



پتروگرافی، کانی سازی و طبقه بندی سنگ های کانسار مس - آهن باران، مشگین شهر

مینا رویتوند غیاثوند (نویسنده مسئول)^۱، حسن برزگر^۲، شهره حسن پور^۳

^{۱و۲} دانشکده علوم، مرکز تهران واحد شرق، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران geologist83@gmail.com

چکیده

محدوده اکتشافی باران در زون ایران مرکزی، استان اردبیل و شمال غرب مشگین شهر واقع شده است. در این منطقه حداقل سه فاز ماگمایی را می توان مشاهده کرد. فاز اول باعث تشکیل سنگ های آتشفشانی با ترکیب توف داسیتی، فاز دوم سنگ های سابولکانیک با ترکیب میکروکوارتز مونزونیت تا میکرودیوریت و فاز سوم باعث تشکیل گدازه های تراکی آندزیتی با پلاژیوکلازهای شده است. واحدهای سنگی رخنمون یافته در این محدوده از نظر زمانی مربوط به ائوسن و کواترنر می باشد و بخش عمده ای از محدوده توسط واحدهای ائوسن پوشیده شده است. واحدهای سنگی محدوده شامل سنگ های آتشفشانی متشکل از لیتیک توف یا برش پیروکلاستیک، توف بلورین و شیشه ای، گدازه های بازالتی و آندزیت بازالتی می باشند. آلتراسیون های محدوده شامل آرژیلیک، آرژیلیک پیشرفته، آلونیتیزاسیون، فیلیک و سیلیسیفیکاسیون می باشد. احتمالاً توده های نفوذی و سابولکانیک در زیر مناطق آلتره در اعماق پایین تر حضور دارند. محدوده به شدت آلتره می باشد و انواع زون های دگرسانی گواه بر نفوذ محلول های هیدروترمال و مشابه آنچه به صورت متداول در سیستم های آهن- مس است. بر اساس نتایج، کانه عمده، کالکوپیریت به صورت افشانی و گاهی رگه- رگچه ای تشکیل شده است. به علاوه توسعه کانی های اکسیدی متنوع در محدوده باران اعم از هماتیت، لیمونیت، گوتیت، ژاروسیت و... حاکی از وجود کانی سازی سولفیدی در اعماق پایین تر می باشد. به طوری که عملکرد فرآیندهای سوپرژن موجب لیچینگ کانی های سولفیدی در سطوح فوقانی ایستابی گردیده و کانی های اکسیدی بازماندی هماتیت، لیمونیت، گوتیت و ژاروسیت و... در سطح رخنمون های آلتره قابل مشاهده هستند.

واژه های کلیدی

کانسار مس - آهن، مشگین شهر، محدوده اکتشافی باران



۱. مقدمه

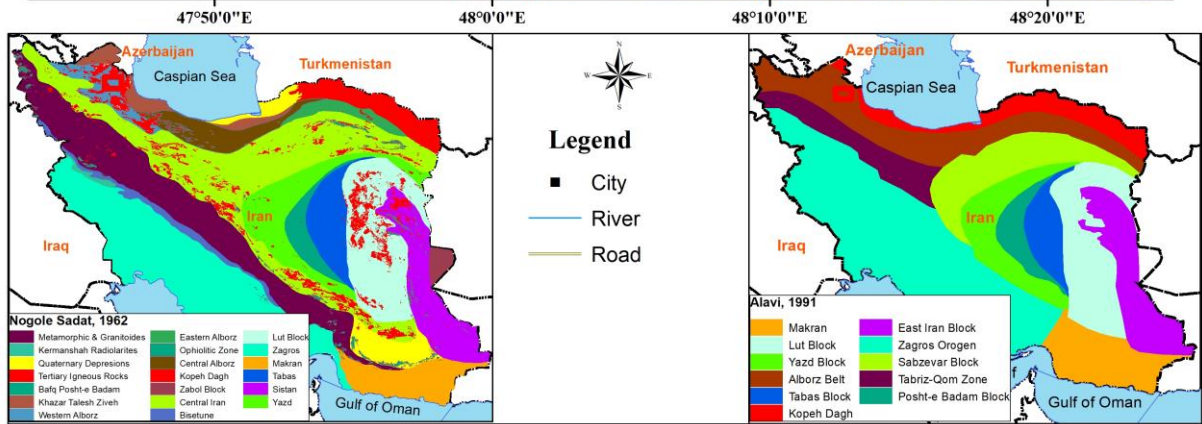
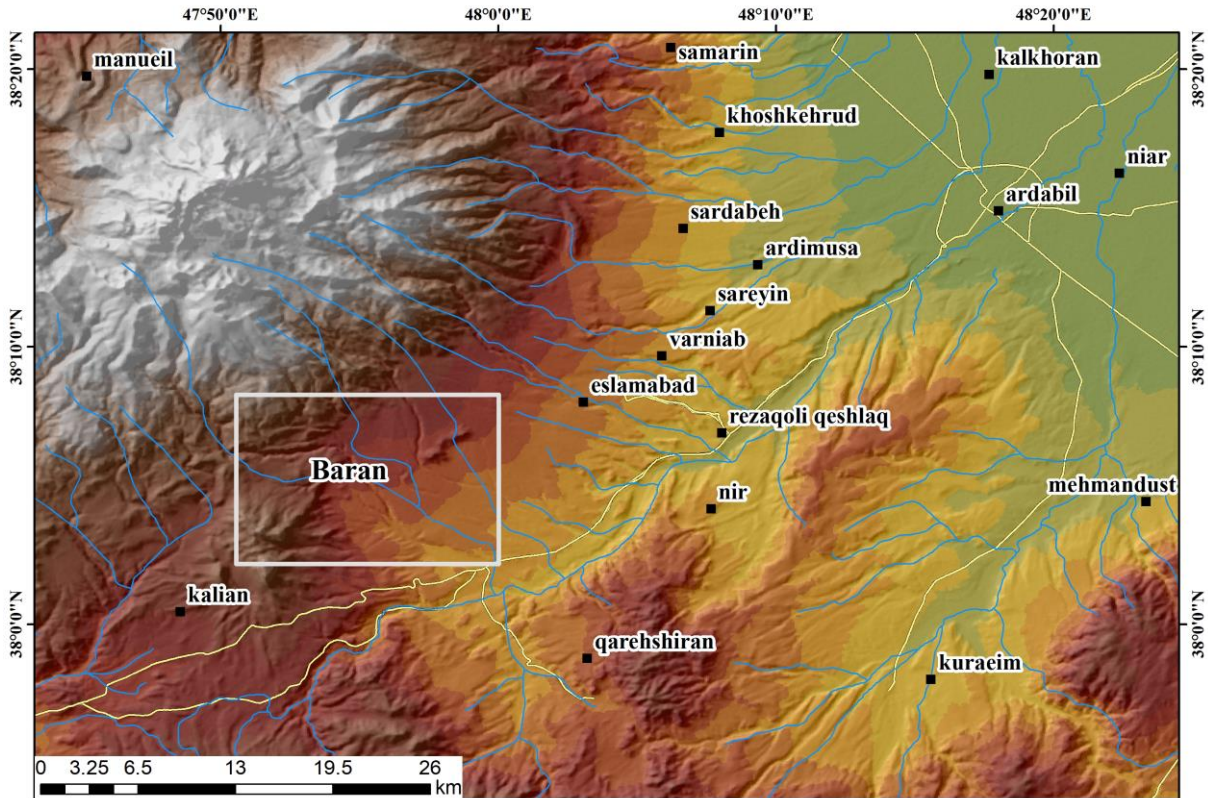
مس و آهن از جمله فلزاتی است که در طول سالیان دراز بسیار مورد استفاده قرار گرفته است. ۸۵ تا ۹۰ درصد مس مصرفی دنیا از طریق استخراج معادن مس حاصل می‌گردد. طبق بررسی‌های انجام شده ایران از لحاظ ذخایر معدنی مس بر روی کمر بند جهانی این فلز قرار گرفته است که در راستای محور شمال غرب- جنوب شرق کشور امتداد دارد [1]. در سطح کشور فعالیت‌های اکتشافی وسیعی جهت پی‌جویی کنسارهایی مانند مس، طلا، آهن، سرب و روی و ... صورت گرفته است. در جهان اقتصادی امروز، فعالیت در زمینه‌های تولیدی و صنعتی و معدنی و نیز کشاورزی امری اجتناب‌ناپذیر بوده و در این راستا به دلیل وجود ذخایر خوب معدنی در اقصی نقاط خاک پهناور کشورمان ایران، خصوصاً استان اردبیل به دلیل ساختار زمین‌شناسی و کوهزایی دستخوش تحولات و تحمل دوره‌های مختلف زمین‌شناسی از پرکامبرین تا عهد حاضر گردیده و تکنونیک باعث گردیده از تنوع مواد معدنی برخوردار گردد و به اصطلاح مجموعه مواد معدنی گردیده است. بی‌نیازی اقتصادی و پیشرفت همه‌جانبه، به اکتشاف و پی‌جویی صحیح، شیوه استخراج و کاربرد مناسب مواد معدنی بستگی دارد. دستیابی به این آرمان مستلزم آن است که افراد با تلاش خستگی‌ناپذیر پا در این عرصه گذاشته و از همفکری متخصصین و افراد باتجربه نیز بهره بگیرند تا بتوانند در آینده‌ای نزدیک حداقل بخش کوچکی از نیاز صنایع داخلی را از این منابع فراهم آورند. نهشته‌های فلزی وابسته به سیستم پورفیری معمولاً با ذخیره زیاد و عیار کم شناخته شده‌اند. این نهشته‌ها از نوع هیدروترمالی و وابسته به نفوذ توده‌های آذرینی هستند که در سطوح فوقانی پوسته جای می‌گیرند [2]. نفوذ توده‌های آذرین باعث ایجاد و تکامل نفوذپذیری ثانویه (درز و شکاف‌ها) هم در توده نفوذی و هم در سنگ‌بستر آن می‌شود. اطلاق واژه سیستم پورفیری با توجه به همبودی مکانی و زایشی آن‌ها با توده‌های نفوذی پورفیری می‌باشد [3]. کانی‌سازی عموماً به توده‌های نفوذی اپی‌زونال بستگی داشته و با خصلت چندمرحله‌ای همراه است. این توده‌ها بافت پورفیری داشته، در صورتی که کانی‌سازی به صورت پورفیری نیست [4].

۱.۱. منطقه مورد مطالعه

منطقه فلز زایی اهر، محدوده‌های شمال و غرب مشکین‌شهر، اهر، کلیبر، ورزقان، سیه‌رود، بلندی‌های ارسباران و قره‌داغ را شامل می‌شود. این منطقه از نظر زمین‌شناسی از جنوب و جنوب‌غربی به گسل تبریز- سلطانیه، از شرق به گسل اردبیل- میانه و از سمت شمال شرقی، به فروافتادگی نزدیک گسل شرقی- غربی مغان محدود می‌شود. ادامه این منطقه فلز زایی، در شمال به زون فلز زایی قفقاز کوچک می‌رسد (شکل ۱). زمین‌ساخت البرز در سفیدرود، روند شرقی- غربی خویش را ترک کرده و در راستای شمال غربی- جنوب شرقی قرار می‌گیرد. این نظم در اثر عملکرد سه گسل سفیدرود، تالش و ارس به هم می‌ریزد. گسل‌های سفیدرود و ارس چپگرد و گسل تالش راست‌گرد عمل کرده است. این گسل‌ها بلوک را در راستای جنوب غربی به پایین کشیده و بلوک میان دو گسل تالش- ارس در راستای شمال شرقی به سمت شمال کشیده می‌شود. این حرکات، باعث پیدایش یک پهنه کششی میان دو گسل تالش و ارس می‌شود که به ماگماتیسمی می‌انجامد که آتشفشان سبلان نمایانگر واپسین تکاپوی آن در کواترنر است [5]. در شکل ۱ محدوده معدنی باران با کادر سفید نمایش داده شده است.

۲. زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

محدوده معدنی باران در زون البرز غربی یا آذربایجان قرار دارد. واحدهای سنگی رخنمون یافته در این محدوده از نظر زمانی مربوط به ائوسن و کواترنر می‌باشد و بخش عمده‌ای از محدوده توسط واحدهای ائوسن پوشیده شده است. واحدهای سنگی محدوده شامل سنگ‌های آتشفشانی متشکل از لیتیک توف یا برش پیروکلاستیک، توف بلورین و شیشه‌ای، گدازه‌های بازالتی و آندزیت بازالتی می‌باشند، سن این واحدها ائوسن تا کواترنر است. زون‌های آلترو در این محدوده شامل: پروپیلیتیک، آرژیلیک، آرژیلیک پیشرفته، آلونیتیزاسیون، فیلیک و سیلیسیفیکاسیون می‌باشد. احتمالاً توده‌های نفوذی و ساب‌ولکانیک در زیر مناطق آلترو در اعماق پایین‌تر حضور دارند. محلول هیدروترمال نشأت گرفته از آن‌ها مسئول آلتراسیون گسترده در محدوده معدنی باران می‌باشد. در مجاورت شمالی محدوده، توده‌های نفوذی رخنمون یافته است. در زیر به تفکیک، هر یک از واحدهای سنگی می‌پردازیم.



شکل ۱- منطقه فلز زایی باران بر روی نقشه توپوگرافی با دقت ۱۲٫۵ متر برگرفته از ماهواره AleosPalsar. در بخش پایینی موقعیت کانسار بر روی تقسیم‌بندی زون‌های ساختاری ایران نمایش داده شده است [6,7]

۲.۱. واحد سنگی کریستال لیتیک توف و توف برشی (Epl)

واحد سنگی لیتیک توف و یا توف برشی در بخش شرقی محدوده اکتشافی قابل مشاهده است. سن این واحد توفی با توجه به شواهد صحرایی ائوسن انتخاب شده است. کنتاکت این واحد با دیگر واحدهای ائوسن بیشتر از نوع عادی می‌باشد ولی در بخش‌های جنوبی کنتاکت گسلی نیز دارد. به علت تقدم سنی، تمام فازهای تکتونیکی بعد از ائوسن بر این واحد اثر کرده و باعث گسلس آن شده است. گسل‌های بسیاری با روندهای متفاوت این واحد را قطع نموده‌اند. شیب و روند لایه‌های این واحد به علت عملکرد نیروهای تکتونیکی متفاوت بوده (گسلس و چین‌خوردگی) ولی روند اصلی آن‌ها شمال‌غرب- جنوب شرق و شیب آن‌ها به سمت جنوب‌غرب می‌باشد. رنگ سطح هوازده واحد لیتیک توف برشی، خاکستری با زمینه قرمز رنگ بوده و به دلیل وجود زمینه سیلیسی آهن‌دار، دارای مورفولوژی



صخره‌ای است. این واحد متشکل از توف‌هایی است که در زمینه آن‌ها قطعات ناهمجنس با اندازه متفاوت دیده می‌شود. این قطعات می‌توانند رسوبی، ولکانیکی و حتی نفوذی باشند. این واحد بر روی واحد آندزیت پورفیری و در درون سنگ‌های توف بلوری قرار گرفته است و می‌توان گفت که هم زمان باهم تشکیل شده‌اند (شکل ۲).



شکل ۲- واحد بیرون‌زدگی توف برشی در منطقه باران مشگین شهر، دید به سمت غرب

۲.۲. واحد سنگی تناوب آندزیت و گدازه‌های آندزیتی (Eva)

این واحد در توالی گدازه- آذرآواری ائوسن قرار دارد و بعد از واحد آندزیت پورفیری گسترده‌ترین واحد سنگی آذرین خروجی در محدوده مورد مطالعه است. کنتاکت این واحد با واحدهای ائوسن، الیگوسن و کواترنری غالباً از نوع گسلی است. این واحد به صورت گسترده در شمال، جنوب، جنوب غرب و مرکز محدوده باران رخنمون دارد. به علت تقدم سنی، تمام فازهای تکتونیکی بعد از ائوسن بر این واحد اثر کرده و باعث چین خوردگی و گسلش آن شده است به طوری که انواع گسل‌های موجود در این محدوده این واحد را قطع کرده‌اند. شیب و روند لایه‌های این واحد به علت عملکرد نیروهای تکتونیکی متفاوت است. اما به طور کلی روند اصلی این واحد شمال غرب- جنوب شرق و شیب آن به سمت جنوب غرب می‌باشد (شکل ۳).



شکل ۳- سمت راست: تناوب توف و گدازه‌های آندزیتی در جنوب غرب محدوده مورد مطالعه، چپ: نمایی از گدازه آندزیتی



۲.۳. پادگانه‌های آبرفتی قدیمی (Qt1)

تراس‌های قدیمی، در محدوده باران در بین دیگر واحدهای رسوبی کواترنر گسترش دارند. بیشترین گسترش این واحد در سمت جنوب- جنوب شرق محدود می‌باشد (شکل ۴). سن این واحد با توجه به ماهیت آبرفتی و عدم استحکام، حالت تقریباً افقی، قرارگیری در ارتفاعات زیاد، تجزیه کم ترکیب کانی‌شناسی و عدم چین خوردگی، قدیمی‌تر از دیگر واحدهای سنگی کواترنر تعیین شده است. این واحد به صورت تپه‌ماهوری و محدود در اطراف رودخانه‌ها و دره‌های اصلی دیده می‌شوند. قرارگیری پوشش‌های نسبتاً ضخیمی از واحدهای کواترنری جوان‌تر بر روی این واحد، می‌تواند دلیلی برای پوشیده شدن و رخنمون محدود آن باشد.



شکل ۴- نمایی از واحد Qt1 در جنوب غرب محدوده مورد مطالعه، دید به سمت شمال

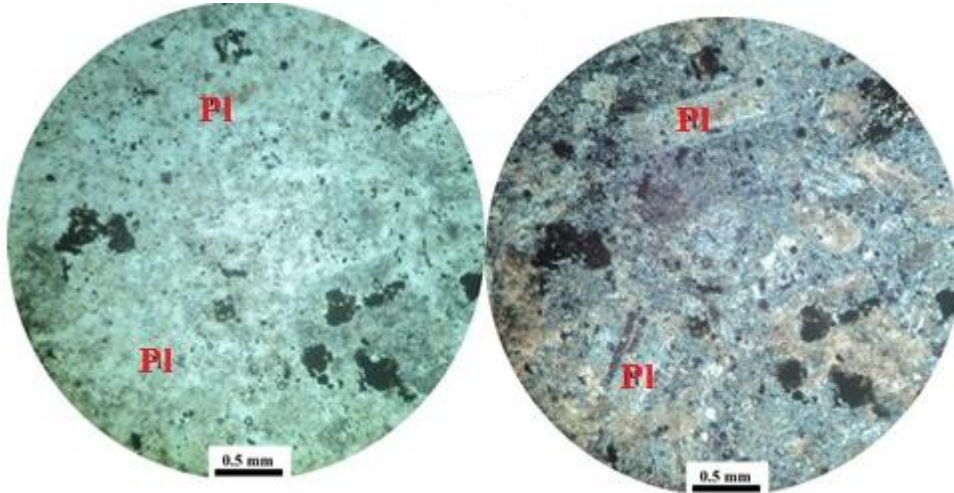
۳. پتروگرافی

پتروگرافی و کانی‌سازی، مطالعه علمی سنگ‌هاست و با تجزیه و تحلیل ترکیب، بافت و ساختار آن‌ها کار می‌کند. پتروگرافی برای مطالعه سه گروه اصلی سنگ‌های موجود: آذرین، رسوبی و دگرگونی سروکار دارد که به مطالعه محتوای مواد معدنی و روابط بافتی موجود در سنگ‌ها می‌پردازد. برای شناسایی و نام‌گذاری سنگ‌ها اقدام به تهیه مقاطع نازک میکروسکوپی شده است که با استفاده از مشخصات نوری کانی‌ها در زیر میکروسکوپ نام‌سنگ و نوع ماده معدنی مشخص می‌گردد. در پتروگرافی مقاطع نازک برای بررسی و ارزیابی تصاویر مقاطع نازک نمونه‌ها به منظور مطالعه بافت، چیدمان دانه‌ها، ساخت، نوع تخلخل اولیه و ثانویه استفاده می‌شود. از این روش همچنین برای مطالعه درصد نسبی حضور کانی‌های رسی، مواد سیمان‌کننده، کانی‌های تشکیل دهنده سنگ و ساختار محیط تخلخل استفاده می‌شود و از تلفیق اطلاعات حاصل از آن نام‌سنگ تعیین می‌گردد. در این پژوهش به مطالعه ۶ مقطع نازک میکروسکوپی پرداخته شده است. در مطالعه میکروسکوپی تشخیص کانی‌ها به وسیله مشخصات نوری آن‌ها انجام می‌گیرد. هر کانی دارای مشخصه نوری مختص به خود هستند. در ادامه نتایج حاصل از بررسی مطالعه مقاطع نازک و مشخصات آن در زیر میکروسکوپ ارائه شده است. همچنین در شکل‌های ۵ الی ۹، تصاویر مقاطع میکروسکوپی ارائه شده‌اند. به منظور اختصار متن، تشریح مقاطع به صورت خلاصه در جدول ۱ گنجانده شده است. نمونه‌های اخذ شده بدین صورت توصیف می‌گردند:

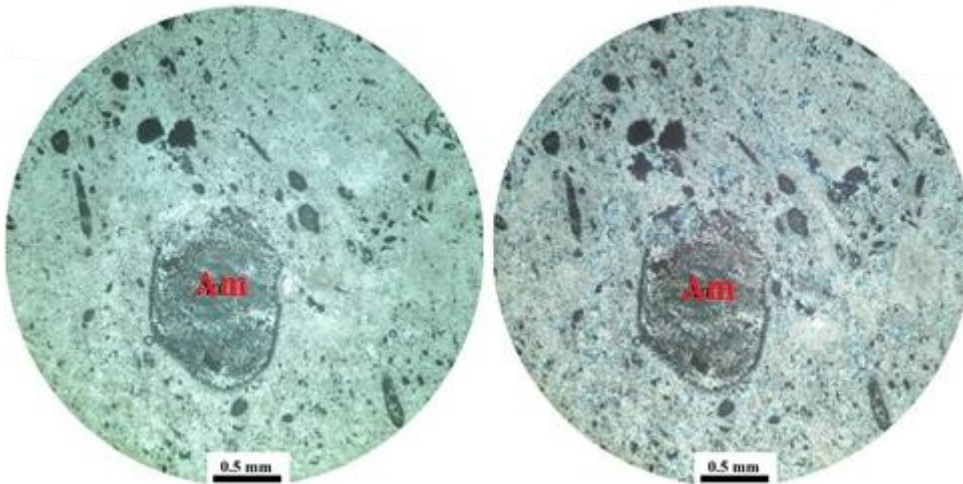
نمونه اول که از مغزه حفاری شده اخذ شد، به شدت دگرسان شده و به احتمال بافت اولیه آن سربیسیت پورفیریک بوده است. نام‌سنگ مگاپورفیر آندزیتیک داسیت پورفیری به شدت دگرسان شده (سیلیسی، سربیسیتی، آرژیلی)، مینرالیزه و تکتونیزه است. نمونه دوم مشابه نمونه قبلی بوده ولیکن بسیار دگرسان‌تر است. بافت سنگ به شدت دگرسان شده است. نام‌سنگ آندزیتیک داسیت پورفیری به شدت دگرسان شده (سیلیسی، سربیسیتی، آرژیلی)، و تکتونیزه می‌باشد.



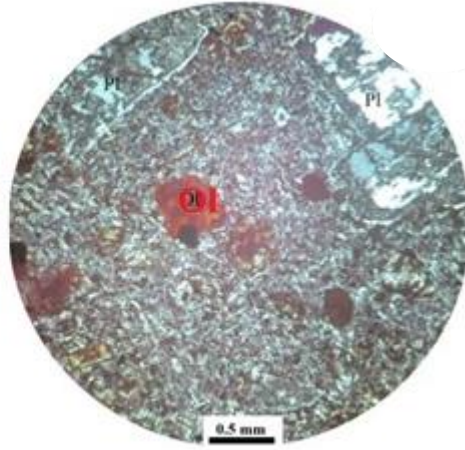
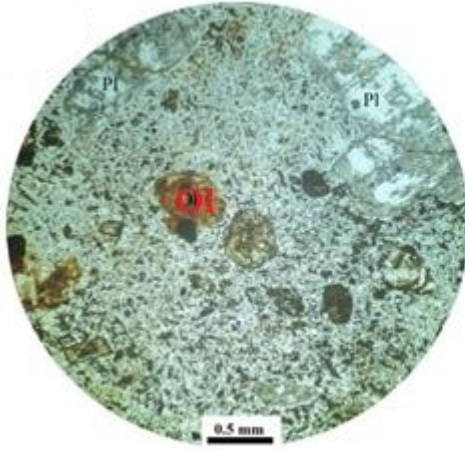
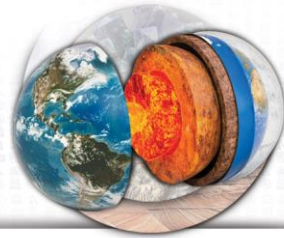
در نمونه سوم بافت سنگ پورفیریک با زمینه میکروولیتی بوده و نام آن مگاپورفیرتراکی آندزیتیک بازالت پورفیری به شدت دگرسان شد، فروژنز و سرشار از کانی‌های اوپک و تکتونیزه است.
 در نمونه چهارم بافت سنگ به شدت دگرسان شده- به احتمال بافت اولیه سریسیت پورفیریک بوده است. نام سنگ متاداسیت به شدت دگرسان شده، مینرالیزه و تکتونیزه است.
 در نمونه پنجم بافت سنگ سریت پورفیریک با خمیره میکروولیتی جریان- میکروکریستالین است. همچنین نام سنگ مگاپورفیرتراکی آندزیت پورفیری به شدت دگرسان شده و مینرالیزه است.



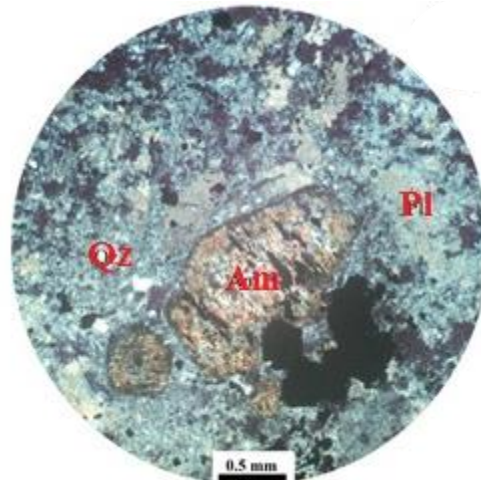
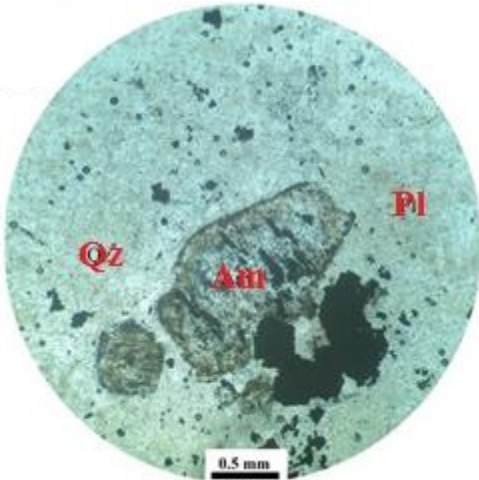
شکل ۵- سمت راست: اپاک‌های موجود در مقطع سنگ، سمت چپ: بلورهای شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار پلاژیوکلاز در مقطع نازک (نور xpl و ppl)



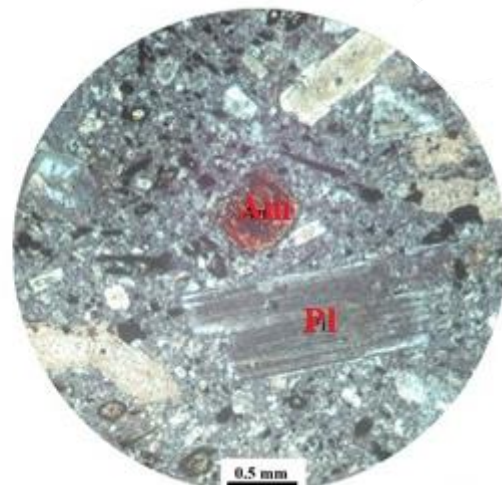
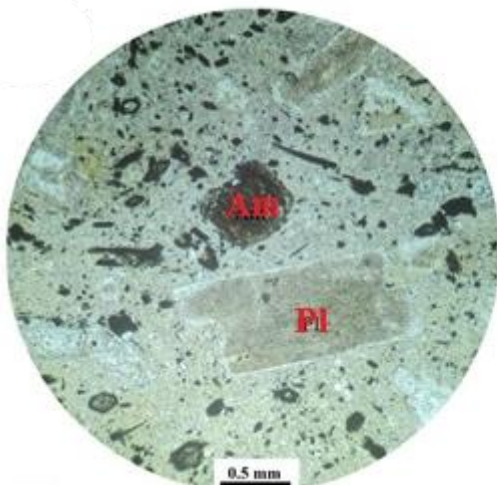
شکل ۶- زمینه سنگ از کانی‌های به شدت دگرسان شده فلدسپار به کانیهای فیلسیلیکاته عمدتاً کانی رسی، سریسیت و کلسیت و سیلیس باز بلورین شده تشکیل شده است. کانی‌های مافیک اکسیده شده و کربناتی شده در زمینه دیده می‌شود (نور xpl و ppl).
 حضور گسترده کانیهای اکسید آهن



شکل ۷-رگه‌های فراوان از کانیهای اکسید آهن، کلسیت، کلریت آغشته به کانیهای اکسید آهن و پلاژیوکلاز و الیون (نور xpl و ppl).



شکل ۸-زمینه سنگ از کانی‌های فلسیک به‌شدت دگرسان شده به کانیهای فیلوسیلیکاته عمدتاً کانی رسی، سریسیت و کلسیت و سیلیس باز بلورین شده تشکیل شده است. دگرسانی شدید اپیدوتی شدن، سیلیسی شدن، آرژیلی شدن، و سریسیتی شدن است. (نور xpl و ppl).



شکل ۹- آمفیبول با کانی‌های فیلوسیلیکاته و با اکسید آهن و با حواشی اپاسیته جایگزین و جانشین شده است (نور xpl و ppl).



جدول ۱: خلاصه مشخصات پتروگرافی مقاطع میکروسکوپی کانسار باران

نام	پورفیری‌ها	کانی فرومنینین	زمینه سنگ	کانی ثانویه	کانی فرعی
۱	بلورهای شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار پلاژیوکلاز با ترکیب عمدتاً الیگوکلاز- آندزین، که دگرسانی بسیار وسیع به کانیهای فیلسیلیکاته (میکا- رس) و کلسیت نشان می‌دهند. اندازه طولی این کانیها بسیار متفاوت بوده و به بیشینه ۱/۲ میلی متر می‌رسد.	بلورهای شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار فرومنینین که به طور کامل با کانیهای فیلسیلیکاته و اکسید آهن با حواشی اپاسیته	فلدسپار به کانیهای فیلسیلیکاته عمدتاً کانی رسی، سریسیت و کلسیت و سیلیس	کانی فیلسیلیکاته (میکا- رس)، اکسید آهن	زیرکن، کانی اوپک و اکسیدهای آهن
۲	بلورهای شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار پلاژیوکلاز با ترکیب متوسط، که دگرسانی بسیار وسیع به سریسیت و کانی رسی نشان می‌دهند.	فرومنینین با کانیهای فیلسیلیکاته و اکسید آهن	فلدسپار به کانیهای فیلسیلیکاته عمدتاً کانی رسی، سریسیت و کلسیت و سیلیس، کانیهای مافیک	کانی فیلسیلیکاته (میکا- رس)، اکسید آهن	زیرکن، کانی اوپک و اکسیدهای آهن
۳	پلاژیوکلاز با ترکیب بازیک و کانیهای رسی، سریسیت، اپیدوت، کلسیت و کانیهای اکسید آهن	فرومنینین به احتمال الیون جایگزین شده با کلریت، کلسیت و کانیهای اکسید آهن	میکرولیت‌های پلاژیوکلاز و آکالی فلدسپار، دگرسانی به سریسیت، آکالی فلدسپار	کانیهای رسی، سریسیت، سیلیس، کلسیت و اکسید آهن	کانی اوپک
۴	پلاژیوکلاز با ترکیب عمدتاً الیگوکلاز- آندزین، که دگرسانی بسیار وسیع به کانیهای فیلسیلیکاته (میکا- کلریت- رس) و کلسیت نشان می‌دهند.	فرومنینین (آمفیبول) که به طور کامل بیوتیتی و اکسیده شده و با حواشی اپاسیته است	کانیهای فلسیک دگرسان شده به فیلسیلیکاته، سریسیت و کلسیت و سیلیس	کانی فیلسیلیکاته (میکا - رس)، اکسید آهن	زیرکن، کانی اوپک و اکسیدهای آهن
۵	پلاژیوکلاز با ترکیب عمدتاً الیگوکلاز- آندزین، دگرسانی به فیلسیلیکاته (میکا- رس)، کلریت، کلسیت و اکسیدهای آهن.	فرومنینین که به طور کامل با اکسید آهن و با حواشی اپاسیته	میکرولیت‌ها و فلدسپار (پلاژیوکلاز) دگرسان شده به کانی رسی، سریسیت	کانی فیلسیلیکاته (میکا - رس)، اکسید آهن	کانی اوپک و اکسیدهای آهن

۴. کانی سازی

طی مطالعات فاز پیمایش و پی‌جویی اکتشافی کانی‌سازی رایج اکسیدی و سولفیدی از مس و مولیبدن به‌صورت مستقیم در محدوده مشاهده نگردید. اما محدوده به‌شدت آلتره می‌باشد و انواع زون‌های دگرسانی گواه بر نفوذ محلول‌های هیدروترمال و مشابه آنچه به‌صورت متداول در سیستم‌های پورفیری مس- مولیبدن تیپ فرورانشی دیده می‌شوند، در محدوده باران شناسایی گردید. به‌علاوه توسعه کانی‌های اکسیدی متنوع در محدوده باران اعم از هماتیت، لیمونیت، گوتیت، ژاروسیت و... حاکی از وجود کانی‌سازی سولفیدی در اعماق پایین‌تر می‌باشد (شکل ۱۰). به‌طوری‌که عملکرد فرآیندهای سوپرژن موجب لیچینگ کانی‌های سولفیدی در سطوح فوقانی ایستابی گردیده و کانی‌های اکسیدی بازماندی در سطح رخنمون‌های آلتره قابل مشاهده هستند.



شکل ۱۰- کانی سازی لیمونیت، ژاروسیت و گوتیت در رخنمون با آلتراسیون فراگیر آرژیلیک

۵. طبقه‌بندی سنگ‌های منطقه

در بعضی موارد ضروری است که سنگ‌ها را بر اساس ترکیب شیمیایی آن‌ها طبقه‌بندی کرد. به همین منظور تعداد ۱۲ نمونه پس از بررسی‌های اولیه انتخاب و طی آنالیز آزمایشگاهی بررسی شدند (جدول ۲).

جدول ۲- آنالیز XRF نمونه‌های برداشت‌شده از منطقه

Sample	XRF%														
	عناصر اصلی										عناصر کمیاب				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	TiO ₂	SrO	ZrO ₂	BaO	L.O.I.*	SO ₃
G01	64.7	23.1	1.0	0.3	<1	<1	0.1	0.4	n.d.	1.0	0.8	0.2	n.d.	7.8	0.3
G02	52.0	19.6	6.5	2.4	0.3	2.9	5.3	0.5	n.d.	1.2	0.4	0.1	n.d.	6.7	1.9
G03	93.2	1.9	2.5	0.2	<1	<1	0.2	0.2	<1	0.1	0.1	n.d.	<1	1.0	0.5
G04	97.2	0.5	0.5	0.5	n.d.	<1	<1	<1	n.d.	0.5	<1	n.d.	n.d.	0.5	0.2
G05	57.1	21.5	4.4	0.6	<1	<1	<1	0.6	n.d.	1.1	0.9	n.d.	3.0	9.0	1.6
G06	75.6	15.8	0.9	0.3	0.2	<1	0.1	0.2	n.d.	0.9	0.3	n.d.	<1	4.9	0.6
G07	34.5	11.5	40.4	0.5	0.3	0.3	2.1	0.5	n.d.	0.8	0.2	n.d.	<1	5.9 (550°)	2.9
G08	62.3	20.4	1.4	0.6	0.8	1.8	5.3	0.3	n.d.	1.4	0.1	<1	n.d.	5.0	0.5
G09	64.6	18.7	1.0	0.6	0.8	2.6	4.2	0.3	<1	1.4	0.2	<1	<1	4.9	0.4
G10	46.8	23.8	9.2	0.6	<1	<1	1.8	1.4	<1	0.8	1.5	<1	0.5	8.1 (550°)	5.3
G11	53.5	16.1	7.4	5.1	3.4	4.7	4.0	0.3	0.3	0.9	0.2	<1	<1	3.9	0.1
G12	58.9	16.9	11.7	0.5	<1	<1	0.2	0.9	n.d.	1.0	0.5	<1	0.5	7.5	1.2

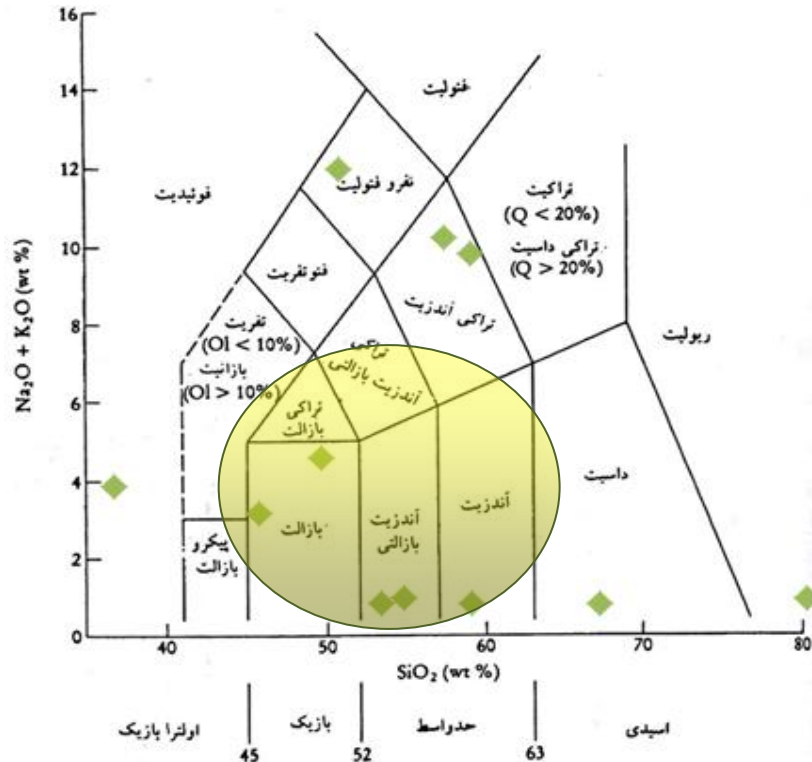
۵.۱. طبقه‌بندی سنگ‌ها با استفاده از نمودارهای اکسید-اکسید

نمودارهای دومتغیره اکسید-اکسید عناصر اصلی مستقیم‌ترین راه طبقه‌بندی سنگ‌های آذرین هستند هرچند که امروزه این روش برای سنگ‌های آتشفشانی مناسب‌تر است [8].

نمودار مجموع آلکالی - سیلیس (TAS): از مفیدترین روش‌های طبقه‌بندی موجود برای سنگ‌های آتشفشانی است. داده‌های شیمیایی شامل مجموع مقدار Na₂O و K₂O (مجموع آلکالی TA) و مقدار SiO₂ (S)، مستقیماً از تجزیه سنگ به صورت درصد وزنی اکسید



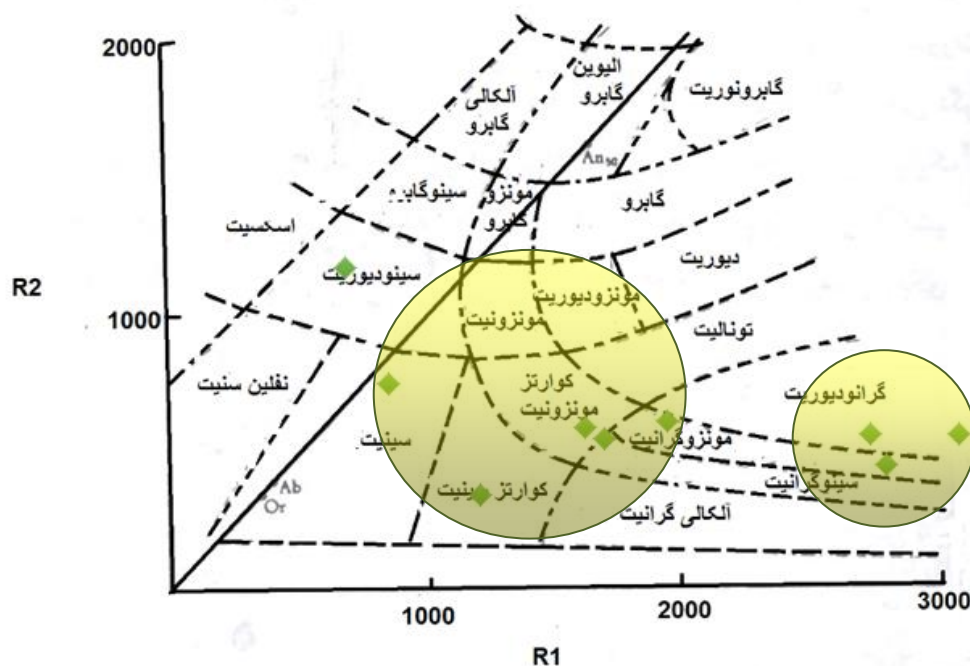
گرفته‌شده و در نمودار طبقه‌بندی ترسیم می‌شود [8]. در نمودار (TAS) پیشنهادی از [9] نمونه‌ها دارای ترکیب پراکنده هستند ولی بیشتر آن‌ها در منطقه آندزیت، آندزیت بازالتی، تراکی آندزیت و بازالت می‌باشند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- نام‌گذاری سنگ‌ها با استفاده از نمودار مجموع آکالی در مقابل سیلیس [9]

۵.۲. طبقه‌بندی سنگ‌ها با استفاده از کاتیون‌ها

برای اجتناب از این انتقاد که درصد وزنی اکسیدها، توزیع کاتیون‌های نمونه‌ها را به‌درستی منعکس نمی‌کند، تعدادی از مولفین ترجیح دادند که ترکیب سنگ را بر اساس کاتیون‌ها محاسبه کنند. این همان مرحله اولیه نرم کاتیونی است. درصد وزنی اکسید به وزن معادل اکسید تقسیم‌شده و به‌صورت یک کاتیون بیان می‌شود. این موضوع، تا حدی متفاوت نیز بیان می‌شود، یعنی درصد وزنی اکسید بر وزن مولکولی تقسیم‌شده و در تعداد کاتیون‌ها در واحد فرمول ضرب می‌شود. بنابراین درصد وزنی SiO_2 تقسیم‌بهر $60/0.9$ می‌شود. اما درصد وزنی Al_2O_3 تقسیم‌بهر $101/96$ شده و سپس به ۲ ضرب می‌شود. در بعضی موارد نسبت‌های کاتیونی به ۱۰۰۰ ضرب شده و به‌صورت میلی کاتیون بیان می‌شوند. نمودار R1-R2 [10] الگوی طبقه‌بندی برای سنگ‌های آذرین آتشفشانی و نفوذی را بر اساس نسبت‌های کاتیونی آن‌ها که به‌صورت میلی کاتیون بیان می‌شوند، پیشنهاد کردند. این نمودار برای سنگ‌های نفوذی خیلی مناسب است [9]. طبق نمودار R1-R2 دلارش و همکاران [10] نمونه‌های منطقه باران در محدوده‌های کوارتز سینیت تا کوارتز مونزونیت و سینیت قرار می‌گیرند و سه نمونه G01، G03 و G04 به علت اشباع بودن از سیلیس خارج از نمودار قرار گرفته‌اند (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- نام‌گذاری سنگ‌ها با استفاده از نسبت کاتیون‌ها [10]

۶. نتیجه‌گیری

محدوده معدنی باران در زون البرز غربی یا آذربایجان قرار دارد. این محدوده بخشی از یک آلتراسیون نسبتاً بزرگ (حدود ۵۰ کیلومترمربع) با روند شمال‌غرب- جنوب شرق است که توسط دو گسل بزرگ با همین روند از شمال و جنوب محدود شده است، همچنین دو گسل بزرگ با روند شمالی- جنوبی نیز شرق و غرب این زون آلتره را محدود کرده‌اند. طی مطالعات فاز پیمایش و پی‌جویی اکتشافی کانی‌سازی رایج اکسیدی و سولفیدی از مس و مولیبدن به‌صورت مستقیم در محدوده مشاهده نگردید. اما محدوده به‌شدت آلتره می‌باشد و انواع زون‌های دگرسانی گواه بر نفوذ محلول‌های هیدروترمال و مشابه آنچه به‌صورت متداول در سیستم‌های پورفیری مس- مولیبدن تیپ فرورانشی دیده می‌شوند، در محدوده باران شناسایی گردید. مطالعات حاکی از وجود زون‌های آلتره کوارتز سیریسیتی (فیلیک)، آرژیلیک، آرژیلیک پیشرفته، زون‌های شدیداً سیلیسی و در مواردی پروپلیتیک و بیوتیتی شدن می‌باشد که در واحدهای توف و گدازه ائوسن و به‌خصوص واحدهای ساب‌ولکانیک در محدوده رخ داده است. تنوع آلتراسیون در محدوده از آلتراسیون پروپلیتیک تا آرژیلیک پیشرفته رخ داده است. آلتراسیون فیلیک و آرژیلیک پیشرفته بیشترین توسعه را در محدوده دارند. بنابراین به‌احتمال قوی توده نفوذی و محلول هیدروترمال فاز تأخیری در ایجاد آلتراسیون‌ها نقش داشته است هرچند رخنمون آن در سطح محدوده مشاهده نمی‌شود اما حضور آن در اعماق پایین‌تر و همچنین وجود کانی‌سازی پورفیری مرتبط با آن بعید نیست.

منابع

- [1] گزارش آماری وضعیت مس در ایران. (۱۳۹۷). تهران: پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور
- [2] Mutscher, F.E., & Ludington, S.A. Bookstorn. (2000). Giant porphyry- related Metal camps of the world USGS.
- [3] Tosdal, R.M., & Richards, J.P. (2001). Magmatic and structural controls on the development of porphyry Cu ± Mo ± Au deposits.
- [4] Chaves, W.X. (2001). Hydrothermal ore deposits: porphyry copper systems and precious metal epithermal systems.



[5] قربانی، م. (۱۳۸۶). زمین شناسی اقتصادی ذخایر معدنی و طبیعی ایران (چاپ اول). تهران: انتشارات آرین زمین. ۲۸۰-۲۹۲، ۳۴۲

ص

- [6] Alavi, M., Sedimentary and structural characteristics of the Paleo-Tethys remnants in northeastern Iran. Geological Society of America Bulletin, 1991. 102: p. 983-992.
- [7] Nogol-Sadat, M.A.A., Seismotectonic Map of Iran, in Teritise on the Geology of Iran. 1993: Tehran Iran. p. 1:1000,000 Scale.
- [8] Hitzman., M.W., Oreskes, N., & Einaudi, M.T. (1992). Geological characteristics and tectonic setting of Proterozoic iron oxide (Cu- U- Au- REE) deposits precambrian Research, V(58), 241-287
- [9] Zonenshain, L.P., Kazmin, M.I., Lisistsin, A.P., Bogdanow, X.A., & Baranov, B.V. (1989). Tectonice of the Mid-Atlantic Ridge Rift valley between the TAG and MARK areas (26°-24°N): Evidence for vertical tectonism, Tectonophysics, V(159), 1-23
- [10] Dela Roche, H., Leterrier, J., Grande Claude, P., & Marchal, M. (1980). A classification of volcanic and plutonic rocks using R₁-R₂ diagrams nomenclature. Chemical geology (29), 183-210