الكروم سبينيل.

ب ـ عائلة البيريدوتيت:

أتت التسمية لهذه العائلة من الكلمة الفرنسية بيريدوت والتي تعني الأوليفين وهي عبارة عن عائلة صخور بيروكسينية ـ أوليفينية عميقة فوق أساسية تكون نسبة هذه الفلزات أقل من 90% مع فينوكريست من الكروميت أو ماغنيتيت وبشكل أندر سولفيدات.

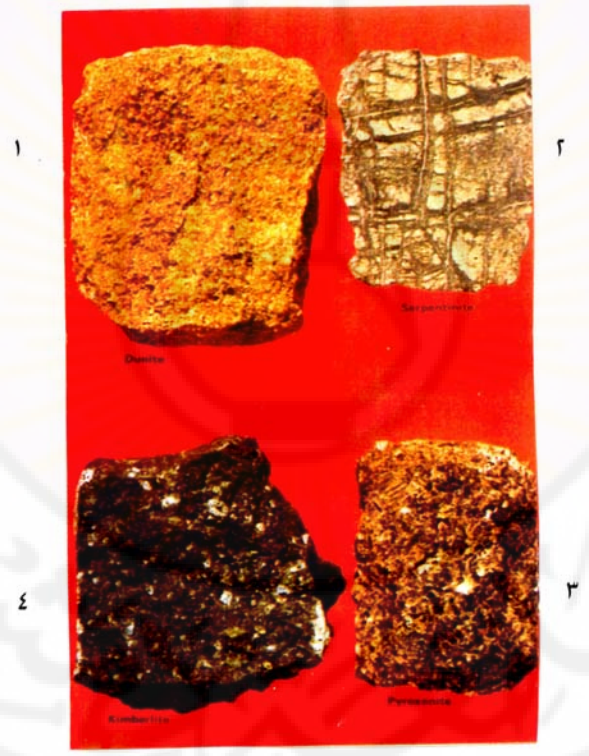
تقسم هذه العائلة إلى ثلاث أنواع رئيسية:

1 ـ هارتزبرجيت

2 ـ ليرزوليت

3 ـ فيرليت

بالإضافة إلى نوع نادر يعتبر النوع الرابع وهو البيريدوتيت الأمفيبولي والذي يحوي على الأمفيبول بجانب فلزات الأوليفين والبيروكسين.



الشكل (28)

يبين الصخور العميقة فوق الأساسية:

1 ـ دونيت

2 ـ سربنتين

3 ـ بيروكسينيت

4 ـ كيمبرليت.

إضافة إلى الأنواع السابقة هناك أنواع حاوية على فلزات أخرى مثل البلاجيـوكلاز، الميكا، غرانات وبالتالي تدخل هذه الفلزات في تسمية الصخور البيريدوتيتية والتـي تـصبح على الشكل التالي:

البيريدوتيت البلاجيوكلازي والـذي لا تتجـاوز فيـه نـسب البلاجيـوكلاز 10%، والبيريدوتيت الميكاوي والذي يعد من الأنواع النادرة جـداً والحاويـة علـى البيوتيـت أو الفلوغوبيت حيث تصل نسبة الميكا (5 ـ 10%) والنوع الأخير وهو البيريدوتيت الغرانـاتي (حيث يكون الغرانات من نوع البيروب ويمثل فلز درجة ثانية وتشكله يعـود إلـى ظـروف الضغط العالي للتشكل في أعماق القشرة الأرضية أو في المعطف العلوي). ومن الملاحظ أن الأنواع الأخيرة من البيريدوتيت لا تحوي على الكروم سبينيل.

ب ـ 1 ـ الهارتزبرجيت (هارزبرجيت):

أتت التسمية من اسم مدينة هارتزبرج، وعادة ما يكون هذا الصخر فاسداً بدرجة مـا إلى سربنتين. لون الصخر متغير من الأخضر القاتم وحتى الأسود مع تعرية بشكل قشرة بنية اللون.

البنية: كتلية، أحياناً مخططة.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ الأوليفين عادة ما يكون هو المسيطر وبشكل فلز وحيد بمقياس (2 ـ 3مم) ودائماً فاسد إلى سربنتين بدرجات مختلفة معطياً نسيج نوافذي.

2 ـ الأورثوبيروكسين (انستاتيت وبشكل أندر برونزيت) تحت وجهي أو يكون بشكل مواشير كبيرة مع نسيج استعاضي حيث نجد أن الأورثوبيروكسين المتحول إلـى سـربنتين يكون إما من نوع باستيت أو انتيغوريت.

3 ـ كروم سبينيل (1 ـ 2 وحتى 5 ـ 7%).

4 ـ يتواجد أيضاً في هذه الصخور بلورات مفردة من الكلينوبيروكسين (عدد قليـل) وعادة تكون من الديوبسيد الطازج.

5 ـ فلزات الفساد وهي السربنتين، الكلوريـت، البورسـيت، التريموليـت، تالـك، اكتينوليت، ماغماتيت.

النسيج:

بانئتيديامورفي وهيبيديامورفي، نسيج موجه مع توضعات عشوائية للكروم والـسبينيل والكريزوتيل تعطي مظهراً نقطياً.

التركيب الكيميائي:

تتميز هذه الصخور بارتفاع نسبي للسيليكا ليس أكثر من 42% أما الالومينا فتتـراوح بين (5.1 ـ 2%) حيث إن هذه النـسبة مـن الـسيليكا هـي التـي تـؤدي إلـى ظهـور الاورثوبيروكسين.

ب ـ 2 ـ الليرزوليت:

تعود التسمية إلى اسم منطقة ليرز، تكون هذه الصخور فاتحة ظاهرياً (رمادية، رمادية قاتمة) منقطة أما سبب هذا التنقط فهو وجود الكلينوبيروكسين.

البنية:

كتلية، ناعمة ومتوسطة يمكن أن تكون مخططة.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

الاوليفين، الاورثوبيروكسين والكلينوبيروكسين، فلزات ثانوية وهـي كـروم سـبينيل (2 ـ 3%) وماغنيتيت.

1 ـ الأوليفين:

بلورات ذات تعتيم متناظر.

2 ـ الاورثوبيروكسين:

يكون بشكل مواشير وهو من نوع البرونزيت.

3 ـ الكلينوبيروكسين:

بلورات تحت وجهية من نوع الديوبسيد تكون كميتـه قليلـة فـي الـصخر مقارنـة بالاورثوبيروكسين.

4 ـ الكروم سبينيل:

بشكل بلورات غير منتظمة مكسرة بشدة.

يتغير التركيب الفازي للبيرزوليت حيث يتراوح احتوائه على الاوليفين بين 40 ـ 80% والبيروكسين 10 ـ 50% مما يؤدي إلى ظهور أنواع انتقالية لهذه الصخور.

البيرزوليت عادة شديد الفساد وبالتالي تحديده يحتاج إلى الاعتماد على تحديد بقايا (آثار) الفازات الرئيسية المشكلة له.

النسيج:

هيبديا مورفني، بشكل اندريورفيري المظهر وبويكليلي يعتبر البيرزوليت من الناحية الكيميائية مقابل للهارتزبرجيت غير أنه أغنى بأوكسيد الكالسيوم.

ب ـ 3 ـ الفيرليت:

صخر أخضر قاتم أو رمادي مخضر طازج.

البنية:

مخططة كتلية أو استعاضية الشكل.

الفازات المشكلة الرئيسية:

أوليفين، كلينوبيروكسين بنسب مختلفة.

1 ـ الاوليفين:

يمثل حبات مدورة تحوي الكثير في التشققات المملوءة بالسربنتين والماغنيتيت.

2 ـ الكلينوبيروكسين:

يمثل بلورات كبيرة واضحة الزوايا من الديوبسيد والديالاج، كما يمكن تواجد بلورات ناعمة تحت وجهية من نفس النوع.

يكون الكلينوبيروكسين أكثر ثباتاً من الاوليفين حيث لا يفسد بسهولة إلى السربنتين ينمو كل من التريموليت، الهورنبلاند الأخضر والكلوريت والغرانات أحياناً (عادة من الغراسوليار) على حساب الكلينوبيروكسين. من حيث ترتيب التبلور أولاً الاوليفين ثم الكلينوبيروكسين وأخيراً كروم سبينيل (ماغنيتيت أو بليوناست)، هورنبلاند بني.

3 ـ الفلزات الثانوية:

كروم سبينيل، ماغنيتيت، نادراً ايلمينيت، سبينيل أخضر (بليوناست).

4 ـ الاورثوبيروكسين.

يتواجد بشكل نادر في بعض أنواع الفيرليت.

النسيج:

يويكيلي، بورفيري المظهر، هيبيديا مورفني.

التركيب الكيميائي:

نسبة السيليكا تتراوح بين (98.40ـ45.44%) ونسبة أوكـسيد الحديـد ($FeO+Fe_2O_3$)، تتراوح بين 16.7 ـ 96.12%) أوكسيد المغنيزيوم يتراوح بـين 83.24 ـ 96.29% وأخيـراً أوكسيد الكالسيوم يتراوح بين 30.8 ـ 51.12%.

حـ ـ عائلة البيروكسينيت:

تتميز هذه العائلة بإحتوائها بشكل رئيسي على البيروكسين وتقسم إلى:

آ ـ كلينوبيروكسينيت (أوجيت ـ ديالاجيت....).

ب ـ أورثوبيروكسينيت (انستاتيت، برونزيت.....).

تدخل هذه الصخور تـدريجياً فـي البيروبـدوتيت والغـابرو (هـو البيروكـسينيت البلاجيوكلازي).

حـ ـ 1 ـ الكلينوبيروكسينيت:

صخر قاتم، أخضر رمادي، أخضر مسود، ضخم الحبيات إلى متوسط الحبيات أحياناً بورفيري.

يتميز هذا الصخر بأنه ثقيل، أما اللون الخارجي له فيعود إلى لون البيروكسين. مـن أنواعه:

أ ـ ديوبسيديت وهو ذو لون أخضر فاتح.

ب ـ أوجيتيت ـ ديالاجيت ذو لون أسود تقريباً.

تحوي هذه الصخور على الأوليفين بنسب متغيرة تصل حتى 15%.

الفلزات الثانوية: ما غنيتيت، ايلمنيت، كروميت، سبينيل عندما تصل نسبة الاولفين إلى 15 ـ 20% تدخل في الكلينوبيروكسين الاوليفيني وإذا ازدادت النسبة أعلى من 20% تـدخل في صخر الفيرليت.

حـ ـ 2 ـ الاروثوبيروكسينيت:

صخر رمادي مخضر أو بني فاتح، أو صخر قاتم، ناعم الحبيبة إلى ضخم الحبيبـة. من أنواعه:

انستاتيتيت:

يحوي الاوليفين ويمر بشكل تدريجي إلى الهارتزبرجيت، ويحوي نسبة مـن الكـروم سبينيل.

حـ ـ 3 ـ الوبستريت (فيبستريت).

وهو صخر مزيج بين الأورثوبيروكسين، والكلينوبيروكسين ذو لون رمادي مخـضر قاتم يمر بشكل تدريجي إلى الليرزوليت.

3 ـ 4 ـ 2 ـ الصخور فوق الأساسية القلوية

يتشكل هذا النوع من الصخور على أساس عدم إشباع الصخور باوكـسيد الـسيليس (السيليكا) حيث SiO_2 أقل من ($44 \pm 2\%$) والقلويات ($K_2O + Na_2O$) أكبر من (1 ـ 2%).

3 ـ 4 ـ 2 ـ 3 ـ صف الصخور فـوق الأساسـية القلويـة البركانية (الاندفاعية):

إن الصخور الاندفاعية وتحت السطحية والعميقة المرتبطة فيما بينها ارتباطـاً قويـاً بالانتقال التدريجي فيما بينها وذلك بالاعتماد على الدور النسبي للفلزات (اوليفين، ميلليلـت، فلدسباثوئيد). تقسم إلى ثلاثة أنواع:

1 ـ البيكريت القلوي.

2 ـ الميلليليت.

3 ـ الصخور فوق الأساسية الفوديتتية.

وهي تنمو في مناطق التماس والأعراف المحيطية وتحيط في بعض الأماكن بالبازلت.

أ ـ عائلة البيكريت القلوي:

تكون هذه الصخور على تماس تدريجي مع صخور البيكريت النظامي من جهة ومـع صخور الميلليليت والفوديادیت من جهة أخرى.

إن الحد بين الصخور القلوية والنظامية يتعلق بظهور أو غياب الفلدسـباثوئيدات و(أو الميلليليت).

أما البيكريت القلوي فهو الصخر الحاوي على خليط من الفلزات المـشكلة للـصخور السابقة بالإضافة إلى الزجاج الموجود في أرضية هذا الصخر (البيكريت القلوي).

تكون نسبة السيليكا في البيكريت القلوي أقل من 41% أما القلويات فتظهـر ارتفـاع أعلى من 1% ($Na_2O + K_2O$ >1%) زجاج البيكريت القلوي يحـوي زيوليـت، كربونـات وسربنتين أما الزجاج في البيكريت النظامي فيحوي كلوريت وسربنتين.

للبيكريت القلوي نفس تركيب الغيرليت الفلزي حيث يحوي الاوليفين والكلينوبيروكسين غير انه يتميز عن الأخير بظهور فلز ثالث وهو ميكا أو أمفيبـول، ميلليليـت وفلدسـباثوئيد وبالتالي له عدة أنواع حسب نوع الفلز الثالث الداخل في التركيب:

بيكريت بيوتيتي (أمفيبولي) بيروكسيني، بيكريت ميلليليتـي بيروكـسيني، بيكريـت فلدسباثوئيدي مع وجود نوع مميز من البيكريت غير الحاوي على البيروكسين وهو البيكريت القلوي غير الحاوي على البيروكسين، والكمبرليت.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ وهي الاوليفين والبيروكسين.

تصل نسبة الاوليفين إلى أعلى من 25% وتكون نسبة أوكسيد المغنزيوم فيه أعلى من 18% في حال كان الصخر يحوي على البيروكسين بكمية قليلة وهذا يترافق مع ارتفاع نسبة الفلزات الأخرى مثل الميلليليت والفلدسباثوئيد أكثر من 20%.

وترتفع نسبة الاوليفين في البيكريت القلوي إلى 30% ويحوي الاوليفين عندها علـى أوكسيد المغيزيوم 22%.

أما في حال وجود كمية كبيرة من الكلينو بيروكسين وكميـة قليلـة مـن الميلليليـت والفلدسباثوئيد أقل من 10% تنخفض نسبة الاوليفين إلى أقـل مـن 20% وأحيانـاً مـساوية لـ20% مع أوكسيد مغيزيوم 18%.

الفلزات الثانوية:

أكثرها انتشاراً في الصخور القلوية البيكريتية هـي تيتانوماغنيتيـت، بيروفـسكيت، اباتيت، ايلمينيت، كروميت.

3 ـ فلزات الفساد:

وهي الفلزات التي تنمو على حساب الفلز الأصلي وهي سربنتين، كاربونات، زيوليت.

أ ـ 1 ـ بيكريت بيوتيتي بيروكسيني:

هي صخور تحت سطحية لا تحوي الميلليليت والفلدسـباثوئيد أمـا الميكـا (بيوتيـت فلوغوبيت) فتكون بنسبة تتجاوز (10%).

لون الصخر: رمادي مخضر وحتى الأسود تقريباً.

الصخر بورفيري حاوي فينوكريست من الاوليفين ويمكن أن يكـون الـصخر غيـر متجانس التوزيع نادراً نرى بلورات كبيرة متطاولة وحية من الكلينوبيروكسين وفي حـالات مفردة تكون هذه البلورات رقائق من الميكا.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ الاوليفين:

تأخذ الفلزات شكلها المبلور الكامل بزوايا واضحة، يصل حجم الفلز (1 ـ 5مم)، تمثل نسبة الاوليفين في الصخر 30 ـ 50%.

2 ـ الكلينوبيروكسين:

أوجيت، تيتانواوجيت، ويمثل 30 ـ 60% من حجم الصخر.

3 ـ ميكا:

بيوتيت، فلوغوبيت و(أو) أمفيبول.

4 ـ فلزات الدرجة الثانية:

تيتانوماغنيتيت، كروم سبينيل، ايلمينيت، بيروفسكيت، اباتيت، تيتانيـت، سـولفيدات وتمثل 5 ـ 15% من حجم الصخر.

5 ـ فلزات الفساد:

ناتجة عن فساد الزجاج المتواجد في أرضية الصخر، وتظهر بشكل بلورات ناعمة من الفلوغوبيت سربنتين، كلوريت، كاربونات، ليكوكسين، زيوليت.

يمكن لصخور هذه المجموعة أن تكون غنية بالاوليفين حيث يمثل (60 ـ 80%) من حجم الصخر ويمكن أن تكون فقيرة بهذا الفلز حيث تكون نسبته أقل من (20%) وذلك مقارنة بفلزات الكلينوبيروكين والبيوتيت والأمفيبول.

الأرضية:

مؤلفة من خليط من مواشير الاوجيت (التيتانواوجيت)، ألواح صغيرة من البيوتيت بالإضافة إلى حبات من الفلزات الخامية تجمع جميعها بملاط ناتج عن فساد الأرضية الزجاجية.

التركيب الكيميائي:

يتميز البيكريت بإحتوائه على نسبة سيليكا أقل من 41% (SiO_2 <41%) قلويات أكثر من 1% ($K_2O + Na_2O$ >1%) أوكسيد المغنيزيوم 01.22% و 78.31%).

أ ـ 2 ـ بيكريت ميلليليتي بيروكسيني:

لونه: رمادي مخضر، بورفيري حيث يكون الاوليفين بشكل فينوكريست من الاوليفين والكلينوبيروكسين معاً وتصل نسبة هذه الفلزات (60 ـ 70%) من حجم الصخر.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ الاوليفين:

بشكل بلورات وجهية مشققة.

2 ـ الكلينوبيروكسين:

تيتانواوجيت، ديوبسيد.

الأرضية:

زجاجية مؤلفة من زجاج بني مخضر حاوية على توضعات ميكروليتية فلوئيدية (سيلية) مع مواشير صغيرة من الكلينوبيروكسين (ديوبسيد، تيتانواوجيت) بنسبة 20 ـ 50% وميلليليت (5 ـ 15%).

الزجاج فاسد إلى سربنتين، كلوريت، كاربونات وزيوليت، بيروفسكيت بالإضافة إلـى تواجد بلورات متناظرة من الاوليفين وتمثل (20 ـ 50%) وفلزات خامية (تيتانوماغنيتيت، ايلمينيت).

تتصف الأرضية في أنواع البيكريت هذه كاملة التبلور بأنها تحـوي علـى بلـورات صغيرة من النيفلين وناتج فساده الزيوليت، الانالسيت، الكالسيت.

في الأنواع الدايكية (دايكات)، تكون هذه الصخور حاوية على نثرات مـن البيوتيـت يكون البيكريت الميلليليتي البيروكسيني ذو نسيج أوليفينا اوفيري.

التركيب الكيميائي

يحتوي البيكريت الميلليليتي البيروكسيني على نسبة سيليكا تمثـل 15.38% أوكـسيد الالمينيوم 66.6%، أوكسيد المغنيزيـوم 77.19%، أوكـسيد الكالـسيوم 60.14%، أوكـسيد الصوديوم 52.0%، أوكسيد البوتاسيوم 41.1%.

أ ـ 3 ـ بيكريت فلدسباثوئيدي:

لونه: رمادي مخضر إلى أسود.

النسيج: بورفيري أو بورفيري المظهر وتمثل الفينوكريست 30 ـ 70% مـن حجـم الصخر وهي من الاوليفين وبكمية أقل من البيروكسين ذي الشكل اللوحي المتطاول .

البنية: كتلية، مخططة كثيراً ما تحوي هذه الصخور على محتبسات من الاوليفين فـي البيريدوتيت.

يتواجد الكلينوبيروكسين الموشوري الحبيبي في الأنواع كاملـة التبلـور مـن هـذه الصخور بالإضافة إلى بلورات بينية من الفلدسبا ثوئيد أو نتائج فسادها كما تظهر نثرات مـن الميكا في الأنواع الدايكية (الدايكات).

الفلزات الرئيسية المشكلة:

1 ـ الاوليفين.

يمثل 25 ـ 50% من حجم الصخر حيث يكون بشكل فينوكريـست يـصل حجمهـا (3 ـ 5مم).

2 ـ الكليتوبيروكسين:

فينوكريست من الديوبسيد، التيتانوأوجيت، أوجيت ـ ديوبسيد بمقاييس مختلفة وتصل حتى بلورات تحت مجهرية (ناعمة).

3 ـ فلدسباثوئيد:

تمثل 5 ـ 20% من حجم الصخر.

4 ـ بيوتيت و(أو) أمفيبول:

الأمفيبول يكون من نوع الكيرسوتيت وتكون نسبة فلزات البيوتيت، والأمفيبول (0 ـ 20%).

5 ـ الميلليليت:

هذا الفلز نادر الوجود.

6 ـ البلاجيوكلاز:

يكون من النوع الأساسي.

7 ـ فلزات الدرجة الثانية.

تتشكل بعد المرحلة المغماتية أو في مرحلة معماتية متأخرة، وهي تيتانوماغنيتيت إباتيت، بيروفسكيت، تيتانيت، كالسيت، زيوليت، سربنتين، كانكرينيت، ليبيرينيت وغيرها.

التركيب الكيميائي:

اظهرت التحاليل النسب التالية للسيليكا في هذه الصخور (6.39، 9.40، 47.40%) حيث تكون هذه النسبة أعلى مما هي عليه في البيكريت الميليليتي البيروكسيني وتكون صخور البيكريت الفلدسباثوئيدي أقل كلسية من البيكريت الميلليليتي البيروكسيني حيث تصل 84.8، 7.8، 06.8% نسبة أوكسيد المغنزيوم بالنسبة للكالسيوم تمثل $\frac{3}{4}(\frac{3}{4}=\frac{Mgo}{cao})$.

أما البيكريت الفلدسباثوئيدي فيكون أغنى بالفلويات حيث أوكسيد الصوديوم يساوي (23.1، 2.1، 68.0،%) أما أوكسيد البوتاسيوم فيساوي (10.1، 7.0، 46.3%) أما مجموع الفلويات فيساوي (2 ـ 4%) ($K_2O+Na_2O = 2 – 4\%$)، في الأنواع النيفلينية تكون $\frac{Na_2O}{K_2O}>1$ أما في الأنواع اللوسيتية فتكون النسبة أقل من (1).

أ ـ 4 ـ بيكريت فلوي لا بيروكسيني:

صخور بورفيرية رمادية قاتمة، الفينوكريست تكون بـشكل بلـورات صـغيرة مـن الاوليفين فاسدة إلى سربنتين وكربونات.

البنية: ميكروتاكسيتية.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ الاوليفين:

عادة متحول إلى سربنتين وهو ذو حجم يصل (5.1 ـ 2مم).

2 ـ ميلليليت، مونتسلليت: متحول إلى لالسيت.

3 ـ فلوغوبيت أو بيوتيت حيث تصل نسبتها إلى 25 ـ 50% وهذا ما يميز هذا النوع عن الأنواع الأخرى من البيكريت.

4 ـ لا يتواجد البيروكسين مطلقاً.

الأرضية:

1 ـ الاوليفين يتواجد أو لا يتواجد في الأرضية.

2 ـ مونتسلليت، مللييليت.

3 ـ فلوغوبيت.

4 ـ نيفلين يكون بشكل محتبسات ضمن الفلوغوبيت.

5 ـ كلوريت.

6 ـ كالسيت.

7 ـ سربنتين.

8 ـ الفلزات الثانوية:

تيتانوماغنيتيت، ايلمينيت، كروم سبينيل، بيروفسكيت، اباتيت.

9 ـ يلاحظ وجود ديوبسيد كرومي، بيروب، الماس.

نسمي الصخر عند الفساد الكامل للاوليفين إلى سربنتين، كالسيت، تريموليت، بنتيجـة الاستعاضة وتحول الميلليليت إلى كالـسيت أو مـزيج نـاعم مـن الـسربنتين والكالـسيت بالميتابيكريت الفلوي.

التركيب الكيميائي:

له تركيب مقابل للأنواع الأخرى من البيكريت الفلوي حيث تتميز صخور البيكريـت غير البيروكسينية بإحتوائها على نسبة عالية من أوكـسيد المغنزيـوم أعلـى مـن (19%) (Ngo>19%) ونسبة عالية من الفلويات أعلى من (6.0) وكثيراً ما تصل إلى أكبر من 1% مع ارتفاع أوكسيد الالمينيوم والتيتانويم والفوسفور مع انخفاض نسبة السيليكا أقل من (34%).

أ ـ 5 ـ الكمبرليت:

تعود تسمية الصخر إلى اسم منطقة كيمبرلي في جنوب افريقيا وهي صخور ذات لون أخضر قاتم إلى أسود، رمادي مزرق فاتح، بني مصفر واللون يعود إلى درجة فـساد هـذه الصخور والتحول إلى الكربونات.

تتألف هذه الصخور من الاوليفين، والفلوغوبيت والبيروب والبيكرو ايلمينيت (ايلمينيت ماغنيزي)، يعتبر الكمبرليت من حيث التركيب الكيميائي والفازت من صخور البيريـدوتيت الفلوية تكون نسبة فينوكريست الاوليفين الفاسد والمكسر فيه أعلى من 25% أو أكثـر حيـث يمكن أن تصل إلى 30 ـ 60% وحجم هذه الفلزات أكبر من (2مم).

أما الفلوغوبيت قليل الحديدية الطازج أو المتحول إلى كلوريت تـصل نـسبته إلـى 5 ـ 10% ونادراً إلى 20% وما تبقى من الفلزات فهو من الايلمينيت المغنزي والبيروب.

الأرضية:

ناعمة مؤلفة من أوليفين فلوغوبيـت، كالـسيت و (أو) دولوميـت. سـربنتين و(أو) كلوريت، ماغنيتيت، اباتيت، بيروفسكيت.

التركيب الكيميائي:

يكون قريباً بتركيبه الكيميائي من البيكريت الفلوي غير البيروكسيني غير أنـه أفقـر بأوكسيد التيتانيوم والحديد وهو أغنى بأوكسيد المغنزيوم والماء.

تتميز صخور الكمبرليت بإحتوائها على الالماس ومحتبسات من البيريدوتيت الغرانلتي (يمكن أن تتواجد أولا تتواجد في الكمبرليت).

ب ـ عائلة الميلليليت:

تتميز هذه العائلة بوجود فلز الميلليدليت حيث تكـون نـسبته بحـدود (20 ـ 50%) وتصل أحياناً إلى (60%) نادراً ما تنخفض حتى (10%) في الأنواع الاندفاعيـة مـن هـذه الصخور يتواجـد بالإضـافة إلـى الفلـز الـسابق فلـزات الكلينوبيروكـسين، الاوليفـين والفلدسباثوئيدات، اما في الأنواع الدايكية من الصخور (الدايكات) فيضاف إلى الفلزات السابقة فلز الميكا (بيوتيت. فلوغوبيت).

تقسم عائلة الميلليليت إلى أربع أنواع:

1 ـ صخور الميلليليت الكلينوبيروكسينية.

2 ـ صخور الميلليليت الاوليفينية.

3 ـ صخور الميلليليت غير أوليفينية وغير بيروكسينية.

4 ـ صخور الميلليليت غير بيروكسينية.

ب ـ 1 ـ الميلليليت:

صخر رمادي قاتم مع ظلال خضراء افيري وبشكل أوسـع ميكروبـورفيري أحيانـاً لوزي مع بنية تراكيتية (في الدايكات).

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ الكلينوبيروكسين.

تشكل فينوكريست ناعم (5 ـ 15%).

2 ـ الميلليليت:

فينوكويست ناعم نسبته تصل (5 ـ 15%).

3 ـ الاوليفين:

يكون بشكل فينوكريست أكبر من الفلزات السابقة غير أنه يكون بشكل حبات معدودة.

4 ـ نيفلين أو لوسيت:

بشكل انبثاقات صغيرة وذلك في الأنواع الفلدسباثوئيدية.

5 ـ الفلزات الثانوية: لبانيت، بيروفسكيت.

الأرضية:

زجاجية فاسدة إلى كلوريت كربونات زيوليت وليكوكسين محاط ببلورات صغيرة من الميلليليت، الكلينوبيروكسين، التيتانوماغنيتيت والبيروفسكيت في الأنواع الفلدسباثوئيدية تظهر بلورات صغيرة من النيفلين (أو) اللوسيت وتكون أرضية الأنواع الفلدسباثوئيدية من نثـرات الفلوغوبيت.

النسيج:

الأرضية موشورية حبيبية أو نيفلينية.

التركيب الكيميائي:

لم تدرس هذه الصخور كيميائياً بشكل واسع ولكن نسبة السيليكا فيها تكون أكثر مـن (38%)، وأوكسيد المغنيزيوم أقل من 9% مع ارتفاع في نسبة أوكسيد الكالـسيوم أكثـر مـن 20%، أما القلويات فأعلى من 6% ($Na_2O + K_2O > 6\%$) والالومينا (أوكسيد الالمنيوم) أكبـر من (11%).

لأنواع الميلليليت المختلفة هذه نسج مختلفة، اوفيتية، بورفيرية، مبلورة بشكل كامـل، زجاجية في حال وجود الفلدسباثوئيدات تصبح النسج نيفلينية لوسيتية، انالسيتية.

ب ـ 2 ـ الميلليليت الاوليفيني:

كان يسمى سابقاً بالبازلت الميلليليتي، يعد هذا الصخر مـن أكثـر أنـواع الـصخور البورفيرية انتشاراً في القشرة الأرضية.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ الأوليفين.

يكون بشكل فينوكريست ويمثل (5 ـ 25%) من حجم الصخر.

2 ـ الميلليليت:

يكون فاسداً نسبته في الصخر (1 ـ 20%) نادراً ما تصل حتى 40%.

3 ـ الكلينوبيروكسين:

يمثل (0 ـ 20%) من حجم الصخر.

4 ـ ميلليليت له شكل أوراق ميكروليتية يمثل (5 ـ 20%).

5 ـ النيفلين أو اللوسيت:

بشكل بلورات وجهية تمثل (0 ـ 5%) من حجم الصخر.

6 ـ فلزات ثانوية:

وجهية تمثل (5 ـ 15%) من حجم الصخر.

7 ـ البيوتيت أو الفلوغوبيت:

يكون بشكل نثرات.

8 ـ بلورات صغيرة من البيروفسكيت.

9 ـ تيتانيت وابانيت.

الأرضية:

بأكملها زجاجية معادة التبلور متحولة إلى كلوريت، زيوليت وكربونات.

التركيب الكيميائي:

تحتوي الميلليليت والميلليليت الاوليفيني نسبة مرتفعة من أوكسيد المغنزيوم أكثر من (10%)، كما ترتفع نسبة الميكا في الميلليليت الاوليفيني النيفليني حيث $K_2O>Na_2O$ وتكون نسبة أوكسيد الفوسفور مساوية لـ4% ونسبة السيليكا منخفضة أقل من 30% وهذا يفسر حصول تحول على الاباتيت والكربونات.

ب ـ 3 ـ ميلليليت اوليفيني غير بيروكسين (لا يحتوي بيروكسين):

صخر رمادي مخضر قاتم بورفيري حيث يكون الفينوكريست من الاوليفين والميلليليت:

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ الميلليليت.

30 ـ 60%.

3 ـ الفلدسباثوئيد:

نيفلين، لوسيت.

4 ـ أرضية زجاجية:

(5 ـ 15%) وتصل حتى (50%).

الأنواع تحت السطحية تكون حاوية على البيوتيت (10 ـ 15%) وأحياناً كالسيت.

النسيج:

بورفيري أما في الأنواع الاندساسية (الدايكات) فهو بورفيري المظهر حيث تكون الفينوكريست من بلورات الاوليفين كبيرة الحجم، وبشكل بلورات مستطيلة وبلورات أنعم من الميلليليت والفلدسبادثوئيد.

ب ـ 4 ـ ميلليليت غير بيروكسيني (لا يحوي بيروكسين):

رمادي مخضر قاتم، اوفيري أو ميكروبو رفيري ناعم إلى ناعم جداً وبشكل اندربورفيري المظهر عندها يكون الصخر ناعم إلى متوسطة الحبيبة.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

30 ـ 60%.

2 ـ ميلليليت:

نيفلين، فايوين، لوسيت أو الفلزات الثانوية المتشكلة على حساب هذه الفلزات.

3 ـ بيوتيت، فلوغوبيت:

4 ـ الفلزات الثانوية:

لباتيت، بيروفسكيت، تيتانوماغنيتيت.

5 ـ فينوكريست أوليفيني وكلينوبيروكسين نادرين.

النسيج:

بورفيري تكون الأرضية مؤلفة من بلورات متطاولة لوحية من الميلليليت، ومن الفلدسباثوئيد الوجهي، نثرات بيوتيت.

حـ ـ عائلة الصخور فوق الأساسية الفويديتية:

تُعد أكثر الصخور البركانية فوق الأساسية القلوية انتشاراً، يدخل في تركيبها دائماً الفلدسباثوئيد أو زجاج قلوي فوق أساسي، كلينوبيروكسين (ديوبسيد ـ أوجيت، أوجيت، تيتانواوجيت، ايجيرين ـ أوجيت) كثيراً ما يتواجد الاوليفين، ميكا (بيوتيت، فلوغوبيت) في الصخور الاندساسية (الدايكية) يتواجد التيتانوماغنيتيت، الاباتيت، الميلانيت البيروفسكيت، التيتانيت، الكربونات، الزيوليت، الانالسيم، الكانكريتيت الليكوكسين كفلزات ثانوية في عدد من أنواع هذه الصخور.

يتواجد الزجاج في هذه الصخور بكمية جيدة.

حـ ـ 1 ـ ميلانيفلينيت:

صخر رمادي قاتم ذو مظهر بازلتي ونسيج افيري أو بورفيري وبنية تراكيتيتة تكون أحياناً لوزية، الفراغات مملوءة بالزيوليت (انترولیت) وكالسيت.

الفلزات الرئيسية المشكلة:

كلينوبيروكسين (أوجيت، تيتانوأوجيت، ديوبسيد) بنسبة 50% حجم الصخر، النيفلين (10 ـ 40%) وبنسبة أكبر (20 ـ 30%) والذي كثيراً ما يحل محل النوزيان والغاوين والتيتانوماغنيتيت (5 ـ 15%)، بيوتيت (فلوغوبيت)، اباتيت، تيتانيت، بيروفسكيت، كالسيت، زيوليت، انالسيم، كانكرينيت وسولفيدات الحديد توجد كفلزات درجة ثانية.

التركيب الكيميائي:

إن هذا الصخر قريب في تركيبة الكيميائي من الميلليليت في حين تكون نسبة السيليكا في الميلانيفلينيت (41 ـ 44%). تكون نسبة الاحتواء على الالومينا وأوكسيد المغنزيوم وأوكسيد الكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم متقاربة بين الصخرين في حين تكون نسبة الصوديوم (Na_2O) أعلى من نسبة البوتاسيوم (K_2O) وترتفع نسبة أوكسيد الفوسفور إلى (5.0 ـ 5.1%).

حـ ـ 2 ـ الميلانيفلينيت الاوليفيني:

البنية تراكيتية حيث تكون الفلزات الاوليفينية أو البيروكسينية متوازية وتظهر خاصة في أطراف الأجسام الاندساسية (الدايكات) والسيلات في حال كانت البنية لوزية تكون الفلزات المالئة للفراغات من الكالسيت، الناترولیت أو الانالسيت.

النسيج:

بورفيري

الأرضية أفانيتية أو ناعمة الحبيبة.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

يمثل الاوليفين بشكل فينوكريست (5 ـ 25%) من حجم الصخر، أما الكلينوبيروكسين فلا يتواجد في الصخر.

نيفلين وبيوتيت أقل من الميلليليت، فلزات الدرجة الثانية والفلزات الثانوية هي نفس الفلزات الموجودة في الميلانيفلينيت.

يختلف الميلانيفلينيت الاوليفيني عن الميلانيفلينيت بارتفاع نسبة أوكسيد المغنيزيوم أعلى من 8% (Mgo>%8) مع انخفاض نسبة القلويات (5.4%) ($Na_2O + K_2O < 4.5\%$).

حـ ـ 3 ـ نيفلينيت:

الصخور ذات لون رمادي مخضر ونسيج بورفيري مع أرضية ناعمة افانيتية أو ذات بلورات ناعمة.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ نيفلين:

40 ـ 60%.

2 ـ كلينوبيروكسين:

تمنطقي (ايجيرين ـ ديوبسيد، ايجيرين ـ أوجيت) ويمثل (30 ـ 50%) من حجم الصخر.

3 ـ فلزات الدرجة الثانية:

اباتيت، ماغنيتيت، تيتانيت، ميكا (بيوتيت، فلوغوبيت) وبشكل اندر بيروفسكيت، ميلانيت.

وكميات قليلة في الاوليفين، نوزيان، لوسيت، صفاح، ولستانيت، أمفيبول قلوي، زركون حيث تظهر هذه الفلزات صدفة وتكون نسبتها أقل من 5%.

3 ـ 4 ـ 2 ـ 1 ـ صف الصخور العميقة فوق الأساسية القلوية

أ ـ عائلة الميلليليتاليت:

بنية مصفرة أو رمادية مخضرة قاتمة مع ظلال بنية وبريق دهني خفيف.

البنية: مخططة مع توزع غير منتظم للفلزات مع كمية كبيرة مـن الاوليفـين عـديم الوجيهة، عادة تكون هذه الصخور حبيبية ناعمة أو خشنة حيث تصل حباته في بعض الأماكن إلى حجوم ضخمة (30 ـ 50سم) وذلك في الأجزاء البغماتيتية.

أن تنوع الفلزات في الصخر تجعلنا نقسمه على عدة أنواع:

أ ـ 1 ـ ميلليليتوليت:

ميلليليت (70 ـ 95%)، كلينوبيروكسين أوليفين (0 ـ 10%)، نيفلين (0 ـ 10%).

أ ـ 2 ـ أونكامباغريت:

ميلليليت (50 ـ 80%) كلينوبيروكسين (10 ـ 35%)، نيفلين أقل من (10%)، أوليفين (0 ـ 10%).

أ ـ 3 ـ توريابيت:

ميلليليت (40 ـ 70%)، كلينوبيروكسين (10 ـ 35%)، نيفلين (10 ـ 35%)، أوليفين (30%).

أ ـ 4 ـ اوكابيت:

ميلليليت (50 ـ 70%)، نيفلين (10 ـ 45%)، كلينوبيروكسين (0 ـ 10%).

أ ـ 5 ـ كوغديت:

ميلليليـت (50 ـ 70%)، أوليفـين (10 ـ 45%)، كلينوبيروكـسين (10 ـ 45%) أورثوبيروكسين (0 ـ 10%)، نيفلين (0 ـ 10%).

تمثل فلزات الدرجة الثانية والفلـزات الثانويـة (5 ـ 20%) وهـي تيتانوماغنيتيـت فلوغوبيت، بيروفسكيت، غرانات (ميلانيت) اندراديت، غراسـوليا مونتيـشلليت، خوانيـت، زيوليت، كالسيت، كانكرينيت، اباتيت، أمفيبـول (تريموليـت، غاستنغـسيت)، ولـستانيت، فيزوفيان، بيكتوليت، زيوليت، كلوريت، نادراً صوداليت وغايوين.

النسيج:

هيباديومورفني متوسط الحبيبة متجانس، حجم الحبات (1 ـ 2مم) وقد تكون ضـخمة الحبيبات (1 ـ 3سم)، نادراً ما يكون بورفيري المظهر أو غيرها من أنواع النسج.

التركيب الكيميائي:

تتميز صخور هذه العائلة بانخفاض واضح في نسبة السيليكا (32 ـ 42%) وارتفـاع كبير وواضح في نسبة أوكسيد الكالسيوم (25 ـ 35%). في حين يتميز النوع الثالث مقارنـة بالنوع الأول والثاني بارتفاع نسبة أوكسيد الألمينيـوم (8 ـ 11%)، وأوكـسيد الـصوديوم وأوكسيد البوتاسيوم (1 ـ 25)، ويعتبر الأوكاييت مقارنـة بالتورياييـت أغنـى بالالومينـا (14 ـ 17%) والصوديوم (6 ـ 7%) والبوتاسيوم (2 ـ 3%) وفقيـر بالعناصـر القلويـة الترابية.

تتميز عائلة صخور الميلليليتوليت عن عائلة الصخور البركانيـة الميلليليتيـة بـشكل رئيسي بالنسبة الأعلى من أوكسيد الكالسيوم (cao>20%).

ب ـ عائلة الفويديت فوق الأساسية:

تحوي صخور هذه العائلة على نسبة عالية من السيليكا مقارنـة بالـصخور القلويـة الأخرى حيث تصل نسبته (40 ـ 44 %) ونسبة متغيرة جداً من أوكسيد الالمينيوم.

ب ـ 1 ـ ياكوبيرانغيت:

أتت التسمية من اسم نهر ياكوبيرانغيت في البرازيل، وهي صخور خضراء قاتمـة، سوداء أو بنية رمادية وهي صخور بيروكسينية ناعمة إلى خشنة الحبيبات أو ناعمة.

البنية: كتلية، أو تراكيتية.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ كلينوبيروكسين:

ديوبسيد، أوجيت أخضر فاتح.

2 ـ تيتانوماغنيتيت:

نسبته قليلة تصل حتى 20%.

3 ـ نيفلين:

يتميز بصعوبة حيث يملأ الفراغات بين البيروكسين وتصل نسبته حتى (10%).

4 ـ بيوتيت (فلوغوبيت):

بنسب متفاوتة.

5 ـ ميلونيت، بيروفسكيت، ايلمينيت، أمفيبول، كالسيت، تيتانيت، بيريت، بيروتين.

6 ـ نتائج الفساد:

نيفلين متحول إلى زيوليت، كانكرينيت، صوداليت.

النسيج:

بانئيديومورفي، هيبد يومور في (عندما يكون الصخر حاوياً على كميـة كبيـرة مـن النيفلين)، أو نسيج سيدريتي (في الأنواع الخامية).

ب ـ 2 ـ ميلتيجيت (ميلتغيت):

أتت التسمية من منطقة ميلتيج في النروج، الصخر رمادي مخضر قاتم أو أسود وهو ناعم إلى خش الحبيبة.

البنية: تراكيتية.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ كلينوبيروكسين:

مواشير طويلة من الاوجيت، التيتانواوجيت، أوجيت، ديوبسيد ايجيرين ـ ديوبسيد ـ ايجيرين ـ ايدنبرجيت.

2 ـ نيفلين:

عديم الشكل.

3 ـ كونكرينيت:

5 ـ فلزات الدرجة الثانية والفلزات الثانوية نسبتها (10 ـ 20%).

النسيج:

هيباديامور في، عدد بسيط من هذه الصخور يمكن أن يكون له نسيج بويكيلي حيـث يكون البيروكسين والتيتانو ماغنيتيت بشكل محتبسات في النيفلين.

التركيب الكيمائي:

يطابق صخر الميلتجيت صخر الميلانيفلينيت وبالتالي تطابق في التركيب الفازي.

ب ـ 3 ـ ايوليت:

أتت التسمية من اسم مرتفع ايفارا في فنلندا. الصخر فاتح، ناعم، متوسط إلى خـشن الحبيبة.

البنية: تراكيتية.

الفازات المشكلة الرئيسية:

1 ـ النيفلين:

يكون بشكل ألواح سميكة خضراء ـ رمادية.

2 ـ البيروكسين:

مواشير متطاولة بأشكال غير منتظمة، بلون أسود أو أخضر قاتم وهـو مـن نـوع الايجيرين ديوبسيد أوجيت ايجيرين ايدنبرجيت ايجيرين بالإضافة إلى التيانوماغيتيت، بيوتيت (فلوغوبيت)، اباتيت، والتيتانيت وبشكل أندر أمفيبول (هورنبلاند، كيرسـوتيت)، ميلانيـت، بيروفسكيت وولستانيت بشكل أندر.

النسيج:

بانئيد يومورفي (حيث يكون النيفلين والبيروكسين لهمـا نفـس درجـة الوجهيـة)، بورفيري المظهر، بويكيلي حيث يوجد البيروكسين ضمن النيفلين مع ميلانيت يتواجد داخـل الفازين.

ب ـ 4 ـ أورتيت:

صخر نيفليني فاتح متوسط إلـى خـشن الحبيبـة، يتميـز ببلـورات سـوداء مـن الكلينوبيروكسين.

البنية: كتلية.

الفازات المشكلة الرئيسية:

1 ـ نيفلين (85%).

2 ـ كلينوبيروكسين: ايجيرين (7 ـ 16%)

3 ـ (2 ـ 4%) تيتانوماغنيتيت.

4 ـ اباتيت (5.0 ـ 3%).

5 ـ تيتانيت (5.0 ـ 3%).

6 ـ نادراً أورتوكلاز (5%) وفي بعض الأنواع يحل الايجيرين ـ ديوبسيد، ايجيرين ايدنبرجيت أوفاساييت (10 ـ 20%).

7 ـ فلزات الدرجة الثانية والفلزات الثانوية:

صوداليت، انالسيت، زيوليت، كانكرينيت، كالسيت، البيت، بيوتيت، أمفيبول قلوي.

النسيج:

بانئيديومورفي أو هيبديومورفي.

التركيب الكيميائي:

يكون تركيب الأورتيت قريباً من تركيب الصخور السابقة في حين تكون نسبة الألومينا كبيرة أكبر ما يمكن من الفويديت (24 ـ 30%) ومجموع القلويات 15 ـ 20% حيث يكون دور أوكسيد الصوديوم هو الأهم 12 ـ16% ($Na_2O = 12 – 16\%$).

ب ـ 5 ـ ميسوريت:

أتت التسمية من جبل ميسوري في الولايات المتحدة الأميركية.

وهو صخر فاتح إلى رمادي قاتم متجانس الحبيبة حجم الحبة (2 ـ 5مم) وهو منقط، تظهر فلزات اللوسيت الرمادية المخضرة الفاتحة، الكلينوبيروكسين الأسود (أوجيت)، أوليفين أخضر، نادراً بيوتيت بشكل نثرات.

البنية: كتلية.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

1 ـ كلينوبيروكسين:

أخضر فاتح من الأوجيت يمثل (50%) من حجم الصخر.

2 ـ لوسيت:

رمادي مخضر فاتح ويكون بشكل بلورات مدورة ويمثل (16%) من حجم الصخر.

3 ـ أوليفين:

أصفر يمثل 15%.

4 ـ بيوتيت:

بشكل نثرات لونه بني وكثيراً ما ينمو على حساب البيروكسين ويمثـل (16%) مـن حجم الصخر.

5 ـ فلزات خامية: 5%.

6 ـ فلزات ثانوية: اباتيت.

7 ـ فلزات درجة ثانية:

أنالسيت، زيوليت، يمثل (8%) من حجم الصخر.

النسيج:

آلاتريومورفني.

الفصل الثالث

الصخور المتحولة

1 ـ تعريفها

2 ـ تصنيفها

3 ـ البنية والنسيج

4 ـ أنواع الصخور المتحولة

1 ـ الصخور الإقليمية:

آ ـ الشيست الغضاري

ب ـ السيليت

جـ ـ الفيلليت

د ـ الشيست

هـ ـ الأمفيبوليت

و ـ الغنيس

ز ـ الايكلوجيت

ط ـ الغرانوليت

2 ـ الصخور التماسية:

آ ـ الهورنفلس (الهورنفل)

ب ـ الكوارتزيت

جـ ـ الرخام (المرمر)

3 ـ الصخور الديناميكية:

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

1 ـ التحول:

تعريف التحول:

التحول هي إعادة تشكل أو تحول الصخور الرسوبية، الاندفاعية (النارية)، والمتحولة القديمة، حيث يحصل تغير في التركيب الفلزي والكيميائي تحت تأثير عوامل التحول وهـي الحرارة، الضغط الليتوستاتيكي (الطبقي) والفلوئيدات العميقة (الغازات والسوائل)، ما يـؤدي إلى تشكل الصخور المتحولة.

وبالتالي الصخر المتحول هو الصخر المتغير تحت تأثير الضغط، الحرارة والفلوئيدات ومن هنا تقسم التحول إلى عدة أنواع وهي:

1 ـ 1 ـ التحول الإقليمية:

وهي التحول الناتجة عن تأثير الضغط والحرارة والفلوئيدات، والممتدة على مساحات واسعة إقليمية والمؤدية إلى تشكيل صخور التحول الإقليمي.

1 ـ 2 ـ التحول التماسية:

وهو التحول الناتج عن الحرارة والفلوئيدات دون تأثير الضغط، وتمتد على مـساحات محدودة معطية الصخور المتحولة التماسي.

1 ـ 3 ـ التحول الديناميكي:

وهو التحول الناتج عن تأثير الحركات التكتونية التـي تعطـي بالنتيجـة الـصخور الحطامية (التحطمية) بأنواعها المختلفة.

2 ـ تصنيف الصخور المتحولة:

يعتمد تصنيف الصخور المتحولة على عدة طرق:

2 ـ 1 ـ كما في الصخور المغماتية على نسبة الفلزات المشكلة حيث تعتبر الفلزات رئيسية في حال كانت نسبتها أعلى من (5%)، أما في حال كانت أقـل مـن (5%) فتعتبـر فلزات درجة ثانية وينعكس هذا التصنيف على تسمية الصخر حيث تدخل الفلزات الأقل نسبة أولاً في تسمية الصخر ويتبعها الأكثر نسبة فالأكثر.

مثال:

إذا احتوى صخر الشيست المتحول على مجموعة فلزات مختلفة النسب وهي غرينـا، سيلليمانيت، هبرستين بحيث يكون الغرينا أقلها نسبة والهيبرستين أكثرها نسبة عندها نـسمي الصخر بالشكل التالي: شيست غارنتي سيلليمانيتي هبرستيني. وينطبق هذا التـصنيف علـى جميع الصخور المصابة بالتحول.

2 ـ 2 ـ الاعتماد على نسبة الفلزات الفاتمة حيث تقسم الصخور المتحولـة وفـق الجدول التالي إلى صخور فاتحة، فاتمة ومتوسطة اللون.

لون الصخر	نسبة الفلزات الفاتمة
فاتح (ليكو)	أقل من 5%
متوسط اللون (ميزو)	من 5 ـ 25%
فاتم (ميلانو)	25 ـ 50%

2 ـ 3 ـ بالاعتماد على شدة المتحول:

شدة التحول (درجة التحول)	درجة الحرارة
منخفضة الشدة	200 ـ 300°م
متوسطة الشدة	320 ـ 500°م
عالية الشدة	550 ـ 650°م

2 ـ 4 ـ بالاعتماد على نوعية الصخر الأم الذي تـشكل علـى حـسابه الـصخر المتحول:

أ ـ فإذا كان الصخر المتحول قد نشأ على حساب صخر أم رسوبي عنـدها نـضيف سابقة (بارا) للدلالة على المنشأ الرسوبي.

ب ـ في حال نشأ الصخر المتحول على حساب صخر أم ناري عندها نضيف سابقة (أورتو) للدلالة على المنشأ الناري.

2 ـ 5 ـ تصنف الصخور المتحولة بالاعتماد على نوع التحول:

1 ـ صخور التحول إقليمي.

2 ـ صخور التحول تماسي.

3 ـ صخور التحول ديناميكي.

2 ـ 6 ـ بالاعتماد على بنية الصخر ونسيجه:

حيث يعد هذا التصنيف من أبسط أنواع التصانيف المستخدمة في دراسـة الـصخور المتحولة.

عادة ما تكون فلزات معظم الصخور المتحولة التي تشكلت بالتحول الإقليميـة، علـى شكل حبات متطاولة، أو مسطحة، مرتبة وفق صفوف متوازية معطية بنية ونسيج متـورق. أما في حال الصخور المتحولة بالحرارة (التحول التماسية) فتكون البنية والنسيج حبيبي نـاعم غير متورق.

وبالتالي يظهر بنتيجة التحول نوعين من الصخور وهما:

1 ـ صخور متورقة:

تظهر صفة التورق، حيث تنكسر بسهولة باتجاه التورق، تنجم ظاهرة التـورق عـن عامل الضغط لذلك تتواجد هذه الصفة في صخور التحول الإقليمية أو الديناميكية المـصحوبة بالحرارة.

2 ـ صخور غير متورقة:

وهي صخور صلبة ذات نسيج حبيبي ناعم أو خشن لا تحوي ظاهرة التورق وتتشكل بدرجة رئيسية من التحول الحرارية.

3 ـ البنية (Texctur):

تأتي أهمية دراسة البنية في الصخور النارية من حيث أنها تعكس ظروف إعادة تشكل الصخور المتحولة، ومن هنا يجب التطرق إلى أنواع البنية للصخور المتحولة وهي:

3 ـ 1 ـ بنية كتلية:

تتواجد هذه البنية في الصخور المتحولة التي لم تتأثر بالضغط الجانبي (Pstress)، كما هو الحال في الصخور الاستعاضية والمتحولة العميقة التشكل، حيث يكـون تـأثير الـضغط الليتوستاتيكي أكبر من الضغط الموجه.

3 ـ 2 ـ بنية متورقة (شيستوية):

تتميز بتوجه الفلزات بسبب ازدياد تأثير الضغط الموجه وتقسم هذه البنية إلى:

1 ـ بنية متورقة ناتجة عن التشوه الميكانيكي.

2 ـ بنية متورقة تبلورية (الشيستوية التبلورية).

متعلقة بظاهرة إعادة التبلور وهي تقسم بدورها إلى:

أ ـ تورق (أو شيستوية) بشكل مستويات متوازية:

حيث تتوضع الفلزات الورقية والميكا بشكل موازٍ لمستويات التورق.

ب ـ التخطط:

تمتد الفلزات الورقية وفق محور واحد وباتجاه واحد مما يؤدي إلى تشكل الشيستوية المخططة.

جـ ـ الشيستوية العدسية:

تكون الصخور هنا حاوية على بلورات بورفيرية أو عدسية متوضعة ضمن وسط ناعم التبلور، أو على بلورات من البلاجيوكلاز، الأورثوكلاز، الكوارتز ذات الأشكال العدسية.

3 ـ 3 ـ بنية صفوفية:

تتصف بتناوب صفوف من فلزات مختلفة التراكيب والألوان (فاتحة وقاتمة).

3 ـ 4 ـ بنية منفطة:

ناتجة عن توزع غير منتظم (تجمعي) للفلزات.

3 ـ 5 ـ بنية تطبقية:

تتواجد هذه البنية في الصخور ذات المنشأ الرسوبي حيث تحتفظ الصخور المتحولة بتطبيقها.

4 ـ أنواع الصخور المتحولة

4 ـ 1 ـ الصخور المتحولة الإقليمية:

4 ـ 1 ـ آ ـ الشيست الغضاري:

صخر أخضر أو رمادي قاتم.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

سيرسيت، كلوريت، كوارتز، كالسيت، كاولين، عناصر غضارية فحمية، سـ ولفيدات حديدية، فلزات ثانوية.

البنية:

تطبقية واضحة.

وهو صخر التحول منخفضة لذلك يحتفظ بالبنية الرسوبية (بدايات التحول).

4 ـ 1 ـ ب ـ السلليت (Slate)

صخر متحول منخفض الدرجة، يتشكل في المراحل الأولى مـن التحـول الإقليمـي، يتكون من نسيج حبيبي دقيق، ويتميز بوجود خاصة التشقق الاردوازي حيث يمكن فصله إلى ألواح رقيقة، الشكل (29).

الفلزات المشكلة الرئيسية:

حبيبات دقيقة من مواد غضارية وحراشف صغيرة عديمة اللون من الميكا مع كميات قليلة من الكلوريت والمرو.

لون الصخر:

رمادي فاتح إلى قاتم، أسود وذلك لوجود كباريت الحديد.

4 ـ 1 ـ جـ ـ الفيلليت phyllite:

صخر متحول يشبه في تركيبه السيلليت غير أنه مع ارتفـاع الحـرارة أعلـى مـن (500°م) يتحول السيلليت إلى فيلليت وتصبح فلزات الميكا والكلوريت أكبر مما هي عليه فـي السيلليت وتترتب في صفوف معطية مظهر التورق للصخر شكل (29).



الشكل (29):

يظهر أنواع الصخور المتحولة:

1 ـ شيست سيرسيتي متورق.

2 ـ سيليت.

3 ـ شيست غلوكوفاني.

4 ـ شيست كوارتزي ـ موسكوفيتي ـ بيوتيتي.

5 ـ شيست بيوتيتي.

6 ـ شيست بيوتيتي متورق.

7 ـ شيست كلوريتي ـ (كلوريتوشيست).

8 ـ فيلليت.

الفلزات المشكلة الرئيسية:

سيرسيت، موسكوفيت، كلوريت، بيوتيت وتشكل أكثر من 50% من الفلزات المتواجدة في الصخر بالإضافة إلى الكوارتز (فلز درجة ثانية في الأهمية)، بيروفيلليـت، تورمـالين، روتيل، فلزات فحمية، غرانات (غارنت مـن نـوع المانـدين ـ سبيـسارتين)، هيماتيـت، ماغنيتيت، بيريت.

في بعض أنواع الفيلليت تصادف بلورات ناعمة مـن الالبيـت، الكـوارتز، الميكـا، والغارنت (المانديـن ـ سبيسارتين).

د ـ الشيست:

صخر متحول ناتج عن التحول الإقليمية المتوسطة للصخور النارية والرسـوبية يعـد أكثر أنواع الصخور المتحولة انتشاراً، يتميز بالنسيج الشيستي المميز شكل (29 ـ 30).

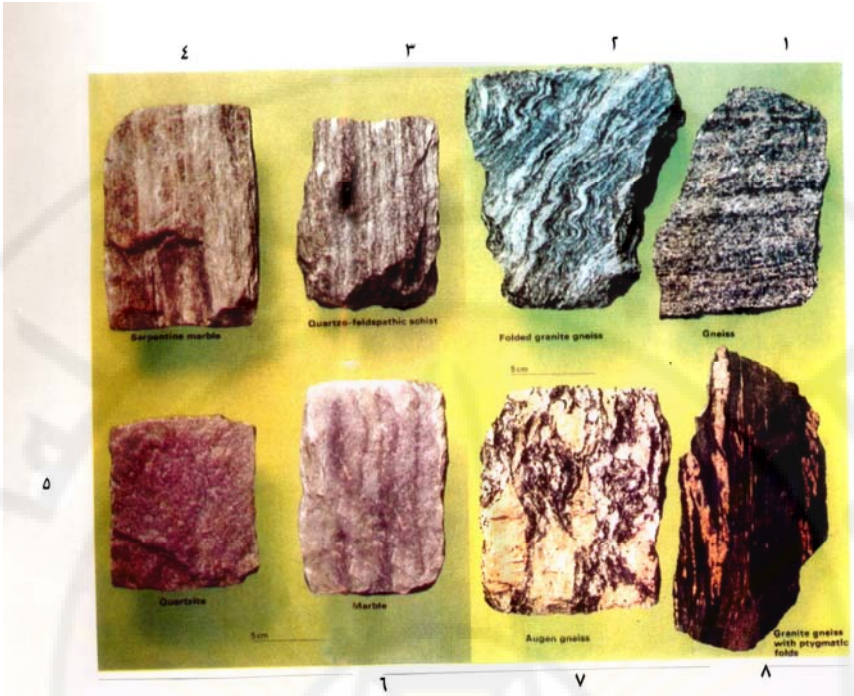
الفلزات المشكلة الرئيسية:

فلزات صفائحية كالميكا والكلوريت والتالك تترتب في صفوف تحصر بينها بلـورات دقيقة من المرو (الكـوارتز) وبعـض الفلـزات الثانويـة مثـل الغارنـت، الـسيلليمانيت، والستورولیت.

أنواعه:

شيست أخضر، ميكاشيست، غارنت ميكاشيست، ستورولیت كيانيت شيست، أمفيبولیت شيست.

فيما يلي سوف نقوم بدراسة بعض أنواعه:



الشكل (30)

يظهر أنواع مختلفة من الصخور المتحولة وخاصة الإقليمية منها:

1 ـ الغنيس

2 ـ الغنيس المتورق الغرانيتي

3 ـ شيست كوارتزي فلدسباثوئيدي

4 ـ مرمر سرينتيني (رخام) التحول تماسي

5 ـ كوارتزيت

6 ـ مرمر (رخام) التحول تماسية

7 ـ غنيس عيني

8 ـ غنيس غرانيتي

4 ـ 1 ـ د ـ 1 ـ ميكاشيست:

يتكون بشكل رئيسي من فلزي الميكا والمرو، حيث تظهر الميكـا بوضـوح معطيـة صفائح ورقية مرتبة بحيث تكون جميع مستويات انفصامها موازية لبعضها ما يعطي الصخر هيئة صفائحية واضحة.

فلزاته المشكلة الرئيسية:

بيوتيت، موسكوفيت، كوارتز بالإضافة إلى الفلزات المميزة للالتحول وهي غارنـت، ستورولیت ما يعطي الصخر اسم ميكاشيست غارنتي، ميكاشيست ستورولیتي، حسب الفلـز المتحول المحتوى في الصخر.

4 ـ 1 ـ د ـ 2 ـ التالك شيست:

صخر متحول ذو لون أخضر مصفر، رمادي مخضر، له ملمس دهني ويتـألف مـن قشور التالك مع قليل من الكلوريت والميكا.

4 ـ 1 ـ د ـ 3 ـ الكلوريتوشيست:

هو شيست غني بالكلوريت والمرو ويحوي أحياناً قليلاً من الماغنيتيت.

4 ـ 1 ـ هـ ـ الأمفيبوليت:

ينتج هذا الصخر من تحول أنواع مختلفة من الصخور إما الناريـة الأساسـية مثـل البازلت والغابرو أو صخور كلسية غير نقية، أو من صخور رملية.

يتكون الصخر من حبيبات متوسطة الحجم إلى خشنة من الهورنبلاند، البلاجيـوكلاز وقد تحوي ميكا ومرو، مرتبة بشكل متوازي نتيجة الضغط الموجه، ويكـون التـورق أقـل وضوحاً من صخور الشيست حيث يقل تـأثير الـضغط الموجـه ويبقـى تـأثير الـضغط الليتوستاتيكي، شكل (32).

4 ـ 1 ـ و ـ الغنيس:

صخر متحول خشن الحبيبات تتشكل في درجات عالية من التحول الإقليميـة، يتميـز بالمظهر العصائبي الذي يمكن تمييزه بسهولة، ويظهر انفصامية أقل وضوحاً من الشيست.

يتشكل الغنيس من الصخور البلورية مثل الغرانيت، الغابرو، الديوريت ويسمى عندها أورتوغنيس، وقد يتشكل أيضاً من صخور رسوبية كالغرواك والصخور الغـضارية فيـسمى باراغنيس، وتركيبه الفازي مماثل لصخر الغرانيت حيث يتألف من الكوارتز والصفاح مرتبة في صفوف متوازية متناوبة مع فازات حديدية مغنيزية، وتكون هذه الصفوف متقطعة غيـر مستمرة كما هو الحال في الشيست.

يكون الكوارتز في الغنيس بشكل عدسات متطاولة ولا يحصر أو يقورب بقية العناصر كما هو الحال في الغرانيت حيث يتبلور في البدء مع الصفاح على عكـس الغرانيـت. أمـا الصفاح في الغنيس فهو من الاورتوز والميكروكلين ويمكن تواجد الـصفاح البلاجيـوكلازي الحامضي، أما الميكا فتكون من نوع الميكا السوداء ويرافقها أحياناً الميكا البيضاء، هذا النوع من الغنيس كثير الانتشار ويحوي أحياناً الغارنت والسيلليمانيت.

بعض أنواع الغنيس يحوي بلورات كبيرة من الاورتوز المتطاولة أو اللوزية وتكـون موجهة ويدعى عندها الغنيس بالغنيس العيني وإذا زاد التطاول يسمى بالغنيس الغددي.

أما أنواع الغنيس الحاوي على الأمفيبول والبيروكسين فالصفاح يكون بلاجيـوكلازي أساسي. الشكل (30).

4 ـ 1 ـ ز ـ الايكلوجيت:

الايكلوجيت كلمة يونانية تعني الاصطفاء، الايكلوجيت صخر التحول إقليميـة عاليـة ناتج عن ضغط عالي وحرارة تتراوح بين 500 ـ 1000°م، لا يشكل أجسام ضخمة مـستقلة وإنما يتواجد بشكل محتبسات في الكمبرليت، ودايك في الصخور البازلتية القلوية، وعدسـات ضمن أنواع مختلفة من الصخور المصابة بالتحول.



الشكل (31)

1 ـ هولفلينتا (صخر ذو نسيج هورنفلسي ويتألف من كوارتز، بلاجيوكلاز، ميكا، كلوريت).

2 ـ مرمر.

3 ـ هورنفل كورديوريتي.

4 ـ سليت منقط (صخر متحول ناعم البنية ينشأ على حساب الصخور الرسوبية الناعمة).

5 ـ سكارن غارنتي ديوبسيدي.

6 ـ مرمر ديوبسيدي غارنتي.

7 ـ هورنفل بيروكسيني.

8 ـ هورنفل كياستوليتي.

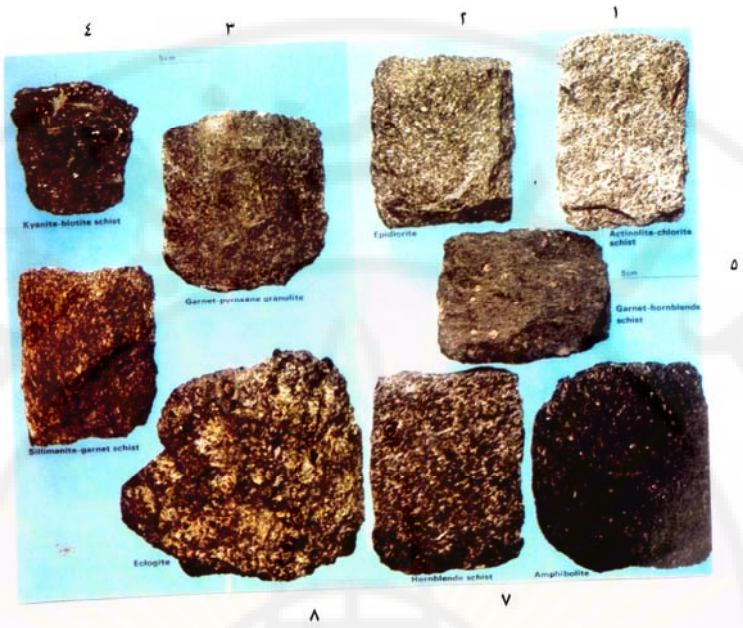
9 ـ هورنفل كياستوليتي.

الإيكلوجيت صخر ذو خطوط تورقية بارزة مفردة، وهو من حيث التركيب الكيميائي مطابق لتركيب الصخور الأساسية (غابرو ـ بازلت)، أما من حيث التركيب الفلزي فيتـألف من فلزين رئيسيين هما الامفاسيت، (كلينوبيروكسين) أخضر اللون وبيروب ـ الماندين ـ غراسيوليار أحمر إلى بني محمر (غارنت)، ينشأ الايكلوجيت على حساب الصخور الناريـة كما على حساب الصخور الرسوبية. بالإضافة للفلزات الرئيـسية يتواجـد أيـضاً أمفيبـول، فينجيت، كلينوزويسيت، كوارتز، دولوميت، روتيل، بيريت، اباتيت، زركـون. شـكل (30، 32).

4 ـ 1 ـ ط ـ الغرانوليت:

أعلى درجات التحول الإقليمية حيث تتراوح الحرارة بين 800 ـ 900°م وأما الضغط فيعد أيضاً مرتفعاً.

يعد الغرانوليت من أقدم الصخور والتي تتوضع في البريكامبري (الآركي) وهو صخر مخطط، مع حبات من الكوارتز التي تأخذ شكل عدسات متطاولة. الفلـزات المـشكلة لهـذا الصخر متنوعة حسب تركيب الصخر الأم وهو يتألف بشكل رئيسي مـن الـصفاح الفلـوي (بيرتيتي)، بلاجيوكلاز، أحياناً انتيبرتيت، سيليمانيت اوكيانيت، الماندين، بيروب، هبرسـتين (مرتفع الألومينية)، ديوبسيد ـ ايدنبرجيت، هورنبلانـد، بيوتيـت، كوردييريـت، روتيـل بالإضافة إلى إمكانية وجود الكـوارتز، الكالـسيت، الأوليفـين، الايلمينيـت، الولـستانيت، الانستاتيت، السبينيل، شكل (32).



الشكل (32)

1 ـ شيست كلوريتي اكتينوليتي

2 ـ ابيديوريت

3 ـ غرانوليت غرانياتي ـ بيروكسيني

4 ـ شيست كيانيتي بيوتيتي

5 ـ شيست غرانياتي هورنبلاندي

6 ـ أمفيبوليت

7 ـ شيست هورنبلاندي

8 ـ ايكلوجيت

9 ـ شيست سيلليمانيتي غرانياتي

4 ـ 2 ـ الصخور المتحولة التماسية (غير المتورقة):

4 ـ 2 ـ آ ـ الهورنفل (الهورنفلس):

يطلق هذا الاسم على الصخر الناتج من التحول الحراري للصخور الغضارية، وأحياناً بعض الصخور المارنية. معظم الفلزات المؤلفة لهذا الصخر ناعمة الحبيبات ولا يمكن تمييزها إلا بواسطة المجهر الاستقطابي.

يتكون من الصفاح والبيوتيت والأندالوزيت، السيلليمانيت، الستوروليت.

أغلب صخور الهورنفل لها نسيج حبيبي متساوٍ، ولكن هناك بعض الصخور تتكون أرضيتها من فلزات حبيبية لها مظهر السكر وموزع فيها بلورات كبيرة، تعرف البلورات الكبيرة في مثل هذه الصخور المتحولة باسم (بورفيروبلاست) يسود اللون الرمادي على الألوان الأخرى من صخور الهورنفل. الشكل (31).

4 ـ 2 ـ ب ـ الكوارتزيت:

تتشكل صخور الكوارتزيت عن التحول الحراري للصخور الرملية حيث تلتحم حبيبات الكوارتز ببعضها بواسطة السيليكا الذي ترسب بين الحبيبات وفي مسام الصخر الأصلي. وينتج عن ذلك أن يكون الصخر المتحول مرتفع القساوة. يتكون الكوارتزيت من حبيبات متبلورة من الكوارتز.

وقد تحتوي بعض الأنواع على شوائب فلزية أخرى مثل الميكا أو أكاسيد الحديد. لونه أبيض مصفر عندما يكون نقياً. أو قد يتلون حسب الشوائب الموجودة فيه فيتخذ اللون الأحمر القاتم أو الأحمر المصفر لوجود شوائب حديدية. الشكل (30).

4 ـ 2 ـ جـ ـ الرخام (المرمر):

وهو صخر متحول ذو نسيج حبيبي متساوي الحبيبات ينتج عن التحول الحراري للصخور الكلسية وأحياناً للصخور الدولوميتية. يتكون من حبيبات الكالسيت قد تكون صغيرة جداً لدرجة يصعب تمييزها بالعين المجردة.

قد تكون كبيرة وخشنة حتى أنه يمكن تمييز انفصام الكالسيت، يكون الرخام الناتج عن الأحجار الكلسية النقية أبيضاً، ولكن نادراً ما يكون نقياً ويحوي في معظم الأحيان على أكاسيد

الحديد ومكونات غضارية وكربوناتية، ولهذا يأخذ الرخام ألواناً مختلفة كالأسود لوجود مـواد كربونية أو أخضر لاحتوائه على ديوبسيد وهورنبلاند وسربنتين وأحمـر أو بنـي لوجـود الهيماتيت والليمونيت.

قد تحوي الأشكال الجميلة للرخام على مرجانيات مستحاثة كانت موجودة في الصخر الكلسي الأصلي. قد يحتوي الرخام على فلزات مميزة للـصخور المتحولـة مثـل الغارنـت الكلسي، التريمموليت.

يتشكل الرخام أيضاً نتيجة للتحول الإقليمي للصخور الكلسية حيـث يكـون مرافقـاً للميكاشيست والفيلليت. الشكل (30، 31).

4 ـ 3 ـ صخور التحول الديناميكي:

وهي الصخور الناتجة عن الحركات التكتونية ومنها:

4 ـ 3 ـ آ ـ صخر الميلونيت:

وهو صخر مؤلف من بلورات ناعمة جداً يصعب تمييزها بـالعين المجـردة وتحـت المجهر العادي وتتنضد فلزاته بشكل أشرطة معطية المظهر السيلي.

4 ـ 3 ـ ب ـ الفيللونيت:

صخر تحطمي حاوٍ على نسبة عالية من الفلزات الـصفائحية إلـى جانـب الفلـزات الأخرى.

4 ـ 3 ـ جـ ـ الكاتاكلازيت:

هي صخور تحطمية مزجوتة تتوضع بشكل عشوائي لها صفة السيلية.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الخاتمة

إنني أرجو أن يكون هذا الكتاب قد حقّق الغاية منه، وقدّم تصوّراً واضحاً وشاملاً في وصف «بتروغرافية الصخور النارية والمتحولة» وأن يكون قد أسهم في وضع الأسس الدقيقة للمادة العلمية في الجانب العملي لجيولوجية الصخور النارية والمتحولة.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المراجع

المراجع العربية

1 ـ الجيولوجيا الفيزيائية (1)، الدكتورة سميرة الحصري، المؤلـف عـام 1981 ـ 1982 مطبعة ابن حيان (دمشق).

2 ـ علم البلورات الدكتور تميم شقرا 2004 ـ 2005 جامعة دمشق.

3 ـ البتروغرافية علم الصخور النارية والمتحولة، كليـة العلـوم جامعـة تـشرين، الدكتور مصطفى محمود 2003 ـ 2004.

المراجع الأجنبية:

1- Manual of Mineralogy .2o th,EDiTian,an,AFter

J.D. DANA 1985.

2- Manual of Mineralogy,21,Th,Th,EDiTion, After J.D. DANA 1993.

3- Petnognaphy,NEO ra EDiTion 1988,After zaREDzE.

4 – An Introductiom to tle Rock – Farmwing Minerolr, Secand EDitian 1992,After w.A.Deer,FRs R.A.HOwieE, JzussMAN.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المحتويات

3 ـ 1 ـ الصخور الحامضية: 94

3 ـ 1 ـ 1 ـ الصخور الحامضية العميقة: 94

3 ـ 1 ـ 1 ـ 1 الصخور الحامضية العميقة النظامية (الكلسية ـ القلوية): 94

أ ـ عائلة الغرانوديوريت 96

أ ـ 1 ـ التونالیت 97

ب ـ عائلة الغرانيتات منخفضة القلوية (تحت القلوية) 98

ب ـ 1 ـ البلاجيوغرانيت. 98

ب ـ 1 ـ 1 ـ البلاجيوغرانيت الفاتح (ليكوبلاجيوغرانيت). 99

ب ـ 1 ـ 2 ـ الغرانيت منخفض القلوية (تحت قلوي). 100

ج ـ عائلة الغرانيت النظامية (الكلسية ـ القلوية) 101

د ـ عائلة الليكوغرانيت (الغرانيت الفاتح) تحت القلوي. 102

3 ـ 1 ـ 2 ـ صخور نصف الأعماق (ميكروغرانيت نظامي) 104

3 ـ 1 ـ 3 ـ الصخور البركانية الحامضية النظامية (السطحية) 105

أ ـ ريوليت اوبسيديان. 105

أ ـ 1 ـ الريوليت مرتفع القلوية ـ ريوليت ـ أوبسيديان مرتفع القلوية. 106

أ ـ 2 ـ الريوليت القلوي. 106

أ ـ 3 ـ ريوليت اوبسيديان قلوي. 106

ب ـ ريوداسيت ـ داسيت ومقابلاتها من الأوبسيديان. 106
ب ـ 1 ـ أوبسيديان. 107
ب ـ 2 ـ بشتاين اوريتينيت. 107
ب ـ 3 ـ بيرليت. 107
3 ـ 1 ـ 1 ـ 2 ـ عائلة الصخور الحامضية تحت الفلوية العميقة. 107
أ ـ الغرانيت الحامل للريبكيت. 108
ب ـ الغرانيت الحامل للاورفيدوسينيت. 108
3 ـ 1 ـ 1 ـ 3 ـ عائلة الصخور الحامضية العميقة الفلوية. 108
أ ـ البغماتيت. 109
أ ـ 1 ـ بغماتيت صودي ليتي. 110
أ ـ 2 ـ بغماتيت بوتاسي. 110
3 ـ 1 ـ 2 ـ 3 ـ صخور نصف أعماق حامضية فلوية 110
أ ـ ميكروغرانيت فلوي 110
3 ـ 1 ـ 3 ـ 3 ـ صخور حامضية فلوية اندفاعية 111
أ ـ ريوليت فلوي 111
ب ـ كيراتوفير كوارتزي 111
3 ـ 2 ـ صخور متوسطة التركيب 111
3 ـ 2 ـ 1 ـ صخور متوسطة التركيب. 111
3 ـ 2 ـ 1 ـ 1 ـ صخور متوسطة التركيب عميقة نظامية 111
أ ـ عائلة الديوريت 112
ب ـ عائلة الديوريت الكوارتزي 113
ج ـ عائلة الفيروديوريت 115

3 ـ 2 ـ 3 ـ 1 ـ صخور متوسطة التركيب اندفاعية نظامية 117
أ ـ الانديزيت 117
ب ـ الانديزيت البازلتي 118
ج ـ الإيسلانديت 118
3 ـ 2 ـ 1 الصخور متوسطة التركيب العميقة. 118
3 ـ 2 ـ 1 ـ 2 ـ الصخور متوسطة التركيب العميقة تحت القلوية. 118
أ ـ عائلة الديوريت ـ المونزونيت تحت القلوية العميقة 119
أ ـ 1 ـ الديوريت تحت القلوي 119
أ ـ 2 ـ الديوريت المونزونيتي 120
أ ـ 3 ـ مونزونيت 121
ب ـ عائلة الديوريت الكوارتزي ـ المونزونيت الكوارتزي العميقة
تحت القلوية 123
ب ـ 1 ـ ديوريت كوارتزي تحت قلوي 123
ب ـ 2 ـ مونزوديوريت كوارتزي 124
ب ـ 3 ـ مونزونيت كوارتزي 126
ج ـ عائلة السيانيت 128
ج ـ 1 ـ السيانيت 128
ج ـ 2 ـ السيانيت ذو الصفاح الحديث 130
3 ـ 2 ـ 3 ـ الصخور متوسطة التركيب تحت القلوية
الاندفاعية (السطحية) 131
2 ـ 3 ـ 2 ـ صخور متوسطة التركيب اندفاعية (سطحية)
تحت قلوية. 131

أ ـ عائلة تراكي اندينزيت بازلتي لاتيتي 132
أ ـ 1 ـ تراكي اندينزيت بازلتي 132
أ ـ 2 ـ لاتيت 133
ب ـ عائلة تراكي اندينزيت، لاتيت كوارتزي 135
ب ـ 1 ـ تراكي اندينزيت 135
ب ـ 2 ـ لاتيت كوارتزي 136
ج ـ عائلة التراكيت: 138
ج ـ 1 ـ التراكيت 138
3 ـ 2 ـ 3 ـ الصخور متوسطة التركيب الفلوية 138
3 ـ 2 ـ 3 ـ 1 ـ الصخور متوسطة التركيب الفلوية العميقة 138
أ ـ عائلة السيانيت الفلوي 138
أ ـ 1 ـ سيانيت فلوي. 138
أ ـ 2 ـ تنسبرجيت 139
ب ـ عائلة السيانيت الفلدسباثوئيدي 141
ب ـ 1 ـ فونياييت 141
ب ـ 2 ـ ليافريت 143
ب ـ 3 ـ ماريوبوليت 145
ب ـ 4 ـ ميلاسكيت 146
ج ـ عائلة السيانيت الأساسي الفلدسباثوئيدي (ذو الصفاح الحديث) 147
ج ـ 1 ـ ناوياييت 148
ج ـ 2 ـ ريشوريت 149
ج ـ 3 ـ سيرنيت 150

3 ـ 3 ـ الصخور الأساسية 151
3 ـ 3 ـ 1 ـ مجموعة الصخور النظامية (قلوية ـ كلسية) 151
3 ـ 3 ـ 1 ـ 3 ـ مجموعة الصخور النظامية الأساسية الاندفاعية (السطحية) 151
أ ـ عائلة البازلت البيكريتي ـ البازلت الدوليريتي 151
أ ـ 1 ـ البازلت البيكريتي ـ الدولوريت البيكريتي 152
ب ـ عائلة بازلت ـ دولوريت 153
ب ـ 1 ـ البازلت الأوليفيني والدولوريت الأوليفيني (الثولوييتي). 153
ب ـ 2 ـ البازلت والدولوريت (الثولوييتي) 154
ب ـ 3 ـ بازلت بورفيريت 155
ب ـ 4 ـ الدياباز 155
ب ـ 5 ـ السبيلليت 155
ب ـ 6 ـ البازلت الفاتح والدولوريت الفاتح (ثولوييتي) 156
ب ـ 7 ـ البازلت الهيبرستيني 157
ب ـ 8 ـ الاوفيت 159
3 ـ 3 ـ 1 ـ مجموعة الصخور الأساسية العميقة: 159
3 ـ 3 ـ 1 ـ 1 ـ مجموعة الصخور الأساسية العميقة النظامية 159
أ ـ عائلة الغابروئيدات 159
أ ـ 1 ـ الغابرو 159
أ ـ 2 ـ النوريت 162
أ ـ 3 ـ غابرونوريت 162
أ ـ 4 ـ الغابرونوريت الاوليفيني 164

أ ـ 5 ـ التروكتوليت 164
أ ـ 6 ـ الغايرو الأمفيبولي 165
أ ـ 7 ـ الانورتوزيت 165
3 ـ 3 ـ 2 ـ مجموعة الصخور الأساسية تحت القلوية 167
3 ـ 3 ـ 2 ـ 3 ـ مجموعة الصخور الأساسية تحت القلوية الاندفاعية (السطحية) 167
أ ـ عائلة البازلت والتراكي بازلت تحت القلوية 168
أ ـ 1 ـ البازلت الاوليفيني الفاتح والدولوريت الفاتح تحت القلوي 168
أ ـ 2 ـ البازلت الفاتح ميغا بلاجيوفيرية تحت القلوية 170
أ ـ 3 ـ هاڤاييت (هاواييت، بازلت انديزيتي) 171
أ ـ 4 ـ موجيريت (بازلت أوليفيني) 172
أ ـ 5 ـ تراكي بازلت ـ تراكي دولوريت 174
أ ـ 6 ـ شاشونيت 176
3 ـ 3 ـ 3 ـ مجموعة الصخور الأساسية القلوية 177
3 ـ 3 ـ 3 ـ 3 ـ مجموعة الصخور الأساسية القلوية الاندفاعية (السطحية) 177
أ ـ عائلة البازلت القلوي 178
أ ـ 1 ـ التيفريت 178
أ ـ 2 ـ التيفريت اللوسيتي 179
أ ـ 3 ـ التراكي بازلت النيفليني 179
أ ـ 4 ـ التراكي بازلت اللوسيتي 180
أ ـ 5 ـ التيفريت الاوليفيني 180

3 ـ 3 ـ 1 مجموعة الصخور الأساسية العميقة: 181
3 ـ 3 ـ 1 ـ 3 ـ مجموعة الصخور الأساسية العميقة القلوية 181
أ ـ عائلة الغابروئيدات القلوية 181
أ ـ 1 ـ التيراليت 181
أ ـ 2 ـ ايسكسيت 182
أ ـ 3 ـ فيرغوسيت 183
3 ـ 4 ـ الصخور فوق الأساسية 184
3 ـ 4 ـ 1 ـ الصخور فوق الأساسية النظامية 185
3 ـ 4 ـ 1 ـ 3 ـ مجموعة الصخور البركانية فوق الأساسية النظامية 185
أ ـ عائلة البيكريت 186
أ ـ 1 ـ ميمشكيت 186
أ ـ 2 ـ بيكريت 187
أ ـ 3 ـ كاماتيت بيرويدوتيتي 189
3 ـ 4 ـ 1 ـ صف الصخور فوق الأساسية العميقة: 189
3 ـ 4 ـ 1 ـ 1 ـ صف الصخور العميقة فوق الأساسية النظامية 189
أ ـ عائلة الاوليفينيت ـ دونيت 189
أ ـ 1 ـ اوليفينيت 189
أ ـ 2 ـ الدونيت 191
ب ـ عائلة البيريدوتيت 191
ب ـ 1 ـ الهارتزبرجيت 193
ب ـ 2 ـ الليرزوليت 194
ب ـ 3 ـ الفيرليت 195

ج ـ عائلة البيروكسينيت: 196
ج ـ 1 ـ الكلينوبيروكسينيت. 196
ج ـ 2 ـ الاورثوبيروكسينيت. 197
ج ـ 3 ـ الويبستريت (فيبستريت). 197
3 ـ 4 ـ 2 ـ الصخور فوق الأساسية القلوية 197
3 ـ 4 ـ 2 ـ 3 ـ صف الصخور الأساسية القلوية البركانية (الاندفاعية) 197
أ ـ عائلة البيكريت القلوي 198
أ ـ 1 ـ بيكريت بيوتيتي بيروكسيني 199
أ ـ 2 ـ بيكريت ميلليليتي 200
أ ـ 3 ـ بيكريت فلدسباثوئيدي 201
أ ـ 4 ـ بيكريت قلوي لا بيروكسيني 203
أ ـ 5 ـ الكمبرليت 204
ب ـ عائلة الميلليليت 205
ب ـ 1 ـ الميلليليت 205
ب ـ 2 ـ الميلليليت الاوليفيني 206
ب ـ 3 ـ ميلليليت اوليفيني غير بيروكسيني (لا يحوي بيروكسين) 207
ب ـ 4 ـ ميلليليت غير بيروكسيني (لا يحوي بيروكسين) 208
ج ـ عائلة الصخور فوق الأساسية الفويديتية 209
ج ـ 1 ـ ميلانيفلينيت 209
ج ـ 2 ـ الميلانيفلينيت الاوليفيني 209
ج ـ 3 ـ نيفلينيت 210
3 ـ 4 ـ 2 ـ 1 ـ صف الصخور العميقة فوق الأساسية القلوية 211

أ ـ عائلة الميلليليتاليت 211
أ ـ 1 ـ ميلليليتوليت 211
أ ـ 2 ـ اونكامباغريت 211
أ ـ 3 ـ توريابيت 211
أ ـ 4 ـ اوكابيت 211
أ ـ 5 ـ كوغيديت 211
ب ـ عائلة الفويديت فوق الأساسية 212
ب ـ 1 ـ ياكوبيرانغيت 212
ب ـ 2 ـ ميلتيجيت (ميلتخيت) 212
ب ـ 3 ـ ايوليت 214
ب ـ 4 ـ اورتيت 214
ب ـ 5 ـ ميسوريت 215
الفصل الثالث 217
الصخور المتحولة 217
1 ـ التحول: 219
1 ـ 1 ـ التحول الاقلمي 219
1 ـ 2 ـ التحول التماسي 219
1 ـ 3 ـ التحول الديناميكي 219
2 ـ تصنيف الصخور المتحولة 219
2 ـ 1 ـ حسب نسبة الفلزات المتشكلة 219
2 ـ 2 ـ حسب نسبة الفلزات الفاتمة 220
2 ـ 3 ـ بالاعتماد على شدة التحول 220

2 ـ 4 ـ بالاعتماد على نوعية الصخر الأم 220
2 ـ 5 ـ بالاعتماد على نوع التحول 220
2 ـ 6 ـ بالاعتماد على بنية الصخر ونسيجه 221
3 ـ البنية 221
3 ـ 1 ـ بنية كتلية 221
3 ـ 2 ـ بنية متورقة (شيستوية). 222
3 ـ 3 ـ بنية صفوفية. 222
3 ـ 4 ـ بنية منقطة. 222
3 ـ 5 ـ بنية تطبقية. 222
4 ـ أنواع الصخور المتحولة: 222
4 ـ 1 ـ الصخور المتحولة الاقليمية. 222
4 ـ 1 ـ أ ـ الشيست الغضاري. 222
4 ـ 1 ـ ب ـ السيلليت. 223
4 ـ 1 ـ حـ ـ الفيلليت. 223
4 ـ 1 ـ د ـ الشيست. 225
4 ـ 1 ـ د ـ 1 ـ ميكاشيست. 227
4 ـ 1 ـ د ـ 2 ـ التالك الشيست. 227
4 ـ 1 ـ د ـ 3 ـ الكلوريتوشيست. 227
4 ـ 1 ـ هـ ـ الأمفيبوليت. 227
4 ـ 1 ـ و ـ الغنيس. 228
4 ـ 1 ـ ز ـ الإيكلوجيت. 228
4 ـ 1 ـ ط ـ الغرانوليت. 230

4 ـ 2 ـ الصخور المتحولة التماسية (غير المتورقة). 232
4 ـ 2 ـ أ ـ الهورنفل (الهورنفلس). 232
4 ـ 2 ـ ب ـ الكوارتزيت. 232
4 ـ 2 ـ جـ ـ الرخام. 232
4 ـ 3 ـ صخور التحول الديناميكي. 233
4 ـ 3 ـ أ ـ صخر الميلونيت. 233
4 ـ 3 ـ ب ـ الفيللونيت. 233
4 ـ 3 ـ جـ ـ الكاتاكلازيت. 233
الخاتمة 235

اسم اللجنة العلمية:

أ.د. محمد أنور محفوظ

أ.م.د. عامر غبرة

م.د. تميم شقرا

المدقق اللغوي:

د. محسن العبيد

ـ حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات ـ