

حسین معین وزیری

مژده زمین‌شناسی دانشگاه تربیت معلم

این مقاله که در واقع یک تحقیق کتابخانه‌ای است با استفاده از منابع خارجی و اطلاعات

کلاس‌های D. E. A. (پاریس - اورسی ۱۹۷۱-۷۲) تهیه شده است

در پیستم زوئیه ۱۹۶۹ انسان گام بزرگی در راه تسخیر فضا برداشت. این گام هم از نظر تکنیک قابل توجه بود وهم از لحاظ اطلاعات دقیقی که در خصوص کره ماه در اختیار انسان گذاشت. قبل از بکمال تلسکوپ‌های خیلی قوی مورفوژی و توپوگرافی سطح ماه مورد مطالعه قرار گرفته بوداما آپولوها از ماهیت سنگهای سطح ماه به ما اطلاعات تازه‌ای داده‌اند. قبلا نیز میدانستیم، باستثناء چند نقطه، سایر مناطق سطح ماه بسیار ناهموار است. ناهمواری سطح ماه بعلت چین خودگی نیست بلکه بسبب عوامل داخلی (آتشفهانها) و خارجی (برخورد سنگهای آسمانی به سطح ماه) است که در نتیجه آن چاله‌های (کراتر) فراوانی در سطح ماه ایجاد شده است. هر چند که سن این آتشفهانها خیلی زیاد است اما شکل کراترها، بدعت اینکه در این کره فرسایش وجود ندارد، به صورت اولیه و دست نخورده باقی مانده است.

مناطقی را که هموارند اصطلاحاً افیاتوس یا دریا می‌گویند. اما در این دریاها از آب اثری نیست بلکه در زمانهای خیلی قدیم دریائی از گدازه‌های آتشفهانی (بازالت) بوده است. به کمال تلسکوپ‌های قوی در دریای آرامش (Mer de la Tranquillité) قله ها و بدهای

فرایند تجزیه سنگها در سطح زمین که توسط آتمسفر زمین و اب صورت می‌کیرد، در سطح ماه به علت عدم وجود این دو عامل وجود ندارد. نیروی نقل ضعیف ماه نتوانسته است هوا و بخار آب را در فضای اطراف ویا در سنگهای خود نگه دارد. با وجود این یک نوع خاک در سطح ماه دیده شده که فضانوردان روی آن پیاده شده‌اند. این خاک را رگولیت (Régolithe) می‌نامند که از خوردشدن سنگها به طریق فیزیکی (اختلاف درجه حرارت در سطح ماه و یا برخورد سنگهای آسمانی) حاصل شده است. رگولیت یک ماسه آتشفسانی است که با خاکهای کره زمین تفاوت زیاد دارد^{(۱)(۲)}. بمعلات نبودن آتمسفر در ماه، سنگهای آسمانی با سرعت اولیه خود (۲۰ تا ۴۰ کیلومتر در ثانیه) با سطح این کره برخورد می‌کنند و کراترهای مخصوص به وجود می‌آورند. قطر سنگهای آسمانی که به سطح ماه برخورد می‌کنند از یک میکرون تا چند متر متغیر است^(۳). در هر صورت بهر اندازه که باشند خطر بزرگی برای فضانوردان محسوب می‌شوند.

شعاع کراترها یا چاله‌هایی که از برخورد سنگهای آسمانی با سطح ماه حاصل می‌شوند بین ۱ / ۰ میکرون تا ۵۰ کیلومتر متغیر است^(۴). سنگهای آسمانی به محض برخورد با سطح ماه ذوب و یا تبخیر شده و بصورت پودر در می‌آیند^(۵). بنابراین بارگولیت (Régolithe) مقداری از پودر سنگهای آسمانی نیز همراه است^(۶). چون خاک ماه همیشه در معرض ضربه و شوک سنگهای آسمانی است بنابراین در آن قطعاتی از سنگهای را که بطور کامل یا ناقص ذوب شده‌اند می‌بینیم. این سنگها که شیشه‌ای (ایزوتروف) و کروی شکل می‌باشند اسفلولیت نامیده رگولیت قطعاتی از آنورتوزیت^(۷) (دیده می‌شود^(۸)). تجزیه سنگهای قلمها و پر جستگی‌های ماه نشان داده که این ارتفاعات از آنورتوزیت تشکیل شده است. در این صورت منشاء قطعات آنورتوزیتی که در رگولیت پیدا شده از این ارتفاعات می‌باشد که پس از تخریب به طریق فیزیکی،

(*) برای کسب اطلاع بیشتر درخصوص کراترها و استریبلمهای سنگهای آسمانی به مجله دانش روز از انتشارات مدرسه عالی علوم ارaka، شماره سوم و چهارم، بهمن ماه ۱۳۵۳ مراجعت شود.
(**) آنورتوزیت سنگی است سفید، غنی از کلسیم، آلومنیوم و سیلیسیوم که یک فشار قوی را تحمل کرده است.

از آنورتوزیت می باشد. وزن مخصوص آنورتوزیت $2/8$ ، در حالیکه وزن مخصوص بازالت دریای آرامش $3/3$ میباشد بنابر این می توان قبول کردکه آنورتوزیت از فریق پلاژیو کلازهای گدازه های بازالتی حاصل شده است (۲). تجارت آزمایشگاهی نشان داده اند که ذوب بخشی بازالت تحت فشار خیلی زیاد بخار آب، هایپر می دهد با ترکیب آنورتوزیت دراینصورت فوران چنین ماده مذاب تحت فشار خیلی زیاد مطمئناً با انفجار شدید توأم است. و این با نحوه ولکانیسم کره ماه مطابقت دارد زیرا وجود کراترهای فراوان در سطح این کره نشانه یک دوره فعالیت آتششانی انفجاری است (۳).

در پوسته کنونی زمین نیز، در بعضی نقاط پوسته‌ای از جنس آنورتوزیت دیده شده است(۳). بعد از سفر آپولو به ماه تئوریهای زیادی در مورد هستا آنورتوزیت زمین اظهار شده است. یکی از این تئوریها حاکیست که: در زمین نیز مانند ماه، در زمان سردشدن و انجامد یک قشر آنورتوزیت بوجود آمده که بعداً بعل مختلف ازین رفته است. این علل عبارتند از اشتفاق قاره‌ها و روراندگی آنها و فرسایش پوسته زمین. در روراندگی دیا بهتر بگوئیم در سابدآکش (Seduction) قاره‌ها احتمال دارد که بخشی از پوسته آنورتوزیت به داخل زمین کشیده شده و پس از دگرگونشدن به سنگی بنام گروپسیدیت متشکل از گرونای کاسیم‌دار، پیر و کسن کلیسم دار و دستن تبدیل شده باشد. همچنانکه امر وژه قطعاتی از این سنگ را که توسط آتشفشهای انفجاری به بیرون پرتاً شده‌اند در دودکش‌های آتشفشهای انفجاری که برای استخراج الماس عمیقاً حفاری شده‌اند می‌باییم (سیری و جنوب آفریقا). در اینصورت معلوم می‌شود که پوسته آنورتوزیت زمین بر روی سنگهای اولترا بازیک گروندادر مانتو قرار گرفته است (۱).

دریای آرامش و اقیانوس طوفانها

دریای آرامش (mer de la Tranquillité) و اقیانوس طوفانها (mer des tempétes) دو منطقه فرونشسته و وسیع در سطح ماه میباشد که در حدود ۳ میلیارد سال

دریاچی ارامش از طبقات سخت به موجب رنگ و اعماق آمواج میتواند سهین شده است (گدازه‌های بازالت). این طبقات سخت بر روی پیکره‌ای سبکتر ولی شکسته و خورد شده قرار گرفته‌اند (آنور توزیت). ضخامت فشر بازالت حداقل ۲۰ کیلومتر و ضخامت پوسته آنور توزیت در حدود ۱۰ کیلومتر میباشد (۳).

از نمونه سنگهای دریای آرامش که توسط آپولوها بدزمین آورده شده این نتایج بدست آمده که در گدازه‌های ماه نیز همانند زمین تبلور بخشی صورت گرفته است بدین ترتیب که ماده مذاب، شامل سیلیکات‌های مختلف، در راک لحظه متبلور نمی‌شود بلکه در ماده مذاب ابتدا آن دسته از سیلیکات‌ها متبلور می‌شوند که نقطه انجماد بالاتر دارند. بنابراین بتدریج که ماده مذاب سرد می‌شود کانی‌های مختلف به تناوب نقطه انجماد خود متبلور می‌گردند و واضح است



که آخرین کانی که متبلور می‌شود یک کانی است که نسبت به سایر کانی‌ها نقطه انجماد کمتری دارد. با توجه به این مسئله از شروع تبلور تا خاتمه تبلور، ترکیب شیمیائی ماده مذاب پیوسته

مقدار درصد این عنصر تنزل می‌باید و یا اینکه نسبت $\frac{\text{Mg}}{\text{Fe}}$ در شروع انجماد زیاد و در اواسط

و یا اواخر انجماد تنزل می‌باید.

بررسی سنگهای برداشت شده از دریای آرامش کرده ماه نشان می‌دهد که تبلور بخش فوق الذکر در گذازهای بازالتی دریای آرامش نیز صورت گرفته است اما ادامه این تحولات شیمیائی که در موقع انجماد ماده مذاب در سطح زمین دیده شده، در سنگهای ماه بطور کامل مشاهده نشده است. بدین ترتیب که، در انجماد ماده مذاب در سطح زمین، در پایان انجماد، ماده مذاب باقیمانده از سدیم، پتاسیم، رویدیم، سریم، سرب، روی، نالیم، آب، گاز کربنیک و اکسیژن غنی می‌شود در حالی که چنین تکامل و تحولی در سنگهای ماه دیده نشده است. بنظر میرسد که در طول انجماد ماده مذاب در سطح ماه، بر عکس زمین، یک سیر تزویلی و فقر تدریجی از نظر این مواد در ماده مذاب بوجود آمده باشد(۳).

عدم مشاهده عناصر فراز در این سنگها علت دیگری نمی‌تواند داشته باشد مگر اینکه بر اثر خلاء موجود در سطح ماه و بعلت حرارت زیاد گذازهای (حداقل ۱۲۰ درجه)، این مواد در فضای اکنده شده باشند و در ساختهای کائینها نتوانسته‌اند وارد شوند(۱)(۲)(۳). همچنانکه میدانیم خلاء در سطح ماه بقدری زیاد است که ما در سطح زمین و در آزمایشگاه نتوانسته‌ایم چنین خلائی را ایجاد کنیم. از مطالب فوق چنین نتیجه می‌کنیم که از روی تجزیه شیمیائی نمونه‌های ماه نمیتوانیم به ترکیب شیمیائی دقیق گذازهای این کره پی ببریم(۳).

پتروگرافی سنگهای ماه

آپولوی ۱۴ در فوریه ۱۹۷۱ در پرسیون امبریوم (dépression d'imbrium) فرود آمد. این بخش فرو رفته از سطح کره ماه دارای ۳۰۰۰ کیلومتر قطر و ۱۰۰ کیلومتر عمق می‌باشد. در این بخش کراترهای آتشفشانی متعدد دیده می‌شوند که ارتفاع آنها در حدود چند ده متر است(۵). سنگهای این قسمت از ماه قدیمی ترین سنگهای ماه است که ۴۳ کیلوگرم آن توسط آپولوی ۱۴ به زمین حمل گردید. علاوه بر این، دو سوند از یکی به عمق ۵/۳۹ سانتی متر و دیگری به عمق ۱۲/۵ سانتی متر در روی سطح ماه بعمل آمد. از سوند اول ۲۰۹ گرم و

آپولوی ۱۳ بازالت و برش

آپولوی ۱۴ برش (Brèche)

همه این سنگها از لحاظ پلاژیوکلاز غنی می‌باشند. علاوه بر پلاژیوکلاز کانیهای فرد منیزین در ترکیب آنها دیده می‌شود.

ساخت سنگها متنوع است به طوری که ساختهای: هیالوپورفیریک، میکرولیتیک، انترستال، میکروگرتو (بازالت گرانولیتیک)، و گاهی ساخت دیاپلکتیک - (Structure diaplectique) که حد واسط ساخت شیشه‌ای و متابولور است دیده شده است (۵).

رنگ سنگها سفید مایل به خاکستری و یا خاکستری تیره است.

ترکیب کانی شناسی آنها بدفتر از زیر می‌باشد (۵):

۱- پلاژیوکلاز + کلینوپیر و کسن

۲- پلاژیوکلاز + کلینوپیر و کسن + اولیوین + ایلمنیت

۳- پلاژیوکلاز + ارتوپیر و کسن + ایلمنیت

۴- اولیوین + شیشه

علاوه بر کانیهای فوق الذکر مقداری مس خالص نیز با این سنگها همراه است. کلینوپیر و کسن، از نوع پیژئونیت، اوژیت، و دیوپسید بوده، اسپینیتل از نوع پیکوتیت می‌باشد.

ضریب رنگینی این سنگها (in.col.) بقرار زیر است (۵):

در سنگهای مذکورات: ۴۲ درصد پلاژیوکلاز، ۵۱ درصد پیژئونیت، ۵ درصد اولیوین،

۲ درصد کریستوبالیت، ۱ درصد مس خالص

در سنگهای لوکوکرات: ۵۰-۷۰ درصد پلاژیوکلاز، ۳۱ درصد کلینوپیر و کسن، مقدار

کمی آهن خالص و ایلمنیت.

ظاهرآ این سنگها نشان می‌دهند که همگی کم و بیش متتحمل دگرگونی ضربهای و شوک شده‌اند. در بعضی‌ها که شوک ضعیف بوده فقط خوردشدنی دیده می‌شود. در سنگهایی که تحت تأثیر

زیر دیده می شود :

۱- بودن آب در سنگهای ماه - در سنگهای ماه کانیهای تیدراته و یا تیدروکسیل دار دیده نشده . با وجود این در بعضی بررسیها مختصری آب که حداقل در حدود 300 p.p.m. بوده است دیده شده که احتمال دارد به صورت ادخال در حفرات بازالتها نگهداری شده باشد (۱) (۲) .

۲- فشاربخشی اکسیژن - در گذازه های بازالتی ماه فشاربخشی اکسیژن بسیار ضعیف بوده است $f(O_2) = 10^{-12} \text{ bar}$ در ۱۲۰۰ درجه و یا $f(O_2) = 10^{-15} \text{ bar}$ در ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد) . فشار خیلی کم اکسیژن سبب شده که در بازالت های ماه بجای هائیتیت ، ایلمنیت متبلور شود (۱) .
۳- مقدار درصد تیتان (Ti) - در سنگهای ماه کانیهای تیتان دار مانند Ilménite

مقدار درصد تیتان در این بازالتها نسبت به بازالت های زمین می باشد (۱) .

به طور کلی می توان چنین خلاصه کرد که سنگهای ماه از عنصر لیتوفیل غنی و از عنصر کالکوفیل و سید رو فیل فقیرند . در صفحه ۳۰ ترکیب شیمیائی سنگهای ماه و انواع کانیهای موجود در آنها درج شده است .

سن سنگهای ماه :

از آنجائی که زمین را که فعال می باشد و دائمآ پوسته آن در تغییر است نمی توان انتظار داشت که سنگهای بسیار من و خیلی قدیمی در سطح آن پیدا شود . تخریب سنگهای آذرین ، در سوب گذاری مواد حاصل از تخریب این سنگها در زمین کلینالها ، و دگرگونی رسوبات تاجائی که به ذوب آنها منتهی می شود ، همه اینها مانع از آنست که سنگهای خیلی من و قدیمی تا به امروز در جای خود ، و بدون تغییر باقی مانده باشند . بنابراین عجیب نیست که بگوئیم $\frac{1}{4}$ از سنگهای تشکیل دهنده پوسته زمین سنی کمتر از ۲۰۰ میلیون سال را نشان میدهند و حتی $\frac{1}{9}$ *

(*) هر ب ب ام مساوی یک میلیون است .

(**) آرمالکولیت مخفف اسمی سه قضاوره بنامهای زیر میباشد :

Armstrong, Aldrin, Collins .

سن سنگهایی که از دریاهای ماه برداشت شده‌اند بین ۳/۷ تا ۸/۲ میلیارد سال می‌باشد (سنگهای آپولوی ۱۱-۱۲ و سنگهای آپولوی ۱۲-۱۳ میلیارد سال) (۱)(۲).

این سن از روی درجه تجزیه اورانیوم و توریم به سرب و تجزیه رویدیدم به استر و نسیم تعیین شده است. گردوغباری که محتوی ذرات تخریبی پر جستگی‌های ماه (آنورتوزیت) می‌باشد سنی پیش از بازالت‌های ماه یعنی ۶/۴ میلیارد سال را نشان میدهد (۱)(۲). بنابراین معلوم می‌شود که پیکره دریای آرامش در ۶/۴ میلیارد سال و پنهانه‌های وسیع بازالت که این دریا را پر کرده‌اند در حدود ۳ میلیارد سال قبل تشکیل شده است.

چون سن مطلق سنگهای آسمانی که تاکنون بررسی و اندازه‌گیری شده ۵/۴ میلیارد سال می‌باشد لذا احتمال می‌رود که سن ۴/۴ و ۵/۴ میلیارد سال سن منظومه شمسی باشد. ولی این اشکال وجود دارد که منشأ سنگهای آسمانی به طور دقیق معلوم نشده و مطمئن نیستیم که این سنگها از منظومه شمسی می‌آیند و یا از نقاط دورتر (۳) - با تعیین سن مطلق سنگهای من وجوان ماه، برای ما روش شد که فعالیت کرده ماه بعد از ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ میلیون سال که از جماد آن گذشته متوقف شده است (۱)(۲). این زمان تقریباً با آغاز پرکامبرین یعنی زمانی که تحولات سنگها و تکامل موجودات زنده در زمین شروع شده است مطابقت دارد.

	Si 0,	Ti 0,	Al, 0,	Zirconia	Aluminosilicate	Gros pluie
Si 0,	40,4	46,9	43,8	46,0	43,73	
Al, 0,	9,4	10,1	13,7	27,3	27,48	
Σ Fe 0	19,3	19,8	19,4	6,2	4,44	
Mn 0	0,3	0,3	0,2	0	-	
Mg 0	7,2	7,8	7,1	7,9	7,53	
Ca 0	11,1	10,7	10,4	14,1	12,14	
Na, 0	0,5	0,3	0,4	0,3	1,53	
K, 0	0,2	0,1	0,2	tr	0,66	
Ti 0,	10,9	3,3	4,9	0,3	-	
Cr, 0,	0,3	0,5	0,3	0,2	-	

: کانیهای موجود در سنگهای ماه بر ترتیب فراوانی در این سنگها عبارتند از (۱)(۲)

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 1)- Pyroxène | 12)- Quartz |
| 2)- Plagioclase | 13)- Armalcolite (Fe,Mg) Ti ₂ O ₅ |
| 3)- Ilménite | 14)- Zircon |
| 4)- Olivine | 15)- Baddeleyite Zr O ₂ |
| 5)- Cristobalite - Tridymite | 16)- Apatite |
| 6)- Pyroxferroïte (Si O ₄) ₂ (Ca,Fe) ₂ | 17)- Whitlockite Ca ₂ (P O ₄) ₃ |
| 7)- Chromite | 18)- Rutile |
| 8)- Ulvöspinelle (Ti O ₄) Fe ₂ | 19)- Pérowskite Ca Ti O ₃ |
| 9)- Kamacite (Fe,Ni) | 20)- Spinelle Mg OAl ₂ O ₄ |
| 0)- Troïlite Fe S | 21)- Tranquillityite(FeTi,Zr,Si)O ₄ |
| 1)- Feldspath alcalin | 22)- Cohenite Fe ₃ C |

منابع مورد استفاده:

- 1)- AUBOUIN, J. BROUSSE, R. LEHMAN, J - *Précis de géologie*, tome 1 deuxième édition (1975), p.51-57.
- 2)- BROWN.G. M,(1972)- *Géochimie de la lune*, Durham (traduction française.)
- 3)- O, HARA. M. J.- (1071) - *La géologie de la lune à lumière du programme Apolo*, Endeavour, (traduction française) .
- 4)- TOLANSKY. S,(1971)- *Les sphérolites de verre dans la poussière lunaire*. s. nature, (traduction française).
- 5)- سخنرانی های آقای پروفسور برونس در کلاس های D.E.A. (1971-72) پاریس اورسی .
- 6)- معین وزیری - حسین (۱۳۵۳) - کراترها و آستر و بلمهای سنگهای آسمانی مجله دانش روز - مدرسه عالی علوم ارak - شماره سوم و چهارم .