

نشریه دانشکده علوم، جلد نهم، شماره ۳-۴، دیماه ۲۰۳۶

بررسی کانسنگ‌های مس رگه‌های معدنی حاجی آباد (نزدیک اسدآباد)

ورنر توفار

دانشکده علوم زمین - دانشگاه ماربورگ، آلمان

حسین عرفانی

گروه زمین شناسی دانشکده علوم دانشگاه تهران

خلاصه

در این مقاله کانسنگ‌های مس و سرب و روی رگه‌های معدنی کانسار حاجی آباد (واقع در ده - کیلومتری جنوب شرقی اسدآباد) برای اولین بار مورد مطالعه قرار می‌گیرد. این بررسی بوسیله میکروسکپ با نور منعکس انجام گرفته است و ناظر بر «پاراژنز» این کانسنگ هاست. در کانسنگ‌هایی از این رگه‌ها که بشدت اکسیده شده‌اند، از روی بقایای کانی‌های قبلی، تشکیلات اولیه پاراژنز آن که شرایط مربوط به حرارت‌های بالا را معرفی می‌کنند «بازسازی» میشود. همزمان با توصیف کانی‌های اولیه و شرایط تشکیل آنها، تشکیلات مربوط به حرارت پائین (ثانوی) نیز مورد مطالعه قرار می‌گیرد و باین ترتیب موقع زمین شناسی کانسار مزبور توضیح داده میشود.

مقدمه

در نزدیکی ده حاجی آباد واقع در ده کیلومتری اسدآباد، در منطقه کریستالین غرب ایران مدتی پیش چند رگه سرب و روی کشف شده است. نتیجه یک مطالعه کلی در باره پاراژنز و مختصری در باره سنگ‌شناسی و زمین شناسی اطراف این رگه‌ها قبلاً انتشار یافته است (عرفانی، ح- ۱۳۵۴). فراوانترین ترکیبات فلزی این رگه‌ها گالن و بلانداست. ترکیبات مس نیز بطور محلی بمقدار نسبتاً زیاد در رگه‌های کوارتزی این کانسار تشکیل شده است که در این بحث به بررسی آنها می‌پردازیم. تمام کانی‌های مورد مطالعه بشدت اکسیده شده‌اند و کانسنگ باین جهت دارای مقدار زیادی اکسیدهای آهن است که با پوسته‌های نازکی از ملاکیت و گاهی آزوریت همراه است. در این مطالعات یک سری کانی‌های مربوط به حرارت‌های پائین (از قبیل بورنیت، کالکوزین، نئودیزنیت، کوولین آبی، کانی‌های واسط، پیریت، هماتیت، هیدروکسید آهن سوزنی، ولپیدو کروکیت، مارکاسیت، ملاکیت و آزوریت) و نیز آثار

وبقائاتی از کانی‌های اولیه تشخیص داده شده‌اند. از کانی‌های اولیه کالکوپیریت، پیروتین، پیریت، ماکیناویت، بلاند، آرسنوپیریت، گالن و تترائدریت قابل ذکرند. علاوه بر آنها کانی‌های پسودوسرف کربنات-های اولیه که احتمالاً ترکیب سیدریتی داشته‌اند نیز مشخص شده‌اند.

کانی‌های اولیه

کالکوپیریت: کالکوپیریت در نمونه‌های مورد مطالعه فراوان تر از سایر کانی‌های اولیه است، این کانی بصورت قطعه قطعه که غالباً به اکسیدهای آهن تجزیه شده است دیده می‌شود (شکل‌های ۱ تا ۳، ۶ و ۷). علاوه بر تعداد کمی از دانه‌های مجدداً تبلور یافته‌آن، غالباً میتوان تیغک‌های ریزموازی تانیشترمانند حاصل از تغییر شکل کالکوپیریت اصلی حرارت بالا را نیز تشخیص داد (شکل‌های ۱ تا ۳). عوامل تکتونیکی بعد از تبلور تغییراتی در آن ایجاد کرده‌اند و این تغییرات بصورت انحناهایی در تیغک‌ها و همچنین ماکل‌های فشاری در آنها تظاهر می‌یابند (شکل ۳). کالکوپیریت در امتداد حدود و مرز دانه‌ها و همچنین در امتداد درزهای جدیدی که در آن ایجاد شده‌اند بطور پیشرونده‌ای بوسیله بورتیت، کالکوزین، نئودیزنیت، کولین‌آبی و سرانجام بوسیله اکسید آهن (هماتیت) جانشین می‌گردد.

خود کانی‌های مزبور نیز به هماتیت تجزیه شده‌اند. آثار رخ در جهت {111} بلورهای کالکوپیریت بر اثر هوازدگی بطور مبهمی ظاهر می‌شود. غالباً بقایای کالکوپیریت بصورت دانه‌های ریز در داخل هماتیت تشخیص داده می‌شود و در برخی موارد این کانی بطور کامل به هماتیت تبدیل شده است و هماتیت در قالب «پسودوسرف» آن ظاهر می‌گردد. حدفاصل دانه‌های کالکوپیریت و هماتیت بوسیله حاشیه باریکی از کالکوزین مشخص می‌شود (شکل‌های ۱ تا ۶ و ۷). علاوه بر کالکوزین کانی‌های نئودیزنیت و کولین نیز در این محل بچشم می‌خورند (شکل‌های ۱۱ و ۱۲).

ماکیناویت: در برخی نمونه‌های کالکوپیریت، بطور محلی دانه‌های ریز و پراکنده‌ای از کانی ماکیناویت (شکل ۴ و ۷) دیده می‌شود. این دانه‌ها با دانه‌های پیروتین مجتمع شده‌اند. بخشی از این دانه‌ها بنظر می‌رسد ناشی از تجزی پیروتین به کالکوپیریت باشد و بخشی نیز به پسودوسرف پیروتین تعلق دارد. بلاند: ذرات بلاند در برخی نمونه‌ها بشکل «ستاره‌ای» (شکل ۱ تا ۴) در داخل کالکوپیریت دیده می‌شود. این ذرات احتمالاً حاصل از تفریق در داخل کالکوپیریت هستند (شکل ۴ و ۵). در نمونه‌هایی که دارای کالکوپیریت فراوان هستند، ذرات یا دانه‌های مستقل بلاند وجود ندارد. بطور محلی دو کانی کالکوزین و نئودیزنیت نیز بصورت حاشیه دگرسانی در حول بلاند ظاهر می‌گردند (شکل ۴ و ۵).

پیریت: پیریت بشکل دانه‌های درشت و پراکنده در داخل هماتیت و کالکوپیریت دیده می‌شود (شکل ۶) و غالباً هم بوسیله هماتیت (اکسید سوزنی و لپیدوکروکیت) جانشین شده است. گاهی نیز پسودوسرف آن بصورت هماتیت دیده می‌شود، لیکن بلورهای ایدیوسرف پیریت اولیه هم بصورت منفرد و هم بشکل مجتمع هنوز هم قابل تشخیص هستند. دانه‌های پیریت که بعداً و جدیداً ایجاد شده‌اند از پیریت اولیه تمیز داده می‌شوند. این دانه‌ها بطور ثانوی بر اثر دگرسانی ماکیناویت و یا پیروتین (شکل ۷) بوجود آمده‌اند.

پیروتین: در برخی نمونه‌های کالکوپیریت دانه‌های ریز و پراکنده‌ای از پیروتین وجود دارد. پیدایش آنها ممکن است ناشی از تفریق کالکوپیریت باشد (شکل ۷). این دانه‌ها از حیث شکل ظاهری گاهی باشکل خاص پنتلاندیت «شعله‌های پنتلاندیت» مشابهت دارند و غالباً در محل درزهای حاصل از انقباض در کالکوپیریت دیده می‌شوند. بخشی از پیروتین نیز احتمالاً بر اثر دگرسانی ماکیناویت تشکیل شده است.

آرسنوپیریت: آرسنوپیریت بطور نادر بشکل دانه‌های ریز وایدیوسرف در داخل کالکوپیریت دیده میشود. مقدمه جانشین شدن این کانی بوسیله هماتیت در حواشی این دانه‌ها قابل تشخیص است. گالن: گالن در برخی نمونه‌ها همراه کالکوپیریت است لیکن بصورت بلورهای درشت و زیاد در کوارتز نیز تشکیل گردیده است. بلورهای آن در نمونه‌های مورد مطالعه رخ مشخص {100} را نشان می‌دهند که بر اثر جانشینی بعدی کانی‌های ثانوی (سروسیت، کولین آبی) کاملاً مشخص میگردند (شکل ۸). در برخی نمونه‌های آن دفورماسیون بعد از تبلور که مربوط به تأثیرات تکتونیکی است، بخصوص در درزهائی که خمیدگی دارند قابل رؤیت است (شکل ۸). این بلورها در نورپلاریزه نوعی «انیزوتروپی» ضعیف نشان می‌دهند.

تتراندیریت: تتراندیریت بطور نادر در داخل گالن بصورت «انکلوزیون»های بسیار ریز تشخیص داده شده است.

کربنات: در بین پاراژنهای اولیه، کربنات نیز وجود داشته است که احتمالاً واجد ترکیب - سیدریتی بوده است. گرچه حتی آثار این کربنات در نمونه‌های مورد مطالعه بچشم نمی‌خورد، لیکن پسودوسرف مشخصی از کربنات اولیه در داخل هماتیت قابل تشخیص است. مالا کیت در برخی جاها این قالب «پسودو-سرفی» را اشغال کرده است.

کانی‌های ثانویه

پاراژنز کانی‌های اولیه بر اثر عوامل تجزیه اتمسفری بشدت تغییر یافته است. این تغییرات بویژه در بلورهای کالکوپیریت دیده میشود. در این مبحث به شرح تشکیلات جدیدی که دارای ترکیب سولفوریک هستند می‌پردازیم و به کانی‌های جدید دیگر مانند مالا کیت و آزوریت و سایر ترکیبات ناشی از اکسیداسیون اشاره‌ای خواهیم کرد:

بورنیت: کانی بورنیت بطور محلی، در امتداد درزه‌های جدید کالکوپیریت بصورت ثانوی جانشین آن میگردد (شکل ۹). این کانی در سری تشکیلات ثانوی ماده نسبتاً قدیمی تر را معرفی می‌کند که بعداً مانند خود کالکوپیریت، بوسیله نئودیزنیت و کالکوزین جانشین شده است.

کالکوزین: در داخل هماتیت حاصل از تجزیه کالکوپیریت غالباً بقایای کالکوپیریت تشخیص داده میشود که حواشی بلورهای آن بوسیله کالکوزین جانشین شده است. این حواشی گاهی نیز عریض هستند (شکل‌های ۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲) و مجدداً بوسیله هماتیت جانشین میشوند. غالباً در داخل هماتیت آثاری از کالکوزین مشاهده میشود که پسودوسرف کامل و یا تغییر کامل کالکوپیریت را معرفی می‌کند. در بقایای درشت کالکوپیریت، تشکیل کالکوزین در محل درزه‌های جدید کالکوپیریت و جانشینی تدریجی آن بوضوح قابل تشخیص است. در برخی نمونه‌ها دونوع کالکوزین که از لحاظ خواص نوری متفاوتند تشخیص داده میشوند. این دونوع اشکال مختلف مربوط به حرارت‌های تشکیل آنها را معرفی میکنند.

نئودیزنیت: نئودیزنیت مانند کالکوزین و غالباً مجتمع با آن بصورت حاشیه «جانشینی» در حوال کالکوپیریت دیده میشود (شکل ۱۰ و ۱۱). در برخی نمونه‌ها حاشیه جانشینی در حوال کالکوپیریت از اجتماع نئودیزنیت و کالکوزین تشکیل میشود ولیکن بطور محلی نئودیزنیت بعنوان جانشین بلاند (شکل ۱۰) و بورنیت ثانوی (شکل ۹) نیز ظاهر میشود.

کولین: کولین عیناً نظیر کالکوزین و نئودیزنیت بصورت حاشیه جانشینی کالکوپیریت و در

واقع در جهت {111} بلورهای آن تشکیل شده است (شکل های ۱۱ و ۱۲). مجتمع های کولین که از کالکوپیریت ایجاد شده اند بطور محلی در داخل هماتیت نیز وجود دارد. ضمناً کولین همراه سروسیت در محل رخ های گالن قابل تشخیص است (شکل ۸). این کانی در مطالعه با «ایمرسیون روغنی» به نوع کولین آبی منتسب میشود و نوع معمولی آن در هیچیک از نمونه ها دیده نشده است.

پیریت حدواسط: گاهی پیروتین به اشکال حدواسط پیریت و مارکاسیت تغییر یافته است و خود مارکاسیت نیز بوسیله پیریت ثانوی جانشین گردیده است (بامنابع شماره ۴ و ۱ مقایسه شود). مارکاسیت: مارکاسیت بطور محلی از تشکیلات حدواسط مربوط به تغییر پیروتین ایجاد شده است. ضمناً این کانی بصورت بلورهای ایدیومرف و ریز در داخل گانگ کوارتز و در کالکوپیریت نیز دیده میشود (شکل ۳). بخشی از این بلورها بوسیله هماتیت جانشین شده است. این بلورها ممکن است به تشکیلات حرارت پائین محلول های بالارو تأخیری تعلق داشته باشد.

هماتیت: در بین تشکیلات ثانوی، اکسیدهای آهن بیشتر از سایر کانی هاست (شکل های ۱ تا ۳ و ۶ و ۷ و ۱ تا ۳). این اکسیدها هم بشکل سوزنی وهم بصورت لپیدوکروکیت ظاهر میگردند. در حالت اخیر غالباً جانشین پیریت شده اند (شکل ۶). هماتیت در بین تشکیلات ثانوی جدیدترین آنها را معرفی می کند. و حتی درجائی که هیچگونه اثری از کانی دیده نمیشود از شکل «پسودومرف» آن میتوان بی برد که کانی قبلی مثلاً کالکوپیریت اولیه، پیریت ویایک کربنات بوده است.

مالاکیت و آزوریت: مالاکیت در داخل هماتیت نسبتاً فراوان و گاهی نیز با آزوریت همراه است. این کانی بشکل بوسته ای ورشته ای دیده میشود که گاهی جانشین هماتیت میشود و گاهی هماتیت بجای آن تشکیل می گردد. دو کانی مالاکیت و آزوریت بشکل رگچه های بسیار باریک، کانسنگ های اکسیده شده را قطع می کنند و علاوه بر آن بصورت بلورهای ریز در فضاهای خالی این کانسنگ ها و در داخل گانگ کوارتز دیده میشوند. مالاکیت بطور محلی پسودومرف کربنات ها و احتمالاً سیدریت را در داخل هماتیت معرفی می کند که بصورت انباشتگی ساختمان شبکه مانند هماتیت در جهت {10-11} کربنات اولیه تشکیل شده است. ظهور آزوریت اصولاً امکان پیدایش یک کانی آرسنیک را در پاراژنز قابل پیش بینی میسازد. در نمونه های مورد مطالعه کانی آرسنوپیریت تشخیص داده شده است.

نظری در باره ژنز کانسنگ ها

با اینکه بخشی از نمونه های مورد مطالعه بشدت اکسیده شده است، باز آثاری از پاراژنز اولیه را در آن ها تشخیص می دهیم که اظهار نظر درباره شرایط تشکیل مواد معدنی را امکان پذیر می سازد. مهمترین مشخص تجمع کانی های اولیه در این کانسنگ ها تشکیلات متعلق به حرارت بالا است. این نکته از تفریق بسیار مشخص «سناردهای بلاند» و ما کیناویت به کالکوپیریت و همتر از آن وجود تیغک های نیزه مانند و موازی کالکوپیریت حرارت بالا استنباط می شود.

تفریق ما کیناویت در کالکوپیریت بنا بنظر رامدور (۱۹۷۶) سمیز کالکوپیریت های حرارت بالاست. معذک این تفریق در حرارت های نسبتاً پائین تر انجام می گیرد. بالاترین حد پایداری ما کیناویت تابع مقدار نیکل و کبالت در ترکیب آن است و این حد بنا بنظر کلارک (۱۹۶۶) و تاکنو و کلارک (۱۹۶۷) در حدود ۱۳۵ درجه سانتی گراد میباشد.

موجودیت کالکوپیریت حرارت بالا بعنوان یک «حرارت سنچ» مهم زمین شناسی تلقی میشود

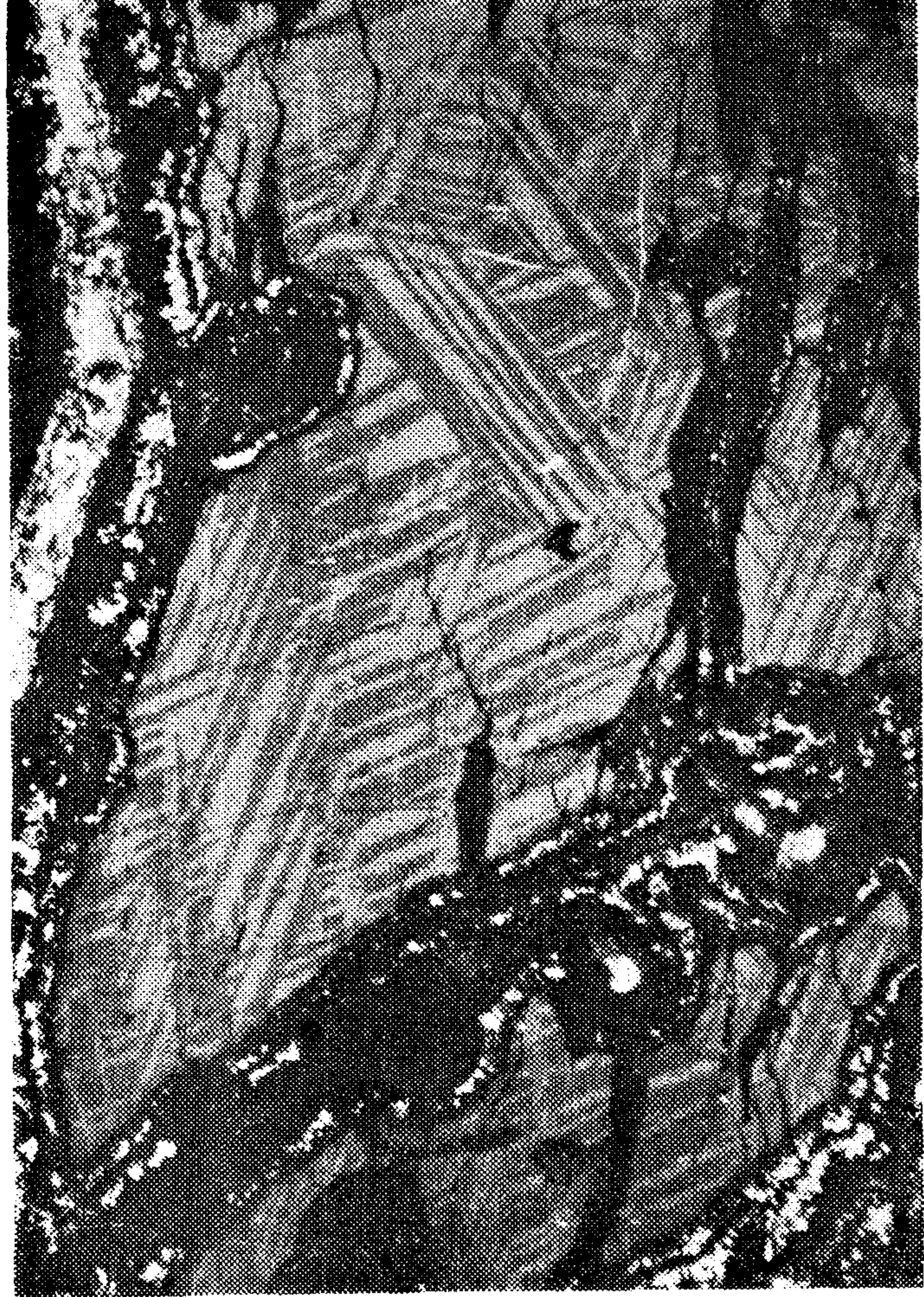
(مقایسه شود با نظریات پ. رامدور- ۱۹۶۰-۱۹۷۶). در تحقیقات مفصلی که در سیستم Cu - Fe - S انجام گرفته است، کالکوپیریت حرارت بالا از طرف محققین دیگری (رجوع شود به منابع شماره ۱۲۹۱۱) - بعنوان یک حرارت سنج زمین شناسی خیلی مهم منظور شده است. حرارت تغییر کالکوپیریت تتراگونال به یک فاز بلور مختلط حرارت بالا از طرف هیلروپروستن (۱۹۵۶) در حدود ۵۵۰ درجه سانتی گراد تعیین گردیده است. در تجربیات دوسحق دیگر (منابع شماره ۱۲۹۱۱) نقطه تغییر کالکوپیریت تتراگونال به کالکوپیریت مکعبی حرارت بالا (در مورد خاص کالکوپیریت سنتتیک) در حدود ۵۰۷ ± ۵ درجه داده شده است در حالی که کالکوپیریت تتراگونال سنتتیک در تعادل با کوبانیت در حرارت تقریباً ۴۸۰ درجه به نوع مکعبی تغییر شکل یافته است. لازم بتذکر است که در کانسنگ های حاجی آباد کانی کوبانیت تشخیص داده نشده است و این موضوع جای تعجبی ندارد، زیرا از پاراژنهای نسبتاً کم آهن این کانسنگ ها میتوان پی برد که برای تشکیل کوبانیت تمرکز کافی آهن وجود نداشته است.

نقطه تغییر کالکوپیریت تتراگونال به کالکوپیریت مکعبی حرارت بالا بنظر برخی از محققین (منابع شماره ۱۲۹۶) بر اثر بالا رفتن فشار، بطور متوسط بازا هر ۱۰۰ بار فشار در حدود ۴ درجه سانتی گراد پائین می آید و نزول آن در شرایط فشار ۴ کیلو بار در حدود ۵ ± ۰.۰۴ درجه سانتی گراد است. چون کالکوپیریت در طبیعت فاقد یک فرمول استوکیومتریک کامل است، همانطور که مطالعات فرانتس (۱۹۷۱) نیز آنرا تأیید می کند، از این لحاظ در کالکوپیریت های طبیعی حرارت بالا میتوان تغییرات کوچکی انتظار داشت.

از لحاظ توالی کانی ها، بنظرمی رسد بین کالکوپیریت و پیریت هیچ تفاوت زمانی وجود نداشته است. پیریت به دلیل گرایش زیاد به تبلور غالباً بشکل بلورهای ایدئومرف تشکیل شده است و بنابراین میتواند در توالی تشکیل قدیمی تراز سایر کانی ها تلقی گردد.

نکته قابل توجه در این میان، تأثیرات تکنونیک اعمال شده بر کانسنگ هاست. این عامل موجب دفورماسیون شدیدی بعد از تبلور آنها گردیده است. از آن جمله است ماکل های فشاری ظریفی که منتهی به تشکیل تیغک هادر کالکوپیریت گردیده است و کاملاً بچشم میخورد. چنین پدیده ای در هیچ مورد دیگری در کالکوپیریت دیده نمیشود. دفورماسیون بعد از تبلور در بلورهای گالن نیز بخوبی مشاهده میگردد.

از نکات دیگر قابل بحث تغییرات بعدی کانسنگ ها بوسیله آبهای اتمسفری است که در ضمن آن کالکوپیریت بوسیله کالکوزین، نتودیزینیت و کوولین آبی و بورنیت جانشین شده است. بورنیت در بین کانی های ثانوی قدیمی تراز همه است و خود آن نیز در ضمن هوازدگی بوسیله سولفورهای جدیدتر رس جانشین شده است. در تغییر سولفورها به هماتیت، بنظرمی رسد کوولین در برابر عوامل تجزیه کننده مقاومت بیشتری نسبت به کالکوزین و نتودیزینیت داشته است. کوولین آبی غالباً در قسمت های هماتیتی جدید هنوز هم وجود دارد در صورتی که سایر سولفورها در آن زایل شده اند و یا بعبارت دیگر همه آنها به هماتیت تغییر یافته اند.



شکل ۱- ب



شکل ۲- ب



شکل ۱- الف



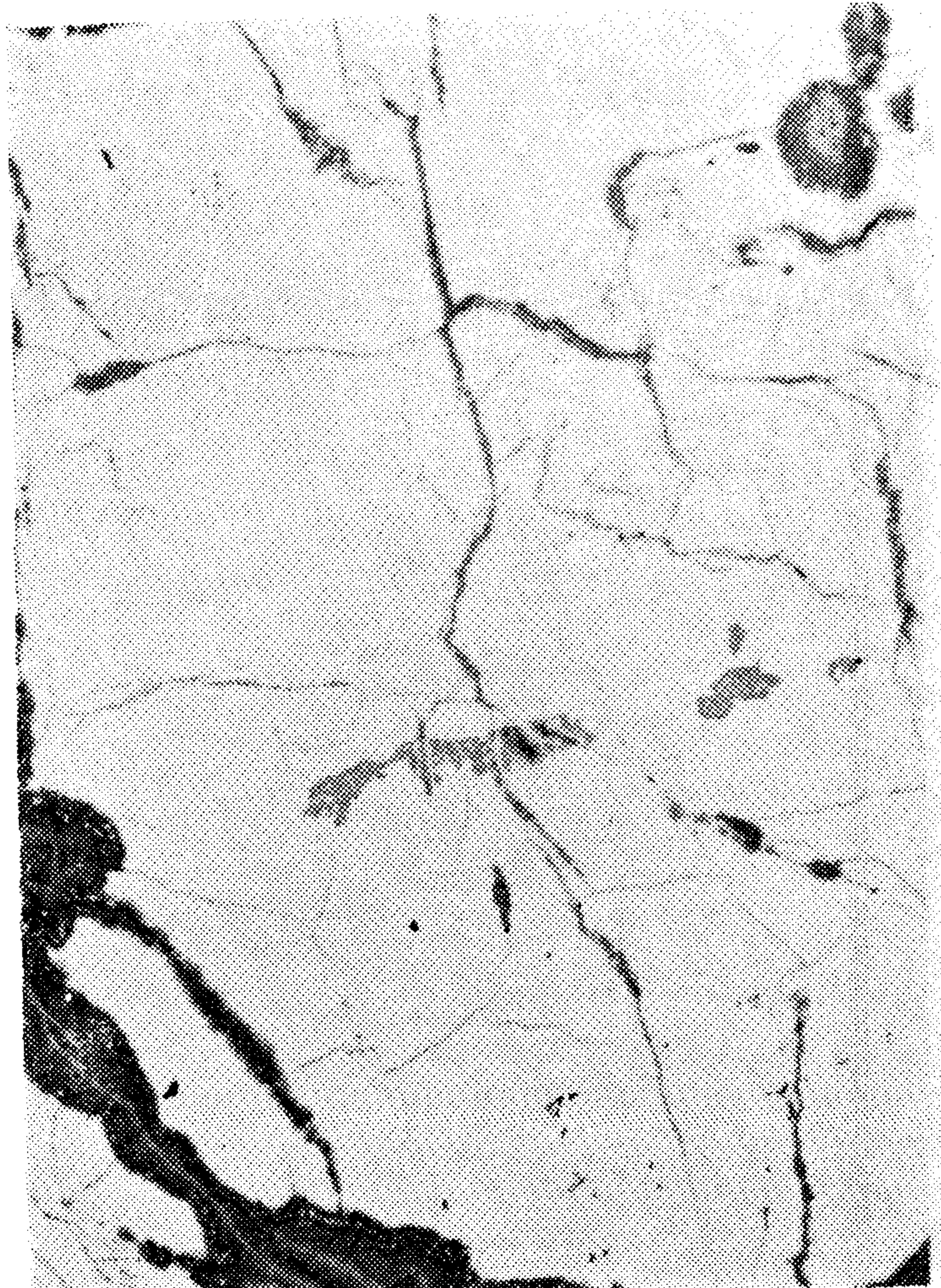
شکل ۲- الف



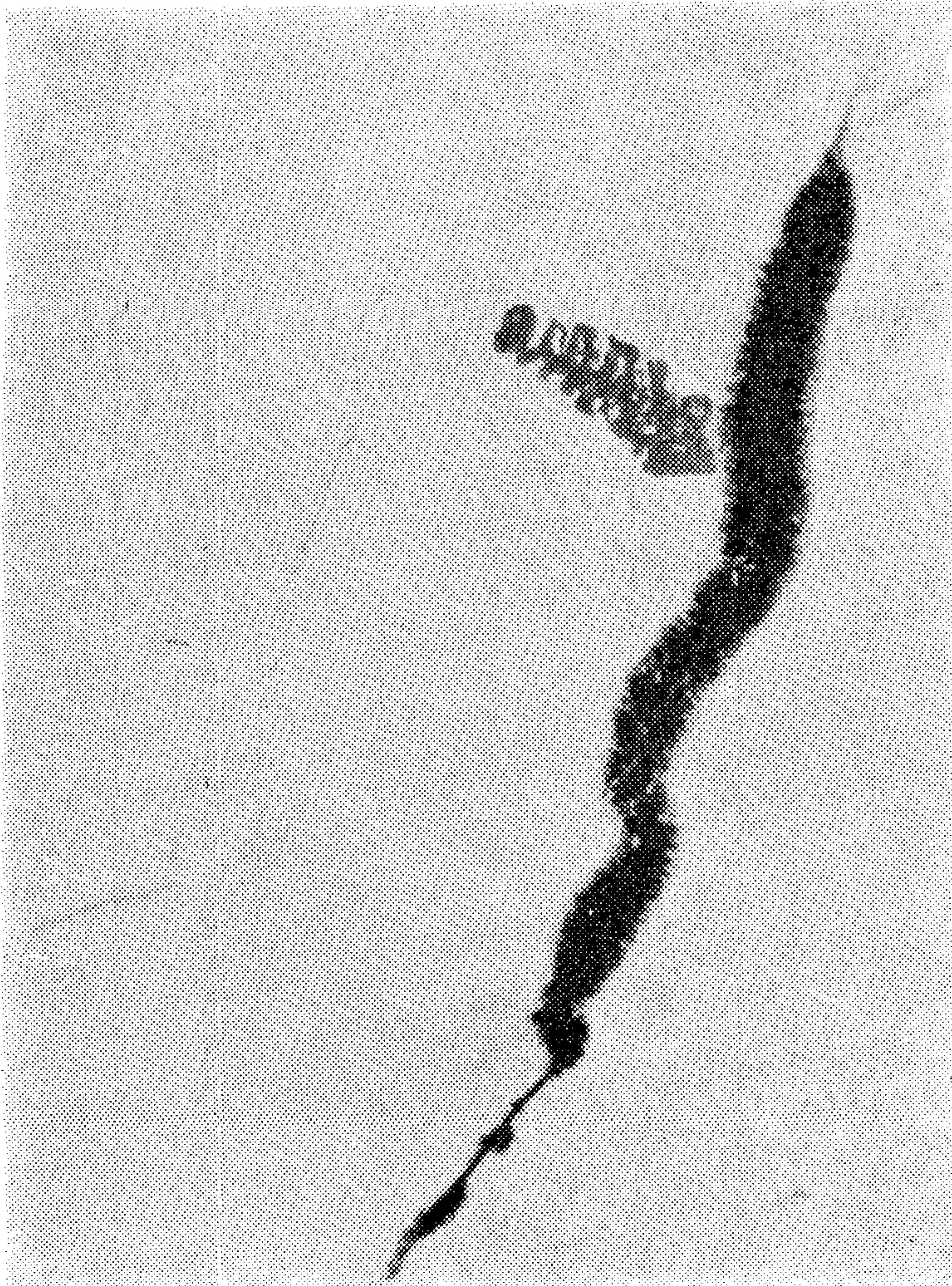
شکل ٣-ب



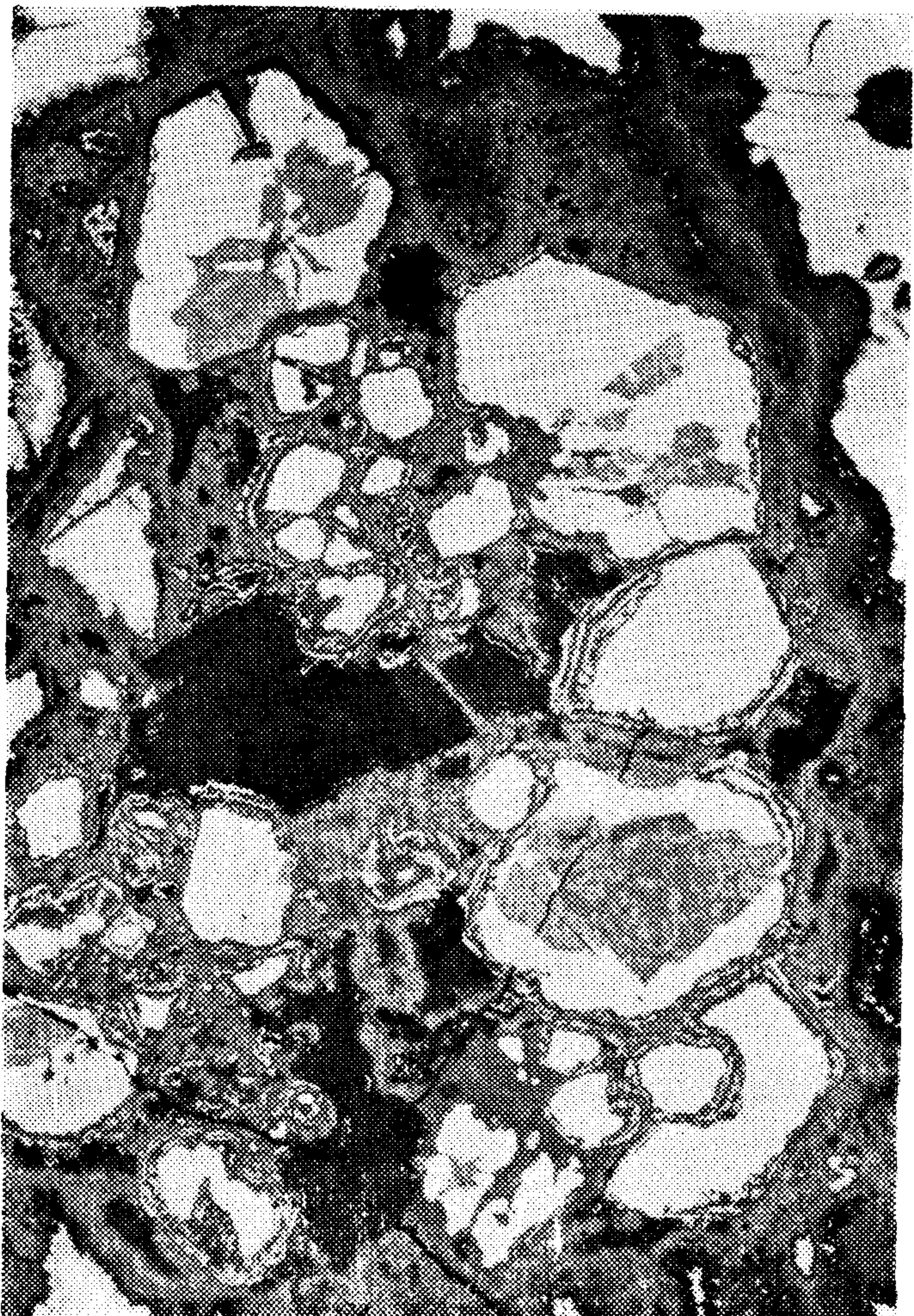
شکل ٤-ب



شکل ٣-الف



شکل ٤-الف

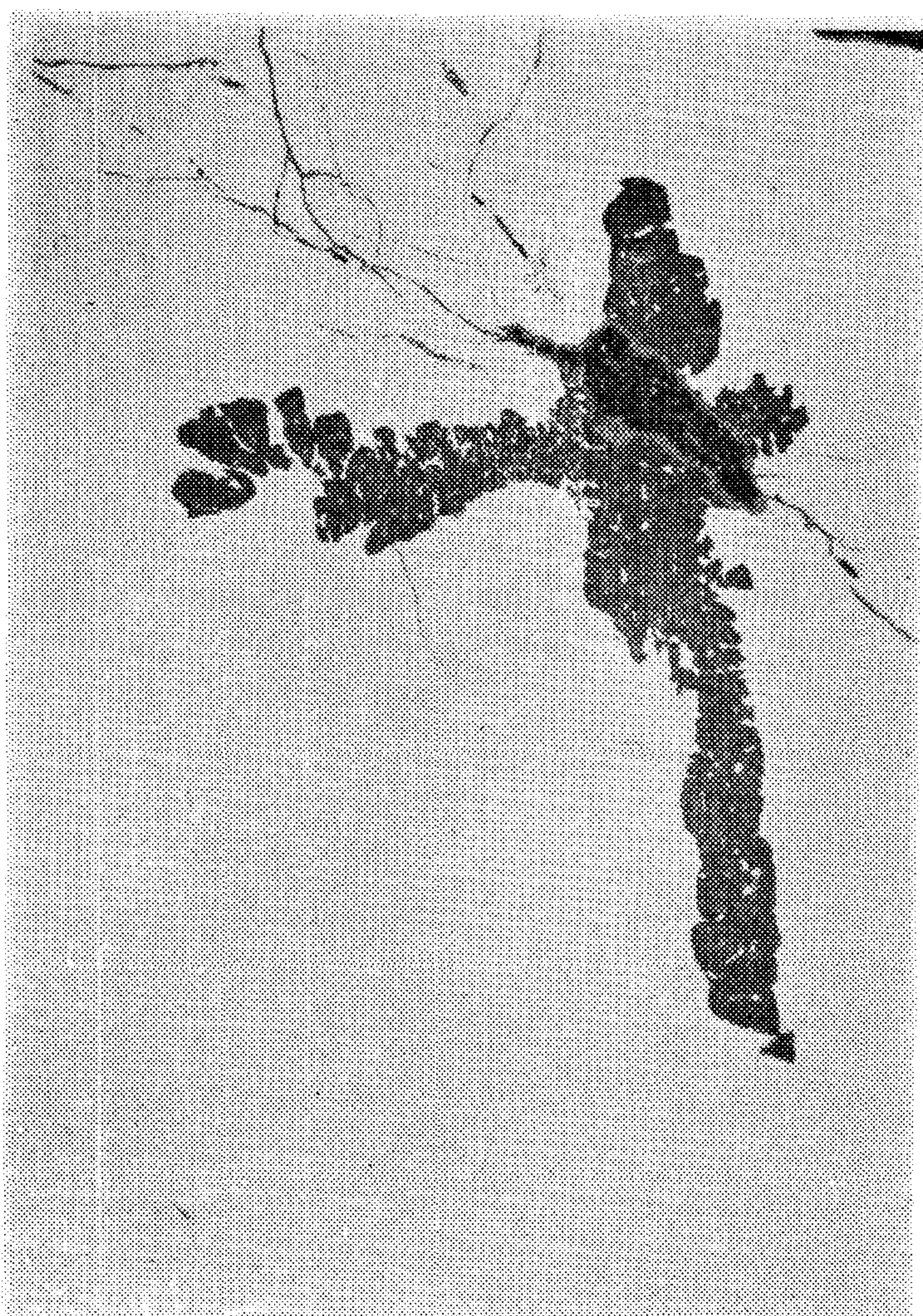


شکل ۶

۱۱۰



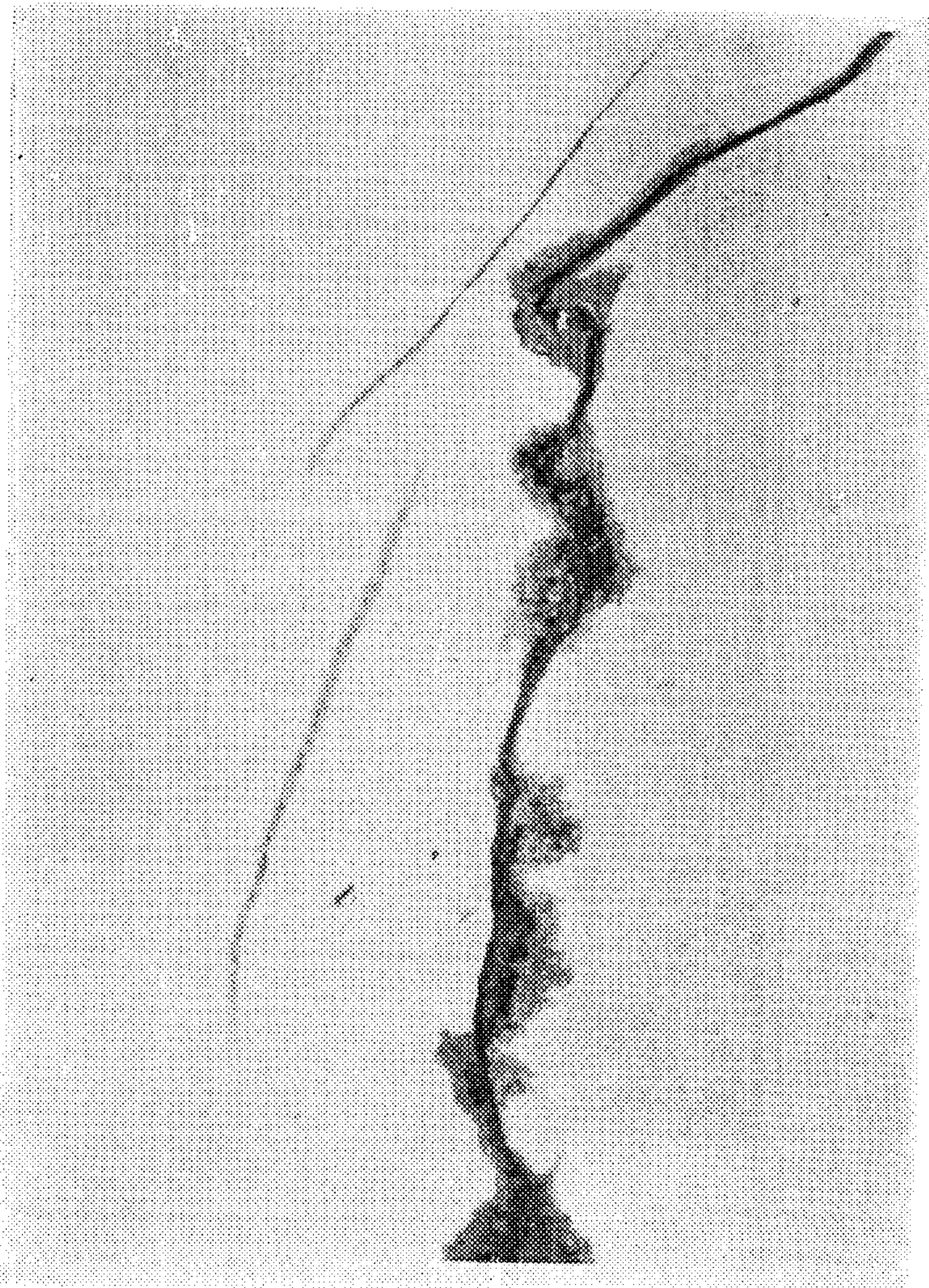
شکل ۷-ب



شکل ۸



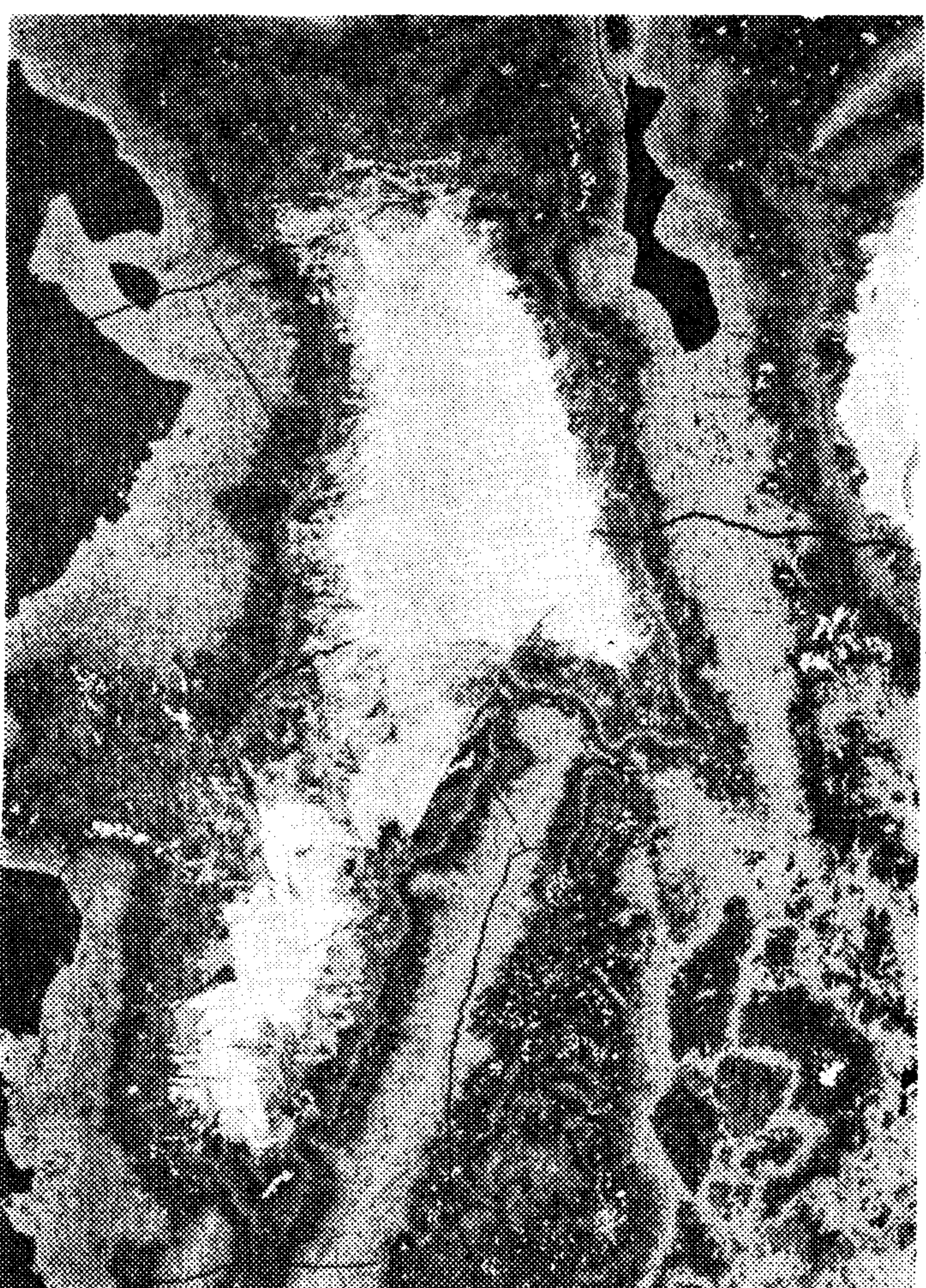
شکل ۷-الف



شکل ۹



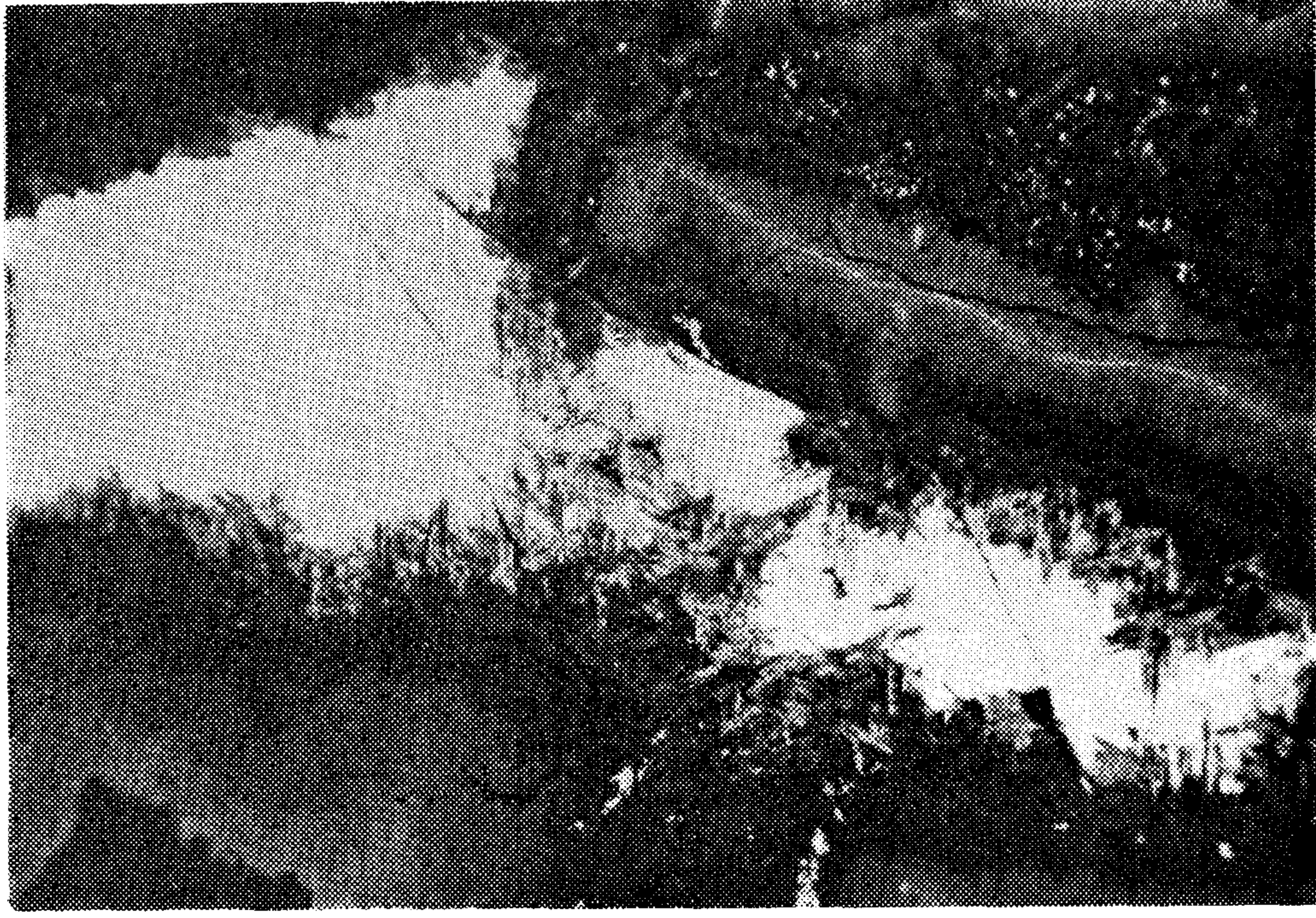
شکل ۸



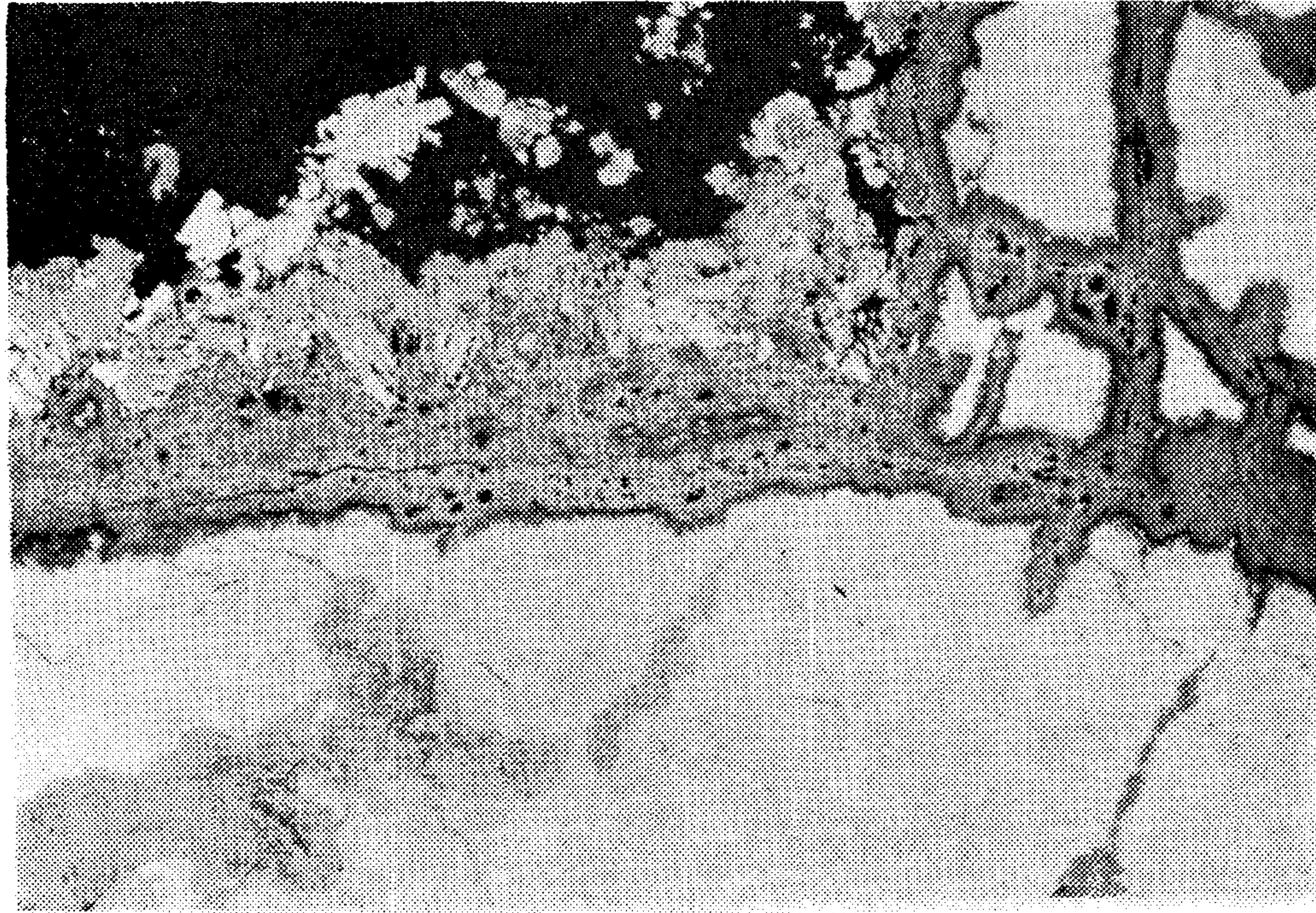
شکل ۱۱



شکل ۱۰



شکل ۱۲



شکل ۱۳

توضیح اشکال :

شکل های ۱ و ۲- (شکل ۱- الفوب بایک نیکل و شکل های ۲- الفوب بانیکل های صلیبی) بقایای کالکوپیریت (خاکستری روشن، تقریباً سفید) در داخل متن هماتیتی (خاکستری تیره با شدت های متفاوت). کالکوپیریت قبل از همه در امتداد درزها تغییر یافته است. در برخی نقاط آن نوعی تفریق که منجر به تشکیل «ستاره های بلاند» گردیده است (برنگ خاکستری متوسط) دیده میشود. در حواشی آن در حد فاصل کالکوپیریت با هماتیت نوار باریکی در برخی جاها دیده میشود که بر اثر جانشینی کالکوزین بوجود آمده است (برنگ خاکستری متوسط). در اشکال (۱- الف) و (۲- ب) کالکوپیریت ساخت مشخص تیغک های ریز و موازی مربوط به شکل حرارت بالا را نشان می دهد. برخی از قسمت های هماتیت با شدت روشن شده است (پدیده انیزوتروپی کوولین و همینطور انعکاس داخلی کانی های گانگ ثانوی) بزرگنمایی: $\times 70$

شکل های ۳ (الفوب)- آثار کالکوپیریت (خاکستری روشن) که در امتداد درزها بوسیله کالکوزین (خاکستری متوسط) جانشین شده است. همین کالکوزین- مثل خود کالکوپیریت- بوسیله لیمونیت (خاکستری تیره و تقریباً سیاه) جانشین گردیده است. در داخل کالکوپیریت دانه های بلاند (خاکستری متوسط) حاصل از تجزی و همچنین دانه های ظریف پیروتین (خاکستری روشن و کمی تیره تر از کالکوپیریت) دیده میشود. دانه های اخیر بخشی بوسیله پیریت (خاکستری روشن) جانشین شده است (پسودومرف). در شکل ۳- ب همزمان با ساخت تیغکی تانیزه های تیغک های تغییری (که گاهی بر اثر دفورماسیون های بعد از تبلور خمیدگی یافته اند) دیده میشود. مجموعه تیغک های ظریف مربوط به ماکل فشاری قابل تشخیص است. کوولین (با پدیده انیزوتروپی) و مقداری گانگ ثانوی (با انعکاس داخلی) روشن شده اند. بزرگنمایی: $\times 70$.

(شکل ۳- الف بایک نیکل و شکل ۳- ب در مطالعه بادونیکل صلیبی تهیه شده است.)

شکل های ۴ (الفوب)- اجزای باقیمانده از کالکوپیریت بزرگتر شده است (خاکستری روشن و تقریباً سفید) و در آن دانه های بلاند (خاکستری تیره) ملاحظه می گردد که آن نیز دارای ذرات بسیار ظریفی از کالکوپیریت (حاصل از تفریق) است. در نیمه پائین شکل در جوار پیروتین (خاکستری متوسط) ما کیناویت نیز دیده میشود (در شکل الف- خاکستری متوسط و در شکل ب: خاکستری روشن و تقریباً سفید پلئوکروئیسیم انعکاسی!). در امتداد درزهای جدید کالکوپیریت بوسیله کالکوزین جانشین شده است. درز عریض مربوط به نیمه فوقانی شکل بوسیله هماتیت (تقریباً سیاه) پر شده است. در حول کالکوپیریت و بلاند حاشیه نازکی از جانشین شدن کالکوزین قابل تشخیص میباشد. (مطالعه با ایمرسیون روغنی- بزرگنمایی:

($\times 200$)

شکل ۵- کالکوپیریت (تقریباً سفید) با بلاند («ستاره های بلاند» - برنگ خاکستری تیره که بخشی از آن بر اثر انعکاس داخلی روشن تر شده است) حاصل از تفریق که خود آن نیز دارای دانه های ریز کالکوپیریت حاصل از تفریق است. در امتداد درزهای جدید کالکو- پیریت، جانشینی بوسیله نئودیزنیت (خاکستری متوسط) انجام گرفته است که در برخی نقاط

(در نیمه چپ بخش فوقانی عکس) حاشیه جانشینی باریکی در حول کالکوپیریت و بلاند تشکیل می‌دهد و خود نیز بوسیله هماتیت (تقریباً سیاه‌رنگ) جانشین می‌شود. در برخی نقاط کالکوپیریت، دانه‌های ریز و پراکنده پیریت (تقریباً سفید) و کمی ماکیناویت (خاکستری) دیده می‌شود. (مطالعه با ایمرسیون روغنی - بزرگنمایی: $\times 200$).

شکل ۴ - بقایای مجتمع‌های پیریت (سفیدرنگ) در هماتیت (خاکستری متوسط، خاکستری با شدت‌های مختلف؛ اکسید آهن سوزنی و لپید و کروکیت باتوان انعکاسی و پلئوکروئیسیم انعکاسی متفاوت). اشکال ایدیومرف پیریت بخوبی قابل تشخیص است. برخی از بلورهای پیریت به شدت به هماتیت تجزیه شده‌اند و در حد فاصل آنها و هماتیت حواشی جانشینی باریکی از کالکوزین (خاکستری روشن) دیده می‌شود که در حول کالکوپیریت نیز بچشم می‌خورد (سفید، در ضلع پائین و همچنین ضلع چپ عکس). در داخل هماتیت مقداری مالاکیت (خاکستری تیره تاسیاه، پلئوکروئیسیم انعکاسی) دیده می‌شود که بخشی از آن پسودومرف کربنات اولیه است (در قسمت‌های پائین عکس).

شکل ۷ (الف و ب) - کالکوپیریت (خاکستری روشن) با پیروتین (خاکستری متوسط) که ذرات حاصل از تفریق کالکوپیریت را نشان می‌دهد. در برخی نقاط پیروتین تشکیلات ثانوی شدیدتری از «ترکیبات حدواسط» و پیریت (هر دو خاکستری روشن و بخشی نیز روشن تراز کالکوپیریت) نشان می‌دهد که خودشان نیز به هماتیت تبدیل می‌گردند. در حول کالکو-پیریت کانی بلاند (سیاه، انعکاس داخلی) و ماکیناویت (در شکل الف: خاکستری متوسط و در شکل ب: خاکستری روشن - پلئوکروئیسیم انعکاسی! - در ضلع چپ و نیمه پائین عکس) دیده می‌شوند. (مطالعه با ایمرسیون روغنی - بزرگنمایی: $\times 1000$).

شکل ۸ - گالن (تقریباً سفید) بارخ مشخص آن در جهت {100} که با جانشینی سروسیت (خاکستری متوسط) در امتداد درزها با زهم مشخص تر می‌شود. در برخی قسمت‌ها درزها بر اثر عوامل تکنونیکمی خمیدگی نشان می‌دهند (در نیمه چپ عکس). همراه سروسیت کانی جدید کوولین (که آنهم خاکستری متوسط، ابر مانند است. به بخش بالائی مرکز تصویر در سمت راست توجه شود) نیز در محل درزها تشکیل گردیده است. در حول گالن و یاسروسیت (نیمه پائین عکس) مقداری کالکوپیریت (تقریباً سفید رنگ) با کالکوزین ثانوی (خاکستری روشن) و کمی کوارتز (که گاهی هم ایدیومرف است) دیده می‌شود. بزرگنمایی: $\times 70$).

شکل ۹ - کالکوپیریت (تقریباً سفید) در امتداد درزهایش بوسیله بورنیت (خاکستری متوسط) جانشین می‌شود. خود بورنیت نیز عیناً مثل کالکوپیریت بوسیله نئو دیژنیت (خاکستری تیره و تقریباً سیاه) جانشین می‌گردد. (مطالعه با ایمرسیون روغنی - بزرگنمایی: $\times 1000$).

شکل ۱۰ - در ساختمان متخانیل هماتیت (خاکستری تیره با شدت‌های متفاوت) حاصل از کالکوپیریت (تقریباً سفید) بقایای از کانی اخیر دیده می‌شود. بوضوح قابل مشاهده است که کالکوزین (خاکستری متوسط) در امتداد درزها و حدود دانه‌های کالکوپیریت جانشین

شده است و حاشیه‌هایی تشکیل داده است و خود آن نیز به هماتیت تغییر یافته است .

(بزرگنمایی: $\times 160$)

شکل ۱۱ - در زمینه هماتیت (خاکستری تیره‌باشدت‌های مختلف) و مالا کیت (خاکستری تیره و تقریباً سیاه پلئوکروئیسیم انعکاسی، پسودومرف کربنات اولیه-در نیمه راست و فوقانی عکس) حاصل از کالکوپیریت (تقریباً سیاه) بقایائی از این کانی دیده میشود و علاوه بر آن مقداری کوارتز (سیاه) نیز بچشم میخورد. کالکوپیریت در جهت {111} بوسیله کولین آبی (خاکستری متوسط تا تیره-هریک از تیغک‌های آن بوسیله پلئوکروئیسیم انعکاسی مشخص میشود) جانشین شده است. در داخل هماتیت گاهی ذرات کوچکی از بقایای کالکوزین (خاکستری تیره) حاصل از کالکوپیریت بچشم میخورد.

(مطالعه با ایمرسیون روغنی-بزرگنمایی: $\times 160$)

شکل ۱۲ - بخشی از عکس شماره ۱۱ بزرگ شده است. در این شکل بوضوح دیده میشود که یک قطعه از بقایای کالکوپیریت (تقریباً سفید) در داخل هماتیت (خاکستری تیره‌باشدت‌های متفاوت) در امتداد {111} بوسیله کولین (خاکستری متوسط تا تیره-پلئوکروئیسیم انعکاسی امکان می‌دهد تک تک تیغک‌ها را تشخیص دهیم) جانشین میشود و خود کولین نیز به هماتیت تبدیل میگردد. در برخی نقاط هماتیت هنوز بقایای جانشینی کالکوزین (خاکستری تیره) حاصل از کالکوپیریت دیده میشود. (مطالعه با ایمرسیون روغنی-بزرگنمایی، $\times 250$).

شکل ۱۳ - در داخل کوارتز (سیاه‌رنگ) و در حواشی هماتیت (خاکستری تیره‌باشدت‌های متفاوت) حاصل از کالکوپیریت (خاکستری روشن) بلورهای ایدیومرف مارکاسیت (تقریباً سفید) دیده میشود که بخشی از آن‌ها بشدت بوسیله هماتیت جانشین شده است. در خط مشترک کالکوپیریت با هماتیت حاشیه باریک جانشینی کالکوزین (خاکستری متوسط) قابل تشخیص است (بزرگنمایی: $\times 70$).

REFERENCES

- CLARK, A.H. 1966. Some comments on the composition and stability relations of mackinawite. N. Jb. Miner. Mh., Jg. 1966, H.10, 300-304. Stuttgart.
- ERFANI, H. 1975. The Pb-Zn-deposit of Haji-Abad near Assad-Abad. Bull. Faculty of Science. Tehran Univ. Bd.7, Nr.2-3, 47-52. Tehran.
- FRANZ, E.D. 1971. Stöchiometrischer Kupferkies, stabilisiert durch Substitution von Schwefel durch Selen. N.Jb. Miner. Mh., Jg. 1971. H.1, 11-18. Stuttgart.
- FRENZEL, G. 1955. Das Arsenkiesvorkommen von Erlenbach bei Lindenfels im Odenwald. Notizblatt Hess. Landesamt für Bodenforschung zu Wiesbaden, Bd. 83, 257-266. Wiesbaden.
- HILLER, J.E. und K.PROBSTHAIN 1956. Thermische und röntgenographische Untersuchungen am Kupferkies. Z. f. Kristall., Bd.108, 108-129. Frankfurt am Main.
- KULLERUD, G., P.M.BELL und J.L.ENGLAND 1965. High pressure differential thermal analysis. Carnegie Institution. Washington Year Book, Bd.64, Jg.1964-1965, 197-199. Washington.

- RAMDOHR, P. 1960. Die Erzminerale und ihre Verwachsungen.
Berlin
- RAMDOHR, P. 1976. Die Erzminerale und ihre Verwachsungen.
Berlin
- TAKENO, S. und A.H. CLARK 1967. Observations on Tetragonal
(Fe,Ni,Co)_{1+x}S Mackinawite. Journal of Science
of the Hiroshima University, Serie C, Bd. 5,
Nr.3, 287-293, Hiroshima
- TUFAR, W. 1967. Die Kupfervererzung vom Gaskasjavri in Troms
(Norwegen). Tschermarks min.u.petr.Mitt., Bd.12,
H. 1, 61-99, Wien
- YUND, R.A. und G.KULLERUD 1961. The System Cu-Fe-S. Carnegie
Institution. Washington Year Book, Bd.60, Jg.
1960-1961. 180-181. Washington
- YUND, R.A. und G.KULLERUD 1966. Thermal Stability of Assembla-
ges in the Cu-Fe-S System. Journal of Petrology,
Bd.7, H.3, 454-488, Oxford