مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (19) العدد (6) 1997
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Basic Science Series Vol. (19) No (6) 1997

منشأ المحتبسات الصلبة المتواجدة في الصخور الكلسية–القلوية

الدكتور محمود مصطفى*

الملخّص

عادة ما تظهر المحتبسات الصلبة في البراكين، التي لها تاريخ تطور كبير، مثل البراكين المركزية، التي تشكل كالديرة مثل بركان بزاياني، أو التي تسعى إلى ذلك بركان كيزيمين. وكما هو معروف لدينا يتميز هذا النوع من البراكين بانتشار صخور تنتمي إلى عائلة الصخور الكلسية–القلوية، وكذلك بوجود غرف مهلية تملأ باستمرار بالمغما البازلتية الجديدة، والتي تختلط مع المغما الموجودة في الغرف المهلية السابقة، وهذا ما يساعد على تشكل المحتبسات الصلبة في هذه البراكين.

ان هذه العملية طبيعية ومميزة للصخور الكلسية–القلوية، تعتبر المحتبسات الصلبة أكبر دليل على ان اندزيت الصخور الكلسية–القلوية لا تتشكل من مغما اندزيتية خاصة، بل تعتبر نتيجة تطور وتفاضل المغما البازلتية الأصلية في مناطق الجزر البركانية.

أما ما يخص المحتبسات الصلبة، التي سقطت في مغما الاندزيت وهي في حالة صلبة فيمكن اعتبارها قطعاً متصلبة من المغما المشكلة للاندزيت نفسها، ولكن كان تبلورها مبكراً جداً، لذلك فهو أقل تطوراً من الصخور الحاضنة لها.

* مدرس في قسم الجيولوجيا – كلية العلوم – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

1- مقدمة:

تأتي أهمية دراسة المحتبسات الصلبة التي تتواجد في الصخور الكلسية-القلوية من كونها لم تدرس بشكل كاف في السابق، كما أنه لابد من دراستها بشكل تفصيلي لتوضيح دورها في تشكل عائلة الصخور الكلسية-القلوية، بالإضافة إلى محاولة حل الخلاف القائم حول طبيعة هذه المحتبسات الصلبة ومنشئها، وأهميتها الاقتصادية.

2- طريقة دراسة المحتبسات الصلبة:

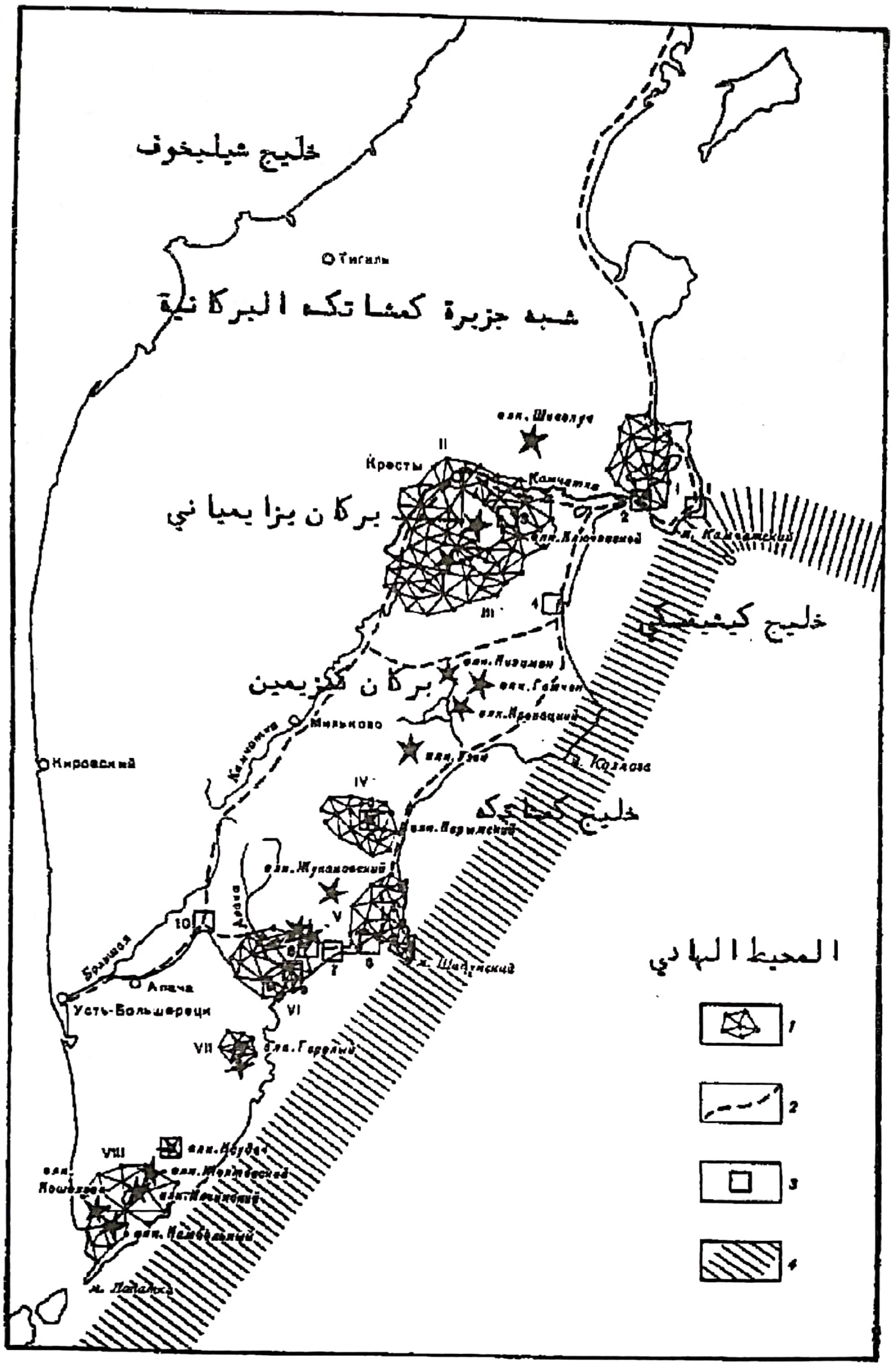
لقد جمعت العينات المدروسة المستخدمة في الدراسة من سيول اللافا البيروكلاستية، ومن القبب الصخرية البركانية، المتشكلة أثناء الاندفاعات البركانية الأخيرة لبركاني بزايماني وكيزيمين، الواقعين في شبه جزيرة كمشاتكة البركانية (الشكل 1).

لقد تمت الدراسة البتروغرافية للمحتبسات الصلبة والصخور الحاضنة لها تحت المجهر الاستقطابي في مخبر البتروغرافيا في جامعة موسكو الحكومية، حيث تم دراسة أكثر من (300 مقطع صخري مجهري)، وكذلك تحت المجهر الإلكتروني (Camscan Mry)، حيث تم إجراء أكثر من (500 تحليل كيميائي نقطي)، لتحديد تركيب الفلزان الكيميائي، وقد استخدمت هذه النتائج لاحقاً في تحديد التركيب الفلزي والمحتبسات، وكذلك في توضيح العلاقة بين الفلزات في الصخر وبالتالي تحديد درجة التبلور وتتابع الأجيال البلورية، كما ساهمت النتائج في عملية تقسيم المحتبسات والصخور الحاضنة إلى عدة مجموعات ذات خواص متقاربة.

أما الدراسة البترو-جيوكيميائية فقد أجريت على (215 تحليلاً كيميائياً)، حيث شملت هذه التحاليل الكيميائية كل العناصر الكبيرة والصغيرة، والنادرة، كما تمت معالجة التحاليل والنتائج بوساطة الحاسوب الإلكتروني، لذلك تمكنا من رسم المخططات المختلفة، التي ساعدت في إظهار القرابة بين المحتبسات والصخور الحاضنة لها، وبالتالي سمحت بمقارنتها من الناحية الكيميائية، وتوضيح بعض الاختلافات في التركيب الكيميائي والجيوكيميائي بينهما.

3- تعريف المحتبسات الصلبة:

المحتبسات الصلبة عبارة عن قطع مغماتية صلبة تنتشر في الصخور البركانية الكلسية-القلوية، وهي عادة أكثر أساسية من الصخور الحاضنة لها، التي قد تكون أساسية، أو حامضية. تتميز المحتبسات الصلبة بشكلها البيضوي، أو الاهليلجي، وبمقاييسها التي تتراوح بين عدة ميليمترات وعدة عشرات السنتيمترات، ووسطياً (10-15) سم، كما تتميز بلونها الأكثر قتامة من الصخور الحاضنة لها، ولذلك تسمى بالمحتبسات الصلبة القاتمة.



(الشكل 1) خريطة شبه جزيرة كمشاتكة البركانية، تبين أماكن توضع الراكين، ومن ضمنها بركاني بزايمياني وكيزيمين المدروسين في هذا البحث.

1- المناطق المدروسة بشكل تفصيلي من قبل البعثات الجيولوجية.
2- مقاطع جيولوجية مدروسة في المنطقة.
3- مناطق مشوهة ومعقدة تكتونيا.
4- مناطق التكشف. مقياس الرسم: $\frac{1}{25000}$

4- بتروغرافيا المحتبسات الصلبة:

آ- التركيب الفلزي للمحتبسات الصلبة:

عادة ما تكون المجموعات الفلزية في المحتبسات هي نفسها الموجودة في صخور الانديزيت الحاضنة للمحتبسات. فعلى سبيل المثال، في بركان كيزيمين، يتواجد الاوليفين في المجتمعات وفي الانديزيت الصلبة في كلا البركانين المدروسين عن صخور الانديزيت من حيث نسبة الفلزات، ومن حيث تركيبها الكيميائي والفلزي، وكذلك من حيث بنيات الملاط الصخري.

تتميز المحتبسات الصلبة بوجود بلورات كبيرة مكسرة من الاوليفين والبلاجيوكلاز (اتورتيت = 85-92%)، (الشكل 2). وتتميز المحتبسات الصلبة بكونها تحتوي على نسبة قليلة من الهورنبلاند، كما يتميز بلاجيوكلاز المحتبسات بوجود النطاقات البلورية المستقيمة. كما وتكون نسبة المغنيتيت في المحتبسات أكثر منها في صخور الانديزيت الحاضنة للمحتبسات.

تحتوي فلزات المحتبسات على نسبة كبيرة من الكالسيوم، والتيتان في الهورنبلاند وعلى نسبة كبيرة من الألمنيوم والكروم في المغنيتيت، بينما يحوي الهورنبلاند والمغنيتيت في صخور الانديزيت على نسبة قليلة جدا من التيتان.

إن دخول الكالسيوم بشكل كبير في الشبكات البلورية للفلزات القاتمة في المحتبسات الصلبة، وكذلك دخول الألمنيوم والكروم في الفلزات الحديدية، يدل على أن هذه الفلزات الموجودة في المحتبسات الصلبة قد تبلورت تحت درجات حرارة عالية. أما دخول الألمنيوم في البيروكسين والهورنبلاند فيشير إلى السرعة الكبيرة للتبرد أثناء عملية تبلور المحتبسات (Donaldson, 1975, e.a.).

ب- بنية المحتبسات الصلبة:

إن الاختلاف الكبير بين المحتبسات الصلبة وصخور الانديزيت الحاضنة يظهر جليا في اختلاف بنية الملاط الصخري، حيث تكون بنية صخور الانديزيت مكرولیتية يغلب فيها ميكروليت البلاجيوكلاز، البيروكسين، والفلزات الحديدية، وقليلا من الزجاج البركاني.

أما المحتبسات الصلبة فتتميز بوجود البنيات الزجاجية، حيث يتغلب الزجاج البركاني على المكروليت. في حين تشكل المسامات الكثيرة في الملاط الصخري ما يسمى بالبنية الفراغية المسامية (الكركاسية). (الشكل 3).

(الشكل 2) بلورة كبيرة من البلاجيوكلاز ذات بنية نطاقية تحتوي في نواتها على بقايا من الامفيبول، وبقايا زجاجية، أما في أطرافها فتحتوي على بلورات صغيرة من المفنيتيت.

(الشكل 3) البنية البرفيرية في المحتبسات، حيث توجد بلورات كبيرة الحجم غارقة في وسط مؤلف من بلورات مكروليتية دقيقة الحجم يجمع فيما بينها الزجاج البركاني.

يشير الاختلاف في حجوم بلورات الجيل الأول عن بلورات الأجيال البلورية اللاحقة إلى التغير الكبير في الشروط الفيزيا-كيميائية أثناء التبلور إما الزيادة في عامل تطاول بلورات الجيل الأخير، والتي تبلغ

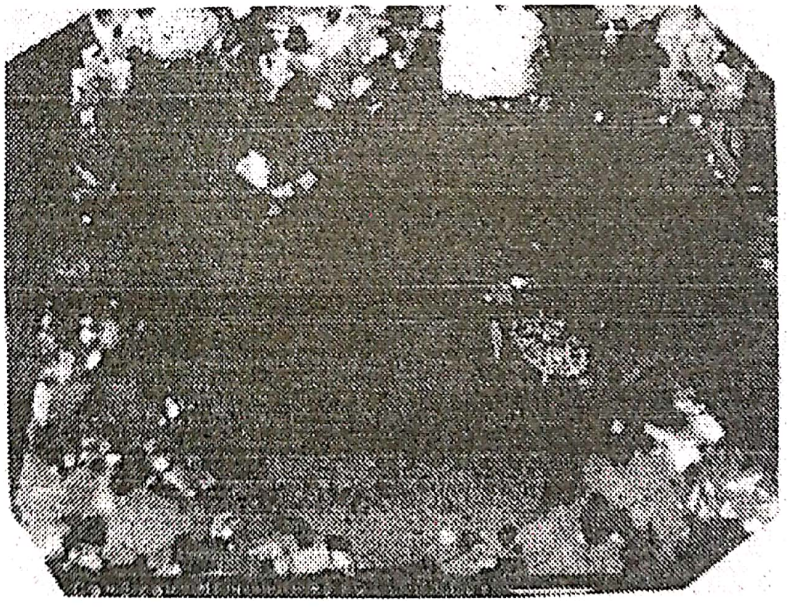
$\frac{1}{10}$ فتشير إلى سرعة التبرد، التي كانت أكثر من (10°م/ساعة)، وذلك بالاعتماد على معطيات كلا من الباحثين (Corrigan, 1982; Lofgrn, 1974).

وبالاعتماد على قيمة العلاقة (AL/Ti) في البيروكسين المتزايدة، فإن سرعة التبرد كانت أكثر من عشر درجات في الساعة، وذلك بحسب معطيات (Donaldson, 1975) كما أن انتشار بلورات أبرية الشكل من فلز الاباتيت في الملاط الصخري، يدل على السرعة الكبيرة في التبريد.

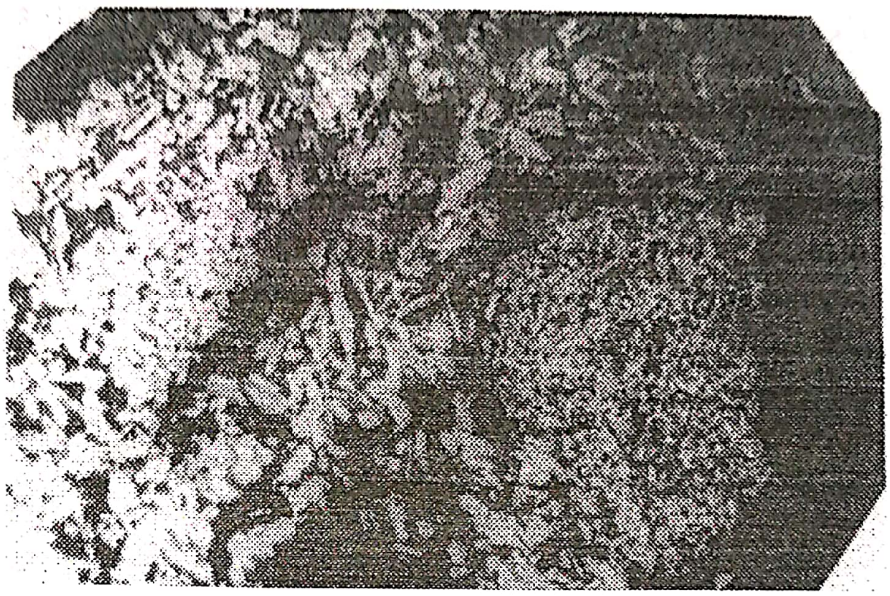
وتجدر الإشارة هنا إلى وجود أنواع مختلفة من المحتبسات، حيث يملك بعضها حدودا واضحة جداً مع الصخر الحاضن، مما يدل على أنها سقطت في هذه الصخور وهي في حالة شبه صلبة. أما القسم الآخر من المحتبسات فتكون حدوده مع الصخر الحاضن غير واضحة تماماً، وهذا يدل على أنها سقطت وهي في حالة شبه سائلة أو عجينة. كما تصادف محتبسات نصف مبلورة، وأخرى ذات تبلور كامل ولها مظهر تبلور تحت سطحي (الشكل 4،5).

بهذا الشكل وعند مقارنة المحتبسات الصلبة مع صخور الانديزيت الحاضنة من الناحية البتروغرافية نستنتج ما يلي:

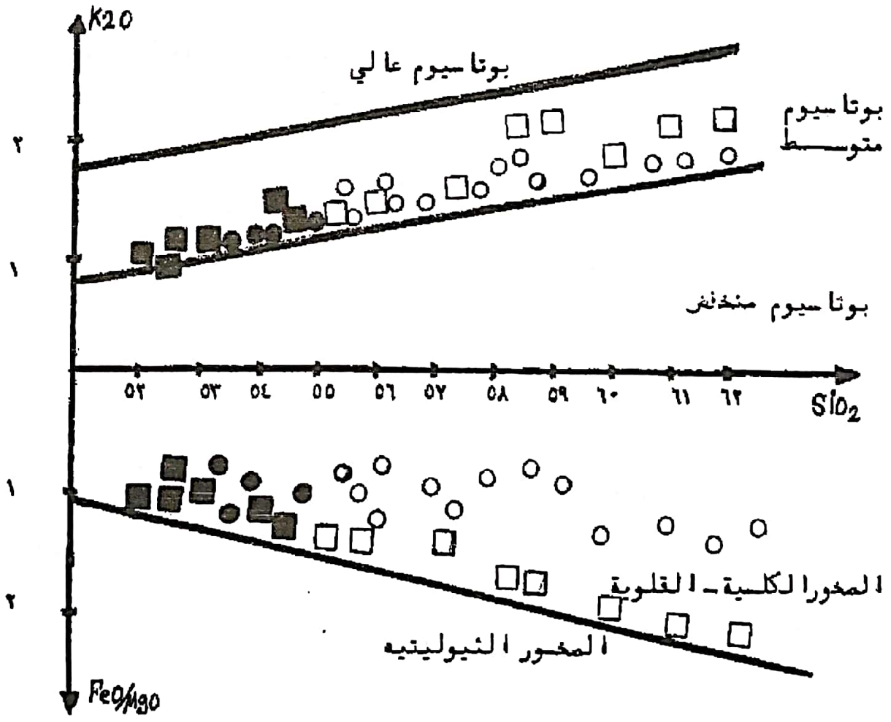
1. تعتبر المحتبسات الصلبة والانديزيت ذات منشأ واحد.
2. يظهر على كليهما علامات المزج والاختلاط فيما بين عدة مهل.
3. تكون بلورات الجيل الأول في المحتبسات أكثر أساسية، وذات درجات تبلور أعلى منها في صخور الانديزيت، وقد أنهت تبلورها في ظروف تبرد سريعة جدا.
4. تتيمز المحتبسات بدرجات تأكسد عالية.
5. يجري تطور فلزات المحتبسات باتجاه نقصان العناصر، ذات درجات الحرارة العالية، مثل الكالسيوم والمغنيزيوم، بينما يتطور بلاجيوكلاز الانديزيت باتجاه زيادة نسبة الكالسيوم فيه.



(الشكل 4) ميكرومحتبس، حيث تكون حدوده واضحة جداً مع الصخر الحاضن، وكذلك يملك تركيباً وبنية مختلفة تماماً عن الصخر الحاضن.

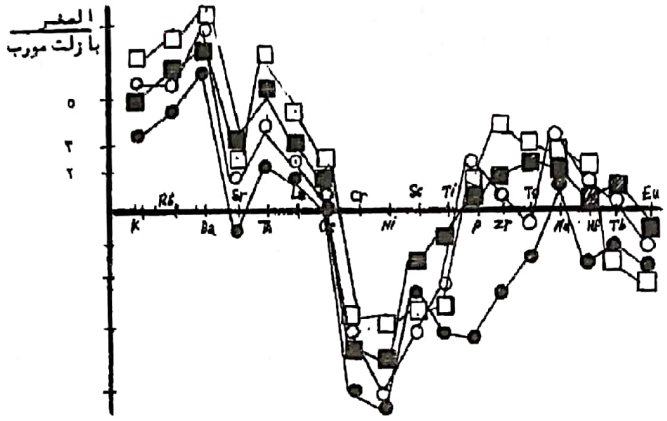


(الشكل 5) محتبس: تكون الحدود بين المحتبسات والصخور الحاضنة غير واضحة تماماً، ويمكن التمييز بينهما عن طريق الاختلاف في بنية الملاط الصخري.

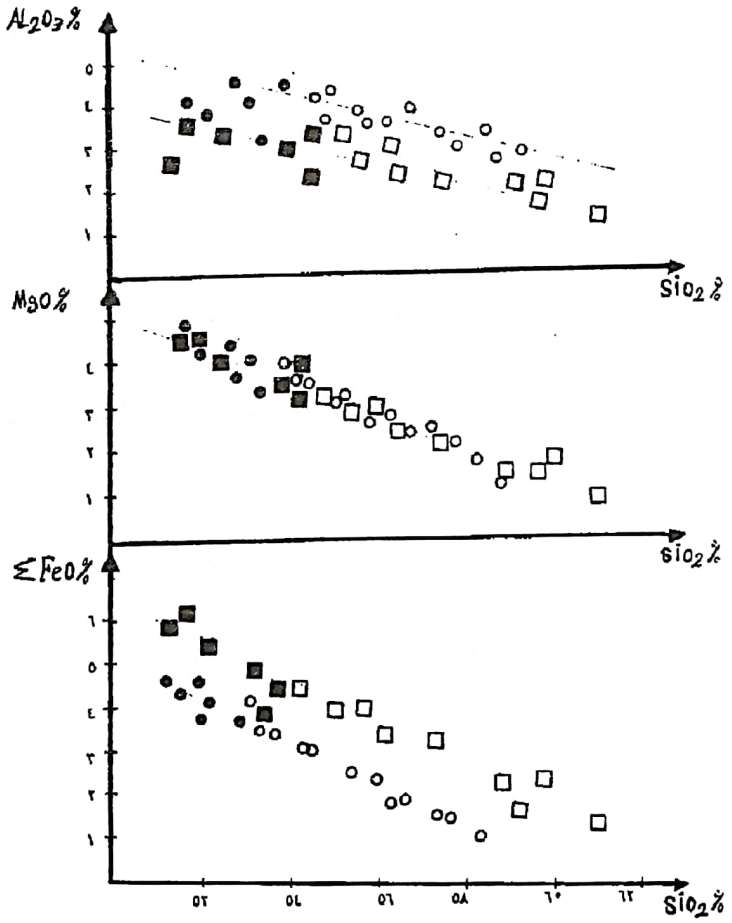


(الشكل : ٦)- مخطط يبين علاقة كلا من البوتاسيوم و الحديد/مغنيزيوم مع السيليسيوم.

- ● - محتبسات بركان بزا يمياني .
- ■ - محتبسات بركان كيزيمين .
- ○ - اندیزیت بركان بزا يمياني .
- □ - اندیزیت بركان كيزيمين .



(الشكل 7) مخطط يبين نسبة العناصر الدقيقة في صخور بركاني بزايمياتي وكيزيمين، مقارنة مع نسبة العناصر الدقيقة في بازلت الاعراف المحيطية المتوسطة (MORB).



(الشكل 8)- مخططات هاركر لصخور بركاني بزايمياني و كيزيمين و التي تمثل كلاً من (Al_2O_3 ٪ ، MgO٪ ، ΣFeO ٪ ، SiO_2 ٪).

- ● - محتبسات بركان بزايمياني.
- ■ - محتبسات بركان كيزيمين.
- ○ - انديزيت بركان بزايمياني.
- □ - انديزيت بركان كيزيمين.

وفي الختام وبالاعتماد على الاستنتاجات السابقة، يمكننا القول إن المحتبسات الصلبة تبلورت من مهل ذيدرجات حرارة عالية، وذيتركيب أساسي، ومن ثم سقطت في بيئة باردة نسبيا، أكثر حامضية، مما أدى إلى تبردها السريع، وظهور الزجاج البركاني في ملاطها الصخري، وكذلك أدى إلى تشكل قشرة زجاجية رقيقة حول كل محتبس منها يعزله عن الصخر الحاضن.

5- التركيب الكيميائي للمحتبسات الصلبة:

من حيث التركيب الكيميائي تكون المحتبسات دائماً أساسية من صخور الانديزيت الحاضنة، حيث تبلغ نسبة السيليسيوم (51-57%)، والفرق بينهما في التركيب الكيميائي حوالي (5-7%). علماً انهما ينتسبان إلى عائلة الصخور الكلسية-القلوية، ذات المحتوى المتوسط من البوتاسيوم (الشكل 6)(الجدول 1).

إن انتساب المحتبسات الصلبة والانديزيت إلى عائلة صخرية واحدة واضح بشكل جيد على مخططات خاركر، حيث تتوضع نقاطهما على خط واحد، كما في (الشكل 8). كما تتوزع العناصر الدقيقة والنادرة بشكل متقارب جداً، حيث تلاحظ القيم المرتفعة نفسها، أو المنخفضة في المحتبسات الصلبة والانديزيت، كما في (الشكل 7). علماً أن المحتبسات الصلبة تفتقر بشكل عام بالعناصر الدقيقة والنادرة.

6- منشأ المحتبسات الصلبة:

إن وجود عدة نظريات مختلفة حول منشأ هذه المحتبسات الصلبة، يدل على أن هذه المسالة معقدة ولحلها ينقصنا الكثير من الدراسات العملية والمواد الدراسية الحقيقية والمتكاملة.

لقد اعتبرت المحتبسات الصلبة سابقاً، كقطع من الكسينوليت (Kuotiev, e.a, 1979)، أو بقايا كسينوليتية (Piep, 1956, Ermakov, e.a, 1969)، أو عبارة عن تجمعات بلورية (White, Chappell, 1977, Flood e.a, 1978)، أو نتيجة اختلاط أنواع مختلفة من المهل (Papov, 1986, Bacon, Metz, 1984)، وأخيراً كنتيجة لانشطار مهل متجانس إلى مهلين مختلفين، أو عبارة عن بلورات مبكرة التبلور من أجسام تحت سطحية (Silleangin, 1982).

لقد سمحت لنا الدراسات البتروغرافية والبتروجيوكيميائية للمحتبسات الصلبة المتواجدة في صخور الانديزيت في بركاني بزايمياني وكيزيمين، بالقول ان هذه المحتبسات الصلبة لا يمكن اعتبارها كسينوليت، أو بقايا تجمعية، أو غيرها من الافتراضات وخصوصاً أنها تملك بنية مهلية أصلية، ولا توجد أية دلائل تشير إلى البنية التجمعية، بل على العكس فكل الأدلة تشير إلى أن المحتبسات الصلبة تبلورت مباشرة من المغما السائلة.

أرقام العينات	B-40	B-18	B-42	Φk10	Φk23	Φk7	Φk25	Φk12
	8	7	6	5	4	3	2	1
SiO_2	56.35	53.85	54.95	57.70	52.62	54.70	54.64	45.56
TiO_2	0.80	0.86	0.78	0.85	1.00	1.10	1.05	0.65
Al_2O_3	16.77	18.01	18.69	17.01	17.57	17.47	17.56	20.16
Fe_2O_3	3.50	3.14	3.72	4.10	4.62	4.82	3.57	6.80
FeO	4.74	5.60	4.45	3.46	5.01	4.15	4.59	3.96
MnO	0.15	0.16	0.13	0.14	0.14	0.13	0.16	0.14
MgO	4.42	4.81	4.44	3.60	5.06	3.99	4.33	10.44
CaO	8.66	9.30	8.88	6.95	9.27	8.29	7.82	10.30
Na_2O	3.07	2.76	3.11	3.44	3.76	2.92	3.50	1.64
K_2O	0.97	0.89	1.08	0.20	0.93	0.15	0.89	0.32
P_2O_5	0.06	0.09	0.02	0.15	0.11	0.15	0.18	0.07

(الجدول 1) التركيب الكيمياتي للمحتبسات الصلبة، المتواجدة في الصخور الكلسية-القلوية، في صخور بركاني بزايمياتي وكيزيمين.

1-5: عينات مأخوذة من محتبسات بركان كيزيمين.

6-8: عينات مأخوذة من محتبسات بركان يزايمياتي.

تدل الصفات البنيوية والنسيجية للمحتبسات الصلبة على أن غالبيتها سقطت في صخور الانديزيت الحاضنة وهي في حالة عجينية شبه سائلة وغير متصلبة تماماً، ومن هنا يمكننا استعراض النظريتين التاليتين لتفسير ظروف تشكل المحتبسات الصلبة:

آ- النظرية الأولى:

تنص هذه النظرية على أن المحتبسات الصلبة قد تشكلت نتيجة لانشطار سائل مهلي متجانس، ذي تركيب أساسي، إلى سائلين مختلفين عن السائل المهلي الأصلي المتجانس.

من خلال هذه النظرية يلزمنا لشرح المعطيات العملية السابقة كافة الافتراض أن المهل الأصلي كان ذا تركيب أكثر أساسية من صخور الانديزيت، وعندما أنشطر حصلنا على تركيبين صخريين مختلفين، الأول شكل الصخر الحاضن، ذي التركيب الانديزيتي، أما الثاني فشكل صخور المحتبسات، التي تنتسب إلى الانديزي-بازلت.

بعد عملية الانشطار هذه كان لابد من تحلل وتآكل بلورات البلاجيوكلاز، ذات التبلور المبكر في الوقت نفسه تشكيل بلورات ذات نطاقات بلورية عكسية في المحتبسات الصلبة. بينما في صخور الانديزيت كان من المفروض تشكيل بلورات، ذات نطاقات بلورية مستقيمة، ولكن لم يحدث شيء من هذا القبيل.

وعلى الرغم من عدم وجود التجارب المخبرية، التي تثبت حصول الانشطار في مثل هذه السوائل فهنالك عدة أسباب تعارض هذه النظرية المقترحة:

1- الانتشار الكبير لبلورات البلاجيوكلاز، ذات النطاقات العكسية في صخور الانديزيت، بينما تكون النطاقات البلورية مستقيمة في بلاجيوكلاز المحتبسات.

2- وجود بلورات مكسرة من الاوليفين والبلاجيوكلاز-نورتيت في صخور المحتبسات، والتي لا يمكن تفسيرها باستخدام نظرية الانشطار هذه.

3- وجود مجموعات فلزية غير متوازنة في صخور الانديزيت، على سبيل المثال: وجود البلاجيوكلاز الحامضي مع البلاجيوكلاز الأساسي.

4- التوزع غير المنتظم للمحتبسات الصلبة في الصخور الحاضنة، حيث كان من المفروض أن تتوزع بشكل منتظم.

5- وجود محتبسات ذات تركيب مقارب لتلك التي سقطت في السائل المهلي متصلبة.

6- وجود مرحلتين مختلفتين لتبلور فلزات المحتبسات الصلبة، مرحلة تبلور تمت في الأعماق أنتجت بلورات كبيرة، ومرحلة تبلور سطحية شكلت بلورات مكروليتية.

7- إن وجود درجة حرارة بداية تبلور المحتبسات الصلبة العالية تعارض عملية التبلور تحت درجات حرارة متساوية أثناء وبعد عملية الانشطار.

8- عدم إمكانية تفسير أسباب التبلور السريع للمحتبسات، أثناء علمية التبلور.

ب- النظرية الثانية:

تقترح هذه النظرية تشكل المحتبسات الصلبة نتيجة لاختلاط غير كامل لعدة مهل ذات تركيب كيميائي، وخواص متقاربة، فتقول أن المحتبسات قد سقطت على شكل نقاط وكتل من مهل أساسي، ذو حرارة عالية نسبياً في مهل انديزيتي بارد نسبياً، حيث أكملت تبلورها في وسط بارد نسبياً.

فإذا اعتمدنا هذه النظرية كنظرية وحيدة لتشكل المحتبسات الصلبة يمكننا من خلالها الإجابة على كافة التساؤلات المطروحة وإزالة غموض كان مطروحاً في السابق. فمثلاً عملية التبرد السريعة زادت من لزوجة مغما المحتبسات مما أدى إلى تشكل قشرة زجاجية حول المحتبسات الصلبة نتيجة لاختلاف درجات الحرارة بين المحتبسات والصخر الحاضن لها.

ولذلك كلما كان الاختلاف في درجات الحرارة (ΔT) كبيراً، كلما كانت الفرصة سانحة لتشكل المحتبسات (Bacon, 1986). بالإضافة إلى كون نسبة صخور المحتبسات قليلة جداً بالمقارنة مع حجم صخور الانديزيت ساعدت على تشكل المحتبسات وبشكل كبير جداً.

إن كون نطاقات البلاجيوكلاز مستقيمة في المحتبسات الصلبة، وكونها عكسية في بلاجيوكلاز الانديزيت، أمر منطقي ويمكن تفسيره باستخدام النظرية الثانية كوسيلة لمساواة التركيب الكيميائي، وكذلك يصبح واضحاً وجود مجموعات فلزية غير متوازية، وذلك كنتيجة لطرد غازات المحتبسات.

أما وجود المسامات الكثيرة التي المحتبسات الصلبة فيدل على تجمع الغازات في السائل المتبقي بدون تبلور، وذلك بفعل التبرد السريع في جملة معزولة عن الوسط المحيط لوجود قشرة زجاجية عازلة.

إن القرابة الأصلية بين المحتبسات الصلبة وصخور الانديزيت الحاضنة لها تدل على أن كلاً منهما يعتبر كنتيجة لتبلور مهل واحد ذي تطور مختلف من حيث التركيب الكيميائي ودرجات الحرارة، وبأنه يملك تطابقاً شاقولياً، حيث تختلف الطبقات العلوية عن السفلية.

REFERENCES المراجع

[1]- Богявленская Г. Е., Зрлик З. Н. Полевошатовые включеыения основного состава в кислых пирокласатах современных вулканов. В кн.: "Ксенолиты и гомеогенны включения". М М.. 1969.

[2]- Включения в вулканических породах Курило- Камчатской островной дуги. "Н аука" М., 1978.

[3]- Ермаков В. Н., Колосков А. В. "Оенезисе некоторых типов гомеогенных включений в зкструзивных андезитах. –В кн.: "Ксенолиты и гомеогенны включения". "Наука", М., 1969.

[4]- Кутыев Ф. Щ. Кутыева Г. В. "Пормстые – гипербазитовые включения в лавах Курило – Камчатской провинций. ДАН СССР Т. 244, No 4, 1985.

[5]- Масуренков Ю. П. "Включения в вулканических породах и прблема возникновения расплавов. "Наука", 1969.

[6]- Попов В. С. "Коровые включения в изверженых породах. Зап. ВМО, т. 115, вып. 3, 1986.

[7]- Селянген О. В. "Вулканиты и включения: петрогенезис взаимосвавых вулканических серий. "Наука" "М., 1982.

[8]- anderson J.R. Significans of hornblende in calic-alklin andesites and basalts. American min. Vol. 65, pages 837-851, 1980.

[9]- Bacon C.H. Magmatic inclusions in sillcic and intermediate Volcanic rocks. Jor. Of Geophy. Besearch, Vol. 90, No 86. 1986.

[10]-Chappell B.W. sourse rocks of I-and S-type granites in the Lachlan Fold belt, Southeastern Australia. Phil. Trans. Rey. Soc. London, 1984, Vol. Asio. 1514, p. 693-708.

[11]-Corrigan G.M. The crystal morphology of plagioclase feldspar. Min. Mag. 1982. Vol. 46. 341.

[12]-Donaldson C.H. Williams, Miner., 1975, Vol.60.

[13]-Lofgren G. An experimental study of plagioklaze morphology, isothermal crystalization. Amer. Jor. Sci-1974, Vol. 274, p. 225-241.