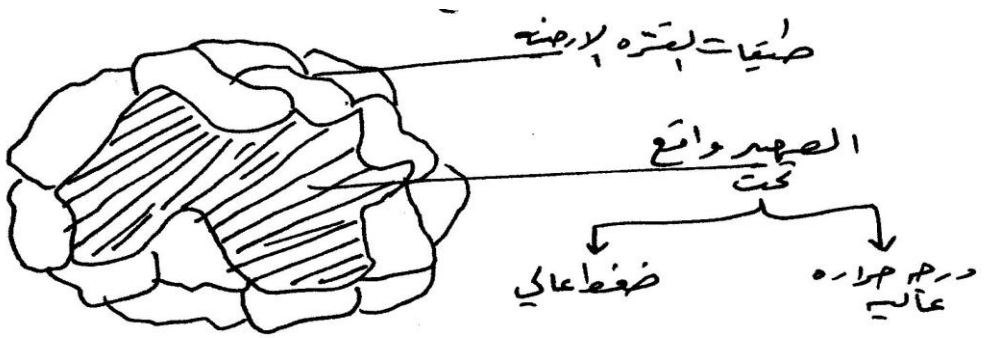
الصهير Magma

يتواجد الصهير في باطن الارض على مسافات بعيدة عن سطح القشرة الأرضية. ويعتبر المادة الخام التي تتكون منها الصخور النارية. والصهير سائل كثيف القوام لزج بدرجة تسمح له بالخروج والانسياب في كل الاتجاهات وهو مصهور سليكاني لزج معقد التركيب مضاف اليه نسبة من المواد الطيارة وبخار الماء. ويتميز بدرجات مرتفعة قد تفوق 1300 ْم. اذ تعمل الابخرة والغازات الموجودة في الصهير على خفض درجة حرارته في باطن الارض وذلك بسبب الانخفاض في الوزن الجزيئي للمواد الطيارة مقارنة بالوزن الجزيئي للمواد السليكانية . في حين تعمل تلك الابخرة والغازات المصاحبة لاندفاع الحمم فوق سطح الارض ورفع درجة حرارة الصهير وذلك لان كثير من الغازات المصاحبة قابلة للاشتعال، كما أن هذه الغازات قد تسبب حدوث الكثير من التفاعلات الكيميائية الطاردة للحرارة مسببة رفع درجة حرارة الحمم إلى حد كبير.

ويتوقف كل من لزوجة وكثافة الصهير على تركيبه الكيميائي ودرجة حرارته والضغط الواقع عليه.



التركيب الكيمائي للصهير : Chemical composition of magma

يتكون من نوعين من المركبات الاساسية هي :-

1-المركبات الطيارة (Volatile compounds) وتكون منخفضة الوزن جزيئي وتتكون من غازات وأبخرة وماء وبعض الأملاح الذائبة ونسبتها في الصهير قليلة جداً لا

تتجاوز 3% وتشمل غازات الكلور وثاني اوكسيد الكربون وثاني اوكسيد الكبريت، النتروجين، الهيدروجين وبخار الماء .

1 -المركبات غير الطيارة (Non Volatile compounds) يكون الوزن الجزيئي لها عالي وتشمل المكونات التي تتكون منها معظم الصخور النارية متمثلة بالمركبات السليكانية المعقدة. وتحوي على مجموعة من العناصر الأساسية هي السليكون، الألمنيوم، الحديد، المغنيسيوم، الكالسيوم، الصوديوم، البوتاسيوم هذا بالإضافة الى عنصر الاوكسجين الذي يوجد متحداً مع معظم العناصر السابقة مكوناً اكاسيدها. وتختلف نسبة هذه العناصر في الصهير الحامضي عن الصهير القاعدي مشكلة اكثر من 97% من مكونات الصهير.

عمليات التبلور وتكوين المعادن الاولية :

نتيجة لارتفاع درجات الحرارة في باطن الارض. فان جميع العناصر الداخلة في تركيب الصهير تكون ذائبة وفي حركة مستمرة. ثم تميل تلك العناصر الى الارتباط مع بعضها مكونةً المعادن الاولية (Primary minerals) بعد اندفاع الصهير إلى سطح الأرض وتبلوره.

إن عملية الارتباط بين العناصر عند تبلور الصهير تنشأ بفعل الألفة (affinity) بين تلك العناصر مع بعضها. وهذه الالفة تتحكم بها الكثير من العوامل مثل طبيعة التركيب الاليكتروني لذرات العناصر، وقدرتها على التأين، ونصف قطر الايون، وجهد التأين وصفاته الكهروكيمائية ، وتكافؤ وعدد الإحاطة للعنصر.

وعندما يبدأ الصهير بالتبلور فان هذا يعني انخفاض درجة حرارته وظهور اطوار متبلورة تتدرج في تركيبها الكيميائي في درجات حرارة وضغط مختلفة. ومن المعروف إن عملية التبلور فوق سطح التربة او سطح القشرة الارضية تتم من خلال عمليات غاية في التعقيد وتخضع لقوانين الكيمياء الحرارية والفيزيائية.

لذا فان بلورات المعادن المتكونة بفعل عملية تبلور الصهير تميل عادةً الى حالة الانتظام خلال تكوين نظام بلوري مستقر. اي ان الايونات تكون موزعة ومرتبة في فراغ منتظم يطلق عليه الفراغ البلوري (Crystal space). يشغل الفراغ البلوري بالكاتيون المركزي إذا كان قطره مساوياً أو مقارباً لحجم الفراغ ، وعند ذاك تحيط به الانيونات بعدد مساوي لعدد تناسقه (Coordination number) والمقصود بعدد التناسق هو عدد الذرات (atoms) أو الايونات (ions) السالبة التي تحيط بالايون المركزي إثناء ارتباطهم مع بعضهما. بمعني اخر ان ذرة العنصر التي تتحد مع ذرات العناصر الاخرى تحاط بعدد من الذرات بما يتناسب وتكافؤها ونصف قطرها الذري وكذلك نصف قطر ذرة العنصر. فمثلاً في حالة كون العنصر السليكون (Si^{4+}) الرباعي التكافؤ ايوناً مركزياً نجده محاطاً بارع ذرات من الاوكسجين لتكوين الشكل الرباعي الاوجه (Tetrahedron) ($SiO4^{4-}$)

سلسلة Bowen التفاعلية: Bowen reaction series

لقد تمكن العالم Bowen (1928) بعد عدة دراسات حقلية مختبرية مستفيضة بالصخور النارية من وضع نظام لأسبقية تبلور المعادن السليكاتية من الصهير واضعاً سلسلة تفاعلات اطلق عليها سلسلة تفاعلات Bowen. اذ بين انه عند انخفاض درجة الحرارة الصهير فانه يبدأ بعدها بالتبلور حيث تتحد السليكا مع واحد او اكثر من الاكاسيد الاخرى تحت ظروف مناسبة من الحرارة والضغط لتكون معادن السليكات. وعادة اما يكون تبلور هذه المعادن تبعاً لنظام وتتابع معين. اذ تقسم المعادن الى سلسلتين رئيسيتين (المخطط 1).

1 سلسلة التفاعلات المستمرة: Continuous reaction series

وتظم مجموعة معادن الفلدسبارات البلاجيوكلازيه (plagioclase) والتي تبدأ بتبلور البلاجيوكليز الكلسي(الانورثايت Anorthite) وبانخفاض درجة الحرارة يبدأ عنصر الصوديوم في الاحلال تدريجياً محل عنصر الكالسيوم الى ان يتكون البلاجيوكليز الصودي (الالبايت Albite). حيث يحل محل الصوديوم تماماً محل الكالسيوم وقد

سميت هذه المجموعة من المعادن بالسلسلة التفاعلية المستمرة حيث ان الاحلال التدريجي للصوديوم محل الكالسيوم لايتبعه اي تغير في التركيب البلوري لمعادن هذه السلسلة وتكون متشابه في خصائصها الفيزيائية والبعدية.

2 سلسلة التفاعلات غير المستمرة Discontinuous reaction series

تتبلور معادن هذه المجموعة في نظام موازي لحد ما لترتيب تبلور معادن الفلدسبارات البلاجيوكيزية ففي إثناء تبلور البلاجيوكليز الكلسي تبدأ معادن هذه المجموعة والغنية بالحديد والمغنيسيوم والفقيرة في السليكا في التبلور مبتدأ بمعادن الالوفينات وبانخفاض درجة الحرارة تبدأ المعادن تدريجياً في التشبع بالسليكا لتكون معادن البروكسين (Pyroxenes) ثم تليها الامفيبولات Amphibole ثم المايكا السوداء (Biotite). وقد سميت هذه المعادن بالسلسلة التفاعلية غير المستمرة. حيث إن التغير من الاولفينات إلى البيروكسينات إلى الامفيبولات ثم إلى المايكا السوداء يتعبه تغير في كل من التركيب الكيميائي والبلوري وكذلك تختلف معادن هذه السلسلة في خصائصها الفيزيائية وتسمى هذه المجموعة بمعادن الحديد والمغنيسيوم.

إن عملية فصل المعادن المتكونة على مراحل متتابعة في ضوء مقترح Bowen التفاعلية تعرف بالتبلور الجزئي (Fractional crystallization) والذي يقصد به هو تتابع تبلور المعادن المختلفة وانفصالها عن الصهير اعتماداً على درجة حرارة تبلورها. إذ تبدأ المعادن التي تتبلور عند درجات الحرارة العالية بالانفصال مما يؤدي إلى حدوث تغير في التركيب الكيميائي للصهير، وذلك نتيجة لاختفاء بعض العناصر التي استنفذت في عملية تبلور المعادن السابقة التكوين وبالتالي يزداد تركيز العناصر الأخرى التي تكون معادن جديدة وبانخفاض درجة حرارة الصهير تتكون باستمرار معادن جديدة أخرى، إذ يصبح الصهير في تلك المراحل شيئاً فشيئاً غنياً بالسليكا والصوديوم والبوتاسيوم. ويكون في نفس الوقت فقيراً في الكالسيوم والألمنيوم والمغنيسيوم والحديد.

Bowen reaction Series

Discontinuous reaction series −2 **Continuous reaction series −1**

مجموعة معادن الحديد والمغنيسيوم **مجموعة معادن الفلسبارات البلاجيوكليزية**

Olivine's اوليفينات
MgFe− Silicate

Pyroxene بيركسينات
Fe,Mg,Ca, Al− Silicate

Amphiboles امفيولات
Ca,Al,Fe,Mg− Silicate OH

Biotite بايوتايت
K,Al,Fe,Mg− Silicate OH

Anorthite انورثايت
Ca Al−Silicate

Bytownite بيتونايت
Ca(Na)Al− Silicate

Labradorite لابرادورايت
Ca(Na)Al− Silicate

Andesine انديزين
Na(Ca)Al− Silicate

Albeit البايت
Na−Al− Silicate

Orthoclase اورثوكليز
K, Al− Silicate

Muscovite مسكوفايت
K, Al− Silicate

Quartz كوارتز
SiO_2

من خلال المخطط يمكن ملاحظة زيادة نسبة السليكا في معادن السلسلة غير المستمره وذلك اثناء تدرج انخفاض درجة الحرارة رافقه انخفاض في محتواها من المغنيسيوم والحديد. وهذا الاختلاف في تركيز العناصر ضمن المعادن المتكونة باستمرار يرافقه ايضاً زيادة في تعقيد التركيبة البلورية للمعادن المتكونة لاحقاً اي اشتراك وحدات التزاهيدرا مع بعضها البعض بعدد اكبر من ذرات الاوكسجين كلما استمرت درجة حرارة الصهير بالانخفاض.

فعلى سبيل المثال نجد ان معدل الاولفين (Olivine) والتي تتبلور في بداية الصهير والواقعة في اعلى سلسلة Bowen التفاعلية يتكون تركيبها البلوري من مجموعة السليكات الرباعية المنفصلة (Nesosilicates) اي ان وحدات التزاهيدرا فيها لاتشترك بذرات الاوكسجين، في حين يتكون التركيب البلوري لمعادن البروكسينات (Pyroxene) من مجموعة من السليكات السلسلية المنفردة (Single chain silicate) اي تشترك وحدات التزاهيدرا يزوح من الاوكسجين ثم تليها معادن الامفيبولات Amphiboles التي يتميز تركيبها البلوري بوجود مجموعة السليكات السلسلية المزدوجة Double chain silicate اما المايكا فهي اكثر تعقيداً في تركيبها البلوريه حيث انها تتميز بوجود السليكات الصفائحية (Phyllosilicates).

وبشكل عام يمكن القول أن المعادن ذو درجة حرارة التبلور العالية والمتكونة فد بداية التبلور الصهير تكون اقل تعقيداً واقل مقاومه التجويه من تلك المعادن التي تمتلك درجة حرارة تبلور واطئة، إي أن المعادن المتبلورة في نهاية عملية التبلور الجزئي والمعبر عنها في نهاية سلسلة Bowen حيث تمتاز الأخيرة بكونها أكثر تعقيداً فهي تحوي نسباً متوسطة لمعظم العناصر ومن أمثلتها الهورنبلند (Hornblende) والاندسين (Andesine) التي تدخل عادةً في تكوين الصخور المتوسطة. إن لزوجة الصهير العالية تمكنه من الحركة والانسياب في كل الاتجاهات حتى انه في احيان كثيرة يقترب من سطح الارض ثم ينطلق الى السطح بواسطة البراكين والتي يطلق عليها اسم الحمم البركانيه او اللافا (Lava) والتي تعد المصدر الرئيسي لجميع الصخور الموجودة على

سطح الأرض. اذ يعد الصخر هو الوحدة الاساسية في بناء الارض وان هذه الصخور تتكون من معدن واحد أو مجموعة من المعادن. لذا يمكن اعتبار المعدن هو وحده بناء الصخر وان تلك المعادن تكونت من اتحاد مجموعة من العناصر تربطها الفه محددة وكما ذكرنا سابقاً فان العنصر يعد الوحده البنائية المحدده وكما في التسلسل الاتي :

ذره ← عنصر ← معدن ← الصخر

أو مجموعة من الذرات أو مجموعة من العناصر أو مجموعة معادن

وتختلف الصخور بعضها عن بعض من حيث انواع المعادن المكونة لها وعلاقة بعض هذه المعادن بعض في الصخر الواحد. وعموماً فان الصخور تقسم الى ثلاثة انواع اساسية تبعاً لأصل تكوينها وهي: الصخور النارية والصخور المتحولة والصخور الرسوبية.

التركيب المعدني لدقائق الرمل والغرين :

إن نواتج التجويه الفيزيائية والكيميائية عبارة عن حصيلة هائلة من الرسوبيات التي تحتوي على فتات صخري ومعدني مختلف الأنواع والإحجام. ويكون هذه الفتات الصخري غنياً بمعظم العناصر الأساسية مثل السيليكون والألمنيوم والحديد والكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والفسفور، هذا فضلاً عن احتوائه على نسبة متفاوته من العناصر النادرة مثل الباريوم والراييديوم والكوبلت والنيكل والكروم والتي يختلف تركيز كل منها حسب المنطقة تبعاً لنوعيه الصخور والمعادن للفتات الصخري. ويعتبر الفتات الصخري الناتج من عمليات التجوية المختلفة بمثابة المادة إلام لتكوين التربة. تعد دقائق الرمل والغرين بانها عباره عن اجزاء صغيره نتجت من تجوية صخور الاصل وكما هو معروف فان دقائق الرمل تتراوح احجامها من 0.05– 1 ملم في حين تتراوح احجام دقائق الغرين بين 0.002–0.05. ولكونها جزءاً من الفتات الصخري لذلك نتوقع أنها تحوي على معادن أولية (Primary minerals) مثل معادن السليكا والفلدسبار والامفيبولات والاولفينات.