



وزارت صنعت، معدن، تجارت

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

عنوان:

گزارش نقشه زمین شناسی 1:100.000 مشهد

شماره برگه:

7962

تهیه کننده / تهیه کنندگان:

ع. افشار حرب، ع. آقایی، ب. مجیدی، ن. علوی تهرانی، م. شهرابی، م. داود زاده،  
الف. نوائی

سال تولید:

1365

TR246

## گزارش نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰

برگه شماره ۷۹۶۲ - مشهد

## موقعیت جغرافیایی:

محدوده ورقه زمین شناسی مشهد، در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ در شمال خاوری ایران زمین و در حد فاصل طول و عرض‌های جغرافیایی  $36^{\circ}00' - 36^{\circ}30'$  و  $59^{\circ}30' - 60^{\circ}00'$  قرار دارد.

شهرستان مشهد، مرکز استان خراسان و دومین کانون تراکم جمعیتی کشور می‌باشد که توسط راه‌های ارتباطی زیادی به سایر نقاط کشور متصل می‌شود. دشت مشهد در حد فاصل کوه‌های بینالود و هزار مسجد، با امتداد شمال غرب - جنوب شرق واقع است. در گستره نقشه مشهد پر فرازترین نقطه ۱۷۳۰ متر کم فرازترین نقطه ۸۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. رودخانه‌های حوضه آبریز مشهد، علاوه بر کشف‌رود، شامل رودخانه‌های طرف، عارفی و اردکان است.

## چهارچوب ساختاری - چینه‌ای:

گستره ورقه مشهد به سه محدوده متفاوت از هم تقسیم می‌شود که به ترتیب از شمال به جنوب شامل محدوده کپه داغ، محدوده مفصلی (Suture Zone) و محدوده بینالود است.

ارتفاعات بینالود، سلسله جبال خمیده با راستای تقریباً شرقی - غربی و تحدبی به سمت شمال است و در برگیرنده سنگ‌ها و رسوبات پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک بوده که از دید ژئوتکتونیک در لبه شمال شرقی قطعه لیتوسفری ایران قرار گرفته است. این سلسله جبال، یک نوار چین خورده و گسلیده از نوع نازک پوسته ای Thin skinned fold and thrust belt است که بدنبال تصادم میان قطعات لیتوسفری ایران و توران در حاشیه شمال شرقی ایران تشکیل شده است.

محدوده مفصلی بین محدوده بینالود و کپه داغ واقع شده و شامل سنگ‌های دگرگونی و مجموعه افیولیتی است. مجموعه افیولیتی و سنگ‌های دگرگون مرتبط با آن، نوارهایی بطول ده‌ها کیلومتر با روند شمال غرب - جنوب شرق را در دامنه شمالی ارتفاعات بینالود تشکیل می‌دهند. این محدوده، محل برخورد قطعه لیتوسفری ایران در جنوب و قطعه لیتوسفری توران در شمال است که با بسته شدن اقیانوس پالئوتتیس (Paleotethys) همراه بوده است. (علوی ۱۹۷۹، ۱۹۱۱). خط مفصل (Suture) پالئوتتیس در جنوب مشهد و شمال ارتفاعات بینالود قرار می‌گیرد فسیل‌های بدست آمده از سنگ آهک‌های نازک لایه رسوبات توربیدیتی مربوط به کمپلکس افیولیتی، سن پرمین بالا را برای این مجموعه نشان می‌دهد.

محدوده کپه داغ از سازندهای گوناگونی تشکیل شده که خاص حوضه رسوبی و زون ساختاری کپه داغ بوده و محیط رسوبگذاری آنها عمدتاً آپی کانتیننتال است.

در گستره ورقه مشهد تمامی ردیف رسوبی، حوضه رسوبی کپه داغ، برون زد ندارند و تنها بخشهایی از ردیف رسوبی که مربوط به سازند های کشف رود، چمن بید، مزدوران و شورپیچه و رسوبات نئوژن می‌باشد، رخنمون دارند. راستای ساختمانهای موجود در این محدوده شمال غرب - جنوب شرق است، در همین راستا راندگی‌های مهمی وجود دارد که بازتابی از تکتونیک حاکم بر منطقه است. با ذکر کلیاتی از چهارچوب ساختاری - چینه‌ای ورقه مشهد حال به بررسی واحد های سنگی این گستره از قدیم به جدید می‌پردازیم:

## پالئوزوئیک

دولومیت سلطانیه (PC - Es): این واحد شامل دولومیت‌های قهوه‌ای تا سیاه‌رنگ است که فاقد طبقه بندی متمایز و بصورت حجیم (massive) است که اکسیدهای آهن بصورت ثانویه در آنها جایگزین شده‌اند. این واحد فقط در جنوب غرب گستره ورقه مشهد و در شمال آبادی استاج برونزد دارد. در این واحد فسیل پیدانشده است و نامگذاری آن صرفاً براساس شباهت‌های رخساره سنگ Lithofacies بوده است.

کوارتزارنایت معادل کوارتزیت راسی (Topquartzite) TQ: این واحد شامل کوارتزارنایت‌های سفید تا خاکستری دودی رنگ و بسیار سخت است. در بعضی نقاط از جمله غرب روستای ده سرخ و روستای شریف آباد این واحد به صورت برش جلوه‌گر می‌شود ولی در غرب روستای استاج، لایه‌بندی در آن تا حدودی قابل تشخیص است. تعیین موقعیت چینه شناسی این واحد بر اساس شباهت رخساره سنگی و مقایسه با شواهد خارج ورقه (غرب روستای چنار) و استناد به برداشتهای ورقه زمین شناسی مشهد در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ بوده است. در ناحیه کمر آهن (غرب روستای استاج) همبری این واحد با دیگر رخنمونهای سنگی، گسله بوده و رسوبات قرمز رنگ مارن و ماسه سنگ میوسن، بطور عادی بر روی آن رسوب می‌کنند.

#### نهشته‌های معادل نیورو پادها $Dr, Sn$ :

این مجموعه در کنار جاده‌ای که از ناحیه کمرباغ بند به روستای عارفی منتهی می‌گردد برونزد دارد. مجموعه فوق، شامل شیل سنگ، آهک نازک لایه، سنگ ماسه قرمز و سنگ ماسه دگرگونه است.

سنگ ماسه های این واحد دارای ساختمان‌های رسوبی، ریپل مارکت و طبقه بندی مورب می‌باشند و در درون آنها یک لایه سیل حفره دار (Vesicular lava) با ترکیب غنی از آهن و منیزیم (matic) به ضخامت حدود ۱۵ متر دیده می‌شود با توجه به موقعیت چینه شناسی، این مجموعه را می‌توان معادل سازندهای نیورو پادها در نظر گرفت.

#### سنگ آهک بهرام $D_b$ :

این واحد شامل سنگ آهک و سنگ آهک دولومیتی خاکستری تا سیاه‌رنگ است که در بعضی نقاط دارای گرینوئید فراوان می‌باشد. این واحد در جنوب غرب منطقه، جنوب روستای عارفی و غرب روستای آغنج برونزد دارد. در کلیه این نواحی، سطح تماس این واحد با دیگر واحدها گسله و عمدتاً راندگی است. در محدوده ورقه مشهد، تنها فسیل یافت شده، خرده‌هایی از کرینوئید است و موقعیت چینه شناسی آن صرفاً بر اساس شواهد رخساره سنگی و فسیل‌هایی که در نواحی مجاور ورقه مشهد یافت شده تعیین شده است (نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ مشهد).

#### مجموعه پرمین

واحدهای به سن پرمین که در اینجا توصیف می‌شود در محدوده مفصلی با Suture Zone برونزد دارند.

$P^{ub}$ : در این واحد سنگ‌های دگرگونه اولترامافیک و مافیک تشکیل‌دهنده اصلی بوده و بیشتر از متاپریدوتیت، هارژبورگیت، سرپانتینیت، متالرزولیت و متاگابرو تشکیل شده‌اند. پریدوتیت‌ها، بیشتر از نوع ورلیت و لرزولیت بوده که تا حدود زیادی اورالیتیزه (uralitization) و سرپنتینیزه (serpentinization) شده‌اند. متابازالتهای در این مجموعه ساخت بالشی (pillowlava) نشان می‌دهند.

$P^{SP}$ : این واحد شامل بازالت‌های حفره‌دار (vesicular) و اسپلیت (Spilite) است که در بعضی نقاط ساختمان گدازه بالشی را از خود نشان می‌دهند، در محدوده مفصلی این واحد عمدتاً دارای سطوح تماس راندگی با واحدهای دیگر است.

$P^m$ : این واحد شامل سنگ آهک کریستالین ضخیم لایه است که بصورت یک باند با سطوح تماس گسله (راندگی)، در مجاورت واحدهای دیگر قرار می‌گیرد. این واحد در جنوب غرب شهر مشهد (خلج) رخنمون دارد و در شمال غرب مزرعه مینوش واحد فسیلهای زیر است:

Stafella sp. parafusulina sp. schubertella sp. tentularia sp.

فسیل‌های فوق سن پرمین بالا را برای این واحد مشخص می‌کنند:

$P^q$ : این واحد شامل سنگ ماسه‌های ساب ارنایت (Subarenite) دگرگون شده است. این سنگ ماسه‌ها، واحد کوارتز فراوانی هستند که با همان کلسیتی همراه با اکسید آهن در کنار هم قرار می‌گیرند، در زمینه این سنگ‌ماسه‌ها، بلورهای میکا دیده می‌شود. ساختمان‌های رسوبی ریپل مارک به فراوانی در آنها قابل مشاهده است. این واحد در جنوب غرب و غرب مزرعه مینوش گسترش دارد.

$P^{tu}$ : این مجموعه شامل اسلیت افیلیت، مرمیت، کنگلومرای دگرگون شده کربناته، اولیستولیت توف و لایپلی توف دگرگون شده و مقادیر اندکی چرت و کوارتزیت و گدازه ولکانیکی حفره‌دار است.

اسلیت‌ها و فیلیت‌ها و شیست‌ها بخوبی طبقه‌بندی اولیه خود را نشان می‌دهند. طبقات کوارتزیتی بصورت بین لایه‌ای با متارژلیت‌ها (شیل‌ها دگرگون شده) دیده می‌شوند. وجود بلوک‌های بیگانه کربناته و آرژلیتی در اسلیت‌ها و فیلیت‌ها، بیانگر نقل مکان آنها از محل رسوبگذاری اولیه و ته نشینی در محیط جدید است که این نوع نهشته‌ها در توالیهای فلش دیده می‌شوند. واحدهای مرمر که لایه‌بندی ظریفی را دارا هستند، دارای میان لایه‌های آرژلیتی و چرتی دگرگون شده هستند. یکنواختی لایه‌ها و وجود میان لایه‌های چرتی در این واحد بیانگر پلاژیک بودن این واحد رسوبی و رسوب‌گذاری در پهنه‌های کف اقیانوس (Abyssal) است. متاکنگلومراهای کربناته گسترش کمی داشته و عدسی شکل و توده‌ای هستند که کمتر از ده متر ضخامت و چند ده متر طول دارند. در این سنگ‌ها شن و قلوه سنگ‌های کربناته در زمینه دانه ریز کربناته جای گرفته‌اند. اولیستوستروم‌ها، عدسی‌های نازکی را در این بخش تشکیل می‌دهند که ضخامت آنها در حدود ۵ متر و طول آنها بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر متغیر است. مرز تحتانی و فوقانی آنها با اسلیت‌ها و فیلیت‌ها تدریجی است در این عدسی‌ها اولیستولیت‌های کربناته در زمینه‌ای از آرژلیت (در حال حاضر اسلیت) قرار گرفته‌اند. اولیستولیت‌ها به موازات سطح رخ کشیده شده‌اند و در تعدادی از آنها قطعات کرینوئید دیده می‌شود که بیانگر محیط دریایی کم عمق برای رسوبگذاری اولیه است. توف و لاپیلی توف‌های دگرگون شده گسترش کمی دارند و حاصل فعالیت انفجاری در محیط‌های خشکی و کم عمق دریایی هستند همراهی این واحد با بقیه مجموعه، بیانگر وجود فعالیت آتش‌فشانی بوده و احتمالاً حاصل فوران در قوس آتش‌فشانی است (علوی ۱۳۹۱).

**P<sup>m.u.s</sup>**: در گستره افیولیتی و در نقاطی که رخنمونی از واحدهای سنگی مختلف، اسلیت، فیلیت، مرمر کالک شیست، سنگ‌های مافیکی و اولترامافیکی، کنگلومرای دگرگونی، اولیستولیت، توف، برش‌های نازک لایه، کوارتزیت، گدازه‌های غنی از آهن و منیزیم، سنگ ماسه‌های دگرگون شده دیده می‌شوند که بعلت در هم ریختگی و تکتونیک بسیار پیچیده منطقه، تفکیک آنها در مقیاس نقشه امکانپذیر نبوده است. این مجموعه بصورت مخلوطی از چند یا تمام واحدهای فوق الذکر در نقشه متمایز شده است.

#### مزوزوئیک

##### شیل و ماسه‌های تریاس **TR<sup>sh.s</sup>**

این واحد شامل شیل‌های تیره‌رنگ به‌همراه لایه‌های سنگ ماسه به رنگ سبز تیره است که دگرگونی خفیفی در آنها مشاهده می‌شود، شیل‌های این واحد، واحد آثار فسیل‌های گیاهی هستند که شاخص نبوده و تعیین سن نشده‌اند. بر روی این مجموعه، کنگلومرای کشف‌رود با دگرشیبی قرار می‌گیرد. این واحد از نظر رخساره سنگی مشابه سازند میانکوهی است که توسط رونتر (۱۹۹۱-۹۳) در منطقه آق‌در بند معرفی شده است و تنها رخنمون آن در شمال آبادی متروک چوبونک واقع در شمال شرق شهر مشهد است.

##### فیلیت مشهد **TR-j<sup>ph</sup>**

مجموعه فوق شامل اسلیت، فیلیت و گریوکهایی با درجه دگرگونی ضعیف با رنگ خاکستری تا سیاه می‌باشد. این مجموعه در جنوب غربی شهر مشهد و در جبال بینالود برونزد دارد. آثار فسیل‌های گیاهی که در منطقه کمر آهن و جنوب غرب روستای گل‌مکان یافت شده بعلت شاخص نبودن، تعیین سن نگردید.

##### ژوراسیک و کرتاسه

رسوبات رسوبات ژوراسیک و کرتاسه در محدوده‌های بینالود و کپه داغ دیده می‌شوند که جداگانه به بررسی هر یک می‌پردازیم.

##### رسوبات ژوراسیک و کرتاسه در محدوده بینالود

##### عضو کنگلومرانی ژوراسیک **J<sup>c</sup>**

کنگلومرای قاعده‌ای که با ویژگی‌هایی چون عدم جورشدگی و گردشدگی و نیز دارا بودن زمینه‌ای از جنس رس که شن‌های تشکیل دهنده آن اغلب از خرده‌های گرانیتوئیدی و سنگ‌های اولترافیک و مافیکی، سنگ ماسه، فیلیت و به مقدار کم آهک شخص می‌شود. این واحد بطور تدریجی به تناوبی از شیل ماسه سنگ (**Jsh.s**) تبدیل می‌شود. واحد فوق در بخش غربی منطقه رخنمون دارد.

عضو شیل و سنگ ماسه‌ای ژوراسیک  $J^{sh.s}$

این عضو شامل تناوب شیل و سنگ ماسه تیره رنگی است که در بعضی نقاط میان لایه‌های کنگلومرای در آن دیده می‌شود و بطور تدریجی به تناوب کنگلومرا، شیل و سنگ ماسه تبدیل می‌شود. این واحد واجد رگه های زغالی نسبتاً فراوان و آثار فسیل‌های گیاهی است. واحد فوق در غرب و جنوب غرب منطقه رخنمون دارد.

عضو شیل و کنگلومرای ژوراسیک  $J^{c.sh}$

این عضو شامل تناوب شیل تیره و کنگلومرای کوارتزار است که گاهی اوقات میان لایه‌های سنگ ماسه‌ای در آن دیده بشود و بطور تدریجی به کنگلومرای کوارتز دار آغنج تبدیل می‌شود. این واحد در غرب و جنوب غرب منطقه گسترش دارد.

کنگلومرای آغنج  $J^{ac.c}$

کنگلومرای کوارتزار سفید که بیش از ۹۰٪ شن‌های تشکیل دهنده آن را دانه های کوارتز با گردشگی خوب تا متوسط تشکیل می‌دهد و ۱۰٪ آن نیز از خرده سنگهای دگرگونی و چرت تشکیل می‌شود، سیمان آن سیلیسی است و طبقه بندی آن متوسط تا ضخیم است این واحد در جنوب غرب نقشه دیده می‌شود.

کنگلومرای کرتاسه  $K^c$

این واحد شامل تناوب کنگلومرا و سنگ ماسه با رنگ قهوه ای روشن تا خاکستری روشن است که بصورت دگرشیب بر روی عضو کنگلومرای ژوراسیک (Jc) و واحد (ptu) قرار می‌گیرد. شن‌های موجود در کنگلومرا و دانه‌های تشکیل دهنده سنگ ماسه اغلب منشأ متاگرانیتوئیدی دارند. واحد فوق واجد فسیلهای دو کفه ای فراوانی است. گسترش آن در جنوب و جنوب غرب منطقه و در حاشیه جاده مشهد به نیشابور (در فاصله ۳۰ کیلومتری مشهد) است.

سنگ آهک کرتاسه KI

بخشهای تحتانی این واحد شامل سنگ آهک نازک لایه تا متوسط لایه است و بخشهای میانی آن سنگ آهک نازک لایه زرد رنگی است که به سمت بالا به سنگ آهک ضخیم لایه ای با رنگ صورتی تبدیل می‌شود. افقهای فوقانی آن آهک متوسط لایه تا نازک لایه است، سن این واحد سنگی بر اساس فسیلهای فراوان اوربیتولین، کرتاسه زیرین (Aptian) تعیین شده است که بصورت تدریجی بر روی واحد کنگلومرای کرتاسه قرار گرفته است. واحد سنگی فوق در جنوب شهر مشهد در شمال روستای امان آباد رخنمون دارد.

رسوبات ژوراسیک کرتاسه در محدوده کپه داغ

سازند کشف رود: سازند کشف رود در این ناحیه به چهار عضو تقسیم می‌شود:

عضو کنگلومرای  $J_k^c$ : کنگلومرای قاعده کشف رود در این ناحیه، از جور شدگی و گردشگی نسبتاً خوبی برخوردار است، شن‌های آن اغلب از سنگ آهک و اسلیت تشکیل می‌گردد و سیمان آن نیز بیشتر آهکی است. این واحد در شرق منطقه و در شمال آبادی چوپونک برون زد دارد که بصورت دگرشیب بر روی شیل و ماسه‌سنگهای تریاس قرار می‌گیرد. عضو شیل و سنگ ماسه‌ای  $J_k^{sh.s}$ : این عضو شامل شیل تیره و میان لایه‌هایی از سنگ ماسه تیره رنگ است.

عضو سنگ ماسه و شیلی  $J_k^{s.sh}$ : این عضو از سنگ ماسه تیره رنگ تا قرمز که میان لایه‌های شیلی نیز در آن دیده می‌شود تشکیل می‌گردد.

عضو سنگ ماسه، مارنی  $J_k^{s.m}$ : این عضو شامل سنگ ماسه قهوه ای روشن، کنگلومرای دانه ریز و مارن خاکستری است. سازند چمن بید  $J_{ch}$ : این سازند شامل مارن‌های خاکستری و سنگ آهکهای آرژیلی خاکستری تا قهوه ای خاکی است ضخامت این واحد در شمال شرق منطقه، در ارتفاعات نرپلنگی واژ در کوه بسیار کم بوده (حدود ۱۰ متر) و به سمت جنوب ضخامت آن بتدریج کمتر میشود، سازند چمن بید بطور هم شیب بر روی سازند کشف رود قرار دارد.

رسوبات ژوراسیک کرتاسه در محدوده کپه داغ

سازند مزدوران: سازند مزدوران به دو عضو جداگانه تقسیم می‌شود:

عضو مزدوران یک Jmz1: این عضو شامل سنگ آهکهای میکربیتی تا اسپاری و در بخش‌هایی اینتراکلاستی است، رنگ آنها نخودی تا خاکستری است و دارای طبقه بندی ماسیو تا ضخیم لایه هستند این واحد بصورت تدریجی و هم شیب بر روی سازند چمن بید قرار می‌گیرد.

عضو مزدوران دو Jmz2: این واحد به ترتیب شامل (از قدیم به جدید) تناوبی از مارن و سنگ آهک آرژیلیتی نازک لایه و سنگ آهک فسیل دار لایه متوسط و مارن خاکستری، سنگ ماسه قهوه ای روشن تا قرمز با میان لایه‌های سنگ آهک اوولیتی، مارن خاکستری و سنگ ماسه قهوه‌ای روشن و در نهایت آهک ماسه‌ای با رنگ قهوه‌ای روشن است. عضو فوق با یک disconformity به سازنده شوربچه تبدیل می‌شود فسیل‌های بدست آمده از این واحد سن اواخر ژوراسیک (مالم) تا اوایل کرتاسه زیرین را (اوایل نئوکریمین) برای آن گواهی می‌دهد.

بهترین برونزد این واحد در شمال روستای متروکه مانسار است. سازند شوربچه Ksh: این سازند شامل سنگ ماسه‌های قرمز و زرد رنگ، کنگلومرای دانهریز و میان لایه‌های مارن خاکستری است. این مجموعه ضخامتی حدود ۱۵۰ متر دارد کنتاکت فوقانی در این ناحیه با رسوبات نئوژن به صورت دگرشیب و کنتاکت تحتانی با رسوبات ممبر دو مزدوران به صورت disconformity می‌باشد.

### سنوزوئیک

#### مارن میوسن $M^{m.c}$

این واحد شامل مارن و مارن‌های قرمز تا قهوه‌ای روشن است که در آن توده‌های گچ و سنگ سیلت و عدسی‌های کوچک کنگلومرایی نیز دیده می‌شود. بیشترین برونزد این واحد در شرق و شمال شرق منطقه است.

مارن و کنگلومرای میوسن  $M^{m.c}$ : این مجموعه شامل تناوب مارن قرمز، کنگلومرا، سنگ سیلت، سنگ ماسه با عدسی‌هایی از سنگ آهک نخودی رنگ است. توالی این مجموعه بصورت چرخه‌ای است هر چرخه با یک سطح فرسایشی شروع می‌شود و اندازه دانه‌ها در آن به سمت بالا کاهش می‌یابد. ولی ضخامت چرخه‌ها به سمت بخش فوقانی افزایش می‌یابد. سنگ ماسه‌ها دارای ساخت‌های از سوبی: طبقه‌بندی مورب و قاشقی (flute casts) و لامیناسیون افقی هستند، کنگلومرا دارای جورشدگی ضعیف، گردشدگی متوسط و کرویت ضعیف است. این مجموعه در جنوب غرب و شمال شرق منطقه گسترش دارد و بر روی واحد مارنی میوسن قرار می‌گیرد.

کنگلومرای میوسن  $M^{c}$ : این واحد شامل کنگلومرای قرمز تا قهوه‌ای با میان لایه‌های سنگ ماسه درشت دانه است که بر روی مجموعه مارن و کنگلومرایی میوسن قرار می‌گیرد.

نهبشته‌های Qplc: این واحد شامل تناوب کنگلومرای سست با رنگ صورتی و سنگ سیلت و مارن صورتی رنگ است و با دگرشیبی زاویه‌ای بسیار خفیفی بر روی رسوبات میوسن قرار می‌گیرد. سن این رسوبات از پلیوسن تا کوارترنر ادامه می‌یابد.

رسوبات کوارترنر: این رسوبات جوانترین رسوبات در منطقه بوده و شامل واحدهای  $Q^{11}$ ،  $Q^{12}$ ،  $Q^{a1}$  هستند. رسوبات فوق بر فراز برآمدگی‌ها، پوشش کف دشت و در مسیر رودخانه‌ها و سایر نقاط دیده می‌شوند و تقریباً فاقد هر گونه طبقه‌بندی هستند، رسوبات مرتبط با بادزن‌های آبرفتی، رسوبات کف دشتهای و پادگانه‌های آبرفتی و رسوبات آبرفتی جدید جز این واحد به شمار می‌آیند.

متامورفیسیم: جایگاه تکتونیک و وجود توده نفوذی در گستره ورقه سبب شده تا در این ناحیه هم دگرگونی ناحیه‌ای و هم دگرگونی مجاورتی را مشاهده کنیم.

بر طبق نظر Myron.G.B متامورفیسیم نتیجه‌ای از جریان انرژی و مواد است که این پدیده غالباً (اما نه همیشه) به نواحی نزدیک مرزهای صفحات محدود می‌گردد. از این انگاره مجموعه افیولیتی جنوب مشهد، بقایای پالئوتتیس و محل برخورد صفحه ایران و توران می‌باشد، کمربند دگرگونی با روند شمال باختری - جنوب خاوری، این مرزبندی‌ها را نشان می‌دهد. نفوذ توده گرانیتوئیدی در این گستره سبب شده است تا دگرگونی ناحیه‌ای درجه بسیار پائین، تا درجه دگرگونی پاتین تا متوسط و رخساره گارنت - استارولیت شیبست افزایش یابد.

از طرف دیگر از آنجا که پهنای زون‌های هر کدام از درجات دگرگونی به عواملی چند از جمله عمق جایگزینی، ترکیب شیمیایی ماگما و بزرگی توده نفوذی بستگی دارد، فقدان زون هورنفلزی قابل توجه در اطراف توده نفوذی را می‌توان به عمق جایگزینی کم و دمای اولیه پائین ماگما مربوط دانست، هرچند که توده از حجم بالایی برخوردار است و در ناحیه روستای تقی‌آباد، مجموعه متامورف، حرارت بیشتری دریافت کرده و هورنفلز در مقیاس محدود و در نمونه دستی قابل تشخیص است که این مهم در نواحی باختری کمتر دیده می‌شود.

علاوه بر موارد فوق دگرگونی کاتاکلاستیکی در زون‌های گسلی بویژه در محل راندگی‌ها قابل مطالعه است و سبب شده تا در اثر افزایش فشار و درجه حرارت تالک شیبست، برش تولید شود. تالک ثبت بویژه در منطقه نه دره در محل گسلها دیده می‌شود.

در بعضی مناطق بلوک‌هایی از سنگهای متامورف درون توده گرانیتهی محبوس شده‌اند در نتیجه درجه دگرگونی تا حد اپیدوت - آمفیبولیت افزایش می‌یابد.

## تکتونیک

همانگونه که در تقسیم بندی محدوده‌های تکتونیک و راهنمای نقشه مشاهده می‌شود، منطقه‌ای که نقشه زمین - شناسی آن تهیه شده، شامل محدوده‌های تکتونیک که داغ، محدوده مفصلی (Suture Zone) و محدوده بینالود میباشد. تکتونیک حاکم بر منطقه نیز، بازتاب نحوه ارتباط، این محدوده‌ها با یکدیگر است. بطور کلی گسلهای راندگی و صفحات رورانده، عمده ترین ساختمانهای زمین شناسی در منطقه هستند (خصوصاً ارتفاعات بینالود) تقریباً تمامی گسلهای راندگی، روندی شمال غربی - جنوب شرقی داشته و سوی حرکت در تمامی آنها از شمال، شمال شرق به سمت جنوب و جنوب غرب است (علوی ۱۹۱۱-۱۱۷۲) این راندگی‌ها بیانگر کوتاه شدگی در راستای شمال شرق - جنوب غرب هستند که تحت تأثیر یک میدان استرس انقباضی (Compressive) ایجاد شده و منجر به ایجاد گسل‌های امتداد لغز و شکستگی‌های کششی نیز شده است. عامل این استرس انقباضی را می‌توان بسته شدن اقیانوس پالئوتتیس، تصادم قطعات لیتوسفری نوران و ایران دانست که باعث فرورانش قطعه لیتوسفری ایران به زیر قطعه لیتوسفری نوران می‌گردد (علوی ۱۹۷۲-۱۹۹۱) چین‌ها تقریباً در تمامی انواع سنگ‌ها مشاهده می‌شوند، چین‌های موجود در جنوب مشهد عمدتاً از نوع برگشته (Over turned) و خوابیده (Recumbent) هستند و وجودشان با فعالیت گسلهای تراستی و حرکات صفحات رورانده در ارتباط بوده است. برگشتگی تمامی آنها به سمت جنوب - جنوب غرب و شیب سطح محوری آنها به سمت شمال - شمال شرق است (علوی ۱۹۷۲-۱۹۹۱) چین‌های موجود در حوضه کپه داغ اکثراً از نوع چین‌های موازی هستند که تحت سیستم لغزش خمشی (Flexural slip folding) ایجاد شده‌اند.

درزه‌ها یکی از ساخت‌های متداول موجود در کلیه سنگ‌های رسوبی، آذرین و دگرگونی موجود در منطقه هستند که حاصل رفتار شکستیده (Brittle) سنگ در قبال نیروهای وارده بر آنها است مطالعه گسل‌های راندگی و صفحات رورانده در منطقه مورد مطالعه بیانگر این امر است که راندگی‌ها از سه نسل عمده تشکیل شده‌اند: نسل اول گسل‌های راندگی شکل پذیری (ductile) هستند که وضعیت فضائی آنها به موازات طبقه بندی بوده است این نسل، در سه مرحله تریاس پسین - ژوراسیک زیرین (مانند گسلهای تراستی موجود در مجموعه بقایای پالئوتتیس) ژوراسیک میانی (مانند گسل تراستی کنگلومرای ژوراسیک و بقایای پالئوتتیس) و کرتاسه زیرین (مانند گسلهای تراستی بین واحد های مختلف رسوبات ژوراسیک) دیده می‌شود. سبک ساختاری راندگیها در این نسل از نوع antiformal stack است. نسل دوم گسلهای راندگی را شامل می‌شود که عناصر ساختمانی نسل اول را قطع کرده‌اند. راندگیها در این نسل از نوع شکل پذیر شکننده (Brittle- ductile) هستند (Ram sey 1980) و سبک ساختاری در آنها از نوع دوبلکس است که گسل های آن به سمت پس بوم شیب دارند. فعالیت این نسل با تشکیل مجموعه آواری پالئوسن همزمان است نسل سوم در برگزیده راندگیهای فلسی (imbricato) است که رفتاری شکننده (Brittle) داشته و عناصر ساختاری راندگیهای نسل دوم را قطع کرده‌اند (مانند تراستهای موجود در حوضه کپه داغ و جنوب بینالود).

گسلهای سراسری مهمی که در محدوده این نقشه بازشناسی شده‌اند از شمال شرق به جنوب غرب عبارتند از:



- گسل جغری (Joghri F.): این گسل واحدهای سنگی مزوزوئیک را بر روی واحد های مزوزوئیک و سنوزوئیک می‌راند.

گسل مزبور واحد مارنی میوسن ( $M^{mm}$ ) را قطع می‌کند ولی تاثیری بر روی واحد مارن کنگلومرای میوسن ( $M^{r.m.c}$ ) نمی‌گذارد. بنابراین از لحاظ سنی پس از رسوبگذاری واحد مارنی میوسن ( $M^{mm}$ ) و قبل از تشکیل واحد مارن کنگلومرای میوسن ( $M^{r.m.c}$ ) قرار می‌گیرد.

- گسل احمد آباد (Ahmadabad) جوان‌ترین واحدی را که این گسل قطع می‌کند، واحد مارنی کنگلومرای میوسن ( $M^{mm}$ ) است. بنابراین از لحاظ سنی از گسل جغری جوانتر بوده و پس از رسوبگذاری واحد مارنی و کنگلومرای میوسن ( $M^{r.m.c}$ ) و قبل از تشکیل واحد Ople ایجاد شده است.

- گسل خیر آباد (Kheyra bad F.): این گسل جوانترین گسل موجود در زون کپه داغ (در محدوده ورقه مشهد) است، زیرا بر روی رسوبات کواترن نیز تأثیر می‌گذارد. امتداد این گسل حتی بر روی عکسهای ماهواره‌ای ۱:۱۰۰۰۰۰ نیز بخوبی دیده می‌شود.

- گسل مانسار (Manesar F.) / گسل مزبور شاخه‌ای فرعی از گسل اصلی خیر آباد است. گسهای جغری، احمد آباد، خیر آباد و مانسار در زون کپه داغ واقع شده اند و جهت راندگی در تمامی آنها از شمال و شمال شرق به جنوب، جنوب غرب می باشد. یک ساختاری تمامی این گلهها بصورت فلسی (imbricate) بوده و رفتاری شکننده (Brittle) دارند و با خردشدگی شدید در واحد های سنگی سخت همراه می باشند.

- گل شاندیز - سنگ بست (Sha ndiz- sang bast F): گسل مزبور یکی از عمده‌ترین گسلهای موجود در قسمت شمالی ارتفاعات بینالود است که بقایای پالئوتتیس و مجموعه توریدایی همراه آن با محدوده متصلی (Suture Zone) را از زون بینالود جدا می‌کند. این گل تراستی بوده و جهت راندگی در آن از شمال و شمال شرق به جنوب و جنوب غرب می‌باشد، در محدوده آبادی درخت توت رسوبات کنگلومرای کرتاسه پایین روی گسل فوق را می پوشاند در حالی که در نقاط دیگر این گسل بقایای پالئوتتیس را بر روی رسوبات کنگلومرای ژوراسیک می‌راند. بنابراین سن تشکیل گسل شاندیز - سنگ بست را می‌توان پس از رسوبگذاری ژوراسیک و قبل از تشکیل رسوبات کنگلومرانی کرتاسه در نظر گرفت.

- گسل استاج (Ostaj F): گل استاج یکی از جوانترین گسلهای موجود در محدوده بینالود است و تأثیر آن را، حتی در واحد Qplc نیز می‌توان مشاهده نمود. این گسل تراستی بود و جهت راندگی در آن از شمال و شمال شرق به جنوب و جنوب غرب است. رویش گیاهی در امتداد زون گسلی و چشمه های آهک ساز (تراورتن) از ویژگیهای خاص این گسل است

ماگماتیسم: مهمترین جلوه فعالیتهای ماگماتیکی در پهنه ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ مشهد توده گرانیتوئیدی با روند عمومی شمال غرب - جنوب شرق و وسعتی حدود ۲۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد از نقطه نظر فازهای ماگماتی سه فاز اصلی در این پلوتون تشخیص داده می شود فاز نخست بیشتر گرانودیوریتی (g1) است و در نواحی جنوب شرق گسترش دارد و آنکلاوهای آن درون تورمالین مسکویت گرانیت (g2) دیده می‌شود. در فاز پنومانولیتی رگه های پگمانیتی و آپلیتی همه این مجموعه را قطع میکند، رخنمون جالب این مجموعه بنحو بارزی در کوه خواجه مراد تجلی پیدا کرده است. رگه‌های پگماتیستی ضخامتی بین ۰,۵ تا ۱ متر دارند مینرالوژی رگه های پگماتیستی شامل فلدسپات پتاسیم کوارتز، مسکویت های درشت بلور و پلاژیوکلازو در پاره ای نقاط بریل می باشد در بعضی مناطق میزان فلدسپات بنحوی افزایش می یابد که بهره برداری آنرا اقتصادی می نماید.

گرانیتوئید مشهد توسط ضرغام معزز (۱۹۷۴) کریمپور (۱۹۹۲)، میژنژاد مطالعه شده است. براساس آنالیزهای انجام شده ۸۵٪ نتایج در دیاگرام پس از کوهزایی Post orogenic قرار می‌گیرد (مانیار - پیکولی ۱۹۸۶).

کریم پور - محمد حسن (۱۹۹۲) گرانیتوئید مشهد را نوع برخورد Collision Type می‌داند و با توجه به مطالعه برخی شواهد بویژه در ناحیه خلیج، که شیستوزیته توده گرانیتی را قطع می‌کند. این مسئله دو از نظر نیست که احتمالاً گرانیت مشهد شامل هر دو تیپ گرانیت برخورد و پس از کوهزایی باشد.



ضرغام معرز و آلبرتی (۱۹۷۴) سن جایگزینی توده گرانیتی را بروش پتاسیم - آرگن ژوراسیک بالا کرتاسه زیرین می‌داند ولی با توجه به وجود پیل‌های گرانیتی در قاعده سازند کشف رود (باژوسین) از یک طرف و عنایت به این مطلب که توده نفوذی مجموعه افیولیتی مشهد و رسوبات توربیدایتی با سن تریاسی را قطع می‌کند سن تریاس بالایی - ژوراسیک زیرین قابل قبول تر می‌باشد.

جوانترین رخداد ماگمایی فوران گدازه‌های آندزیتی و آندزیت بازالتی با سن ائوسن می‌باشد، هر چند برونزد گستره آنها بیشتر در ورقه نیشابور می‌باشد ولی رخنمون‌های از این واحد در ناحیه کمر باغ بند (غرب باز حوض) و شمال امان آباد دیده میشود.

واحد نفوذی جوان غرب استاج با لیتولوژی دیوریتیک گابرو و گابرو که واحد پالئوزوئیک (LP) با سن تا مشخص را قطع می‌کنند، هم ارز این فاز ولکانیکی در نظر گرفته شده است.

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور