

پتروگرافی و پتروژنز گرانیت دوران^(۱)

محمدولی ولی زاده* و داریوش اسماعیلی

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

چکیده

مقطع تیپ گرانیت دوران در ۱۲ کیلومتری جنوب زنجان واقع است. این توده نفوذی با یک سطح فرسایشی در زیرسازند بایندور قرار گرفته است. وجود آنکلاوهائی از فیلیتها و شیلهای سازند کهر در گرانیت دوران دلیلی بر نفوذ این گرانیت در سازند کهر می باشد. وجود سنگهای دگرگونی از نوع کردیریت هورنفلس و بیوتیت هورنفلس در مرز این گرانیت با سازند کهر احتمالاً در ارتباط با حجم عظیم این توده نفوذی در عمق می باشد. بخش اعظم بیرون زدگی گرانیت دوران از نوع گرانیت سفید بدون کانی فرومنیزین می باشد که درون آن نفوذهای از گرانیت صورتی بیوتیت دار مشاهده می شود. تاکنون گفته می شد که توده های نفوذی شاه بولاغی، سرو جهان و جنوب مهاباد از نوع گرانیت دوران است و ریولیت های مهاباد و شرق صائین دژ نیز بعنوان بخش بیرون ریخته این گرانیت در نظر گرفته می شد. اما در این مقاله نشان داده شده است که توده های نفوذی سرو جهان و شاه بولاغی خود شامل دو نوع گرانیت متمایز می باشد که فقط گرانیت نوع سفید بدون کانی فرومنیزین آنها از تیپ گرانیت دوران بوده و با آن ارتباط ژنتیکی دارند. مجموعه این توده های گرانیتی (دوران، شاه بولاغی و سرو جهان) از لحاظ جایگاه تکتونیکی در گروه گرانیت های غیر کوهزائی نوع A قرار می گیرند که مرتبط با یک فازکشی بوده که احتمالاً در اینفراکامبرین حادث شده اند.

توده نفوذی جنوب مهاباد نیز از نوع گرانودیوریت است که با گرانیت دوران قابل مقایسه نبوده و با آن ارتباط ژنتیکی ندارد.

از مقایسه ریولیت های مهاباد و شرق صائین دژ با گرانیت دوران مشخص شد که گرچه ممکن است این ریولیتها در فاز مشابهی با گرانیت دوران شکل گرفته باشند اما نمی توانند با این گرانیت منشاء مشترک داشته و بخش بیرون ریخته آن به حساب آیند.

۱- هزینه این پژوهش توسط شورای پژوهشی دانشگاه تهران تأمین شده است.

J. Sci. Univ. Tehran, Vol 22, no.1 (1996), PP.12-36

Petrography & Petrogenesis of Doran's Granite

M.V. Valizadeh* and D. Esmaily

Dept. of Geology, Faculty of Science, University of Tehran, Tehran, Iran.

Abstract

The Doran Granite is situated at 12 Km south of Zanjan. It is overlain nonconformably by the Bayandor Formation. The presence of some phyllitic and shaly enclaves of the Kahar Fm. within Doran granite indicates that the latter has been injected into the former. The existence of cordierite hornfels and biotite hornfels at the boundary with Kahar Formation is probably related to the great volume of this granite at depth. The granite, in the outcrop, is white, devoid of ferromagnesian minerals, and contains some kind of pink granite intrusions.

Formerly, the Shah-Bolaghi, Sarve-e-Jahan, and south Mahabad intrusions, were considered to be of Doran granite type, and Mahabad and Sain-Dej's rhyolites are extrusions of the same granite. However, the results of the present investigation indicate that the Sarv-e-Jahan and Shah Bolaghi intrusions themselves are two distinct types of granite. Among these two, only the white and devoid of ferromagnesian type is of Doran type and has genetic relations with it.

From the viewpoint of tectonic setting all these mentioned granitic intrusions could be attributed to anorogenic A-type granites group, that is related to an extentional phase which has probably taken place at infracambrian time.

The south Mahabad intrusion is granodiorite and is not genetically related to Doran granite.

By comparing the Mahabad and East Sain-Dej rhyolites with Doran granite it appears

that, although they might be formed under similar conditions, but they are not originated from the same source.

مقدمه

گرانیت دوران برای کلیه زمین شناسانی که در پی کند و کاو زمین شناسی کشورمان بوده‌اند، نامی است آشنا. مقطع تیپ این توده نفوذی در ۱۲ کیلومتری جنوب زنجان (در مسیر جاده زنجان به بیجار) و با مختصات جغرافیائی 31° ، 36° و $33'$ ، 36° عرض شمالی و $22'$ ، 48° و $25'$ طول شرقی بخشی از کوههای سلطانیه محسوب می‌شود. نام این گرانیت از روستای دوران که تقریباً در وسط آن واقع است گرفته شده‌است. اشتوکلین و همکاران [1] این توده نفوذی را بعنوان تیپ گرانیت پرکامبرین معرفی نموده‌اند. نامبرندگان توده نفوذی سرو جهان واقع در حدود ۶۰ کیلومتری زنجان در مسیر جاده قزوین - زنجان را از نوع گرانیت دوران عنوان نموده‌اند. علاوه بر آن اشتوکلین و افتخارنژاد [2] و علوی و همکاران [3] توده نفوذی شاه بولاغی را از تیپ گرانیت دوران برشمرده‌اند (شکل ۱ موقعیت جغرافیائی دوران، سرو جهان و شاه بولاغی را نشان می‌دهد).

افتخارنژاد [4] در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ مهاباد، توده‌های نفوذی جنوب مهاباد را از نوع گرانیت دوران معرفی نموده‌است. نامبرده ریولیت مهاباد و همچنین علوی و همکاران [3] ریولیت شرق صائین دژ را بعنوان بخش بیرونی گرانیت دوران در نظر گرفته‌اند.

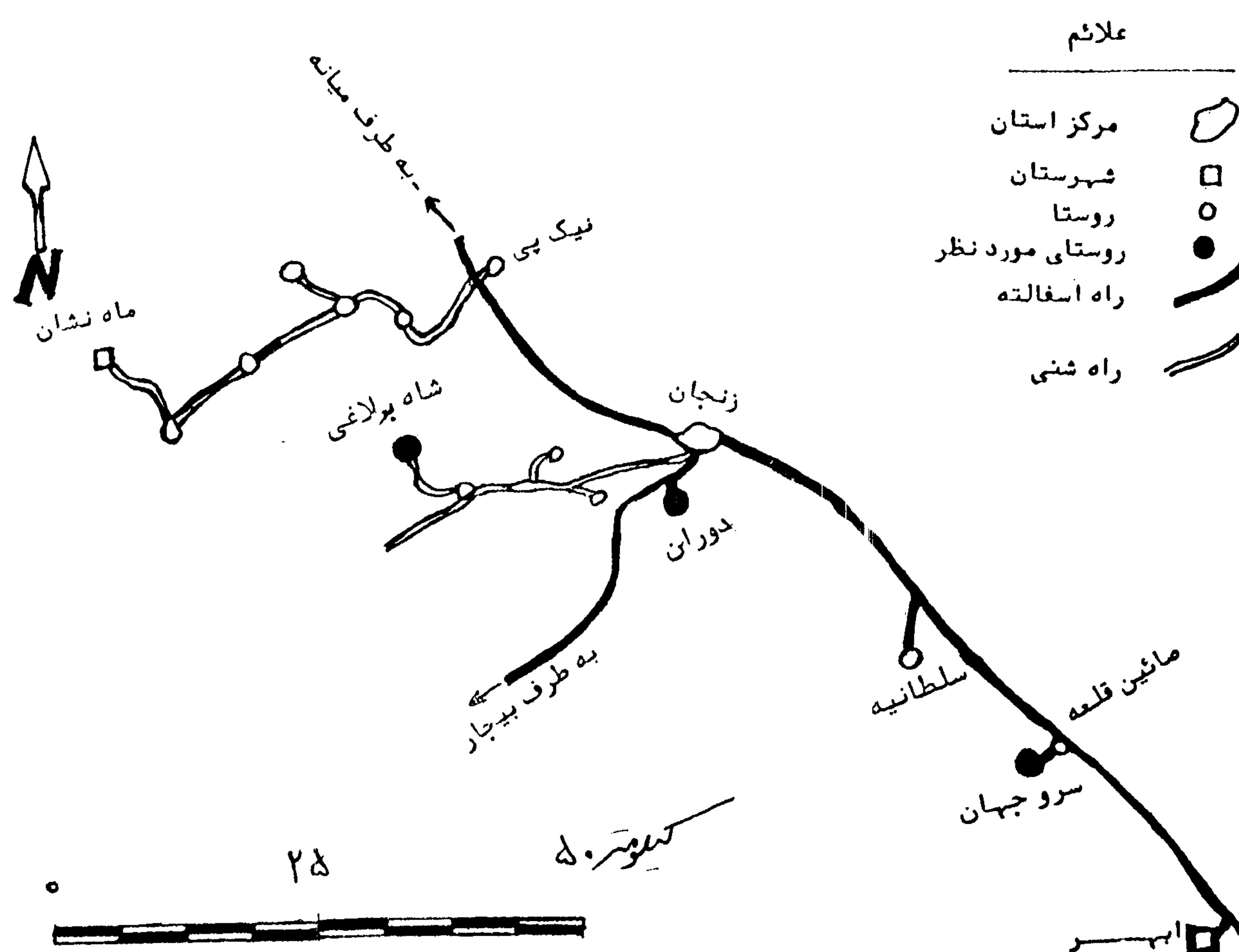
طبق نظر اشتوکلین و همکاران [1]، اشتوکلین و افتخارنژاد [2]، علوی و همکاران [3] و افتخارنژاد [4] توده‌های نفوذی دوران، شاه بولاغی و سرو جهان از یک نوع معرفی شده‌اند و ریولیت‌های مهاباد و شرق صائین دژ نیز با

این توده‌های نفوذی هم منشاء فرض گردیده‌اند.

در این مقاله پترولوژی و ژئوشیمی این توده‌های نفوذی و ریولیت‌های مذکور و ارتباط یا عدم ارتباط ژنتیکی آنها مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور علاوه بر بررسی‌های صحرائی، بیش از ۱۵۰ مقطع نازک از توده‌های نفوذی و ریولیت‌های مذکور و نیز نتایج آنالیز شیمیائی عناصر اصلی و کمیاب نمونه‌هایی از این سنگها مورد مطالعه قرار گرفته و ضمن معرفی دقیق گرانیت مقطع تیپ دوران، توده‌های نفوذی سرو جهان، شاه بولاغی، جنوب مهاباد و ریولیت‌های شرق صائین دژ و مهاباد با گرانیت دوران مقایسه شده‌اند.

۲- مورفولوژی و موقعیت چینه‌شناسی گرانیت دوران (مقطع تیپ)

گرانیت دوران به شکل یک استوک کوچک تقریباً بیضی شکل با رخنمونی حدود ۵ کیلومتر مربع قسمتی از کوههای سلطانیه را تشکیل می‌دهد و امتداد آن شمالغرب - جنوب شرق است که از امتداد کلی کوههای سلطانیه تبعیت می‌کند. فرسایش و آلتراسیون شدیدی بر این توده اثر کرده (شکل ۲) و آن را به شکل تپه ماهوری درآورده‌است (شکل ۳). در بعضی جاها سطح گرانیت با یک لایه کنگلومرانی پوشیده شده‌است. اجزاء تشکیل دهنده این لایه کنگلومرانی شامل قطعاتی از گرانیت، فیلیت، خرده‌های دیابازی و قطعاتی از سنگهای سازند بایندور است. این قطعات گوشه‌دار بوده و در ماتریکسی از کانیهای زمینه قرار گرفته‌اند. ضخامت کنگلومرا حدود یک متر است و وضعیت توپوگرافی اولیه قبل از سخت شدن را نشان می‌دهد. مقاومت این لایه



شکل ۱ - موقعیت جغرافیایی روستاهای دوران، سرو جهان و شاه بولاغی - این نقشه براساس اطلس راههای ایران (سازمان جغرافیائی و کارتوگرافی گیتاشناسی) تهیه شده است.

مبنی بر قطع شدن سازند کهر بوسیله این توده نفوذی موجود است که برخی از آنها به قرار زیر می باشند:

(الف) وجود آنکلاوهائی از فیلیتها و شیل های سازند کهر در این گرانیت.

(ب) آثار دگرگونی مجاورتی شامل بیوتیت هورنفلس و کردیریت هورنفلس در مجاورت این سازند با توده نفوذی دوران (شکل ۶). (وجود آثار دگرگونی مجاورتی در حد کردیریت هورنفلس، با توجه به وسعت کم بیرون زدگی گرانیت دوران امر غیر عادی است که در قسمت بحث و نتیجه گیری آنرا مورد بررسی قرار خواهیم داد).

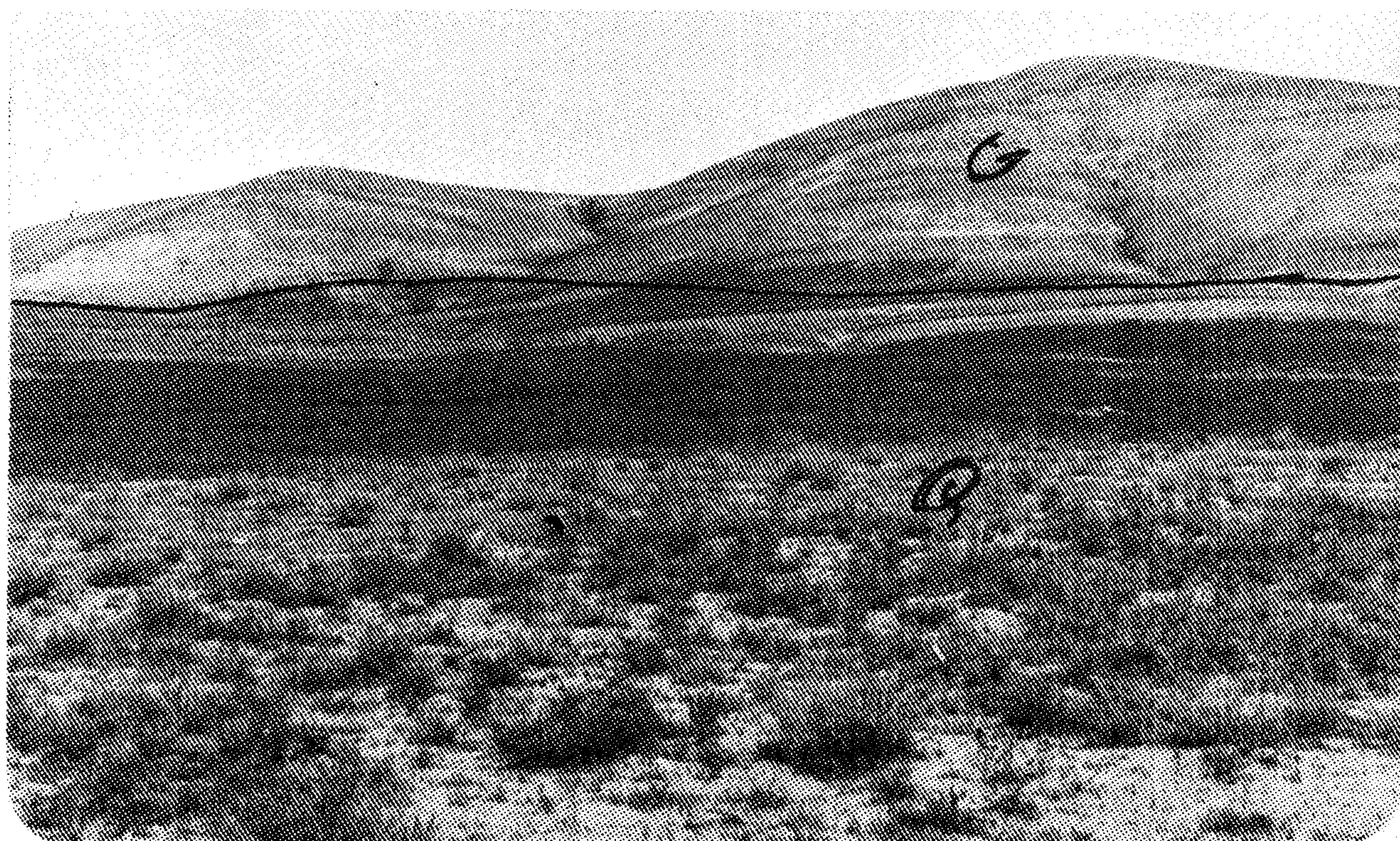
(ج) وجود رگه هائی از گرانیت تورمالین دار و حجم کوچکی از ریولیت که مرتبط با این توده نفوذی می باشند در

کنگلو مرائی در مقایسه با گرانیتها بسیار زیادتر بوده و در مقابل فرسایش مقاومت است و در نتیجه در آبراهه ها و دره ها حالت آبشاری بوجود آورده و موجب شکل گیری پرتگاههائی شده است. از لحاظ چینه شناسی گرانیت دوران در سمت شمال بوسیله سازند باینه تور پوشیده شده است (شکل ۴). این سازند بطور پیش روزه بر روی این توده نفوذی قرار گرفته و مرز آنها از نوع فرسایشی است (شکل ۵) و هیچ اثری از دگرگونی مجاورتی در آن مشاهده نشده است.

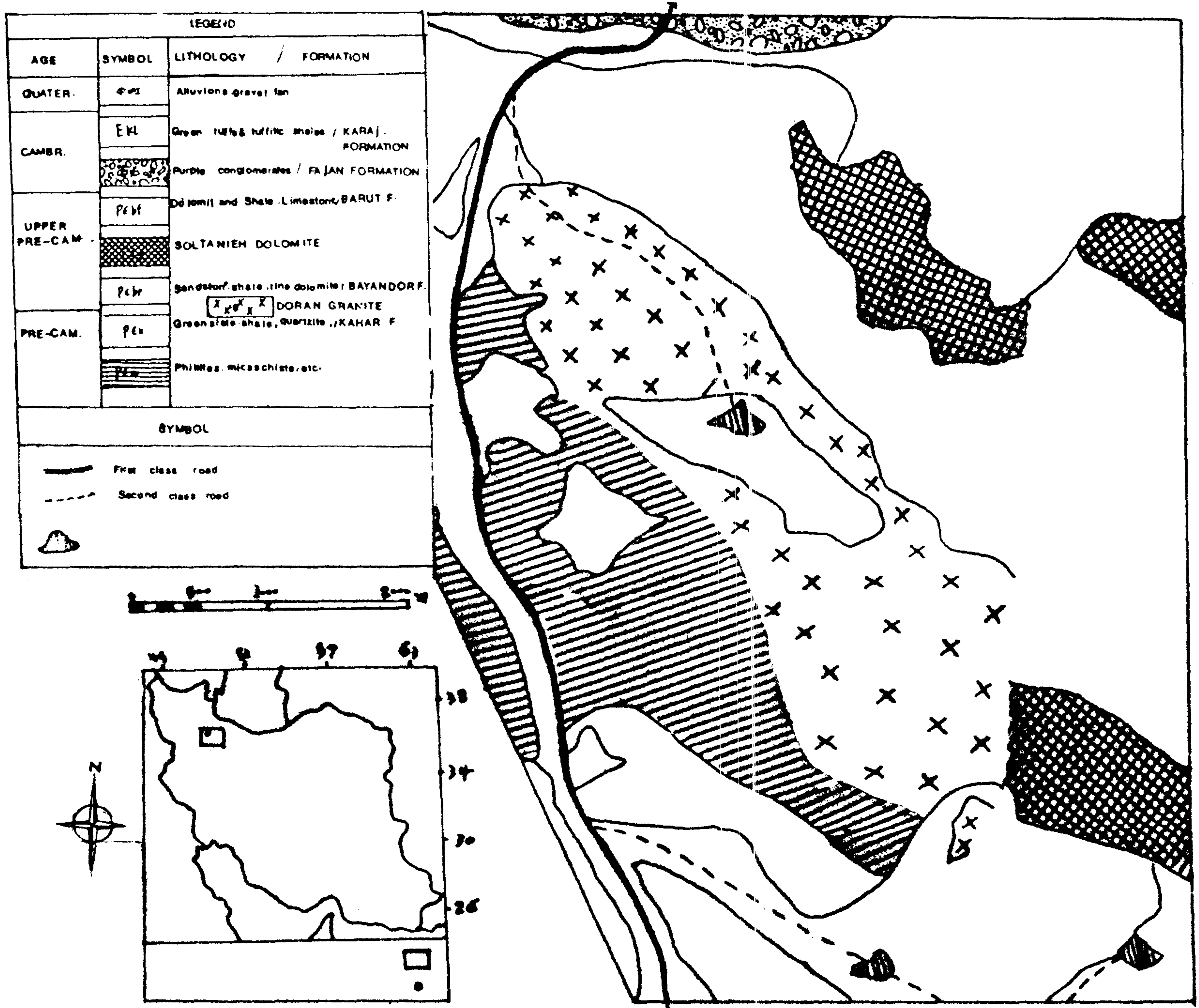
در جنوب گرانیت دوران سازند کهر واقع است (شکل ۴) هرچند که در بررسیهای صحرائی بنظر می رسد که احتمالاً مرز این سازند با گرانیت دوران گسله باشد ولی شواهدی



شکل ۲- آلتراسیون و خردشدگی گرانیت دوران



شکل ۳- مورفولوژی تپه ماهوری گرانیت دوران در سمت روستای ریحان. نگاه به سمت شمال شرق.
 G = گرانیت و Q = نهشته‌های کواترنری.



شکل ۴- نقشه زمین شناسی گرانیت دوران، این نقشه براساس نقشه ۱/۲۰۰۰۰۰ دوران (اسماعیلی، ۱۳۷۱) تهیه شده است.

ادخالهائی از اسفن و زیرکن می باشد. کوارتز همچنین به صورت رگچه‌هایی ثانویه در شکستگیهای پورفیرهای خود کوارتز و سایر کانیها حضور دارد. این رگچه‌های کوارتز ثانویه احتمالاً از ذوب کوارتزهای اولیه و در نتیجه تأثیر دگرگونی حاصل شده و در شکستگی‌های خود سنگ جای گرفته است؛ همچنین ممکن است در مراحل پسین انجماد و سرد شدن توده نفوذی و به هنگام ایجاد درز در توده در حال سرد شدن شکل گرفته باشند.

فلدسپات آلکالن:

فلدسپات آلکالن در این گرانیتها ظاهری پرتیتی دارند، مقدار آن در گرانیتهای تماماً دانه درشت بیشتر از گرانیتهای پورفیری می باشد و شکل آن نیمه اتومورف تا زینومورف است. بدلیل زیر حالت پرتیتی در آنها از نوع آنتی پرتیت است:

- اولاً در رنگ آمیزی فلدسپاتها [۱] مشخص گردید که کانی میزبان از نوع پلاژیوکلاز است.

- ثانیاً در بعضی از این کانیها با وجود حالت پرتیتی ماکل پلی سنتتیک پلاژیوکلاز قابل مشاهده است.

- ثالثاً علی رغم اینکه حدود ۵۰ درصد گرانیتها را فلدسپات آلکالن (با حالت پرتیتی) تشکیل می دهد، مقدار K_2O در آنها کمتر از یک درصد و مقدار Na_2O حدود ۷ درصد می باشد که این مؤید طبیعت آنتی پرتیت فلدسپاتهای آلکالن است.

۱- بمنظور تعیین سن رادیومتری این سنگها اندازه گیری مقدماتی برخی از عناصر کمیاب از قبیل Rb, Sr, ... در دانشگاه St. Andrews اسکاتلند و توسط م. و. ولی زاده (۱۳۷۲) انجام شده (طرح تحقیقات در دست اجرا که هنوز منتشر نشده است)، و مشخص گردید Rb نتایج آن بسیار نازل و عملاً تعیین سن رادیومتری به Rb-Sr که مقدار آن غیر ممکن است. بنابراین باید روش تحقیق نمود که آیا از روشهای دیگر رادیومتری می توان برای تعیین سن این گرانیتها استفاده نمود؟

سازند کهر، می تواند بعنوان دلیل سوم مورد توجه قرار گیرد. بنابراین بنظر می رسد که گرانیت دوران بطور نسبی از سازند بایندور قدیمتر و از سازند کهر جوانتر باشد.

۳- پتروگرافی

الف) گرانیت دوران (مقطع تیپ):

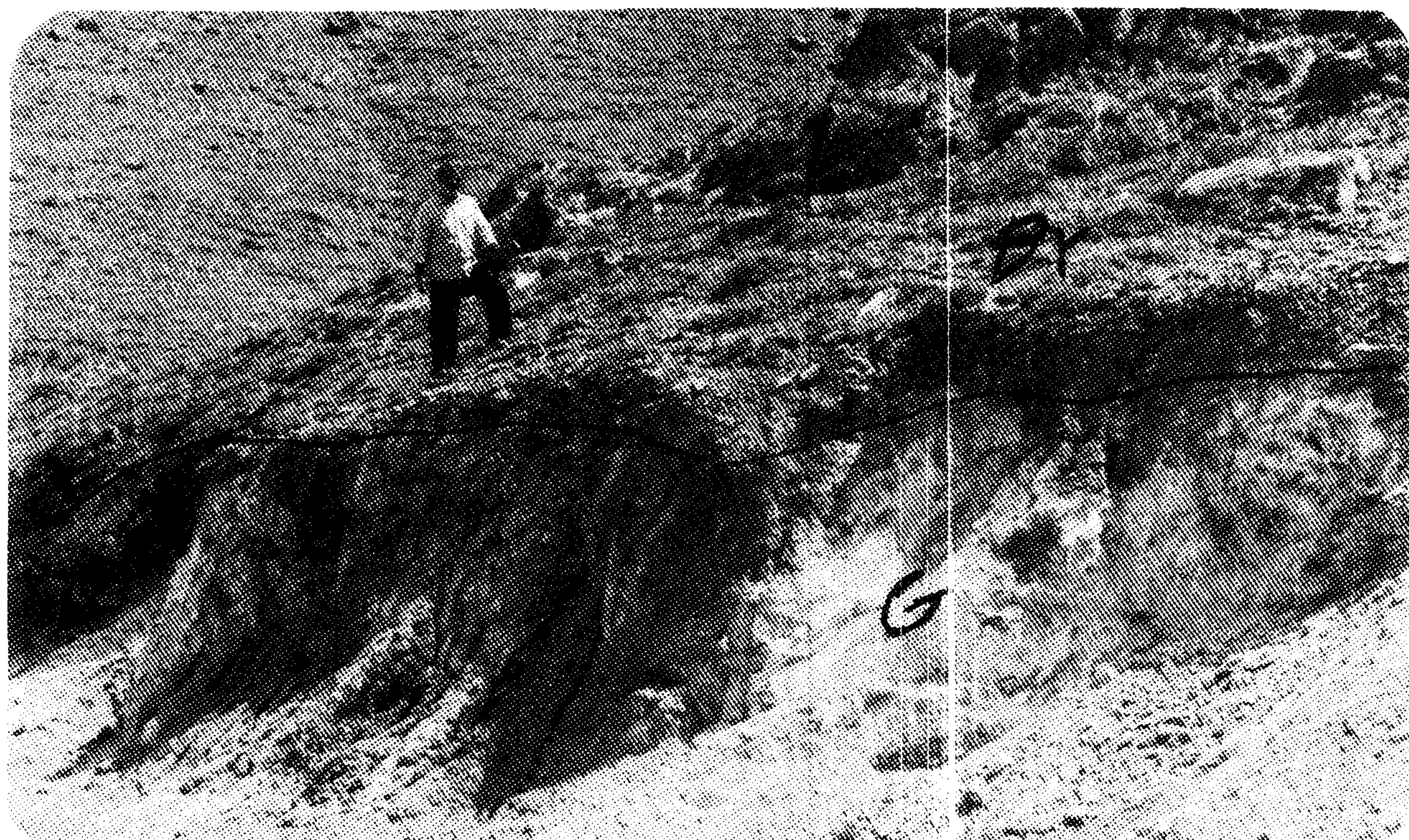
با توجه به بررسیهای صحرائی، خصوصیات کانی شناسی و ژئوشیمیائی این توده نفوذی خود شامل دو نوع گرانیت مشخص و متمایز است: یکی گرانیت کاملاً سفیدرنگ و عاری از هرگونه کانی فرومیزین که خود از لحاظ بافتی به دو نوع: ۱- گرانیت پورفیری ۲- گرانیت تماماً دانه درشت، قابل تقسیم است و دیگری گرانیت صورتی رنگ که کمابیش دارای کانی بیوتیت می باشد.^(۱)

الف) گرانیت سفید:

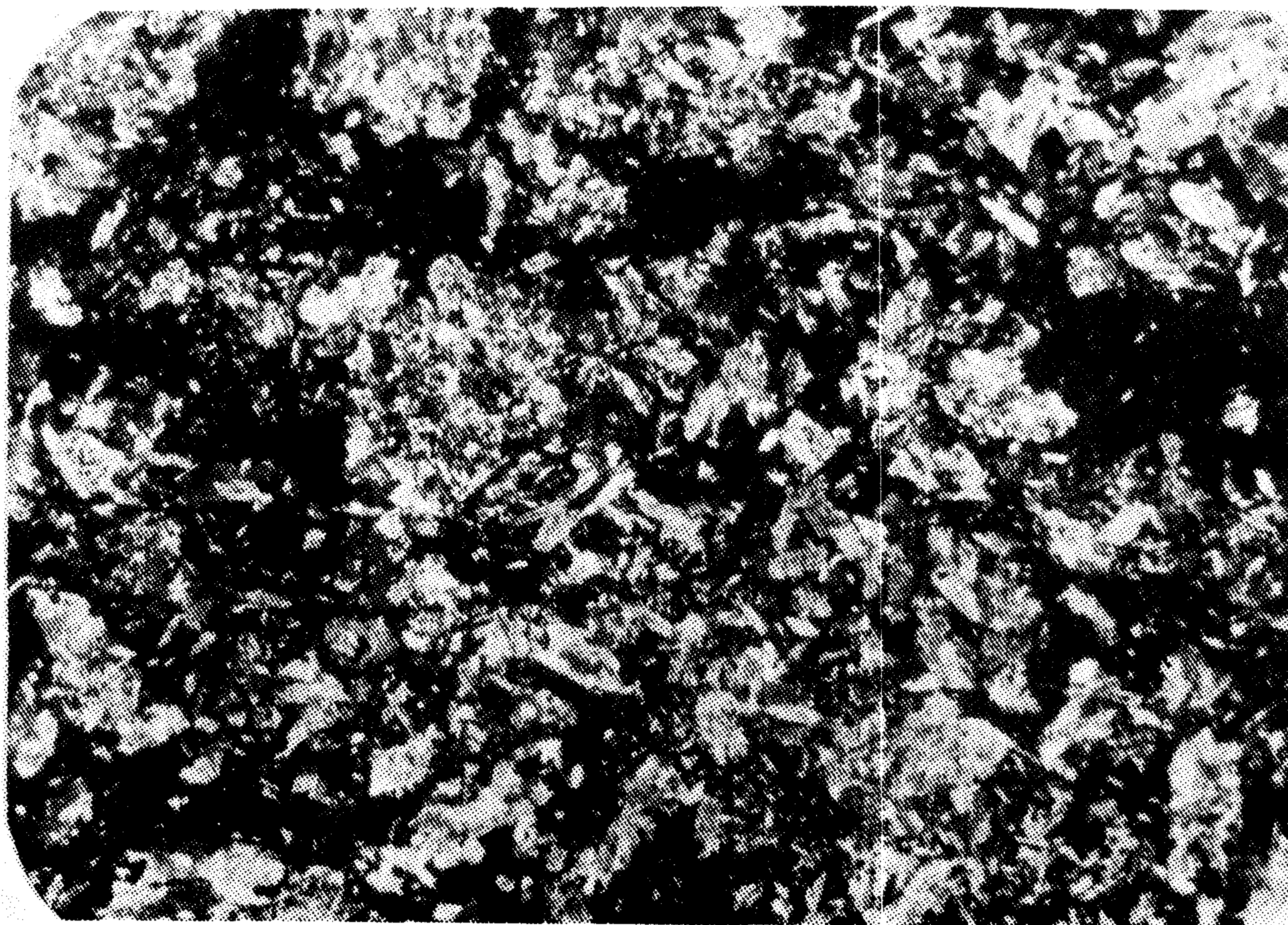
قسمت عمده و حجم اصلی توده گرانیتی مورد بحث از این نوع می باشد. گرانیت سفید تماماً دانه درشت، بیشتر در بخش مرکزی وجود دارد و به سمت حاشیه به سمت گرانیت پورفیری میل میکند. ابعاد کانیهای تشکیل دهنده گرانیت سفید تماماً دانه درشت، بطور متوسط ۴ میلی متر بوده و به صورت دانه‌های هم اندازه (Equigranular) می باشند. در گرانیت سفید نوع پورفیری ابعاد پورفیرها گاهی اوقات از ۷ میلی متر هم تجاوز می کند. این پورفیرها ممکن است کوارتز، فلدسپات آلکالن یا پلاژیوکلاز باشند. گرانیت دوران بطور کلی دارای بافت کاتاکلاستیک بوده و در بسیاری موارد حتی با ضربه دست نیز متلاشی می شود. کانی‌های اصلی تشکیل دهنده این گرانیتها به قرار زیر است:

کوارتز

این کانی حدود ۴۵ درصد گرانیتهای پورفیری و ۳۵ درصد حجم گرانیتهای تماماً دانه درشت را تشکیل می دهد. شکل آن زینومورف بوده و به مقدار خیلی کم حاوی



شکل ۵ - مرز گرانیت دوران با سازند بایندور با سطح فرسایشی و کائولینیتی. G = گرانیت و Br = سازند بایندور



شکل ۶ - تصویر مقطع میکروسکوپی بیوتیت هورنفلس از سنگهای دگرگونی مجاورتی در محل کنتاکت گرانیت دوران سازند کهر

موجی است. اندازه این کانی گاهی به ۵ میلی متر هم می‌رسد. کوارتز دارای شکستگی هائی است که بطور ثانویه از رگچه‌های کوارتز نئومورف پر شده‌است. مسکوویت، زیرکن و آپاتیت ممکن است بصورت ادخال در این کانی یافت شود.

- فلدسپات آلکالن شامل اورتوزومیکروکلین است که عمدتاً پرتیتی شده و حدود ۴۵ درصد حجم سنگ را بخود اختصاص داده است. پرتیت عمدتاً از نوع میکروکلین پرتیت نواری و رشته‌ای بوده و در بعضی مقاطع کانی پلاژیوکلاز را در خود محصور ساخته است.

- پلاژیوکلاز حدود ۱۵ درصد کانیهای سنگ را تشکیل می‌دهد. شکل آن نیمه اتومورف بوده و مانند گرانیت‌های سفید مورد مطالعه بعلت تحمل فشار، حالت چین خوردگی به خود گرفته‌اند، در مواردی ریزبلورهای بیوتیت بصورت ادخال در پلاژیوکلاز یافت می‌شوند. این پلاژیوکلازها نسبت به پلاژیوکلازهای گرانیت‌های سفید کلسیک تر بوده و حتی به اپیدوت نیز تجزیه شده‌اند.

- کانیهای فرعی در گرانیت‌های صورتی شامل بیوتیت، مسکوویت، تورمالین، زیرکن، اسفن، روتیل و کانیهای اپک می‌باشد. بیشترین مقدار از بین این کانیها شامل بیوتیت است که حدود ۵ درصد سنگ را تشکیل می‌دهد. این کانی به کلریت و اسفن تجزیه شده و در مواردی اکسید آهن حاصل تجزیه این کانی توسط اسفن حاشیه‌دار شده‌است. هماتیت بصورت لکه و دانه‌های خیلی ریز در این گرانیتها حضور دارد و ممکن است دلیلی برای رنگ صورتی این گرانیتها باشد. مطابق رده‌بندی شیمیائی [5] این گرانیتها در رده سینیوگرانیتها و گرانیت‌های سفید در رده آلکالی گرانیتها

آنتی پرتیت متنوع و از نوع رشته‌ای^(۱)، نواری^(۲) و رگه‌ای^(۳) می‌باشد.

پلاژیوکلاز:

این کانی حدود ۵ تا ۱۰ درصد کانیهای این گرانیتها را به خود اختصاص داده‌است. شکل آن اتومورف بوده و تحت تأثیر نیروهای برشی ساده^(۴) متحمل چین خوردگی آرامی شده‌اند. پلاژیوکلازها گاهی سرسیتیزاسیون ضعیفی پیدا کرده‌اند.

زیرکن و آپاتیت کانیهای فرعی سنگ را تشکیل می‌دهند و مقدار آنها حدود یک درصد حجم کل سنگ می‌باشد. مسکوویت، اپیدوت، اکسید آهن و سرسیت از کانیهای فرعی دیگری هستند که بطور ثانویه حاصل شده‌اند. در این گرانیتها گاهی کائولینیتیزاسیون چنان کامل صورت پذیرفته که تقریباً تمامی سنگ به طور کامل تجزیه و تبدیل به کائولن شده‌است.

الف ۲-) گرانیت بیوتیت دار صورتی رنگ:

در رخنمونهای صحرائی، این سنگها با حجم کمتر از گرانیت‌های سفید و در بین آنها وجود دارند و در نقشه ۱:۲۰۰۰۰ قابل تفکیک نمی‌باشند. هرچند براساس شواهد صحرائی بنظر می‌رسد که این گرانیتها جوانتر از گرانیت‌های سفید باشند، ولی تعیین سن مطلق آنها برای اظهارنظر قطعی ضروری است. رنگ نمونه دستی این گرانیتها صورتی تا گلی بوده و کانی بیوتیت در آنها با چشم غیر مسلح قابل مشاهده است.

گرانیت‌های صورتی در زیر میکروسکوپ دارای بافت گرانولار کاتاکلاستیک بوده و کانیهای اصلی آنرا کوارتز، فلدسپات آلکالن و پلاژیوکلاز تشکیل می‌دهند.

- کوارتز حدود ۳۰ الی ۴۰ درصد کانیهای سنگ را به

خود اختصاص داده شکل آن زینومورف و دارای خاموشی

۲- Film perthite

۱- String perthite

۴- Simple shear

۳- Vein perthite

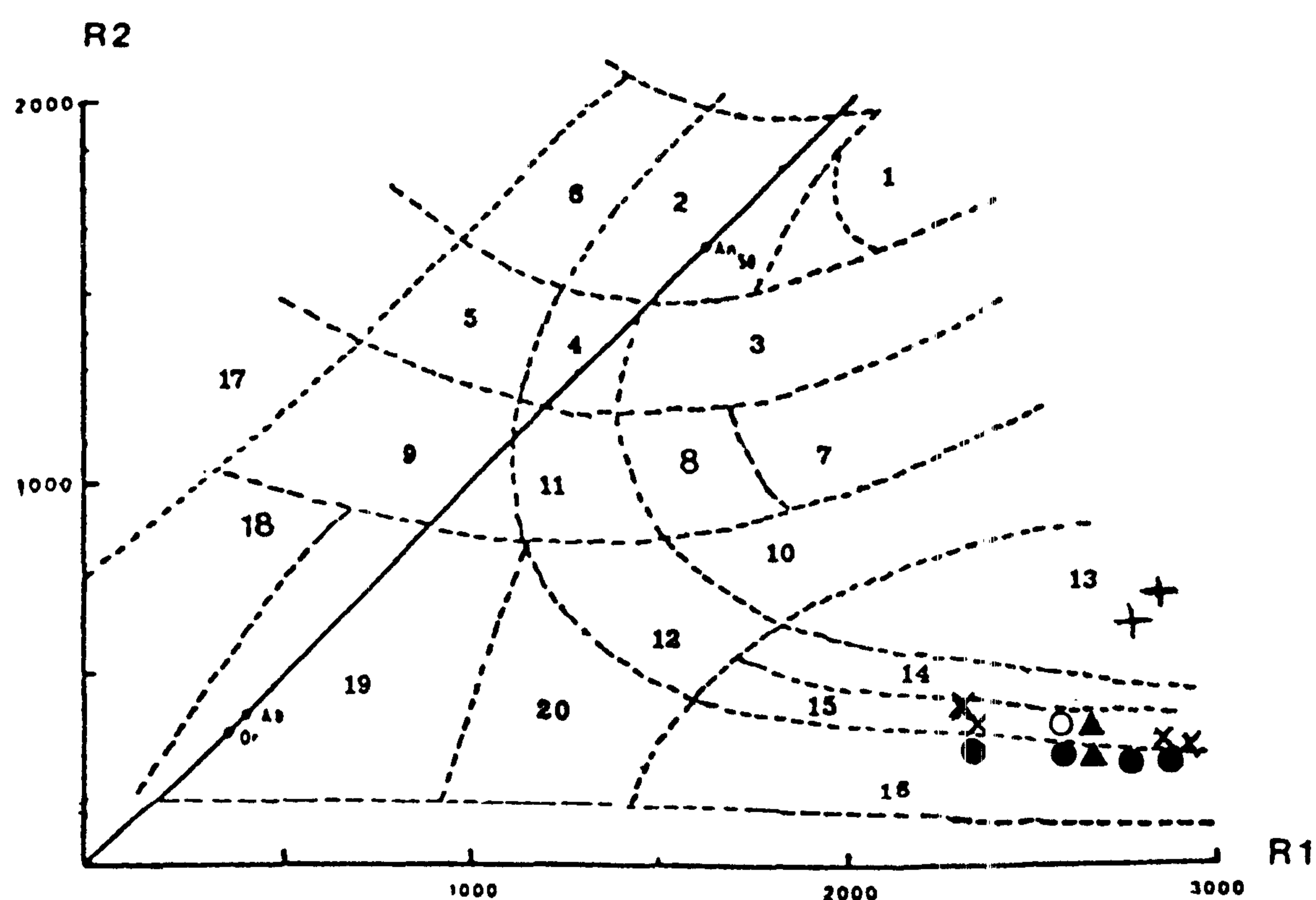
مشاهده است. این سنگها در زیر میکروسکوپ دارای بافت پورفیریک بوده و فنوکریست‌های آنراکوارتز تشکیل می‌دهد. این کانی دارای خوردگی خلیجی شکل است و اطراف آن تجدید تبلور حاصل نموده و خاموشی موجی در کلیه دانه‌های کوارتز مشهود است.

زمینه شیشه‌ای این ریولیتها در اثر تجدید تبلور به سرسیت تبدیل شده است و به دلیل تحمل یک دگرگونی درجه ضعیف نام متاریولیت بر آن نهاده شده است.

رده سینیوگرانیتهای سفید در رده آلکالی گرانیتها قرار می‌گیرند. (شکل ۷)

الف - ۳) متاریولیت:

در فیلیتهای جنوب غرب گرانیت دورن و در حدود ۳۰۰ متری از مرز این توده، یک رخنمون ریولیتی به وسعت حدود ۲۰۰ متر مربع دیده می‌شود. (شکل ۸) رنگ ظاهری نمونه دستی این ریولیتها روشن و سنگ حالت کمپاکت دارد. در نمونه دستی درشت بلورهای کوارتز قابل



شکل ۷- دیاگرام $R_1 - R_2$ برای طبقه‌بندی سنگهای آذرین درونی (دولاروش و همکاران [5]) و موقعیت

نمونه‌های مورد مطالعه بر روی آن

علائم: ● گرانیت سفید دوران، ○ گرانیت سفید شاه بولاغی، ▲ گرانیت سفید سرو جهان ×

گرانیت صورتی دوران + گرانو دیوریت مهاباد.

13 = گرانو دیوریت، 14 = مونزو گرانیت، 15 = سینیو گرانیت، 16 = آلکالی گرانیت.

الف - ۴) سنگهای رگه‌ای:

در فیلیتهای جنوب غربی توده اصلی گرانیتی و در فاصله چند ده متری از این توده، رگه‌هایی از تورمالین - گرانیت وجود دارد. رنگ نمونه دستی این سنگهای رگه‌ای روشن بوده و تورمالین بصورت لکه‌هایی سیاه در آن نمایان است. بافت میکروسکوپی این سنگها گرانولار کاتاکلاسیک تا گرانوفیری بوده و کانیهای اصلی تشکیل دهنده آنرا کوارتز و فلدسپات آلکالن تشکیل می‌دهند. از میان سایر کانیها، علاوه بر پلاژیوکلاز و تورمالین، می‌توان بوجود بیوتیت، آپاتیت، زیرکن و روتیل اشاره نمود. از میان سنگهای رگه‌ای علاوه بر تورمالین - گرانیت، می‌توان به رگه‌هایی چند از آپلیت دانه قندی اشاره نمود. رگه‌های آپلیتی توده اصلی گرانیتی را قطع نموده و از کانیهای کوارتز، فلدسپات آلکالن و به مقدار کمتر پلاژیوکلاز با ابعاد تقریباً مساوی به قطر حدود یک میلی‌متر تشکیل شده‌است.

نوع سوم سنگهای رگه‌ای قابل ذکر، دایکهای دیابازی می‌باشند. این دایکها در سازند کهر واقع در جنوب غرب توده گرانیتی نفوذ کرده ولی در توده اصلی گرانیت دوران آنرا مشاهده نمودیم. رنگ نمونه دستی این سنگهای سبز تیره بوده و حالت کمپاکت دارند. دایکهای دیابازی در زیر میکروسکوپ دارای بافت دولریتی انترگرانولار تا انترسرتال بوده و کانیهای اصلی تشکیل دهنده آنرا پلاژیوکلاز و آمفیبول تشکیل می‌دهند. پلاژیوکلاز به شدت تجزیه شده و محصول تجزیه آن سریسیت، زوئزیت، کلینوزوئزیت و کلسیت می‌باشد. از کانی‌های فرعی می‌توان اسفن، اپیدوت، کانیهای اپک و آلانیت را نام برد. پیروکسن اورالیتیزه و شبکه‌ای از سرپانتین همراه با اکسیدهای آهن که ظاهراً فرم اولیه الیوین را نشان می‌دهد نیز در سنگ مشاهده می‌شود.

الف - ۵) آنکلاوها:

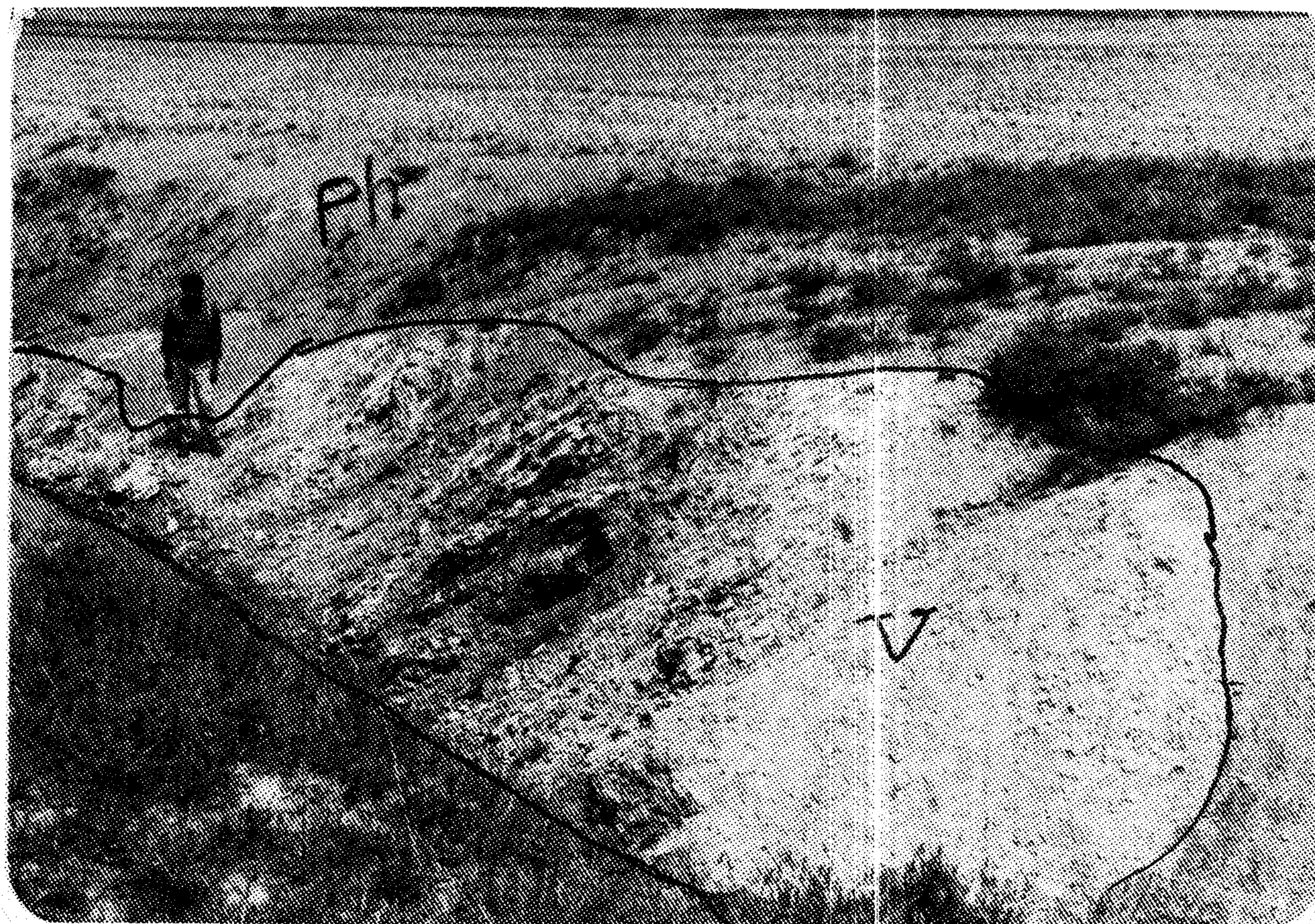
از میان آنکلاوها در گرانیت دوران می‌توان به وجود زینولیتها و آنکلاوهای ریزدانه بازیک اشاره نمود. در اینجا زینولیت به قطعاتی از سنگهای بیگانه با ابعاد متنوع اطلاق نموده‌ایم که هنگام صعود و یا جایگزینی ماگما، در آن وارد شده است. در توده گرانیتی دوران قطعات بزرگی (تا چند متر قطر) از فیلیت یافت می‌شود که شباهت زیادی به فیلیتهای سازند کهر که این گرانیت در آن نفوذ کرده‌است دارد. علاوه بر این زینولیتها، قطعاتی از شیلهای سیاه رنگ که قطر آنها به چند سانتی‌متر می‌رسد در این توده نفوذی یافت می‌شود.

از گروه آنکلاوهای ریزدانه بازیک می‌توان به وجود آنکلاو ریزدانه‌ای به رنگ سبز تیره اشاره نمود که در سمت روستای ریحان قابل مشاهده است. (شکل ۹) این آنکلاو دارای مجاورتی واضح با گرانیت بوده و ساختمان آن بطور کاملاً مشخصی طبیعت آذرین را عرضه می‌دارد. این سنگها در مقطع نازک میکروسکوپی خبر از یک اثر آندومتامرفیسم را می‌دهند.

پلاژیوکلاز بعنوان فراوانترین کانی این آنکلاو، شدیداً تجزیه و به سوسوریت مبدل شده‌است. آمفیبول بیشتر از نوع ترمولیت - آکتینولیت و محصول اورالیتیزاسیون پیروکسن می‌باشد. بیوتیت، آپاتیت، روتیل، اسفن و کوارتز کانیهای فرعی را تشکیل می‌دهند. از گروه کانیهای ثانوی سریسیت، کلسیت، زوئزیت، کلینوزوئزیت، کلریت، اکسید آهن و پرهنیت قابل ذکرند. پرهنیت حاصل پرهنیتیزاسیون فلدسپاتها می‌باشد که احتمالاً حکایت از تأثیر حرارتی مواد مذاب بر این قطعات را دارد.

ب) گرانیت دوران شاه بولاغی:

منطقه مورد مطالعه در محدوده طولهای جغرافیائی $48^{\circ} 5' 40''$ و $47^{\circ} 52' 30''$ شرقی و عرضهای جغرافیائی



شکل ۸- رخنمون سنگهای ولکانیکی دوران در روی زمین. V=ولکانیک و PH=فیلیت.



شکل ۹- آنکلاو دانه ریز بازیک در گرانیت دوران

"۴۰' ۳۶° و ۱۶' ۴۳' ۳۶° شمالی، در ۴۵ کیلومتری شمال غرب شهر زنجان و شمال شهر تکاب واقع است. (شکل ۱) قسمت اعظم این منطقه در ورقه ۱/۲۵۰۰۰۰ تکاب - صائین قلعه قرار دارد و بخش کوچکی از آن در ورقه ۱/۲۵۰۰۰۰ زنجان و در ادامه کوههای سلطانیه واقع است. بخش مرکزی این محدوده از سنگهای دگرگونی درجه بالا (عمدتاً گنیس چشمی) تشکیل شده است. در اطراف این سنگهای دگرگونی، گرانیتها رخنمون دارند. علوی و همکاران [3] این سنگها را از نوع گرانیت دوران معرفی نموده‌اند. بررسی‌های صحرایی، پتروگرافی و ژئوشیمیایی نشان می‌دهند که این گرانیتها خود با دو گروه بیوتیت - گرانیت و گرانیت سفید عاری از کانی فرومنیزین قابل تقسیم می‌باشند. بیوتیت - گرانیتها در مجاورت بلافصل سنگهای دگرگونی بخش مرکزی قرار دارند و مانند یک حلقه سنگهای دگرگونی را در بر گرفته‌اند. بحث و بررسی مجموعه سنگهای دگرگونی و بیوتیت - گرانیتها در مقاله‌ای دیگر انجام گرفته است [2]. گرانیتهای سفید نیز حلقه‌وار بیوتیت - گرانیتها را احاطه کرده و بیشترین رخنمون آنها در سمت روستای شاه بولاغی^(۱) (شکل ۱) دیده می‌شود که به همین دلیل نام روستای شاه بولاغی برای معرفی آن برگزیده شده است.

شواهد صحرایی نشان می‌دهند که گرانیتهای سفید بطور نسبی جوانتر از بیوتیت - گرانیتها می‌باشند. این امر بوسیله مطالعات پتروگرافی نیز تا حدودی تأیید می‌شود، بدین صورت که پلاژیوکلاز گرانیتهای صورتی رنگی که در کنتاکت با گرانیتهای سفید قرار دارند تا اندازه‌ای نسبت به سایر این سنگها بیشتر متحمل تجزیه شده‌اند و این امر احتمالاً بعلت تأثیر حرارتی نفوذ گرانیتهای سفید در مجاور بیوتیت گرانیتها می‌باشد. به هر حال تعیین سن مطلق برای اظهار نظر قطعی ضروری است.

رنگ نمونه دستی این گرانیتها کاملاً سفید بوده و هیچگونه کانی تیره‌ای در آن مشاهده نمی‌شود. همانند گرانیت دوران این سنگها نیز شدیداً آلتزه شده و منبع خوبی برای استخراج فلدسپات و کائولن می‌باشند، بطوری که چندین معدن در محل روستاهای مغانلو، مرصع و جنت النگ در حال اکتشاف و بهره‌برداری می‌باشند. در مقاطع نازک میکروسکپی بافت آنها از نوع گرانولار کاتاکلاستیک بوده و کانیهای اصلی آنرا کوارتز، فلدسپات آلکالن و پلاژیوکلاز تشکیل می‌دهند. آپاتیت، زیرکن و اسفن در مقادیر کم کانیهای فرعی را تشکیل می‌دهند.

کوارتز حدود ۳۸ درصد کانیهای سنگ را به خود اختصاص داده و گاهی قطر آن به ۶ میلی‌متر می‌رسد. این کانی دارای شکستگی‌هایی است که از کوارتز ثانویه پر شده است. فلدسپات آلکالن حدود ۵۰ درصد کانیهای سنگ را تشکیل می‌دهد، این کانی حالت پرتیتی داشته و از نوع آنتی پرتیت رشته‌ای و رگه‌ای است. پلاژیوکلاز حدود ۷ درصد کانیهای سنگ را تشکیل می‌دهد، شکل آن نیمه اتومورف بوده و دارای ماکل ظریف پلی سنتتیک می‌باشد. آنکلاوهای ریزدانه بازیک مشابه آنچه که در گرانیت دوران ملاحظه گردید در این گرانیت به فراوانی یافت می‌شود، همچنین دایکهای لامپروفیری چندی این گرانیت و بیوتیت گرانیتها را قطع نموده است.

ج) گرانیت دوران سرو جهان

توده نفوذی سرو جهان در محدوده کوههای سلطانیه واقع و از لحاظ جغرافیائی در فاصله حدود ۱۳ کیلومتری بخش صائین قطعه «که خود در فاصله ۶۰ کیلومتری شهر زنجان در مسیر جاده اصلی قزوین - زنجان می‌باشد» قرار

۱- روستای شاه بولاغی در فاصله ۴۵ کیلومتری شهر زنجان (در مسیر زنجان به دندی) واقع است.

دارد (شکل ۱). این توده دارای مختصات جغرافیائی ۱۵' ۴۹° طول شرقی و ۱۵' و ۳۶° عرض شمالی می‌باشد. اشتوکلین و همکاران [6] این توده گرانیتوئیدی را در کل بعنوان گرانیت تیپ دوران معرفی نموده‌اند اما در بررسیهای بعمل آمده مشخص گردید که این توده یکنواخت و یکدست نبوده و بدو تیپ اصلی گرانیت سفید بدون کانی فرومنیزین (از نوع گرانیت دوران) و گرانیت گنبدی با مقدار نسبتاً بالائی از کانی فرومنیزین قابل تقسیم است.

گرانیت سفید که ظاهراً حجم اصلی این توده نفوذی را به خود اختصاص داده، بشدت آتره شده و رنگ نمونه دستی آن کاملاً سفید است. اختصاصات ماکروسکوپی و میکروسکوپی و همچنین وجود آنکلاوهای ریزدانه بازیک در آن با گرانیت دوران، قابل مقایسه می‌باشد.

گرانیت گنبدی سروجان حاوی مقدار نسبتاً بالائی (نسبت به نوع قبلی) تا حدود ۸ درصد بیوتیت است. این سنگها نیز بشدت آتره شده و پدیده سربستیزاسیون در پلاژیوکلازها و کلریتیزاسیون در بیوتیتها به نحو بارزی مشهود است. بافت آنها گرانولار پورفیری کاتاکلاستیک بوده و کانیهای اصلی آنرا کوارتز، فلدسپات آلکالن و پلاژیوکلاز تشکیل می‌دهند. بیوتیت، آمفیبول، اسفن x زیرکن، آپاتیت و کانیهای اپک از گروه کانیهای فرعی این سنگها محسوب می‌شوند. جهت یابی بیوتیتها منظره گنبدی به این گرانیتها داده است.

د) ریولیتها و توده پلوتونیک جنوب مهاباد:

افتخارنژاد [4] توده پلوتونیک جنوب مهاباد را معادل گرانیت دوران و ریولیتهای مهاباد را معادل خروجی این گرانیت در نظر می‌گیرد. به همین دلیل نگارندگان این مقاله با مطالعات صحرائی، بررسیهای میکروسکوپی و ژئوشیمیائی اقدام به مطالعه و مقایسه آنها با گرانیت دوران

نموده‌اند. در نقشه ۲۵۰۰۰۰ : ۱ مهاباده تعداد سه توده نفوذی از تیپ گرانیت دوران قلمداد شده است. بزرگترین آن در جنوب مهاباد و با موقعیت جغرافیائی ۹' ۳۶° تا ۲۹" ۳۶° عرض شمالی و ۵' ۴۵° و ۴۴" ۴۵° طول شرقی و در فاصله ۱۵ کیلومتری جنوب مهاباد واقع است. سنگهای این توده در نمونه دستی دارای رنگی روشن با کانیهای تیره بوده و حالت کمپاکت دارند. در زیر میکروسکوپ کوارتز حدود ۳۰٪ حجم سنگ را تشکیل داده که اندازه آن به ۵ میلی متر می‌رسد. شکل آن زینومورف و دارای خاموشی موجی است. پلاژیوکلاز از کانیهای اصلی دیگری است که حدود ۴۰ درصد حجم سنگ رابه خود اختصاص داده است. شکل آن اتومورف و نیمه اتومورف است و عمدتاً به سریسیت، کلریت و اپیدوت تجزیه شده است. فلدسپات آلکالن در این سنگها حدود ۲۲ درصد کانیهای سنگ را تشکیل می‌دهد و بعضاً منظره پرتیتی دارند.

اپیدوت، آمفیبول، اسفن، زیرکن، آپاتیت و کانیهای اپک جزء کانیهای فرعی این سنگها محسوب می‌شوند. نتایج آنالیزمدال سنگ به این قرار است: کوارتز = ۳۰/۳، فلدسپات آلکالن = ۲۲/۱۶، پلاژیوکلاز = ۳۹/۹، بیوتیت = ۲، اپیدوت = ۳/۲، آمفیبول = ۰/۸، اسفن = ۰/۷ و سایر کانیهای فرعی حدود ۰/۹ درصد. این سنگها در رده بندی مدال [7] و رده بندی [5] شیمیائی در رده گرانودیوریتها قرار می‌گیرند. (شکل ۷)

بنابراین براساس دلایل ذیل از لحاظ پتروگرافی این سنگها نمی‌توانند از نوع گرانیت دوران محسوب شوند.

۱- در رده بندیهای مدال و شیمیائی این سنگها در رده گرانودیوریت قرار می‌گیرند.

۲- آمفیبول و اسفن بعنوان کانی فرعی در این سنگها

عمومیت دارند.

۳- مقدار پلاژیوکلاز تقریباً دو برابر فلدسپات آلکالن است.

مجموعه خصوصیات فوق هیچکدام در گرانیت دوران وجود ندارد.

ریولیت مهاباد:

همانطوریکه ذکر شد افتخارنژاد [4] ریولیت‌های مهاباد را معادل بیرونی گرانیت دوران در نظر گرفته است. این ریولیت‌ها در نقشه ۲۵۰۰۰۰ : ۱ مهاباد و عمدتاً در شمال شرقی، شرق و جنوب شرقی مهاباد واقعند. به منظور مطالعه و مقایسه این ریولیت‌ها با گرانیت دوران حدود ۱۵ نمونه در مسیر جاده فرعی بوکان برداشت و بررسی‌های پتروگرافی و ژئوشیمیایی بر روی آنها بعمل آمد.

این سنگ‌ها عمدتاً از ریولیت و قسمتی نیز از توف ریولیتی کمپاکت با رنگ خاکستری روشن تا سبز روشن تشکیل شده‌اند. رگچه‌های متعدد اکسید آهن شکستگی‌های توف‌ها را فرا گرفته است. ریولیت‌ها در مقاطع میکروسکوپی دارای بافت میکروگرونوپورفریک بوده و کوارتز با خلیج خوردگی فنوکریستال‌های آنرا تشکیل می‌دهد. زمینه شیشه‌ای این ریولیت‌ها کاملاً تجدید تبلور حاصل نموده است.

۴- ژئوشیمی

در بررسی ژئوشیمی نمونه‌های مورد مطالعه تعداد ۲۲ نمونه (۵ نمونه گرانیت سفید مقطع تیپ دوران، چهار نمونه گرانیت بیوتیت‌دار مقطع تیپ دوران، یک نمونه ریولیت دوران، ۵ نمونه گرانیت سفید شاه‌بلاخی، دو نمونه گرانیت سفید سروجهان، دو نمونه گرانودیوریت مهاباد و سه نمونه ریولیت مهاباد) پس از اینکه به کمک مطالعه مقاطع نازک میکروسکوپی اطمینان حاصل گردید که نسبتاً مورد تجزیه

اتم‌سفری واقع نشده‌اند و پس از خرد نمودن سنگ به روش آماری مقدار لازم از آن انتخاب و مورد تجزیه عناصر اصلی و کمیاب قرار گرفت. آنالیز عناصر اصلی به روش شیمی مرطوب در آزمایشگاه شیمی سازمان زمین‌شناسی کشور و آنالیز عناصر کمیاب به روش XRF در سازمان انرژی اتمی انجام شده است. علاوه بر آن، نتایج خام آنالیزهای شیمیایی مربوط به سه نمونه از ریولیت‌های شرق صائین دژ از خلقی [۳] اخذ و مورد استفاده قرار گرفت (نتایج شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است). با توجه به نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه، وابستگی گرانیت‌های سفید دوران، مغانلو، سروجهان و تمایز آنها از گرانیت بیوتیت دار دوران، گرانودیوریت مهاباد، ریولیت مهاباد و ریولیت شرق صائین دژ، از لحاظ بررسی اکسیدهای عناصر اصلی محرز گردید.

بررسی روند تغییرات - Rb, Ba-K₂O. Rb - Ba (شکل ۱۰) نیز نشانگر وابستگی گرانیت‌های سفید مورد بحث و تفکیک گرانیت صورتی دوران از آنها می‌باشد. بورودین [8] با توجه به مقدار Na + K/Ca در مقابل AC (اسیدیته) ماگما را به چهار سری کلسیک، کالکوآلکالن، ساب آلکالن و آلکالن تقسیم می‌نماید. مطابق این رده بندی (شکل ۱۱) ماگمای نمونه‌های مورد مطالعه در رده ساب آلکالن تا آلکالن قرار می‌گیرند و فقط گرانودیوریت مهاباد در رده کالک آلکالن واقع می‌شود.

۵- محیط تکتونیکی گرانیت دوران:

شواهد زیر نشان می‌دهد که گرانیت دوران در یک محیط تکتونیکی غیر کوهزائی^(۱) نوع A تشکیل شده‌اند:

۱- براساس داده‌های کلیمن و توئیست [9] در مورد مشخصات گرانیت‌های نوع A:

POG، LAG، CAG، CCG در رده گرانیتوئیدهای کوهزائی و گروههای OP، RRG و CEUG در گروه گرانیتوئیدهای غیر کوهزائی قرار می‌گیرند. مطابق این رده‌بندی (شکل ۱۲ - الف) گرانیت دوران در گروه RRG و CEUG قرار می‌گیرد که از خانواده گرانیت‌های غیر کوهزائی می‌باشند.

۳- براساس رده‌بندی مانیاروپیکولی [10] که با توجه به مقادیر مدال کوارتز، فلدسپات آلکالن و پلاژیوکلاز صورت گرفته است (شکل ۱۲ - ب)، این گرانیتها در گروه گرانیت‌های نوع A قرار می‌گیرند.

الف) فاقد مسکویت اولیه می‌باشند.

ب) فلدسپات‌ها حالت پرتیتی داشته و هیپرسولوس می‌باشند.

ج) ترکیب شیمیایی آنها محدود به گرانیت است

د) روند تغییرات دوتایی آنها نزدیک به خطی است.

ه) Na بالا و مقدار Na_2O در آنها بیش از ۵ درصد

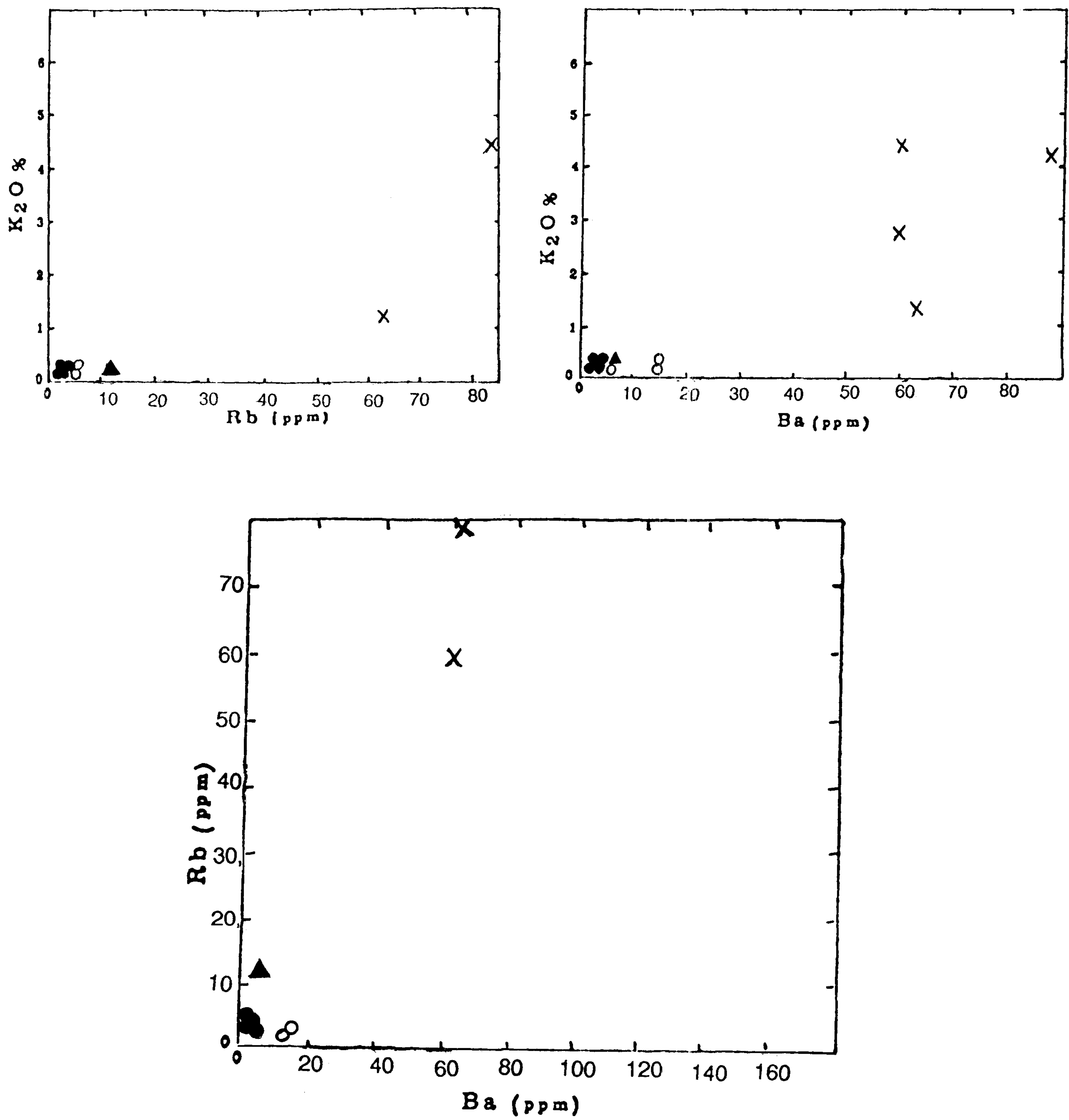
است.

۲- براساس رده‌بندی شیمیایی A/NK در مقابل

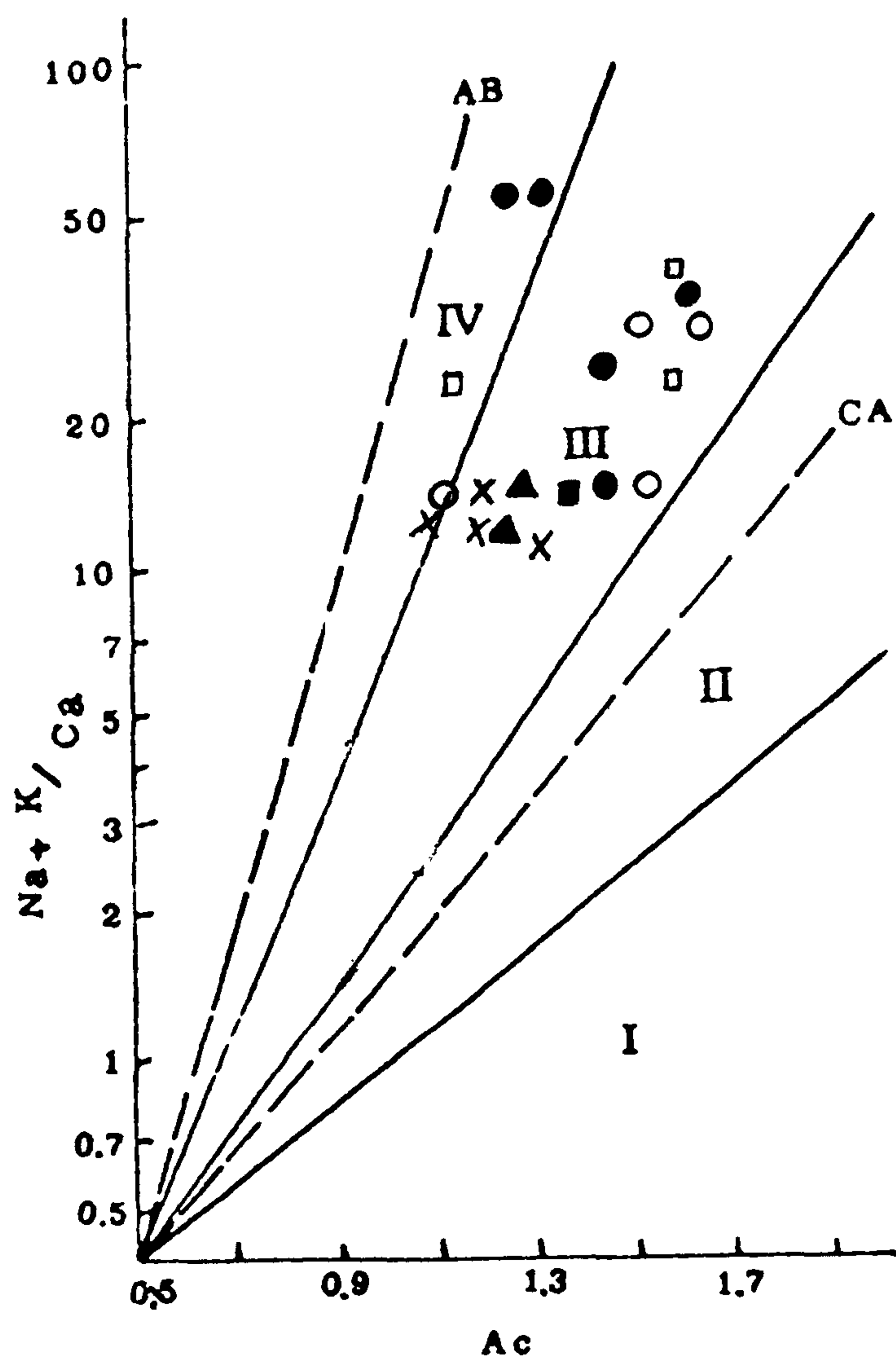
[10] A/CKN شکل (۱۲ - الف) در این رده‌بندی

گرانیتوئیدها به ۷ گروه POG، OP، LAG، CAG، CCG،

GEUG و RRG تقسیم می‌شوند که در بین آنها گروه‌های



شکل ۱۰- دیاگرام تغییرات Rb در مقابل K_2O و Ba در مقابل K_2O و Rb در مقابل Ba برای نمونه‌های گرانیتی دوران (در مورد معرفی علائم به شکل ۷ رجوع شود).



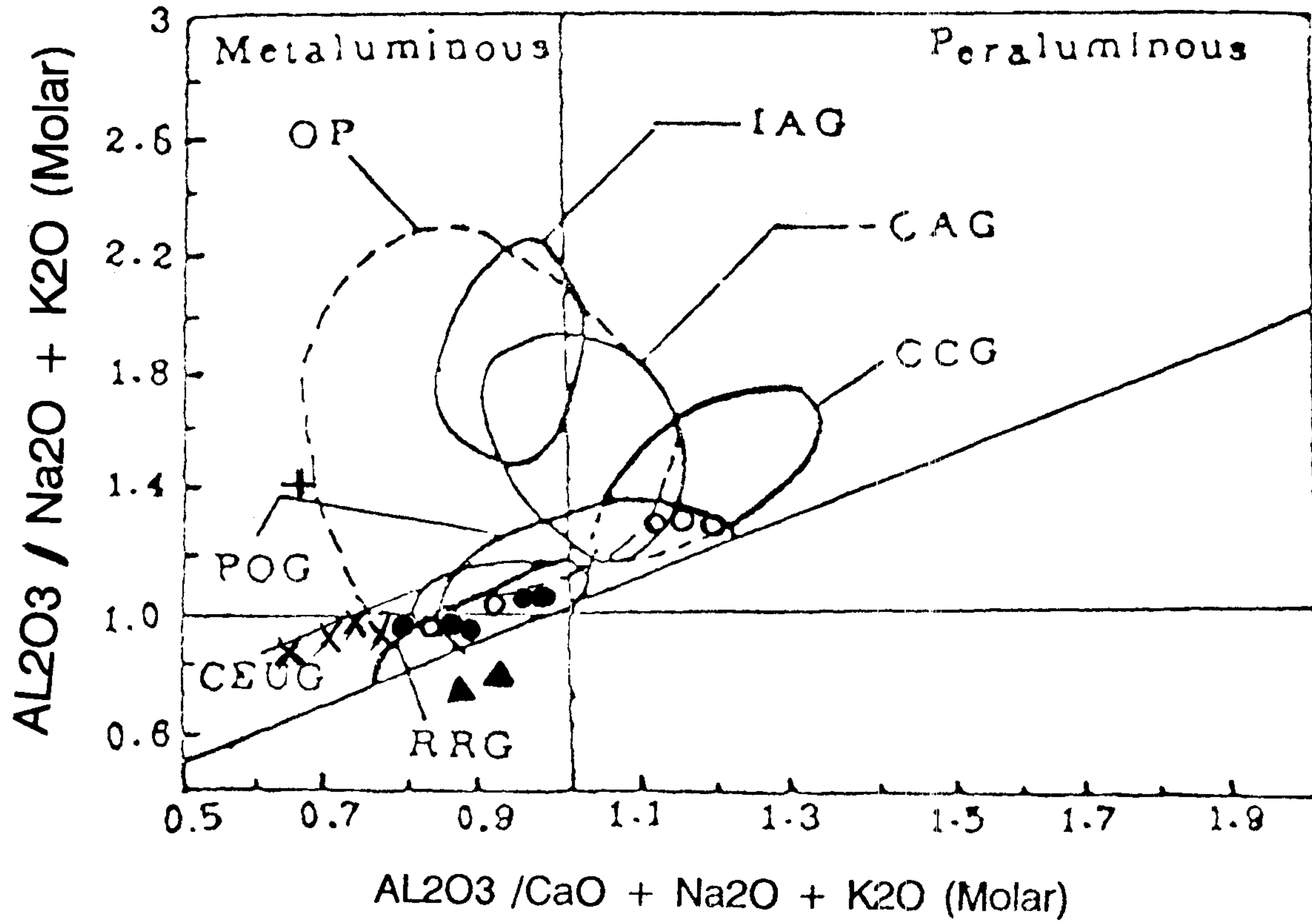
شکل ۱۱- دیاگرام AC (اسیدیته) در مقابل $Na + KCa = I$ [8] کلسیک، $II =$ کالکوآلکان، $III =$ ساب آلکان، $IV =$ آلکان $AB =$ روند اصلی آلکالی بازالتها، $CA =$ روند اصلی کالک آلکان، $\blacksquare =$ ریولیت شرق صائین دژ، $\square =$ ریولیت مهاباد، $\times =$ گرانیت صورتی دوران، سایر عالم مشابه شکل ۷.

۵- در رده بندی نقل شده از بودن و همکاران [11] نیز که گرانیت های نوع S ، I و A از همدیگر تفکیک شده اند، گرانیت دوران در گروه گرانیت های نوع A قرار می گیرد. (شکل ۱۲ - ج)

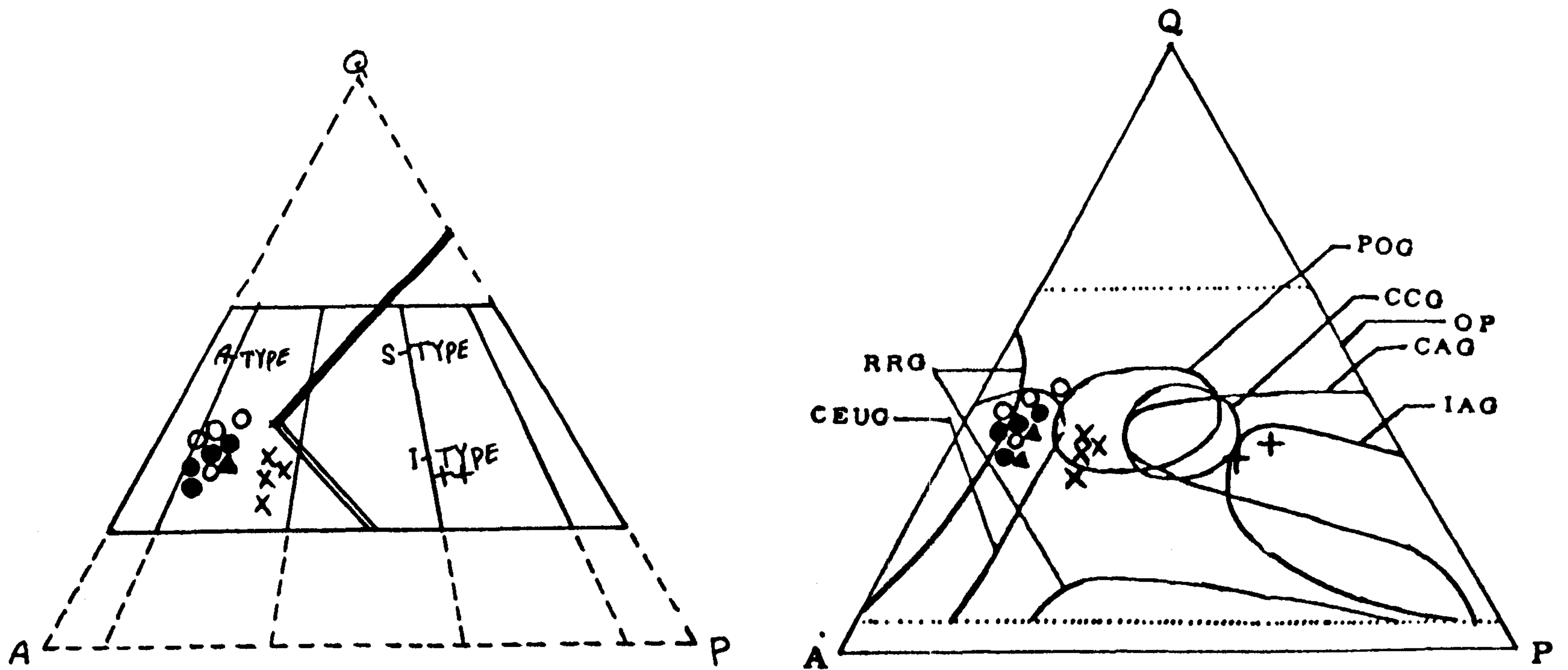
۶- بحث و نتیجه گیری

از مجموع مطالب و بحث های عرضه شده در این مقاله چنین استنتاج می شود که اولاً گرانیت مقطع تیپ دوران خود شامل دو نوع گرانیت است، یکی گرانیت سفید عاری از کانی فرومنیزین و دیگری گرانیت بیوتیت دار صورتی که به نظر می رسد این دو نوع ارتباط ژنتیکی با هم نداشته و

۴- با توجه به رده بندی با چلورو بودن [12] نیز که بر اساس دیاگرام چند کاتیونی $R_1 - R_2$ [5] صورت گرفته است، گرانیت دوران در محدوده مشترک گرانیت های بعد از کوهزائی، همزمان با کوهزائی و غیر کوهزائی قرار می گیرد (شکل ۱۲ - د) با توجه به مشخصات صحرائی، کانی شناسی و ژئوشیمیائی و همچنین سایر دیاگرام های تعیین محیط تکتونیکی، این گرانیتها در رده گرانیت های همزمان با کوهزائی و بعد از کوهزائی نمی توانند قرار گیرند بنابراین نوع بعد از کوهزائی برای آن قابل قبول است.

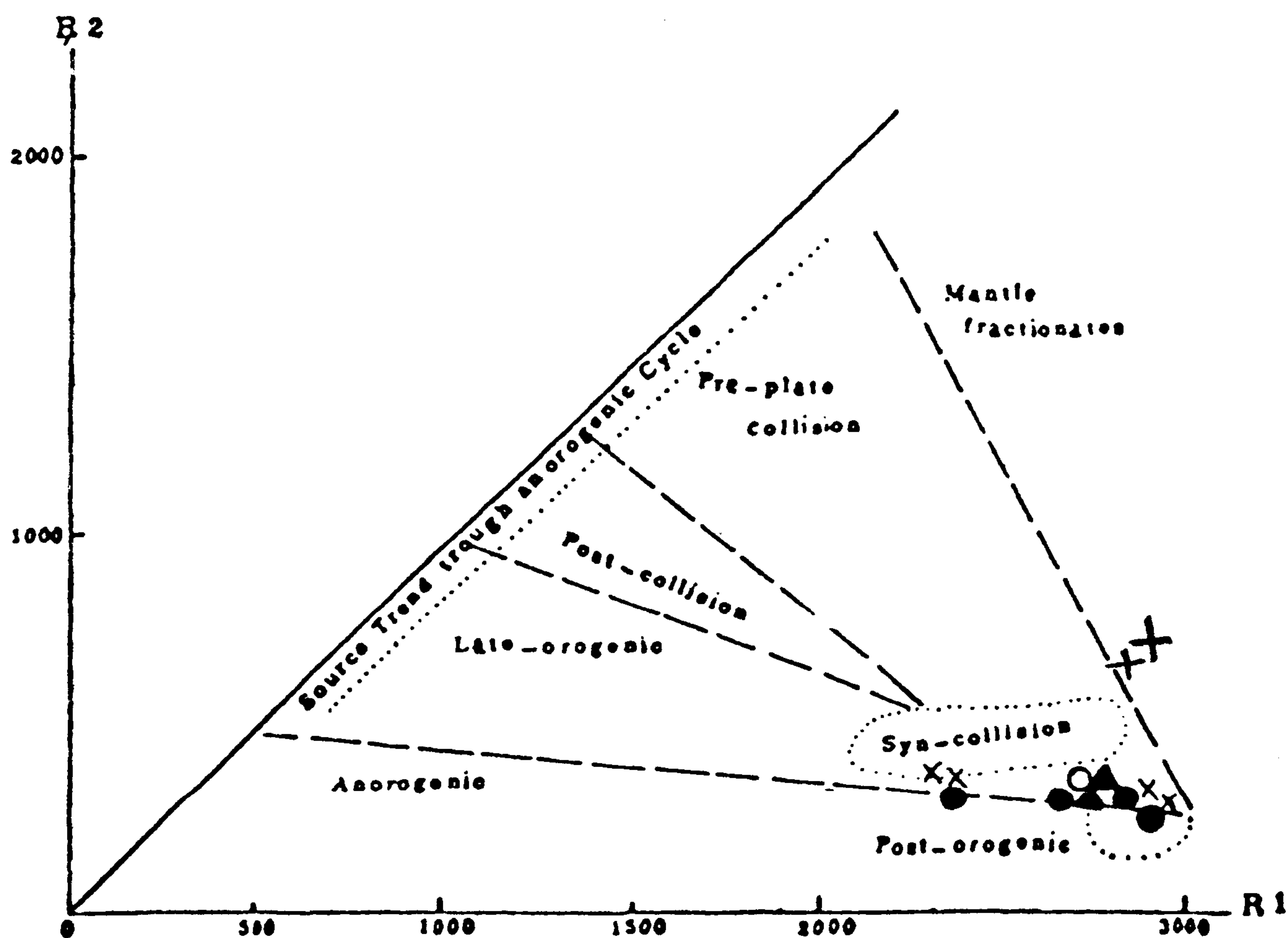


شکل ۱۲- الف) دیاگرام A/NK در مقابل A/CNK برای رده بندی گرانیتوئیدها [10] و موقعیت نمونه های گرانیت دوران بر روی آن.



شکل ۱۲- ج) موقعیت گرانیتوئیدهای S و I و A در دیاگرام Q-A-P [11] و موقعیت نمونه های گرانیتی دوران بر روی آن.

شکل ۱۲- ب) رده بندی گرانیتوئیدها بر اساس مقادیر مدال کوارتز، فلدسپات آکالن و پلاژیوکلاز [10] و موقعیت نمونه های گرانیتی دوران بر روی آن.



شکل ۱۲- د) رده‌بندی گرانیتوئیدها براساس دیاگرام چند کاتیونی $R_1 - R_2$ [12] و موقعیت نمونه‌های گرانیتی دوران بر روی آن.

حال اگر در پی ارائه مدلی برای مکانیسم تشکیل گرانیت دوران باشیم، مناسبترین مدل، مدل آنکنی و همکاران^(۱) [13] است. مطابق این مدل (شکل ۱۳) تشکیل گرانیتوئیدهای نوع A با یک فاز کششی که معمولاً پس از هر فاز فشارش وجود دارد، در ارتباط است. مکانیسم عمل بدین صورت است که در اثر کششی که صورت می‌گیرد، شکستگی‌ها و گسل‌های عمیقی ممکن است حاصل شود. ماگمای بازیگ که از گوشته فوقانی سرچشمه می‌گیرد به سمت بالا صعود نموده و موجب ذوب پوسته می‌گردد. مواد مذاب حاصل از ذوب پوسته ممکن است تشکیل با تولیت‌های گرانیتوئیدی عمیق را بدهد و یا اینکه به سمت بالا

احتمالاً گرانیت بیوتیت‌دار بعداً در گرانیت سفید نفوذ کرده‌است. در مجاورت این توده نفوذی سنگ‌های دگرگونی مجاورتی از نوع کردیریت هورنفلس و بیوتیت هورنفلس دیده شد که با بیرون‌زدگی اندک این گرانیت سازگار نیست. گرانیت‌های سفید شاه‌بولاغی و سرو جهان از لحاظ پتروگرافی و ژئوشیمیائی کاملاً مشابه گرانیت دوران تشخیص داده شد که ماگمای تشکیل دهنده آنها ساب‌آلکان بوده و از لحاظ تکتونیکی در خانواده گرانیتوئیدهای غیر کوهزائی (نوع A) واقع می‌شوند. ریولیت‌های مهاباد و شرق صائین دژ نیز با ترکیب آلکان شوشونیتی حاوی مقادیر K_2O بسیار بالا و Na_2O بسیار کمتری نسبت به گرانیت دوران بودند.

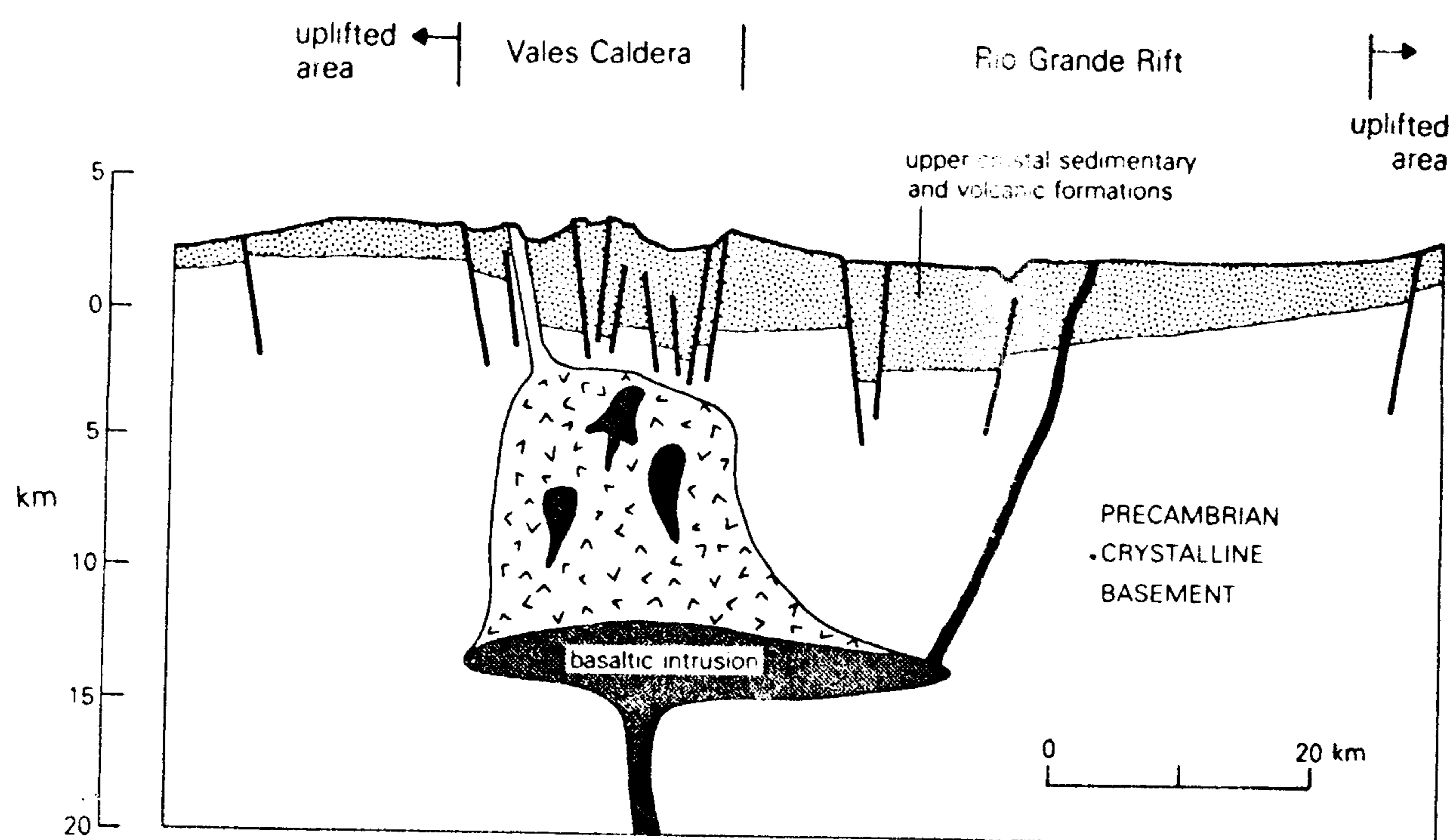
حرکت نموده به سطح زمین برسد (ولکانیک). و یا در نزدیک سطح زمین منجمد شود (ساب ولکانیک)، در هر حال دایکهای دیابازی یا آنکلاوهای بازیک ممکن است به فراوانی در توده گرانیتوئیدی یافت شوند.

شواهد ژئوشیمیایی، دیاگرامهای تعیین محیط تکتونیکی، حضور آنکلاوهای بازیک در توده گرانیتی دوران و نفوذ دایکهای با ترکیب مشابه در سازند کهر، و همچنین عمق تشکیل ماگمای این توده نفوذی که کمتر از ۱۵ کیلومتر ارزیابی شده است (شکل ۱۴)، دلایلی در تأیید تعمیم مدل انکنی و همکاران [13] به گرانیت دوران است. بنابراین می توان پذیرفت که این گرانیتها نیز با یک فاز کششی در ارتباط بوده اند. مواد منبع این گرانیتها احتمالاً ماگمایی است که خود از تفریق ماگمای حاصل از ذوب بخشی پوسته

قاره ای حاصل شده است.

مطابق آنچه که گذشت پذیرفتیم که گرانیت دوران سازند کهر را قطع نموده و با یک سطح فرسایشی در زیر سازند بایندور قرار گرفته است بنابراین از نظر سنی احتمالاً در اینفراکامبرین بوجود آمده است. از طرفی بربریان و کینگ [15]، بربریان [16]، و بربریان و بربریان [17] معتقدند که ایران در زمان اینفراکامبرین در معرض کشش قرار داشته است. این امر نیز در تأیید مدل انکنی و همکاران [13] در خصوص مکانیسم تشکیل گرانیت دوران، از اهمیت خاصی برخوردار است.

نحوه ارتباط توده های نفوذی دوران، شاهبولاغی و سرو جهان که ارتباط ژنتیکی آنها محرز شد می تواند به دو صورت تصور گردد:



شکل ۱۳- شکل شماتیک ریفت ریوگرانند در نزدیکی کالدرای آتشفشانی. در این منطقه استقرار توده بازیک در عمق ۱۵ کیلومتری باعث ذوب بخشی پوسته در مقیاس وسیع شده است. [13]

منابع فارسی

[۳] خلقی، محمد حسین، متامورفیزم پلوتونیزم و استراتیگرافی شرق صائین دژ، رساله کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تهران (۱۳۷۰).

[۴] اسماعیلی، داریوش، بررسی پترولوژیکی و ژئوشیمیائی توده‌های آذرین دوران و مغالو (مناطق زنجان و تکاب)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تهران.

[۱] ولی‌زاده، محمد ولی، رنگ آمیزی انتخابی فلدسپاتها، مجله رشد آموزش زمین‌شناسی، سال دوم شماره ۶ (۱۳۶۵).

[۲] ولی‌زاده محمدولی و اسماعیلی داریوش، پتروژنز گرانیت مغالو، فصلنامه علوم زمین، سال سوم، شماره ۱۰ (۱۳۷۲).

References

- [1] Stoklin, J. Ruttner, A. and Nabavi, M.H., New data on the elower paleozoic and Pre-cambrian of north Iran, Geol. Surv, Iran Report No. 21, 29 (1964).
- [2] Stoklin, J. and Eftekhar-nejad, J., Explanatory text of the Zanjan quadrangle map: 1,250000., Geol. Surv. Iran, Report. No. d4, 59 (1969).
- [3] Alavi, M. Hajian, J. Amidi, M. and Bolourchi, H., Geology of Takab - Saein Qalch Explanatory note of 1:250,000 Map of Takab. Geological Survey of Iran, Report No. 50 (1982).
- [4] Eftekharnejad, J., Explanatory Report for Mahabad Quadrangle Map 1: 250000, English version of the thesis submitted to the Universiteed de paris sud (Centre drsay) Geological Survey of Iran (1980) Geological Quadrangle No. B4 (1980).
- [5] De la Roche, H. Letterrier, J. Grand-Cluade, P. and Marchel, M., A Classification of volcanic and plutonic rocks, using R_1 - R_2 diagrams and major element analyses, its relationships with current nomenclature, Chem. Geol. 29 183-210 (1980).
- [6] Stoklin, J. Nabavi, M. and Samimi, M., Geology and Mineral Survey of Iran, Report No. 2 (1965).
- [7] Streekeisen, A. L., Classification and nomenclature of plutonic Rocks, Geol. Rundsch, 63 (1974).
- [8] Bourodin L. S., Petrochemical trend and classification of the gabbro - granodiorid series, J. Interna. geol. Rev. 30 1189 -1197 (1988).
- [9] Kleemann, G.J. and Twist, D., The Compsitionally - Zoned Sheet-Like granite pluton of the Bushveld complex evidencebearing on the nature of A-type magmatism, J. Petrol. 30 1383 - 1414 (1989).
- [10] Maniar, P. D. and Piccoli, M., tectonic Discrimination of granitoids, Geol. Sco. Am. Bull, 101, 635-645 (1989).
- [11] Bowden, P. Batchelor, R.A. Chappell, B.W.

- Didier, J. and Lamyre, J., Petrological, Geochemical and source criteria for the classification of granitic rocks: a discussionn, *Phy. Earth. Planet. Inter*, **35** 1-11 (1984).
- [12] Batchelor, R.A. and Bowden, P., Petrogenetic interpretation of granitoid rocks using multicationic parameters, *Chem. Geology*, **48** 43-55 (1985).
- [13] Ankeny, L. A. Braile, B.W. and Olsen, K.H., Upper Crustal structure beneath the Jamez Mountains Volcanic Field, New Mexico, determind by three-dimensional simuitaneous inversion of seismic refraction and eartquake data, *Geophys. Res.* **91**, 6188 - 98 (1986).
- [14] Condie, K.C., Trace-element geochemistry of Archean greenston belts, *Earth-Sci. Rev.*, **12**, 393-417 (1976).
- [15] Berberian, M. and King. G.C.P., Towards a petrogeography and tectonic evolution of Iran, *Cam J. Earth Sci* (1981).
- [16] Berberian, M., Continental deformation in the Iranian plateau, Ph.D. Dissertation, University of Cambridge, 300 (1981).
- [17] Berberian, F. and Berberian M., Tectonoplutonic episods in Iran, In: H,K. Gupta and F.M. Delany (eds), *Zagros-Hindu Kush Hymalaya Geodinamic Evlution*, Am. Geophys, Union, Geodynamics (1981).