

تحلیل برخی از مکانیسمهای مرفوژنز در ارتباط
با ویژگیهای سنگهای متراکم
دکتر عبد الحمید رجائی
گروه جغرافیا- دانشگاه تبریز

اساس ژئومرفولوژی را، بررسی تغییر شکل‌های ناهمواریهای پوسته زمین و چگونگی شکل‌بندی روی آنها تشکیل می‌دهد. مواد، عوامل و زمان، در این شکل‌بندی سه پایه عمده محسوب می‌شوند. ولی در چگونگی تاثیر عوامل در روی مواد سازنده ناهمواریها در بعد زمانی، ماهیت ویژگیهای سنگها، که عبارتند از ترکیبات کانی شناسی، سختی و نرمی، بافت سنگها، طرز استقرار آنها، وجود شیارها و درزها و همچنین منافذ بزرگ و کوچک در آنها، نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند. فعالیت عوامل مرفوژنیک خواه به صورت مکانیکی و یا شیمیایی در ارتباط با ویژگیهای یادشده نقش خود را اعمال می‌دارند. مثلاً "مرفوژنز فیزیکی یا شیمیایی نسبت به درصد نفوذ پذیری متأثر از درزهای درشت و ریز و نحوه گسترش آنها تغییر می‌یابد و بر حسب درصد کانیهای مقاوم دگرگون می‌شود. یک سنگ بلورین که درصد بیشتتری از کانیهای آنرا کوارتز تشکیل می‌دهد و با سنگ رسوبی که از تجمع دانه‌های کوارتزی یا سیمان سیلیسی حاصل می‌شود، چنان مقاومتی از خود نشان می‌دهد که روند فرسایش شیمیایی، حتی در شرایط آب و هوایی مساعد، به حداقل خود می‌رسد. پرفسور گودار^۱ همراه با سایر محققین نقش برخی از این ویژگیها را، به ویژه ترکیبات شیمیایی و کانی شناسی سنگهای بلورین را در فرسایش دیفرانسیل به عنوان عامل بسیار موثر در مرفولوژی ماسیف سانترال فرانسه به خوبی نشان داده است.^۲

در ژئومرفولوژی، فرسایش در مفهوم مرفوژنز به کار می‌رود، یعنی ساخت و سازی که نتیجه آن از بین رفتن شکل موجود و به وجود آمدن شکل جدید

1-GODARD. A.

2-GODARD.A. et Ses Collab 1972,P.280.

است. بنابراین برای تحقق یافتن این منظور شرط اولیه و ضروری آن است که سنگ حالت اتصال و پیوند اولیه خود را به هر طریقی که ممکن باشد از دست بدهد. به عبارت دیگر، از نظر تئوری، مرفوژنز در روی سنگهایی که کاملاً بهم متصل بوده و فرضاً " به هیچوجه قابل انفکاک نباشد، امکان پذیر نیست. برای آنکه اتصال و پیوند سنگها از هم بگسلد و مواد قابل حمل فراهم شود (که یکی از شرایط مهم تغییر شکل به شمار می‌رود)، باید نیرویی، درحالات فیزیکی بر آن وارد شود و یا انحلال و تجزیه شیمیایی که صورت دیگری از نیرو است، سنگ را متأثر سازد. بررسی چون و چند نیروها و نحوه کیفیت عمل آنها در روی سنگها مستلزم شرح مفصل از مکانیسمهای مرفوژنز گوناگون و تاثیر آنها در روی سنگهای مختلف می‌باشد که از حوصله این مقاله خارج است. در این بحث برای جلوگیری از اطاله کلام به بررسی مکانیسمهای هوازدگی (به صورت فیزیکی یا شیمیایی) و ارتباط آنها با ترکیبات کانی شناسی سنگها و میزان توزیع شیارها و درزها و حفره‌ها (یا نفوذ پذیری)، اکتفا می‌شود:

۱- متلاشی شدن سنگها در اثر یخبندان، که به مکانیسم کریپوکلاستی^۱ معروف است، یکی از عوامل مؤثر در تخریب و جدایی سنگها از هم به شمار می‌رود. این پدیده بیش از هر چیز توجه مهندسين ساختمان را به خود جلب می‌کند، زیرا طول عمر سنگها و حتی سیمان مورد استفاده در بناها با این مکانیسم سخت در ارتباط است. موج سرمای هوا از طریق آب موجود در شیارها و درزها به درون سنگها نفوذ می‌کند. درشتی و کوچکی منافذ نقش عمده‌ای را در سرعت نفوذ برودت ایفا می‌کند. از آزمایشات متعدد این نتیجه به دست آمده است که نقطه ذوب آب نسبت به قطر سوراخها پایین می‌آید، به طوریکه در سوراخهای به قطر ۲۰۰۰ و ۲۰۰۰ آنگستروم تا ۲- درجه و در منافذ به قطر ۷۵ آنگستروم^۲ به ۷/۵- درجه سانتیگراد می‌رسد.^۳ یخ حاصل از انجماد آب در درزها و منافذ، فشار زیادی به دیواره سنگ وارد می‌آورد که مقدار آن در ارتباط

1- Cryoclastie

۲- Angstrome آنگستروم برابر با $\frac{1}{10000}$ میکرون و یا $\frac{1}{10000000}$ میلیمتر است و آن را با \AA نشان می‌دهند.

۳- رجائی، عبدالحمید، ۱۳۷۱، " نقش نفوذپذیری سنگهای متصل در فرسایش دیفرانسیل و روشهای تعیین آن "، ص ۲۸-۱.

با ضریب فشردگی سنگ و یخ از روی فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$P = \frac{1 - \rho}{\rho X_r + X_g}$$

ρ = وزن مخصوص یخ

X_r = ضریب فشردگی سنگ

X_g = ضریب فشردگی یخ

ضریب فشردگی نسبی، از حجم اولیه‌ای است ($\frac{\Delta V}{V}$) که در اثر وارد آمدن واحد فشار مثلاً ۱ بار به دست می‌آید. ۱ مثلاً ضریب فشردگی گرانیته $X_r = 0.5 \times 10^{-6}$ و ضریب فشردگی یخ در مقابل آن $X_g = 0.9 \times 10^{-6}$ است. بدین ترتیب فشاری که بر دیوارهٔ یک سنگ گرانیته وارد می‌شود برابر با ۶۵۰۰ بار است. البته این فشار متناسب با شدت برودت و نوع سنگ متغییر می‌باشد (برای آهک‌های بسیار فشرده ۷۰۰۰ بار است). ۳ در صورتیکه آب همراه با عناصر دانه ریز، مانند رس و غیره، با دیوارهٔ سنگها در تماس باشد، نیروهایی که منشاء الکتریسته دارند، بین آب و یونهای حل شده و ذرات کولوئیدال ۴ فراهم می‌شود که پروسه‌های حرارتی در موقع انجماد آب از آن متاثر می‌شود. ۵ گرانیته‌ها با توجه به دارا بودن مقاومت مناسب در برابر این پدیده، تا حدودی سالم می‌مانند. در صورتیکه برخی از سنگهای آهکی، مانند گره ۶ (گل سفید) به کریوکلاستی کاملاً حساس می‌باشد. علاوه بر آن، تلاشی شدن سنگ در اثر یخبندان و تولید قطعات بزرگ (ماکروژلیواسیون ۷ یا ماکروژلیفراکسیون ۸) و قطعات کوچک (میکروژلیواسیون ۹

۱- (یک بار تقریباً برابر یک کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است).

۲-BIROT, P. 1981, P. 54

۳-BIROT, P. 1981, P. 56

۴-Colloïdale

۵- BERTOUILLE, H. 1972, P. 72

۶-Graie

۷-Macrogelivation

۸-Macrogelifraction

۹-Microgelivation

یا میکروژلیفراکسیون)^۱، اگر چه با درزها و دیا کلازها در ارتباط می باشد، لکن به جنس سنگد و سایر ویژگیهای آن نیز بستگی دارد، مثلاً "سنگهای سیمانی نظیر ماسه سنگها، در برابر میکروژلیوآسیون حساسند در صورتیکه برخی از سنگهای آهکی در جهات مختلف لایهها متلاشی شده و به شکل نیم کره خاصی با درخشندگی ویژه ای در می آید."^۲

در واقع تأثیر پذیری سنگها در برابر یخبندان، که به ژلیویته^۳ آن معروف است، نسبت به سنگها بسیار متفاوت می باشد. کره یا گل سفید و شیستها جزو سنگهای بسیار ژلیو هستند "کرهها در اثر یخبندان بسه سرعت خرد می شوند، به طوریکه ۳۰ الی ۱۰۰ درصد مواد پس از ۵۰ دوره تناوب +۲۰ و -۲۰ درجه و ۱۰۰ درصد مواد پس از ۱۰۰ دوره تناوب در تمامی موارد خرد می شوند"^۴ شیستها نیز مانند گل سفیدها نمی توانند دوره های بیشتری از تناوب یخبندان، ذوب یخ را تحمل نمایند، به طوریکه بعد از ۲۰ روز قسمت اعظمی از سنگ، خرد شده و اغلب به صورت دانه های ریزی در می آید.

سنگهای بلور لایه به ویژه اکتینیتها (شیستها و گنیسها) که ویژگیهای فیزیکی آنها از تمامی جهات یکسان نیست و از این رو به سنگهایی با ساختار آنیزوتروپ^۵ معروفند، معمولاً "در برابر عوامل مکانیکی، در جهت ورقهها یا کانپها متلاشی می شوند و بدین جهت در برابر مکانیسم کریوکلستی تأثیر پذیری بیشتری را از خود نشان می دهند. اصولاً "شیارها و درزها و یا دیاکلازهایی که منشأ تکتونیکی داشته و یا در سطوح شیستوزینه و چینه بندی ظاهر می شوند،^۶ شرایط مناسبی را برای ایمن مکانیسم فراهم می آورند. در سنگهای بلور لایه سطوح شیستوزینه، که از نقاط ضعف سنگها به شمار می آیند، به موازات هم قرار دارند و بدین سبب در اثر

1-Microgelifraction

2-TRICART.J.1977,P,269

3-Gelivité

4-BIROT.P.1981,P,54

5-Anisotrope

6-Demangeot, Jean.1990.P.63

فشارهای وارده از طرف بلورهای یخی، به سهولت از یکدیگر جدا شده و موجبات متلاشی شدن سنگدرا فراهم می‌آورند. اما ناگزیر از ذکر این مطلب هستیم که پدیده مذکور یک قاعده عمومی و مطلق نیست، چرا که برخی از سنگهای مورق، حتی متعلق به ناحیه اکتنیتها، مانند مکاشیستهدر مقابل کریوکلاستی تا حدودی مقاوم هستند.

در گروه سنگهای ایزوتروپ^۱ نیز، که ویژگیهای فیزیکی آنها در تمام جهات تا حدودی یکسان می‌باشد، وضع بدین منوال است. برخی از آنها مانند بسیاری از سنگهای آذرین، سنگهای آتشفشانی، آهکهای سخت و متراکم و ۰۰۰ مقاومت خوبی از خود نشان می‌دهند، درحالیکه پاره‌ای دیگر نظیر ماسه سنگها، از حیث مقاومت در برابر کریوکلاستی بسیار متفاوت می‌باشند. بعضی از آنها بسیار حساس بوده، برعکس، برخی دیگر، مانند ماسه سنگهای سیلیسی در برابر این مکانیسم زیاد تأثیر پذیر نیستند، در صورتیکه نفوذ پذیری این سنگها قابل ملاحظه بوده و بین ۴ تا ۸ درصد در نوسان می‌باشد و این ارقام نشانگر نفوذ پذیری بسیار مناسب برای حداکثر تأثیر پذیری کریوکلاستیسم است.^۲

۲- از مکانیسمهایی که موجب از بین رفتن اتصال سنگهای متراکم گشته و آنها را به صور گوناگون: پوست پیازی^۳، دانه‌ای، خرده‌های درشت و ریز در می‌آورد، تغییرات درجه حرارت است که به ترموکلاستی^۴ معروف است. گروهی از سنگها با دارا بودن ویژگیهای معینی، از قبیل وجود شیارها، منافذ ریز میکروسکپی، یا توزیع عناصر و کانیهای گوناگون، چه از نظر نوع و چه از حیث اندازه دانه‌ها ۰۰۰ برای تأثیر این مکانیسم بسیار مساعد می‌باشند. در این نوع سنگها، تغییرات درجه حرارت بمشادمت متفاوت در سطح و اعماق نفوذ می‌کند. انبساط و انقباضی که از آن ناشی می‌شود، نقاط ضعف

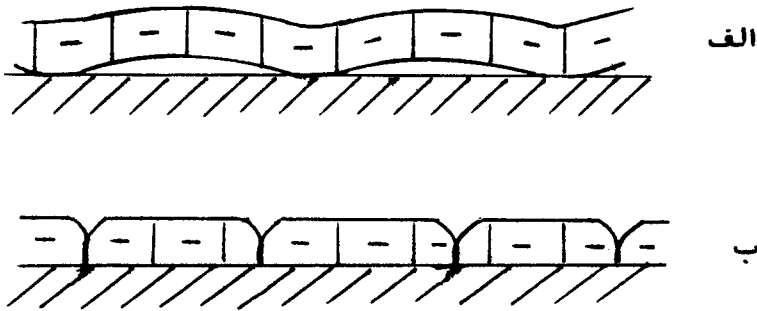
1- Isotrope

2- BIROT.P.HENIN,S.GUILLIEN Y.et DELVERT J.1968,P.25

۳- دسکاماسیون Désquamation یا اکسفولیاسیون Exfoliation

4- Thermoclastie

کانیهای تشکیل دهنده سنگها را مورد استفاده قرار داده و موجب آشکار شدن درزها و گشاد شدن آنها می‌گردد (شکل ۱) در نتیجه این عمل نفوذ پذیری افزایش یافته و تحول مرفوزنز، بر حسب موارد، به جدایی ورقه های نازکی از سنگ می‌انجامد و یابه تجزیه دانه‌ای منتهی می‌شود و یاهیدرولیز و تجزیه شیمیایی با سهولت انجام می‌پذیرد. برای درك نحوه ارتباط مکانیسم ترموکلاستی با ویژگیهای پتروگرافی سنگها، که منجر به تخریب پوست پیازی، یا دانه‌ای و ۰۰۰ می‌شود، تحلیلی از مکانیسم مذکور و چگونگی تاثیر آن در فرسایش سنگها، ضروری به نظر می‌رسد.



شکل ۱- نقش تغییرات درجه حرارت در آشکار و گشاد شدن درزها

الف - جدا شدن لایه فوقانی و موجدار شدن آن در اثر گرم شدن بیشتر بخش سطحی نسبت به عمق

ب - باز شدن شکاف و ایجاد شکافهای انقباض در اثر سرد شدن بیشتر بخش سطحی نسبت به عمق

تغییرات پی در پی و مکرر موجب انبساط و انقباض می‌شود. تأثیر آن در سنگ به طور نابرابر صورت می‌گیرد. زیرا تأثیر نوسان حرارتی در سطح سنگ به حداکثر خود می‌رسد، در صورتیکه نسبت به عمق بتدریج کاهش می‌یابد. مثلاً " در موقع پایین آمدن درجه حرارت، به دلیل عدم تطابق شدت پایین آمدن دما در سطح و عمق، و یا به عبارت دیگر به علت توزیع نابرابر طیف تغییرات گرما در سطح و عمق تا دو سانتیمتری سنگ، به ویژه در سنگهای نامتجانس، لایه نازکی از سطح آن منقبض می‌شود. انقباض در نتیجه نیروی کششی که به سطح سنگ وارد می‌آید صورت می‌گیرد و هر دو از روی فرمولهای زیر محاسبه می‌شوند.

$$(1) \Delta L = a \Delta t$$

$$(2) T = E a \Delta t$$

ΔL = انقباض لایه سطحی

a = ضریب انبساط یا انقباض سنگ

Δt = تغییر درجه حرارت سطحی

T = نیروی کشش

E = ضریب الاستیسیته

طبق محاسبه پرفسور بیروهمکارانش، وقتی تغییر درجه حرارت در قلمرو خشک به ۵۳۰ درجه می‌رسد، به سطح بعضی از سنگها مانند گرانیت، که ضریب انبساط آن 6×10^{-6} و ضریب الاستیسیته آن 5×10^4 است بر اساس فرمول فوق، فشاری برابر ۱۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع وارد می‌آید. البته این فشار برای ایجاد شیار عمودی در یک سنگ گرانیتی کافی می‌باشد. اما چون این سنگ مقاومتی معادل ۱۵۰ بار بر سانتیمتر مربع (معادل ۱۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) از خود نشان می‌دهد، لذا به وجود آمدن شیار

1- BIROT P., HENIN S., GUILLIEN Y. et DELVERT J. 1968, P.19

2- BIROT P. 1981, P.93

در سنگ در اثر تکرار پدیده و به طور تدریجی صورت می‌گیرد^۱ تاثیر نیروی کشش در برخی موارد به ویژه در نواحی صحرایی، منجر به پیدایش شبکه‌های از شیارهای ریز شعاعی می‌گردد. مشاهدات هیات پژوهشی C.N.R.X.S فرانسه در روی کوارتزیت‌های ناحیه خشک ایران، در حوالی کرمان، مؤیدی بر تاثیر این نوع نیروها در ایجاد ترکها است، که به تاثیر تغییرات درجه حرارت، در ارتباط با شدت تشعشع و بافت سنگ، بستگی دارد.^۲

بدیهی است که هر اندازه تغییرات دما، حتی در فاصله شبانه روزی با دامنه و فرکانس بیشتر توأم باشد، به همان اندازه در تخریب سنگها و یا لاقل در فراهم آوردن مقدمات تخریب سنگها با ایجاد ترکها، موثرتر خواهد بود. کاهش اثرات تغییر دما نسبت به عمق نمونه سنگی، که گرادیان حرارتی بین لایه سطحی و بخش زیرین آن خوانده می‌شود، نسبت به قلمروهای مختلف آب و هوایی متفاوت می‌باشد. در اثر آن، سنگهای متصل، بر حسب جنس، نوع کانیها، درشتی و کوچکی و نحوه توزیع آنها، جهت گیری محورهای کانیها ۰۰۰ به صورت پوست پیازی و یا ایجاد شیارهای شعاعی و جدا شدن قطعات کروی به نام بول و ۰۰۰^۳ از هم جدا می‌گردد. بدین جهت است که نقش این مکانیسم نیز مانند سایر مکانیسمها مطلق و عمومی نیست و کیفیت عمل آن با ویژگیهای سنگها (از قبیل ترکیبات کانی شناسی، شیمیایی، توزیع درزها و سوراخها، ضریب انبساط سنگها، رنگ و اختلاف رنگ در سطح و بخشهای زیرین سنگها ۰۰۰) در ارتباط می‌باشد. مثلاً "موقعی که سطح سنگ در اثر بجا گذاری مواد، تیره رنگ می‌شود، نسبت به بخشهای عمقی، بشدت گرم می‌شود و از این رو بشدت تغییر شکل می‌یابد و نمی‌تواند مانند سنگ سالم در انتقال حرارت به قسمتهای زیرین، نقش خود را ایفا نماید. همچنین یک سنگ تیره که دارای آلبدویا درصد انعکاس تشعشعی بسیار کم است، مانند بازالت، بشدت گرم می‌شود در اثر ریزش رگبار پس از تابش شدید آفتاب

1-BIROT P.,HENINS.,GULLIEN Y.et DELVERT J 1968,P.20.

۲- رجائی، عبدالحمید، ۱۳۵۲، نشریه دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تیریز، شماره ۱۰۶، ص ۱۷۱-۱۵۲

به همان شدت سرد می‌شود. بدین ترتیب اگر چه بازالیت، تحت تاثیر ترموکلاستیسم شدید قرار می‌گیرد، لکن الزاما "تخریب آن به صورت پوست پیازی نبوده بلکه غالبا" به شکل گسترش ترك و شیار خودنمایی می‌کنند. در برخی از سنگهای دیگر نیز اثرات تغییرات دمابه تجزیه دانه‌های آنها می‌انجامد، که حاکی از وجود رابطه منطقی بین ویژگیهای سنگ و مکانیسم مذکور است. پرفسور تریکار^۱ پیدایش تركها یا پولیگونهای^۲ (چندضلعی) بزرگ را، در قلمرو پریگلاسیر، که همان درزهای انقباض حرارتی گوزدزیک^۳ در مواد رسی و مورنی می‌باشد،^۴ به تاثیر نوعی ترمو کلاستیسم در ارتباط بانوع زمین، استناد کرده است. این مواد منفصل بوده و "در اثر یخبندان ناشی از برودت زیاد به یکدیگر متصل گشته اند"^۵.

دراثر دخالت مکانیسمهای دیگر مانند کاهش سنگینی بار، که منجر به تخریب و متلاشی شدن سنگها در نتیجه پیدایش ترك و شیارهای ریز و درشت می‌شود، نقش ویژگی سنگ آشکار می‌گردد. می‌دانیم که سنگهای اعماق تحت فشار ناشی از توده‌های فوقانی قرار می‌گیرند. و بدین جهت يك سیستم انقباض را تحمل می‌نمایند که به قابلیت فشردگی مواد مربوط می‌شود. این فشردگی موجب نامرئی بودن درزها و دیاکلازها می‌گردد. در صورت از بین رفتن توده‌های فوقانی در اثر سایر عوامل مرفوژنیک و سبک شدن بار سنگهای زیرین، تغییرات چشمگیری در آنها حاصل می‌آید که با ضریب انبساط آنها، در ارتباط است. گاهی در اثر تغییر شکل‌های یاد شده، سنگهای مورد بحث متلاشی می‌شوند. این امر را می‌توان، یا به وجود دیاکلازهایی که صخره‌های سنگی را محدود می‌کنند استناد کرد و یا با پیدایش تعدادی ترك و درزهای چند میلیمتری در ارتباط دانست. اهمیت این پدیده از نظر ژئومرفولوژی بسیار زیاد است. مثلا "تحول دامنه هادر نواحی کوهستانی با کندن توده عظیمی از دیواره آنها در ارتباط با پدیده مذکور دگرگون می‌شود. متلاشی شدن دیواره معادن، که در سنگهای بسیار متراکم و

1-TRICART J.

2-Polygones

3-GOZDIK

4-PAYNAL R. 1973, P. 125

5-TRICART J. 1977, P. 21

سخت صورت می‌گیرد، ناشی از کاهش بار در ناحیه است. حتی در برخی موارد قطعات سنگهای متراکم بلورین، چند روز پس از استخراج، بسیار خرد شده و آرنیزه (به وجود آمدن مواد خرد در اندازه ماسه‌های درشت و ریز) می‌شود که به گشاد شدن درزها و ترکهای ریز و گسترده بستگی دارد. بدین جهت است که در عمل، برای جلوگیری از خطرات احتمالی ریزشهای دیواره‌های گالریهای معادن، از موادی به نام سیلکون^۱ جهت محافظت آنها استفاده می‌شود. بدین وسیله، از طرفی، نفوذ آب در درزها به حداقل می‌رسد و از طرف دیگر، اتصال سنگهای متاثر از انبساط، تا حدودی تامین می‌گردد.

مکانیسم کاهش بار نیز به تخریب پوست پیازی و یا دانه ای و غیره منتهی می‌شود. در این زمینه نیز نقش ویژگیهای سنگها، صرف نظر کردنی نیست. مثلاً نیروی کششی که از کاهش بار حاصل می‌شود، در برخی از سنگها منجر به فرسایش پوست پیازی در مقیاس بزرگ می‌شود که به ماگرو دسکاماسیون^۲ معروف است. در صورتی که در بعضی دیگر تخریب پوست پیازی در مقیاس بسیار کوچک صورت می‌گیرد که میکرو دسکاماسیون^۳ خوانده می‌شود. علت این اختلاف تخریب با یک نوع مکانیسم، با جنس و ویژگی سنگ در ارتباط است.

نوع ماگرو دسکاماسیون عموماً "در سنگهای متجانس و یکنواخت با کانیهای ریز دانه حاصل می‌شود در حالیکه نوع میکرو دسکاماسیون در سنگهای نامتجانس با کانیهای گوناگون و اغلب دانه درشت، که دارای ضریب الاستیسیته متفاوتی هستند، صورت می‌گیرد. پرفسور کایو^۴ این پدیده را به گونه‌ای با ترموکلاستی در ارتباط گذاشته است. بدین شرح که هر اندازه فرسایش پیشرفت کرده و لایه‌هایی از زمین را در ضخامت‌های معین از بین ببرد، موجب می‌شود که لایه زیرین آنها به ازای هر ۱۰ متر مواد برداشته شده، ۰/۳ درجه سردتر گشته و ۲/۵ کیلوگرم به سانتیمتر مربع از فشار وارد بر آن بخش کاسته شود. فشردگی و نیروی کشش، یعنی دودیدیه متضاد، از این پدیده نتیجه

1-Silcon

2-BJROT P.,HENIN S.,GUILLIEN Y.et,DELVERT J.1968,P.11.

3-Macrodésquamation

4-Microdésquamation

5-CAILLEUX A.

می‌شود. تاثیر پذیری سنگ‌در برابر یکی از این دونیروی متخاصم، بستگی به ضریب انقباض یا انبساط مواد دارد. مثلاً "طبق محاسبات همین مؤلف، اثرات نیروی کشش در روی گرانیات و گابرو سه برابر بیشتر از نیروی فشردگسی است. در سنگهای بازالتی، ماسه سنگی، آهکی، اثرات هردویکسان است، لکن در سنگهای ژئپسی و نمک طعام، اثر فشردگی سه الی چهار برابر بیشتر از نقش نیروی کشش است.^۱

تخریب دانه‌ای سنگها در ارتباط با پدیده ترموکلاستی، اگر چه در طبیعت اتفاق می‌افتد، اما بجز در پاره‌ای موارد، به آسانی قابل تفسیر نیست. در برخی از لایه‌های سنگها که در بخش سطحی آن تعدادی از دانه‌ها در لایه نازکی از سیمان قرار گرفته‌اند، تجزیه دانه‌ای را به سادگی می‌توان تفسیر نمود. اما در مورد سایر سنگهای متصل و سخت، موضوع بسیار پیچیده و غامض است. در این گونه سنگها، تغییرات مکرر درجه حرارت و گرم‌سرد شدن سنگها به طور متناوب موقعی می‌تواند منجر به تجزیه دانه‌ای شود که اتصال کانیهای تشکیل دهنده آنها از یکدیگر، و یا لاقط اتصال چنددانه را از چند کانی دیگر از بین ببرد. لازم به توضیح است که ترکیبات نامتجانس برخی از سنگها (مخصوصاً سنگهای آذرین درونی، بلورین و بلور لایه که از اتصال کانیهای گوناگون ناشی می‌شوند) در شرایط خاص، برای از بین رفتن اتصال دانه‌ها از شرایط مساعدی به حساب می‌آید. زیرا هر یک از کانیها دارای یک ضریب انبساط حجمی و یک ضریب انقباض یا فشار پذیری خاصی را دارا می‌باشد که نسبت به هم بسیار متفاوت است. همین ویژگی سبب می‌شود که انبساط و انقباض ناشی از تغییرات درجه حرارت در تمامی کانیها به یکسان صورت نگیرد. مثلاً "ضریب انبساط کوارتز در برابر افزایش دما (و یا سه برابر بیشتر از کانیهای دیگر است و بعلاوه بیشتر از سایر کانیها نیز قابلیت تراکم داشته و فشارپذیر است. طبق محاسبات کورن^۲ این کانی در اثر گرم شدن به اندازه ۴۰ سانتیگراد، انبساط حجم پیدا کرده و فشاری معادل ۵۴۵ کیلوگرم بر

1-BIROT P. HENIN S., GUILLIEN Y. et, DELVERT J. 1968, P. 14

2-CORRENS

سانتیمتر مربع وارد می‌آورد. ویژگیهای یادشده موجب می‌شود که کوارتز در برابر تغییرات درجه حرارت مقاومت بهتری را نسبت به کانیهای دیگر از خود نشان بدهد. در صورتیکه سایر کانیها، مانند فلدسپاتها، با تغییر دما، حالت پلاستیسیته نامحسوسی را به دست آورده و در اثر لغزیدن برگهای میکروسکپی در روی یکدیگر تغییر شکل می‌یابند.^۱

در گروهی از سنگها، مانند برخی از سنگهای آهکی، که ظاهراً دارای بافت متجانس و یکنواخت هستند، انقباض و انقباض در اثر گرم شدن، به طور یکنواخت صورت نمی‌گیرد. همین عدم هماهنگی در انقباض و انقباض، که به اختلاف جهتگیری محور بلورها بستگی دارد، به ایجاد ترک و جدایی دانه‌ها منجر می‌شود.^۲ بدین جهت است که وقتی قطعه سنگی تحت فشار معینی قرار می‌گیرد، "در حجم کلی آن سیستمی از انقباض پدیدار می‌شود" و "شدت نیرویی که بر واحد سطح وارد می‌آید" بر حسب وضع استقرار و جهت گیری هر واحد "متفاوت می‌باشد."^۳

۳- هالوکلاستی و هیدرو کلاستی نیز جزو مکانیسمهایی هستند که در هوازگی سنگها نقش مرفوزیک قابل ملاحظه‌ای انجام می‌دهند. ارتبساط این مکانیسمها با ویژگیهای سنگها تولید انواع گوناگونی از خرده سنگها (در ابعاد مختلف و یا در نحوه متلاشی شدن آنها) همانند مکانیسمهای فوق الذکر، از اهمیت زیادی برخوردار است.

نمکهایی که در آب حل شده و در سنگها نفوذ می‌کنند تحت حالات گوناگون، مانند تبلور محلول اشباع شده، رشد و درشت شدن بلورها، هیدراتاسیون ۰۰۰ در متلاشی شدن سنگها به صورت قطعات درشت و ریز، فلسهای نازک، به شکل دانه‌ای ۰۰۰ موثر واقع می‌شود. این همسان عمل هالوکلاستی^۴ است که اهمیت آن به وسیله آزمایشهای گونساگون در روی سنگهای مختلف مورد تایید قرار گرفته است.^۵ فشاری که سنگها در اثر

1-BIROT P.,HENIN S.,GUILLIEN Y.et,DELVERT J.1968,P.20

2-BIROT P.1981,P. 102

3-BIROT P.1981,P.4

4-Haloclastie

5-TRICART J.1977,P.24

حالات گوناگون، از قبیل انبساط برحسب افزایش حرارت، تبلور محلول و رشد بلور، در حالت انیدریدی (کاهش آب محلول نمکی و تبلور به صورت انیدریدی) یا حالت هیدراته (جذب ملکولهای زیادی از آب توسط بلورهای نمک)، به دیواره سنگها وارد می‌سازند، موجب متلاشی شدن آنها می‌گردند. درزها و منافذ موجبات سهولت عمل این پدیده را فراهم می‌آورند. گذشته از اینکه "ساختار بلورشناسی" در فعال بودن انحلال، نقش موثری بازی می‌کند.^۲ مثلاً افزایش حرارت با ازدیاد حجم نمک توام است که به ضریب انبساط آن بستگی دارد (ضریب انبساط نمک طعام NaCl سه برابر بیشتر از ضریب کوارتز SiO₂ است).

در مورد رشد بلورها، طبق محاسبات انجام شده، اگر محلول زاج سفید به حالت فوق اشباع برسد، هنگام تبلور، حدود ۰/۶ درصد با افزایش حجم همراه است که فشار حاصل از آب به ۱۲۷ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بالغ می‌شود. در رشد بلورهای درشت، که به شرایط آب و هوایی و شدت تبخیر بستگی دارد، فشار حاصله نسبت به مکانیسم قبلی نیز بیشتر است. با اواخره در هیدراتاسیون^۳ (به حالت ملکولی پایونی) ویژگی جذب آب، که در بعضی از بلورهای نمکی وجود دارد، موجب می‌شود که فشار قابل ملاحظه‌ای به دیواره شیارهای سنگهای متصل وارد آید، به طوریکه Na₂SO₄ با جذب ۱۰ ملکول ۴۰H₂O کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و Na₂CO₃ با جذب همان مقدار آب ۳۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع فشار وارد می‌کند.^۴

در مکانیسم هیدروکلاستی و تناوب ترو خشک شدن، موادریزی مانند رس، که توسط آب به شیارها و درزهای سنگها نفوذ می‌کند، در اندک زمانی به مرز مایع (آثر برگد^۵) می‌رسد^۶، در اثر تکرار این عمل سنگها برحسب جنس

۱- رجائی، عبدالحمید، ۱۳۷۱، نقش نفوذ پذیری سنگهای متصل در فرسایش دیفرانسیل و روشهای تعیین آن، ص ۰۴.

۲- محمودی، فرج‌ا. ۰۰۰۱، ۳۶۸ و ۱۳۷۰، ژئومرفولوژی، جلد اول، ص ۰۶۲.

۳- Hydratation (افزایش آب در ترکیب سنگها و کانیها، بدون اینکسه الزاماً ساختمان اتمی و ملکولی را دگرگون نماید).

4-BIROT P.,HENIN S.,GUILLIEN Y.et ,DELVERT J.1968,P.37

5-Atterberg

6-TRICART J.1965,P.260

و متناسب با توزیع درزها و یا نوع دانه‌ها، به صور گوناگون و در اندازه‌های مختلف متلاشی می‌شود. ترزاکی^۱ و تالوبری^۲، مکانیسم مکش منافذ را، که به جذب آب در داخل حفره‌های ریز منجر می‌شود، در ایجاد نیرو و وارد شدن آن به دیواره منافذ دخیل می‌دانند.^۳

۴- با لایحه عمل انحلال خواه به صورتهای کولوئیدال^۴، ملکولسی ویونی، و تجزیه شیمیایی، که در تخریب سنگها نقش قابل ملاحظه‌ای را ایفا می‌کند، در شرایط آب و هوایی مساعد، با ویژگی پتروگرافی آنها کاملاً در ارتباط می‌باشد. نوعی تجزیه شیلی که موجب فراخ شدن ترکها می‌گردد، به افزایش سرعت جریان آب در داخل سنگها منجر می‌شود. در این صورت، تنها عناصری که قابلیت انحلال بیشتری دارند به حالت محلول از منطقه خارج می‌شوند. هر اندازه که تماس آب با جدار کانیا بیشتر باشد و کانیا قابلیت حل شدگی بیشتری داشته باشند، به همان اندازه عمل هیدرولیز و انحلال مسود به خوبی صورت می‌گیرد.

تجزیه شیمیایی نظیر عمل انحلال، در اثر برخورد آب با سطوح جدار درزها و منافذ، در شرایط آب و هوایی معین صورت می‌گیرد. در این نوع تجزیه، علاوه بر اینکه ماده به صورت ملکولی یا یونی در می‌آید، یک جانشینی یا جابجایی در عناصر نیز رخ می‌دهد.^۵ مثلاً "بلور کوارتز SiO_2 در اثر انحلال در آب از حالت چهار وجهی خارج می‌شود. این عمل جابجایی عناصر را امکان پذیر می‌سازد. شمای زیرین چگونگی جابجایی عناصر را به خوبی نشان می‌دهد.

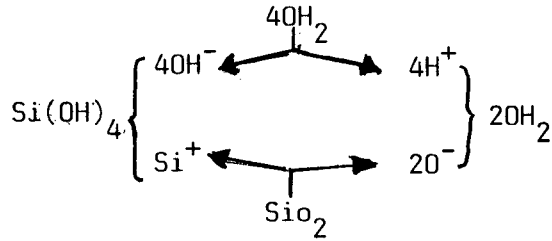
1- TERZAGHI K.

2- TALOBRIE V.

3- BIROT P. 1981, P.83

4- Coïloïdale

5- BIROT P., HENIN S., GUILLIEN Y. et, DELVERT J. 1968, P.57.



به طوریکه در شمای فوق مشاهده می‌شود ۴ یون OH^- با ۲ یون O^- جابجا شده است. بدین ترتیب آرایش ملکولی و ترکیبات شیمیایی ماده اولیه به هم خورده و یکماده جدید با ترکیب شیمیایی و آرایش ملکولی نو به دست می‌آید. برای آبهای جاری، اصولاً فرصت کافی برای انجام پدیده‌های فوق فراهم نمی‌آید. بدین سبب است که اولاً " شدت انحلال و تجزیه شیمیایی به حداقل می‌رسد، ثانیاً " تنها عناصر با قابلیت حل شدگی بیشتر در آن حل می‌شوند. اما شبکه درزها و منافذ سنگها، از سرعت جریان آب به طور قابل ملاحظه‌ای می‌کاهند و زمینه را برای عمل تجزیه فراهم می‌سازند. باید اضافه کرد که سرعت انحلال و یا تجزیه شیمیایی، علاوه بر تخلخل، با اندازه متوسط دانه‌های تشکیل دهنده یک بلور یا سنگ در ارتباط است. زیرا هر اندازه کسه دانه‌ها ریزتر باشند سطح برخورد آب با عناصر بیشتر می‌شود.

ظرفیت جذب آب یک سنگ، در ارتباط با منافذ و درزهای آن، کسه عامل ضعف یک سنگ به شمار می‌رود، در فرسایش شیمیایی از اهمیت خاصی برخوردار است. در برخی از قلمرهای آب و هوایی، مانند بین‌المدارین گرم و مرطوب، پاره‌ای از سنگهای خاص، نظیر گرانیت، تعدادی از مواد خود را در اثر انحلال و تجزیه شیمیایی بتدریج از دست می‌دهد و به صورت سنگ پوسیده‌ای در می‌آید، بدون آنکه حجم آن تغییر پیدا کند. بدین جهت می‌توان آن را ایزوولومتریکی^۲ می‌نامند.^۳ در مراحل اولیه این نوع تجزیه، شستشوی ناقص

1-MILLOT

2-Isovolumètrique

3-TRICART J., et KILIAN J. 1979, P.94.

که از طریق شیارها صورت می‌گیرد موجب می‌شود که محیط، حالت قلیایی داشته باشد. در این شرایط رس از نوع مونت مورینیت^۱ حاصل می‌شود. این رس سیلیکات آلومینیوم هیدراته، به فرمول $[Si_4O_{10}(OH)_2]Al_2 \cdot 4H_2O$ می‌باشد که دارای ساختار لایه‌ای است^۲ و در ترکیب آن مقدار زیادی سیلیسیم Si به کار رفته است.^۳ با پیشرفت تجزیه، لایه‌هایی از ملکولهای آب برگهای آن را از هم جدا می‌کند، به گونه‌ای که فاصله بین برگه‌ها به 14 \AA می‌رسد^۴ و آن را از روی انحراف اشعه ایکس در میکروسکپهای ویژه مورد شناسایی قرار می‌دهند.^۵

پس از آنکه شستشوی مواد از قسمت زیرین سنگ به حد معین برسد، محیط تدریجاً^۶ به حالت اسیدی در می‌آید و تجزیه دریک چنین محیطی ادامه می‌یابد. با اسیدی شدن محیط انحلال فلدسپاتها افزایش می‌یابد و رس از نوع کائولینیت به وجود می‌آید. و لاس^۶، دریک محیطی که P.H آن اغلب اسیدی بوده و بین ۴/۶ تا ۸ در نوسان بود، توانسته است پودرهای فلدسپات را به صورت معلق فراهم می‌آورد.

در نتیجه تماس آب با کانیها، ابتدا انحلال کاملی از آنها، بویژه از میکاها، فلدسپاتها حاصل می‌شود. پس از آنکه فلدسپاتها در شرایط معین آب و هوایی به صورت انحلال ملکولی ویونی در آمدند، مجدداً ترکیب دیگری از آلومین و بخشی از سیلیس دریک سازند جدید (نئو فورماسیون^۷) صورت می‌گیرد.

1-Montmorillonite

۲- این ساختار به فیلتوز Phylliteuse معروف است.

DERRVAN MAX, 1988, P.66

3-DERRUAN Max. 1988, PP.165, 325

4-JUNG J. 1969, P.32

5-CAILLERE S., HENIN S., TRAUTUREAUM., 1982, P.102

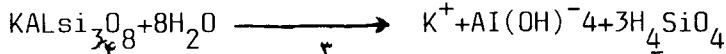
6- WOLLAST

7-Néof ormation

فلدسپاتهای پتاسیک مانند اورتوز^۱ و میکروکلین^۲، گرچه از مقاومت بیشتری برخوردار بوده و در اغلب شرایط می‌توانند ویژگیهای خود را حفظ نمایند، اما در آب و هوای گرم و مرطوب تحت تاثیر انحلال قرار گرفته و پس از طی مراحل گوناگون، کانیهای جدید رسی از نوع کائولینیت از آنها حاصل می‌شود، مراحل فعل و انفعالات به شرح زیر خلاصه می‌شود:

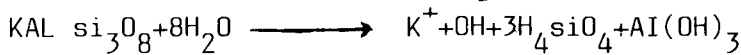
مرحله اول: انحلال عناصر فلدسپات:

اسیدسیلیسیک میکروکلین



مرحله دوم: رسوب آلومینیم به صورت ژیبسیت^۳ یا هیدرا ژیلیت

ژیبسیت



مرحله سوم: تولید کائولینیت از ژیبسیت:



کائولینیت

اگر چه کانیهای مختلف در اثر تجزیه شیمیایی به صورت بسیار گوناگون تجزیه شده و مواد مختلف از آنها حاصل می‌آید، ولی به سادگی نمی‌توان نتیجه گرفت که از تجزیه شیمیایی هر کانی ماده خاصی تولید می‌شود، بلکه گاهی عکس این نتیجه به دست می‌آید. مثلاً علاوه بر اینکسه از تجزیه فلدسپاتهای پتاسیک، کائولینیت به وجود می‌آید، بعضی کانیهای دیگر نیز مانند آنورتیت^۵ ($[Si_2Al_2O_8]Ca$)^۶ از گروه پلاژیوکلازها^۶ که قطب کالیسم آنها را تشکیل می‌دهد و یا بیوتیت^۷

$[Si_3AlO_{10}(OH)]K(Mg, Fe)_3$ از گروه میکاها، می‌توانند

کائولینیت تولید کنند. در صورتیکه تجزیه عده‌ای از کانیهای دیگرس

1-Orthose

2-Microcline

3-Gibbsite

4-Hydrargilite, ROUBAULT M., FABRIES J., TOURET J., et WEISBROD A. 1963, P.249.

5-Anortite

6-Plagioclases

7-Biotite

کائولینیت، نمی‌دهند. مثلاً^۱، اولیوین $(\text{Mg,Fe})_2(\text{SiO}_4)$ ، از گروه پریدوت‌ها^۲، که در اثر تغییرشکل‌های ناشی از تاثیر آب‌های معدنی (هیدروترمال^۳) مورد تجزیه قرار می‌گیرد، با جابجایی Fe^{++} و Mg^{++} به ماده جدیدی به نام سرپانتین^۴ $\text{Mg}_6(\text{OH})_8(\text{Si}_4\text{O}_{10})$ تبدیل می‌شود. و یا تنها برخی از کانیها مانند بیوتیت، در نتیجه تغییر شکل‌های ناشی از تجزیه شیمیایی قادر به تولید ورمیکولیت^۵ است که نقش مورفوزنیک آن در متلاشی ساختن سنگها صرفنظر کردنی نیست.

از مطالب فوق می‌توان چند نکته مهم را استنتاج کرد:

۱- تجزیه شیمیایی سنگهای متصل، بخصوص بلورین و بلور لایه، یا رس به وجود می‌آورد و یا هیدروکسیدهای فلزی را تولید می‌کند.

۲- کانیها در برابر فرسایش شیمیایی به صور گوناگون عکس العمل نشان می‌دهند. که در تجزیه میکروکلین به کائولینیت یا بیوتیت به ورمیکولیت مشاهده می‌شود.

۳- شرایط محیط طبیعی مانند درجه حرارت، اسیدیته، نوع اسیدهای موجود در زمین (انواع اسیدهای آلی و معدنی)، در صدانیدرید کربنیک ۰۰۰، در تجزیه شیمیایی کانیها و نوع مواد به دست آمده نقش به سزایی ایفا می‌کند. پرفسور بیرونشان داده است که تجزیه میکروکلین (مراحل گوناگون آن را دیدیم)، در صورتیکه شرایط طبیعی محیط با PH زیادتر توام با K^+ بیشتر مشخص باشد، ثبات کائولینیت از میان رفته و نتیجه به پیدایش سریسیست^۶ (یا هیدروموسکوویت^۸ که با میکای سفید به نام موسکوویت^۹

1-Olivine

2-Péridotes

3-Hydrothermale

4-Serpentine

5-PERRUCHOT A.1976,PP,225,233 et BIROT P.1981,P.156.

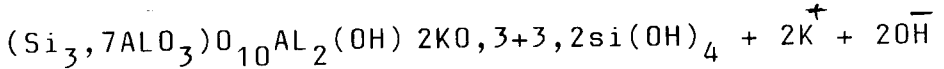
6-Vermiclite

7-Séricite

8-Hydromuscovite

9-Muscovite

$[Si_3AlO_{10}](OH)_2KAl_2$ هم فرمول می‌باشد) و یاسمکتیت^۱ آلومین (که
 بیدلیت^۲ نام دارد) منتهی می‌شود.^۳ همانگونه که فرمول زیر نشان می‌دهد:
 بیدلیت



و نیز وقتی فشار ویژه انیدرید کربنیک آتسمفر کمتر باشد، از تجزیه فلدسپات
 پتاسیک علاوه بر کائولینیت، مقداری مونت موریونیت و سریسیت نیز تولید
 می‌شود، در صورتیکه با افزایش فشار مخصوص آتسمفر، تجزیه فلدسپات ۱۰
 برابر افزایش یافته و فرآورده بدست آمده کلا" از نوع کائولینیت می‌باشد.
 همچنین هنگامیکه آب، با اخذ مقداری اسیدهای آلی ناشی از تجزیه موجودات
 زنده، حالت اسیدی پیدامی‌کند، در تجزیه شیمیایی کانیها دگرگونیهای
 صورت می‌گیرد. علاوه بر آن، تجزیه کانیها نسبت به نوع اسید موجود در آب
 نیز تغییر می‌یابد، از مقایسه عمل آب مقطر و آب اسیددار با PH معادل
 ۵/۷۴، که منشای اسیدی آن CO_2 ویا اسیدهای آلی مانند اسیداستیک^۴
 (CH_3COOH) ، اسیداسپارتیک^۵ $(HOCO-CH[NH_2]-CH_2CO_2H)$
 اسیدسالیسیلیک^۶ یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک^۷ $(OH-C_6H_4-CO_2H)$
 اسیدتارتریک^۸ $(HOCO-CHOH-CHOH-CO_2H)$ ، یک اسیدالکلیسی،
 اسیدلاکتیک^۹ $(CH_3-CHOH-CO_2H)$ ، اسیداکسالیک^{۱۰} $(HOCO-COOH)$ ،
 نتایج گوناگونی به دست آمده است. آزمایش روبر^{۱۱} نشان داده است که

1-Semectite

2-Beidellite

3-BIROT P.1981,P.143.

4-Acetiue

5-Aspartique

6-Salicylique

7-Ortho Hydroxybenzoique

8-Tartrique

9-Lactique

10-Oxalique

این فرمولها اغلب از منبع شماره ۲۳ جلدهای ۲ و ۱۱ و ۱۵ و ۱۸ و ۱۹ استفاده
 شده است).

11- ROBERT M.

محلولی از اسید لالتیک و اسید اکسالیک، در ۶۰ درجه حرارت، موجب می‌شود که استخراج K_2O بیشتر از Al_2O_3 و SiO_2 صورت بگیرد و Al رسوب نکند و این خود یکی از نشانه‌های ویژه‌ای از عمل اسیدهای آلی به شمار می‌رود. اثر اسید اکسالیک در این زمینه ۵ برابر بیشتر از اسید لالتیک بوده است.^۱

نتیجه؛

سنگ‌های سخت و متصل به وسیله سیستمی از ترکیب مجموعه‌ای از فاکتورها، مانند تخلخل و نفوذ پذیری، چگونگی توزیع آنها، انواع کانیه‌ها درشتی و کوچکی آنها، ساختار سنگ، بافت کانیه‌ها و طرز استقرار و جهت گیری آنها، نوع سیمان به کار رفته در سنگ‌های رسوبی ۰۰۰ ویژگی‌های خاصی را دارا می‌باشد. همین ویژگی‌ها کیفیت تاثیر پذیری سنگ را در مقابل مکانیسم‌های گوناگون هوازدگی، به حالت فیزیکی و شیمیایی، هدایت می‌کند. هر یک از فاکتورهای یاد شده، نقش خود را به نوعی در برابر مکانیسم‌های مرفوژنیک ایفا می‌نماید. برخی از آنها جزو عوامل مقاوم به حساب آمده و بعضی دیگر از عوامل ضعف به شمار می‌آیند. مثلاً "توزیع شبکه متراکمی از درزها (به دلیل فراهم آوردن موجبات نفوذ آب)، کانیه‌های سیاه آهن و منیزیم دار (به علت سهولت انحلال یا تجزیه در برابر مکانیسم شیمیایی)، در درشتی دانه‌ها (به مناسبت اعمال فشار در اثر انبساط آنها متناسب با ابعاد محدود کننده کانی)، اختلاف جنس کانیه‌ها (به جهت دارا بودن ضرایب انبساط و الاستیسیته متفاوت)، عواملی هستند که در مجموع موجب کم مقاوم شدن سنگها می‌شود و برعکس. اما در ایفای نقش هر کدام از آنها حد و مرزی وجود دارد. به طوریکه پاره‌ای از سنگ‌های بسیار منفذ دار، مانند بسیاری از سنگ‌های ماسه‌ای و بعضی از سنگ‌های آهکی، با بیش از ۱۰ درصد نفوذ پذیری، در برابر یخبندان به سهولت متاثر نمی‌شوند. زیرا نفوذ پذیری در مقابل کریوکلستی در یک حد معینی که بین ۳ تا ۶ درصد در نوسان است، به ایفای نقش در حدنهایی خود می‌پردازد.^۲ بدین

1-ROBERT M.1975,PP.63,400 et Birot P.1981,PP.141,589

2-WINCKELL A.1971,P.171

بدین جهت است که برای مقاوم کردن بتونهای ساختمانی در برابر عمسل یخبندان ، موادی را بدان اضافه می‌کنند . با این عمل نفوذ پذیری بتون را ، که در حالت معمولی ۴ درصد است افزایش می‌دهند . در مورد سایر ویژگیها نیز ، علیرغم روابط عمده‌ای که هر یک از آنها با مکانیسمهای فرسایش نشان می‌دهد ، نمی‌توان از تاثیر عمومی و مطلق صحبت کرد ، بلکه همانگونه که شرح آن گذشت ، یک نوع سنگ‌بادار را بودن ویژگیهای همگن ، ممکن است به صور گوناگون فرسایش یابد و یا از تجزیه شیمیایی یک نوع کانی ، مواد گوناگونی حاصل آید و یا از چند نوع کانی متفاوت یک نوع مواد به دست آید . تنها در مورد برخی از سنگها ، مانند نوعی آهکها ، پروسه‌های یکسانی عامل انحصاری مرفوژنز می‌شود .^۱ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که :

— اولاً " همانگونه که پرفسور كل اشاره می‌کند ، " نقش ویژگیهای سنگ‌نگاری " نسبی است ^۲ و این ویژگیها " کم و بیش تابع ویژگیهای محیطهای زیست اقلیمی می‌باشد " ، به طوری که یک نوع سنگ می‌تواند بر حسب مناطق مختلف ، گاهی به صورت برجسته و زمانی به شکل پست ظاهر شود و یا اینکه مقیاس مقاومت سنگها ، در رابطه با عرض جغرافیایی و زمان قابل تغییر می‌باشد .^۳

ثانیا " ، علاوه بر ارتباط مستقیمی که هر یک از سیستم ویژگی سنگهای متصل با مکانیسمهای مرفوژنز دارا می‌باشد و همچنین علاوه بر اینکه بین مجموعه ویژگیها و حالات هوازدگی نوعی پیوند وجود دارد ، شرایط محیط نیز (که از ترکیب درجه حرارت ، اسیدی یا قلیایی بودن ، نوع اسیدهای معدنی یا آلی ، درصد انیدرید کربنیک هوا ۰۰۰۰ حاصل می‌شود) ، موجب رابطه دیگری می‌شود . رابطه اخیر گاهی در تشدید نقش هر یک از ویژگیها و گاهی در دگرگون شدن آنها موثر می‌افتد . بدین ترتیب سیستم پیچیده تر و گسترده‌تری در مطالعه روابط به وجود می‌آید که بدون انجام تحقیقات عمیق ، سیستماتیک و بین رشته‌ای کشف واقعیات آنها امکان پذیر نخواهد بود .

1-KHOBZI Jeack. 1972, P. 57

2-COQUE , Rogér. 1984, P. 20

۳-محمودی ، فرح ، ۰۰۰۱ ، ۱۳۶۸ و ۱۳۷۰ ، ژئومرفولوژی ، جلد دوم ، ص ۲۳

فهرست منابع

- ۱- رجائی، عبدالحمید، ۱۳۷۱، " نقش نفوذ پذیری سنگهای متصل در فرسایش دیفرانسیل و روشهای تعیین آن " نشریه دانشکده ادبیات و علوم و انسانی دانشگاه تبریز، زیر چاپ صفحه ۱۲۸-۱ نوشته اصلی.
- ۲- رجائی، عبدالحمید، ۱۳۵۲، " بررسیهایی در زمینه ژئومرفولوژی نواحی آتشفشانی کناره جنوبی دشت لوت ایران " نوشته بوت و ۰۰۰، نشریه دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تبریز، سال ۵۲، شماره مسلسل ۱۰۶، صفحات ۱۷۱-۱۵۲.
- ۳- محمودی، فرج ۰۰۰۱، ۱۳۶۸ و ۱۳۷۰، ژئومرفولوژی، تالیف ژوره کک، جلد اول، ۱۳۶۸، ژئومرفولوژی ساختمانی و دینامیک بیرونی، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰۸ صفحه.
- جلد دوم، ۱۳۷۰، ژئومرفولوژی اقلیمی، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۳۶ صفحه.
- 4- BERTOUILLE, H. 1972 Effets du gél Sur les sols Fins: Rév. de Géom. dyn. N 02-XX leannée pp. 71-85.
- 5- BIROT P. 1981, Les Procéssus d'érosion a'la surface des Continents Masson, Paris, Newyork, Barcelon, Milan, Mexico, Rio de Janeiro, 605p.
- 6- BIROT P., HENIN S., GUILLIEN Y. et DELVERT J. 1968. Contribution a'L'étude de la désagrégation des roches, C.D.U. Paris 232p.
- 7- BIROT P. 1968. précis de geographie générale A.C. Paris, 340p.
- 8- CAILLÈRE S., HENIN S., TRAUTUREAU M. 1982. Minéralogie des argiles-II: Classification et nomenclature - Masson. Paris, New York, Barcelon, Milan, Mexico, Rio de Janeiro, 189 p.

9- COQUE, Rogér. 1984. Géomorphologie, 3^e édi- collec. U . Armand collin ,Paris, 430p.

10- DEMANGEOT, Jean. 1990, Les milieux. naturels . du globe - 3^e édi. - Masson - Collec. Géographie Paris...277p.

11- DERRUAU Max 1988, :Précis de géomorphologie - 7^e édi Masson - Paris... 533p.

12- GODARD A. et ses collab .1972. Quelques enseignements affortés far la massif central francais dans L'etude géomorphologique des roches cristalline Rev.de Geographys. et G'eol. dyn.Vol,5, Fac 3-pp.265-297.

13- JUNG J. 1969. Précis de pétrographie 3^e édi. Masson et Cie, Paris, 332p.

14-KHOBZI Jeack.1972, Erosion chimique et mecanique dans la genèse de dépressions, Pseudo - Karstiques Souvent endoréiques. Rev.de géom dyn .No,2, XX1^e année.pp. 57-71.

15- PERRUCHOT A.1976. Contribution a'l'étude des gites silicates de nickel- Bull, Soc, Tr. Minéralogie, p.225-233.

16- RAYNAL R.1973. La géomorphologie Périglaciaire au congrès de Montréal ... Rév. de Géom. dyn. No-3-XX11^e année pp. 125-130.

17- ROBERT M.1975 Principe de détermination qualitative des minéraux argileux a'l'aide des, Rayon x. Problèmes Partiquiers posés par les minéraux argileus les plus frequents dans les sols des regions temperées. Ana. Agron Vol.26, No 4, pp.363-400.

18-ROUBAULT M., FABRIES J., TOURET J., et WEISBROD A.
1963. Détermination des minéraux des roches au microscope.
Polarisant. édit. Lamarre-poinat paris, 365p.

19-TRICART J. 1977. Précis de géomorphologie-2e-T. Géom.
dynamique générale. S.E.D.E.S. Paris , 345p.

20-TRICART J. 1965. Principes et Méthodes de la
géomorphologie Masson et cie .Paris, 496p.

21-TRICART J., et KILIAN J. 1979. L'éco-Géographie, et
l'aménagement du milieu naturel. FM/HÉRODOTE. Paris, 326p.

22-WINCKELL A. 1971. Role respectif de la tectonique
recente et de l'érosion differentielle dans l'élaboration
du relief de la retombée Nord-Ouest de La montagne -
Limosine - Thèse de 3^e cycle Inst. de géog. de Clermont-
Fd, 164p.

23-GRAND LAROUSSE , 22v.