

(۱) مقدمه

نقشه زمین‌شناسی ماهرود با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ در محدوده جغرافیایی $30^{\circ} 30' - 30^{\circ}$ و $30^{\circ} 30' - 61^{\circ}$ واقع است. روستای ماهرود، بزرگترین منطقه آن در ۱۵۰ کیلومتری جنوب شرقی بیرجند قرار دارد.

نقشه مزبور قسمتی از ارتفاعات شرق ایران را تحت پوشش خود قرار می‌دهد که امتدادشان SSE-NNW است و مشتمل بر رسوبات شبه فیلیشی پر ضخامت و سریهای افیولیتی می‌باشد. برجسته‌ترین نقطه این نقشه کوه نادمان است که ارتفاعی بالغ بر ۲۱۴۲ متر دارد و در ضلع شمال غربی نقشه دیده می‌شود.

ناحیه شمال شرقی منطقه، عموماً مسطح و ممتد است و تا مرز ایران - افغانستان در جنوب شرق گسترش یافته است. رود شور در ضلع جنوبی، ارتفاعات را قطع می‌کند و وارد افغانستان می‌شود. روستاهایی که در اطراف رود شور احداث شده‌اند اغلب بصورت مترکم در کنار یکدیگر قرار دارند. در این بین روستاهای ماهرود و تیغ نو آب از بقیه مهمترند.

(۲) زمین‌شناسی

بر روی نقشه، یک آنتی‌کلینوریوم بزرگ با امتداد NNW-SSE قابل تشخیص است که به آنتی‌کلینوریوم لاهنو- ماهرود معروف است و سنی معادل کرتاسه پسین - ترشیاری پیشین دارد. تشکیلات سازنده آنتی‌کلینوریوم به دو گروه قابل تقسیم می‌باشند که عبارتند از:

۱- گروه تحتانی،

۲- گروه فوقانی.

گروه تحتانی از رسوبات شبه فیلیشی و یک کمپلکس ولکانیکی تشکیل یافته و گروه فوقانی را سایر تشکیلات رسوبی و آذرین تشکیل می‌دهند. در مرز این دو گروه یک ناپیوستگی وجود دارد.

گروه تحتانی در هسته آنتی‌کلینوریوم قرار دارد و علاوه بر تشکیلات فوق الذکر، واجد سکانسهای یکنواختی از سنگهای چین خورده کم و بیش شیستوز می‌باشد. رسوبات شبه فیلیشی این گروه متشکل از شیل‌های سبز ارغوانی و سرخ رنگ و همچنین ماسه سنگهای قهوه‌ای رنگ می‌باشد. جور شدگی در ماسه سنگهای این مقطع ضعیف است و اغلب در ارتباط با توربیدایتهای پایین دست می‌باشند. از بین ساختمانهای اولیه و ثانویه موجود در این منطقه، ریپل

مارکها معمولترند. سایر ساختمانها نظیر فلوت کست، گروه مارک، کرزنت مارک و... به طور پراکنده در ناحیه واقعند.

در منطقه مورد مطالعه علاوه بر تشکیلات و ساختمانهای فوق الذکر، سریهایی از برشها و میکرو برشها وجود دارد که از قطعات زاویه دار آهکی (که جورشدگی خوبی را از خود نشان می‌دهند) تشکیل یافته‌اند. برشی شدن سازندهای منطقه بر اثر فرآیندهای تکتونیکی يك به هم ریختگی را در تشکیلات سازنده گروهها ایجاد کرده است که برای مثال می‌توان به تشکیل بیواسپاریتهای در حد رودایت با طبقه بندیهای ناواضح و بدون جورشدگی درکنار بیواینتراسپاری های با طبقه بندی منظم تر را در زمره این بهم ریختگی قرار داد.

قطعاتی از کوارتزیت، دیاباز، متاگزیوک، پل اسپارهای فلدسپاتی و همچنین پبلهای ماسه سنگی را در ترکیب برشهای منطقه می‌توان یافت.

به علت تکتونیزه شدن منطقه، هیچیک از میکروفوناها در شیلها حفظ شده باقی نمانده‌اند و متحمل تغییراتی چون پوسته پوسته شدن، تبلور و انتقال مجدد شده‌اند.

فیلیشهای موجود در این ناحیه را می‌توان به دو گروه تقسیم نمود:

۱- فیلیشهای لاهنو،

۲- فیلیشهای ماهرود .

فیلیشهای لاهنو بصورت جانبی و عمود توسط لایه‌هایی از ماسه سنگ، آهک و میکرایت (صورتی رنگ) پوشیده شده‌اند و میان لایه‌هایی از شیل و سیلت دارند. مطالعه میکروفسیلهای این تشکیلات سن آنها را سنونین پیشین تعیین کرده است.

شاخص فیلیشهای جنوب ماهرود سنگهای افیولیتی بیگانه است و می‌توان گفت که این فیلیشها جزئی از يك ملانژند که توده‌های افیولیتی را دربرمی‌گیرند. این واحد مشتمل بر سنگهای الترابازيك پگماتیت و دایکهای گابرویی خوب دانه بندی شده است و بر روی توده‌ای با جنس گابرونوریت قرار دارد. رخنمو های این واحد را می‌توان در شمال منطقه مشاهده نمود. در نزدیکی مرز ایران - افغانستان، مابین رودهای کرکسو و چاه سگک، کمپلکس ولکانیکی مربوط به گروه تحتانی قرار دارد و به نام کمپلکس چشمه استاد معروف است. کنتاکت این کمپلکس با فیلیشها در هیچ جایی رخنمون ندارد اما مطالعه بر روی شواهد موجود؛ این مرز را يك گسل قدیمی معرفی کرده که در جنوب توسط تشکیلات مایستریشتین گروه فوقانی پوشیده شده است. این کمپلکس معرف دو زون مختلف در منطقه است که عبارتند از:

۱- زون غربی،

۲- زون شرقی.

زون غربی از لایه‌های رسوبی و گدازه‌ها تشکیل یافته است در حالی که زون شرقی عموماً شامل میکروگابروهاست. هر دوی گدازه و میکروگابرو توسط دایکهای دولریتی و داکتیتی در امتداد N-S قطع شده‌اند که فقط تعداد انگشت شماری از این دایکها در منطقه رخنمون دارند.

از سنگهای آذرین بیرونی موجود در این ناحیه می‌توان به بازالت‌های دولریتی و گدازه‌های بالشی اشاره نمود که برشهای توفی سبز رنگ، سیریت و یشمهای قرمز رنگ آنها را همراهی می‌کنند. گدازه‌های زون غربی از خود بافت متفاوتی را نشانی می‌دهند که در آن کانیهایی کلریت، پرهنیت، اپیدوت و آلبیت به همراه وزیکولهای متعدد ناشی از آلتراسیون زمینه قابل مشاهده‌اند، کانیهایی اصلی این گدازه‌ها را اولیونهای پسودومورف، اوژیت و کانیهایی اوپک تشکیل می‌دهند.

مشاهده قطعات سوزنی شکل، بلورهای درون رشدی و بافت سریعاً سرد شده؛ دال بر استیلای یک محیط زیردریایی در هنگام سرد شدن گدازه است.

تعیین سن توده هورنبلند - بیوتیت توانایی که در شمال کمپلکس قرار دارد، سن آن را کنیاسین - سانتونین تعیین کرده است. بر اساس نظریه‌ای که منشاء این کمپلکس را افیولیتی می‌داند می‌توان گفت که کمپلکس مزبور نشاندهنده بقایای کف پوسته اقیانوسی باشد که فیلیشها را نهشته کرده است.

در قسمت مرکزی آنتی‌کلینوریوم یک سیل دولریتی رخنمون دارد که از میان فیلیشها گذشته و آنها را قطع می‌کند و از نظر آلتراسیون و ترکیب شیمیایی، مشابه دایکهای دولریتی است. سکانس رسوبی که توسط کمپلکس ولکانیکی چشمه استاد و فیلیشها پوشیده شده است، در جنوب شرق ماهرود با یک کنگلومرای قاعده‌ای شروع می‌شود که دارای رخنمونهای پراکنده‌ای است. این کنگلومرا از قطعات زاویه‌دار و سفید رنگ جلبکهای آهکی، پیلهای خوب گرد شده میکروگابرویی، آندزیتی و ماسه‌ای تشکیل یافته است. تداخلهایی از قطعات بزرگ هیپوریتی نیز در این کنگلومرا قابل مشاهده است. در مجموع روی این تشکیلات را ماسه سنگ تیره رنگی پوشانده است.

در مجموع کنتاکت بین سکانس گروه فوقانی و تشکیلات پالئوسن بصورت تدریجی است و توسط يك افق مارنی مشخص می‌گردد که تداخلهایی از آهکهای گلی و کوارتزیت‌های قهوه‌ای رنگ دارد. اکثر کنتاکتها در منطقه مورد مطالعه بصورت تدریجی پوشیده شده‌اند.

بیشترین ضخامت در ناحیه ۷۴۰ متر بوده و در کوه نادمان واقع است که در بخش جنوب شرقی ماهرود شامل لنزهایی از ریفهای مرجانی می‌باشد. زمینه این لنز متشکل از مارنهای هوازده، شیل، ماسه سنگ، کوارتزیت و ... است.

در شرق منطقه، سکانسی از طبقه‌بندیهای سرخ رنگ وجود دارد که ضخامتی بالغ بر ۲۰۰ متر داشته و بطور گسترده‌ای رخنمون دارن. در زیر این سکانس يك واحد کنگلومرایی دیده می‌شود که پیل‌های آن ولکانیکی و افیولیتی‌اند. این واحد از رخساره‌هایی عبور کرده که ۶ افق متمایز زیر را می‌سازند:

۱- افق کنگلومرایی

۲- افق میکروکنگلومرایی

۳- افق سیلنی

۴- افق ژیبسی

۵- افق ماسه سنگی

۶- افق آرژیلیتی

این افقها و رخساره‌های دربر گیرنده آنها، نشاندهنده يك محیط رسوبگذاری قاره‌ای‌اند. از دیگر واحدهای سنگی قابل ملاحظه در منطقه، توده‌های نفوذی کوارتز دیوریتی است که امتدادشان N-S است. در قسمت شمالی منطقه ۴ توده بزرگ رخنمون دارند که مدور تا بیضویند. دیگر توده‌های نفوذی یا بصورت دایکند و یا سیل. ساختمانهای مدور، دایکهای شعاعی و سیلهای متحد المركز مثال خوبی از تنوع و گوناگونی ساختمانهای ناشی از اختلاف در ترکیب شیمیایی توده‌اند.

سنگ معمول در اطراف این توده‌ها، کوارتز میکرودیوریت پورفیری است که فنوکریستهای درشتی از پلاژیوکلاز و به میزان کمتری کوارتزهای یوهیدرال دارند. با مطالعه تغییرات لیتولوژی در جنوب شرقی منطقه متوجه می‌شویم که تشکیلات آن به تدریج به سمت رخساره‌های دریای باز گسترش یافته‌اند. در محل کنتاکت بین ائوسن میانی - ائوسن پیشین؛ این تغییرات بر اثر تکتونیک بوجود آمده‌اند.

۳) تکتونیک

در کل فازهای تکتونیک اواخر ائوسن منجر به ایجاد تغییرات مهمی در ناحیه شده‌اند و گسل‌های بسیار بزرگی را با امتداد NNW-SSE در غرب و جنوب غربی ایجاد کرده‌اند. ولکانیسم ناشی از عملکرد این فازها با دنبال کردن تغییرات مکانی توده‌های کوارتز دیوریتی در نقشه قابل تشخیص است.

۴) زمین‌شناسی اقتصادی

توده‌های کوارتز دیوریتی در مرز آهک‌های پالئوسن - ائوسن، اسکارنها را به وجود آورده‌اند که در آن کانی‌سازی Fe - Cu را داریم. این توده‌های معدنی عدسی شکل از گارنت اسکارنهایی حاوی کانسارهای آهن مارتیتی شده به همراه سولفیدهایی نظیر پیریت، ایلمنیت، دیژنیت و کولیت می‌باشد. فرآیند اکسیداسیون در این منطقه منجر به ایجاد زونهای گوسان با کانی‌سازی مس شده است. در گدازه‌های قدیمی کمپلکس چشمه استاد و در امتداد 30° -N نیز کانی‌سازی مس داریم. پتانسیل‌های غیرفلزی منطقه را ژپیس، مرمر و مارنهایی با سیمان آهکی تشکیل می‌دهند.

۵) پتانسیل یابی**۵-۱) اندیس‌های معدنی**

نوع واحد سنگی	موقعیت	نوع ماده معدنی
در زون سیلیسی شده اطراف توده کوارتز دیوریت	۲۶۹۸۴۵/۸۶ - ۳۵۵۴۱۰۶/۰۹	آهن - مس
"	۲۶۴۹۰۰/۰۴ - ۳۵۷۷۵۵۷/۸۵	"

۵-۲) مواد معدنی فلزی

نوع ماده معدنی	موقعیت	واحد سنگی	نوع کانی‌سازی	توضیحات
مس- آهن- طلا	جنوب غربی نقشه	توده‌های	اسکارن	اندیس آهن- مس در آن

دید شده است. منطقه وسیعی آلتراسیون سیلیسی در اطراف توده دیده می‌شود که می‌تواند برای طلا بررسی شود. این محدوده بیشترین اهمیت را در نقشه ماهرود داراست.		کوارتز دیوریت الیگوسن- میوسن		
اندیس آهن- مس اسکارنی در آن دیده شده و با اهمیت است.	اسکارن	اسکارن در مرز توده کوارتز دیوریت با سنگ آهک پالئوسن- ائوسن	محدوده باریک در غرب نقشه	مس- آهن- طلا
اندیس و آلتراسیون خاصی ندارد. اهمیت کمی داراست.	پورفیری نوع دیوریتی	تونالیت	رخنمون کوچکی در شرق نقشه شمال چشمه استاد	مس

ادامه جدول ۵-۲

توضیحات	نوع کانی‌سازی	واحد سنگی	موقعیت	نوع ماده معدنی
اندیس و آلتراسیون خاصی ندارد. اهمیت کمی داراست.	پورفیری نوع دیوریتی	کوارتز دیوریت	چندین رخنمون در جنوب غرب، غرب و شمال غرب نقشه	مس
در این منطقه اندیس و آلتراسیونی در نقشه گزارش نشده ولی می‌تواند از این دیدگاه مورد بازدید دقیق صحرایی قرار گیرد.	ماسیوسولفید نوع کروکو	مجموعه سنگهای آندزیت پورفیری- بازالت با یکسری سنگهای رسوبی زیردریایی شامل آهک فسیل‌دار و ریف مرجانی	مجموعه کمربندهایی در شمال تا شمال غرب نقشه و همچنین غرب نقشه	مس- سرب- روی- طلا- نقره

سنگهای میکروگابرو و تونالیت در سنگهای آتشفشانی آندزیتی-بازالتی نفوذ کرده و احتمال وجود اپی-ترمالها هست ولی اندیسی روی نقشه ندارد که می‌بایست مورد بازدید دقیق قرار گیرد. کانی-سازی مس در این گدازها گزارش شده است.	اپی‌ترمال	آندزیت بازالت، بازالت دولریتی	کمر بند تقریباً شمالی- جنوبی در نزدیکی مرز افغانستان در غرب چشمه استاد	طلا- نقره- مس
آلتراسیون سیلیسی وسیع در منطقه باید بررسی دقیق شود.	اپی‌ترمال	توده‌های کوارتز دیوریت الیگوسن- میوسن در ماسه سنگ و ژیبس ائوسن نفوذ کرده است.	جنوب غربی نقشه	طلا- نقره
محدوده کوچک است.	افیولیتی	سنگهای الترابازیک	کمر بندی با روند تقریباً شمالی- جنوبی در جنوب نقشه غرب خورمکه	کرم- نیکل

۳-۵) مواد معدنی غیر فلزی

توضیحات	موقعیت	نوع ماده معدنی
محدوده کوچک است.	کمر بندی با روند تقریباً شمالی- جنوبی در جنوب نقشه غرب خورمکه	منیزیت
محدوده کوچک است.	کمر بندی با روند تقریباً شمالی- جنوبی در جنوب نقشه غرب خورمکه	تالک- آزبست- سرپانتینیت
	کمر بند شمال غربی- جنوب شرقی در شمال و شمال غرب نقشه در محدوده روستاهای دالون و کوله بانمک	آهک میکریتی ماسه‌ای
	رخمونهای کوچکی در شمال نقشه و همچنین رخنمونی تقریباً	سنگ آهک هیپوریتی

	در غرب نقشه	
محدوده وسیعی دارد و با اهمیت است.	روندهای شمال غربی- جنوب شرقی در غرب و شمال نقشه با رخنمون زیاد	آهک بیواسپارایت
همراه با مارن بوده و از نظر سیمان اهمیت دارد.	در جنوب، شمال تا مرکز و غرب نقشه رخنمون دارد	آهک بیوکلاستیک
مقدار بسیار اندک است.	کمر بند بسیار باریک در جنوب نقشه	سنگ آهک نومولیتی
همراه با آهک بوده و از نظر سیمان اهمیت دارد.	در جنوب، شمال تا مرکز و غرب نقشه رخنمون دارد	مارن
	رخمنونهایی در جنوب غربی نقشه و رخنمونی نسبتاً بزرگ در محدوده سورتیغ در شرق نقشه	ژپیس

۵-۴) سنگهای تزئینی

توضیحات	موقعیت	نوع سنگ
محدوده کوچک با گسل خوردگی زیاد	کمر بندی با روند تقریباً شمالی- جنوبی در جنوب نقشه غرب خورمکه	سنگهای التزابازیک
گسل خوردگی کمی دارد از اهمیت بالایی برخوردار است.	رخمنون بزرگ در نزدیکی مرز افغانستان و شرق نقشه	میکروگابرو
	رخمنون کوچکی در شرق نقشه شمال چشمه استاد	تونالیت
	چندین رخنمون در جنوب غرب، غرب و شمال غرب نقشه	کوارتز دیوریت

۵-۵) سنگ لاشه

توضیحات	موقعیت	نوع سنگ
	کمر بند تقریباً شمالی- جنوبی در نزدیکی مرز افغانستان در غرب چشمه استاد	آندزیت بازالتی- بازالت دولریتی
	سه مر بند که از شمال غرب نقشه به سمت جنوب شرق تا مرکز نقشه امتداد دارد	آندزیت پورفیری، بازالت
	چندین رخنمون در جنوب غرب، غرب و شمال غرب نقشه	کوارتز دیوریت
	رخمنون کوچکی در غرب نقشه	آلکالی بازالت
	رخمنون بزرگ در نزدیکی مرز افغانستان و شرق نقشه	میکروگابرو

	رخنمون کوچکی در شرق نقشه شمال چشمه استاد	تونالیت
همراه با کنگلومراست و اهمیت کمی دارد.	باندهای باریک در شمال غرب چشمه استاد	ماسه سنگ
همراه با مواد دیگری است و اهمیت کمی دارد.	کمر بند وسیعی که تقریباً از شمال تا جنوب نقشه با روند شمال غربی- جنوب شرقی امتداد دارد	ماسه سنگ قهوه‌ای
همراه با آهک و مارن بوده و از نظر سیمان اهمیت دارد.	در جنوب، شمال تا مرکز و غرب نقشه رخنمون دارد	ماسه سنگ
	رخنمون‌هایی در جنوب غربی نقشه و رخنمونی نسبتاً بزرگ در محدوده سورتیغ در شرق نقشه	ماسه سنگ