



وزارت صنعت، معدن، تجارت

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

عنوان:

گزارش نقشه زمین شناسی 1:100.000 به شهر

شماره برگه:

6763

تهیه کننده / تهیه کنندگان:

م. ر. قاسمی

سال تولید:

گزارش نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰

برگه شماره ۶۷۶۳ - بهشهر

موقعیت جغرافیایی، راه های دسترسی، زمین ریخت شناسی و اقلیم

ورقه بهشهر در محدوده عرض های جغرافیایی $36^{\circ}30'$ تا $37^{\circ}00'$ و طول های جغرافیایی $53^{\circ}30'$ تا $54^{\circ}00'$ قرار گرفته است. از دیدگاهی ریخت شناختی این ورقه واحدهای ریخت زمین ساختی مهمی را در بر می گیرد که از جنوب به شمال عبارتند از: بلندی ها و دامنه های شمالی رشته کوه البرز، دشت خزر، تالاب گرگان، شبه جزیر میان کاله (میان قلعه) و جزیره آشور (آشوراده) و دریای خزر. بلندترین نقطه از نقشه، قله ای در جنوب روستای کوا (جنوبی ترین بخش نقشه) با بلندی ۲۲۳۱ متر است و پست ترین جا در ساحل تالاب گرگان و دریای خزر در حدود ۲۸ متر پایین تر از سطح آب های آزاد است. از آن جا که نقشه های توپوگرافی مورد استفاده مربوط به زمان پیش از آخرین پیشروی دریای خزر می باشند، ساحل کنونی دریای خزر و خلیج گرگان در چندین نقطه به کمک دستگاه GPS تعیین شد که با نشانه ای ویژه بر روی نقشه نمایش داده شده است.

رودخانه های دائمی و فصلی، آب را از جنوب به شمال به سوی تالاب گرگان هدایت می کنند. مهم ترین رودخانه های ناحیه شامل رودخانه نکا، رودخانه استینوا، رودخانه گلوگاه، رودخانه الارز، رودخانه متکازین، رودخانه پرکلا و رودخانه گرگ تچ هستند. رودخانه نکا که بزرگترین رودخانه ناحیه می باشد تنها رودخانه مهم طولی longitudinal است که از خاور به باختر جریان دارد و از پیوستن رودخانه های عرضی transverse تغذیه می شود. رودخانه مزبور از سرشاخه هایش در خاور (خارج از نقشه) تا محل ریختن آن به دریای خزر در حدود ۱۶۰ کیلومتر درازا دارد که در حدود ۱۳۰ کیلومتر آن در بخش کوهستانی قرار گرفته است.

نهشته های نئوژن که بخش عمده ای از واحدهای سنگی جنوب ناحیه را شکل می دهند، نهشته های آسان فرسایی هستند که خاک حاصل از هوازدگی آن ها در بخش های هموار جنوبی ناحیه مورد استفاده کشاورزی قرار گرفته است. این بخش ها فلات های کوچکی را تشکیل می دهند که دره های نسبتاً ژرف ناحیه آن ها را از یکدیگر جدا می سازد. مارن های بخش زیرین واحد سنگی کرتاسه بالایی که در جنوب ناحیه رخنمون دارند، در جاهایی فرسایش پذیرتر از نهشته های نئوژن می نمایند. سخت فرساسترین واحدهای سنگی ناحیه را سنگ های مجموعه دگرگونی گرگان تشکیل می دهند. رودخانه نکا پس از حفر پوشش آسان فرساستر روی این مجموعه، به علت عدم توانایی در حفر سریع این سنگ های سخت فرساستر، الگویی مئاندری به خود گرفته است. سنگ آهک های مزوزوییک و پالئوسن ناحیه از دیدگاه فرسایش پذیری وضعیت میانه ای دارند. یکی از پدیده های جالب زمین ریخت شناختی ناحیه حاصل حفر و بریدگی تاقدیس های میانه مقیاس ناحیه به وسیله رودخانه های عرضی است. در اثر این فرایند که آثار آن به ویژه در جنوب کفترکار، شمال کوادره، متکازین و پرکلا دیده می شود، رودخانه پس از حفر واحد آهکی نسبتاً سخت فرسایش پالئوسن، مارن های کرتاسه بالایی را در هسته تاقدیس آشکار ساخته است. این الگوی فرسایش عارضه های کاسه ای شکلی را در محل برخورد رودخانه با محور تاقدیس ها پدید آورده است. عارضه های مشابه با این در بخش های دیگر شمال البرز (خارج از ورقه بهشهر) نیز دیده می شود.

در مجموع برجستگی های اصلی ناحیه در بخش کوهستانی دارای روند عمومی خاوری هستند که از عارضه های ساختاری مانند گسله ها و چین ها با روندهای مشابه تاثیر پذیرفته اند. مهم ترین برجستگی ناحیه با روند خاوری در فرادیاره گسله خزر (تاقدیس خزر) شکل گرفته است. این برجستگی همانند دیواره ای در برابر نفوذ ابرهای برخاسته از خزر قرار گرفته است و در نتیجه پوشش گیاهی جنگلی و متراکم آن پس از عبور از خط الراس به سوی جنوب به ناگهان تقریباً ناپدید می گردد. گسله خزر مرز بین کوه و دشت را تشکیل می دهد و افزاز مشخص خطی آن در بسیاری از جاها به ویژه بر روی عکس های هوایی قابل مشاهده است. گسله استینوا افزاز مشخص دیگری در بخش خاوری ناحیه تشکیل داده است.

دامنه شمالی رشته کوه البرز در این ناحیه پوشیده از جنگل انبوه است که بدبختانه با بهره برداری نادرست در حال نابودی است. پوشش گیاهی در بخش های جنوبی تر به درختچه های کوچک اورس (نوعی سرو) و بلوط و بوته زارها محدود می شود. دشت خزر تقریباً به تمامی زیر کشت محصولات کشاورزی مانند گندم، جو، برنج، پنبه و دانه های روغنی قرار دارد. بخش های نزدیک به ساحل جنوبی تالاب گرگان بته زار گیاهانی است که با آب شور سازگار هستند. شبه جزیره میان کاله یک زیستگاه حفاظت شده زیبا است که تقریباً سراسر با بته های تمشک و درختچه های انار پوشیده شده است. ساحل شمالی این شبه جزیره صیدگاه ماهیان خزر است و مزرعه های موجود در شبه جزیره به پرورش اسب، گاو و گاو میش اختصاص داده شده است.

ناحیه مورد بررسی به ویژه در دامنه های شمالی و دشت خزر دارای میزان بارندگی بالایی است. بخش جنوبی ناحیه که کوهستانی و بلند است، آب و هوای سرد دارد و میزان قابل ملاحظه ای برف در زمستان دریافت می دارد. پراکندگی جمعیت در منطقه بهشهر به ویژه در دشت خزر قابل ملاحظه است و روستاها و شهرهای کوچک با فاصله های کم در آن قرار گرفته اند. روستاهای کوچک متعددی نیز در بخش کوهستانی منطقه (هزار جریب بهشهر) قرار گرفته اند که امروزه تقریباً همگی آن ها با راه های ارتباطی نسبتاً خوب با یکدیگر در ارتباط هستند. از آن جا که راه های ناحیه کوهستانی در نقشه های توپوگرافی منعکس نشده است، از تصویر ماهواره ای ناحیه کمک گرفته شد، بنابراین ممکن است مکان و مسیر این راه ها در روی نقشه زمین شناسی با مقداری خطا همراه باشد.

وجود آثار تاریخی به ویژه تپه های باستانی که می توان آن ها را در کنار بیشتر روستاهای کوهستانی مشاهده کرد، حکایت از سابقه تاریخی طولانی این روستاها دارد. چندین تپه باستانی در دشت خزر نیز دیده می شوند. مردم ناحیه عموماً دارای گویش مازندرانی هستند و به طور عمده به کار کشاورزی و دامپروری اشتغال دارند.

بهشهر در گذشته "شرف" نامیده می شد و بسیار مورد توجه شاه عباس صفوی بود. آثار تاریخی ناحیه عباس آباد بهشهر همانند بند و دریاچه عباس آباد و برج ها و ساختمان های تاریخی آن در دوره های صفویه و قاجاریه ساخته شده اند.

آثار پیش از تاریخ که در غارهای کمر بند و هوتو در جنوب باختر بهشهر (روستای تروجن) یافته شده است، نشان می دهد این ناحیه از دیرباز زیستگاه انسان بوده است.

بررسی های پیشین و موقعیت ناحیه در چارچوب زمین شناسی ایران

ورقه بهشهر در نیمه خاوری چهارگوش ساری قرار گرفته است که زمین شناسی آن از سوی سعیدی (وحدتی دانشمند و سعیدی، ۱۳۶۹) مورد بررسی قرار گرفته است. این ناحیه بخشی از شمال رشته کوه البرز را در خاور تشکیل می دهد. بنابر تقسیم بندی نبوی (۱۳۵۵) بخش کوهستانی ورقه در پهنه گرگان-رشت قرار می گیرد. از مهم ترین ویژگی های این ورقه، گسترش بخش عمده ای از مجموعه دگرگونی گرگان است که با ناپیوستگی در زیر واحدهای سنگی مزوزویک قرار گرفته است. ویژگی مهم دیگر این ناحیه گسترش نهشته های نئوژن دامنه شمالی البرز است که آن را با نام رخساره نئوژن خزر می شناسند (یاسینی، ۱۳۶۰). وجود گسله خزر که شمال البرز را از فرونشست خزر جدا می کند، از ویژگی های ساختاری مهم این منطقه می باشد.

در مجموع کل ناحیه دارای ویژگی های چینه نگاشتی نسبتاً یکنواختی است و تفاوت های اساسی که از این لحاظ در منطقه مشاهده می شود به شرح زیر است:

سنگ های دگرگونی گرگان یک برجستگی قدیمی را تقریباً در سراسر مزوزویک تشکیل می داده است که واحدهای سنگی گوناگون این دوران در زمان های مختلف بر روی آن پیشروی کرده اند. وجود این برجستگی سبب برخی تغییرات ضخامت (و تا حدودی رخساره) در واحدهای سنگی مزوزویک شده است.

گسله خزر به عنوان یک مرز زمین ساختی مهم سبب شده است که رسوبات نئوژن و کواترنری در شمال این گسله به مراتب ستبرتر از جنوب آن باشند. باید یادآور شد که رخنمونی از نهشته های نئوژن در شمال گسله مزبور در ورقه بهشهر دیده نمی شود و یا ضخامت واحدهای نئوژن و کواترنری دانسته نیست و تفسیر بالا بر پایه اطلاعات زیرسطحی است که در باره زمین شناسی خزر به طور کلی در دسترس می باشد.

چینه نگاری

سنگ های دگرگون شده پالئوزویک (مجموعه دگرگونی گرگان)

این مجموعه سنگ ها به طور عمده در بخش میانی ورقه (جنوب جاده بهشهر-گرگان) رخنمون دارند و شامل سنگ های رسوبی و آذرینی هستند که در تریاس پسین دچار دگرگونی ناحیه ای و دگرریختی شده اند. Gansser (1951) برای اولین بار به این مجموعه سنگ ها نام "شیت های گرگان" را داد. در بررسی های اولیه (Gansser, 1957; Jenny, 1977; Stampfli, 1978) این سنگ ها به پرکامبرین نسبت داده شده بودند. Huber (1957) با توجه به وجود سنگواره هایی که در بخش های بالایی توالی یافته است، آن ها را به پیش از دونین نسبت می دهد. مطالعات پالینولوژی (قویدل سیوکی، ۱۳۷۱) و برخی شواهد چینه نگاشتی مانند قرار گرفتن سنگ های سازند شمشک (و جوانتر از آن) با ناپیوستگی زاویه ای بر روی مجموعه سنگ های دگرگونی گرگان، نشان می دهد این مجموعه سنگی مربوط به پالئوزویک است و در اوائل مزوزویک (تریاس پسین) دچار دگرگونی شده است. بررسی های صحرائی نشان می دهد که اولاً درجه تبلور کانی های دگرگونی در این سنگ ها در حدی نیست که بتوان به آن ها نام شیت داد و ثانیاً واحدهای سنگی دگرگون شده متنوع هستند، بنابراین برای این مجموعه نام "مجموعه دگرگونی گرگان" انتخاب شده است. سنگ های مزبور به ترتیب توالی چینه نگاشتی (و سن نسبی) شامل واحد سنگ آهک میلونیتی، واحد کوارتزیت و دولومیت، واحد فیلیت، واحد سنگ جوش، واحد آتشفشانی و واحد سنگ آهک و شیل (کربنیفر) هستند.

جز در واحد سنگ آهک و شیل، شواهد سنگواره ای قاطعی برای سن نسبی واحدهای مختلف مجموعه دگرگونی گرگان به دست نیامد. بررسی های پالینولوژیکی که فراتر به آن ها پرداخته خواهد شد، گستره های سنی پس از اردویسین، پس از سیلورین میانی، دونین و کربنیفر را برای نمونه های فیلیتی این مجموعه دگرگونی نشان می دهند. از سوی دیگر مطابقت دادن این واحدها با واحدهای عادی البرز و ایران مرکزی دشوار است. با این وجود می توان بخش های زیرین مجموعه را که از سنگ آهک، کوارتزیت و دولومیت تشکیل شده است، به دشواری از یک سو با بخش های بالایی سازند میلا و سازند لشکرک و از سوی دیگر با عضو A از سازند جیرود مقایسه نمود. بنابراین برای مجموعه دگرگونی گرگان (به جز واحد سنگ آهک و شیل که دارای سن کربنیفر است) تا تعیین سن های دقیق تر، سن پرکامبرین-دونین پیشنهاد می شود.

سن مطلق که به روش پتاسیم-آرگن از سوی پژوهشگران فرانسوی (Delaloye et al. 1981) برای نمونه های مجموعه دگرگونی گرگان تعیین شده است یک گستره وسیع از ۱۲۲۸ تا ۱۷۸ میلیون سال را در بر می گیرد که بسیار پرش برانگیز است. از سوی دیگر در تعیین سن آن ها یک نمونه که اتفاقاً از واحد شیستی (فیلیت) نیز تهیه شده است، سن ۴۰۴ میلیون سال را نشان می دهد که با دونین مطابقت دارد.

واحد سنگ آهک میلونیتی (Pz)

این واحد شامل یک توالی یک دست از جنس سنگ آهک متوسط لایه به رنگ خاکستری تیره تا سیاه است که در باریکه ای موازی با گسله خزر بین گلوگاه و لیوان شرقی رخنمون دارد. برگواگی میلونیتی نسبتاً مشخصی در نمونه دستی این سنگ ها دیده می شود و رگه های کلسیت کوچک به فراوانی در آن وجود دارند. ضخامت قابل مشاهده این واحد به حدود ۸۰ متر می رسد و لایه بندی آن به سوی بالای توالی نازک تر می شود. بخش زیرین واحد مشخص نیست و به گسله خزر محدود می شود. این واحد در زیر واحد کوارتزیت و دولومیت پالئوزویک مجموعه دگرگونی قرار می گیرد. مطالعه برش های میکروسکوپی از این واحد نشان می دهد بخش اصلی سنگ را کانی کلسیت با بافت موزاییکی جهت یافته (بازتبلور یافته) تشکیل داده است و رگه هایی ظریف از جنس کوارتز در سنگ دیده می شود که به موازات برگواگی سنگ قرار گرفته اند. دو نمونه از این سنگ برای وجود کونودونت مورد مطالعه قرار گرفت اما آثاری از سنگواره مزبور در آن یافت نشد.

واحد کوارتزیت و دولومیت (Pz^{qd})

این واحد در واقع یک توالی مرکب از لایه های کوارتزیت دولومیتی، کوارتزیت نسبتاً خالص به رنگ سفید و صورتی، دولومیت نخودی رنگ، سنگ جوش و فیلیت (شیل دگرگون شده) خاکستری همراه است. تمام توالی دارای نوعی برگوارگی میلوئیتی مشخص است. در بخش های دولومیتی این واحد در جنوب گلوگاه آثاری شبیه به استروماتولیت دیده می شود. کوارتزیت های این واحد دارای مسکویت نیز هستند. صالحی راد (۱۳۵۸) در ناحیه جنوب گرگان به یک توالی از سنگ ماسه های آرکوزی و کوارتزیت با خمیره کربناته در قاعده توالی سنگ های دگرگونی گرگان اشاره کرده است که می توان آن را با واحد کوارتزیت و دولومیت این ناحیه مقایسه کرد.

مطالعه سنگ نگاشتی نمونه ای که از کوارتزیت های کربنات دار این بخش گرفته شد، نشان دهنده سنگی با ترکیب کوارتزیت کربنات و میکا دار است. بلورهای کوارتز که بخش اصلی سنگ را شکل می دهند، دارای نوعی جهت یافتگی ترجیحی هستند. فلدسپار نیز به همراه کوارتز در زمینه سنگ دیده می شود. سریسیت، مسکویت، کانی های کدر، اکسید آهن و اسفن کانی های فرعی تر سنگ را تشکیل می دهند.

نمونه دیگری که از لایه های سنگ آهک ماسه ای تهیه شد، از دیدگاه سنگ نگاشتی یک سنگ آهک ماسه ای کاتاکلستیک-میلوئیتی است. کانی اصلی سنگ را کلسیت تشکیل می دهد و کوارتز، مسکویت و فلدسپار به صورت فرعی تر در زمینه سنگ قرار گرفته اند. رگچه های خیلی ظریف از کانی های کدر در درون سنگ دیده می شود.

در رخنمون های پنجره فرسایشی ناحیه رودبار یک مجموعه سنگی با درجه دگرگونی پایین دیده می شود که آن ها نیز در این نقشه به مجموعه دگرگونی گرگان نسبت داده شده اند. توالی سنگی این ناحیه (در صورتی که در اثر زمین ساخت دچار برگشتگی نشده باشد) از پایین به بالا شامل واحدهای زیر است:

کوارتزیت، شیل های فیلیتی با درصد زیادی کربن آلی که به صورت خاکه ای سیاه رنگ در درون سنگ دیده می شود، دولومیت ضخیم لایه خاکستری تا سیاه رنگ، سنگ های آتشفشانی اسیدی تا بازیک که در بخش های بالایی دارای چهره ای بالشی هستند، سنگ جوش میلوئیتی که بیشتر قطعه های آن را سنگ های دولومیتی تشکیل می دهند و خمیره آن فیلیتی است، دولومیت های نازک لایه قهوه ای رنگ، کوارتزیت خاکستری و قهوه ای رنگ نازک لایه و بالاخره در بالایی ترین بخش توالی، مگابرش هایی دیده می شود که خمیره آن از مواد کربناته سیاه رنگ تشکیل شده است و قطعه های آن را سنگ های آتشفشانی حفره دار، دولومیت و فیلیت تشکیل می دهند. نمونه ای که برای بررسی های پالینولوژیک از بخش شیل های کربن دار توالی گرفته شد، فاقد هر گونه پالینومورف مشخص بود. این توالی در جنوب رودخانه نکا رخنمون دارد و به نظر می رسد در زیر توالی فیلیت های خاکستری رنگ یک دست مجموعه دگرگونی گرگان قرار گرفته باشد که رخنمون های شمال رودخانه را تشکیل می دهد. توالی توصیف شده در این جا با توالی واحد دولومیت و کوارتزیت ناحیه جنوب گلوگاه قابل مقایسه است.

واحد فیلیت (Pz^{ph})

واحد فیلیت بخش عمده ای از مجموعه سنگ های دگرگونی گرگان را تشکیل می دهد و در واقع همان واحدی است که آن را از ابتدا با نام "شیست های گرگان" نامگذاری کرده اند. واحد مزبور شامل یک توالی نسبتاً یکنواخت از فیلیت به رنگ خاکستری و خاکستری تیره است که جاهایی از بخش زیرین آن با سنگ های آتشفشانی دگرگون شده (Vi) همراه است. این سنگ های آتشفشانی که دگرگون شده اند و برگوارگی مشخصی دارند، دارای ترکیبات متغیری از انواع بازیک تا حدواسط هستند. رنگ فیلیت ها در برخی جاها احتمالاً به علت هوازدگی، سرخ و زرشکی است. مطالعه سنگ نگاشتی نمونه هایی که از این واحد فیلیتی گرفته شد، نشان می دهد کانی های اصلی تشکیل دهنده سنگ شامل کلریت و سریسیت است. مسکویت، بیوتیت، کلریتوئید، کوارتز، فلدسپار، تورمالین، زیرکن، کانی های کدر و اکسید آهن کانی های فرعی تر سنگ را تشکیل می دهند. جهت یافتگی ترجیحی کانی های ورقه ای بالا برگوارگی فیلیتی مشخصی را به این سنگ ها بخشیده است.

برگوارگی مزبور مشخص و نافذ است که در بیشتر جاها به موازات لایه بندی اولیه سنگ می باشد، اما در بسیاری از رخنمون ها می توان لایه بندی اولیه را به واسطه تغییر اندازه دانه ها (دانه بندی تدریجی) بازشناخت. براق تر بودن

فیلیت‌ها در بخش‌های شمالی تر ناحیه نشان می‌دهد که احتمالاً این بخش‌ها از درجه دگرگونی نسبتاً بالاتری برخوردار هستند و به قسمت‌های ژرف تر توالی تعلق دارند. سنگ اولیه فیلیت‌ها، سنگ‌های رسی-فورشی بوده‌اند که ترکیب آن‌ها شیل و گری وکی بوده است. ریزدانه بودن، رنگ تیره و وجود بلورهای ریز پیریت فراوان در این توالی نشان می‌دهد رسوبات مزبور مربوط به محیط ژرف دریایی بوده‌اند.

از بین نمونه‌های متعددی که از واحد فیلیت برای بررسی پالینومورف‌ها برداشت شد، دو نمونه دارای ریخت‌هاو گونه‌ای بود که مشخصات و گستره سنی آن‌ها به شرح زیر می‌باشد:

Black spores: post Middle Silurian
 Veryhachium trispinosum: post Ordovician
 Diexallophasis remota: Silurian-Devonian

علاوه بر این قطعه‌های شکسته و کامل کیتینوزوآ، اسپوره‌های سیاه‌خاردار نیز در این نمونه‌ها مشاهده شد. حمدی (۱۳۷۴) به وجود کونودونت‌های پالئوزویک در سنگ‌آهک‌های کم‌دگرگونه موجود در توالی فیلیتی ناحیه رادکان (ورقه‌گران) اشاره کرده است.

واحد سنگ جوش (Pz⁶)

این واحد شامل سنگ جوش‌های متوسط دانه‌ای است که اجزای آواری آن تا ۹۰٪ از سنگ‌های آتشفشانی اسید و حدواسط تشکیل شده است. اندازه قلوه‌ها از چند میلی‌متر شروع می‌شود و بیشینه اندازه آن‌ها به حدود ۳۰ سانتی‌متر می‌رسد. بسیاری از این قطعه‌های آتشفشانی دارای بافت حفره‌ای هستند که با کلریت، بیوتیت، اکسید آهن و کلسیت پر شده است. درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز در برخی از این قلوه‌ها به خوبی دیده می‌شود.

مطالعه سنگ‌نگاشتی نمونه‌ای که از قلوه سنگ‌های آتشفشانی این بخش گرفته شد، نشان‌دهنده ترکیب کوارتز تراکی-آندزیت به شدت تجزیه شده است. در این سنگ‌کانی‌های اصلی عبارتند از پلاژیوکلاز و فلدسپار قلیایی. که در این میان پلاژیوکلاز چیره است و شامل بلورهای شکل‌دار و نیمه‌شکل‌داری است که به کانی‌های رسی، سربیسیت، کلسیت و کلریت تجزیه شده‌اند. بافت سنگ دارای تمرکزهای فراوان و حفره‌مانند کلسیت یا کلریت است. زمینه سنگ از فلدسپارهای ریزتر، کوارتز، کانی‌های رسی، کلریت، کلسیت و کانی‌های کدر، اکسید آهن، لوکوکسن و اپیدوت تشکیل شده است. علاوه بر این کمی آثار از بلورهای یک کانی مافیک دیده می‌شود که به کلی با سرپانتین، کلریت، کانی‌های کدر و اکسید آهن جایگزین شده است و نمی‌توان کانی اولیه را تشخیص داد.

مطالعه سنگ‌نگاشتی نمونه دیگری از قلوه سنگ‌های آتشفشانی بخش سنگ جوش، نشان‌دهنده ترکیب یک سنگ آتشفشانی اسیدی به شدت سیلیسی و کلریتی شده است. در این سنگ‌کانی‌های اصلی عبارتند از پلاژیوکلاز که بیشتر ترکیب حد واسط تا آلبیتی دارد. کانی‌های اولیه دیگری نیز وجود داشته‌اند که تماماً با مواد کربناته و اکسید آهن جایگزین شده‌اند. مهم‌ترین پدیده این نمونه وجود حفره‌های متعدد درازشده (دگرریخت شده) است که با کانی‌های سیلیسی، کلریت و یا کلسیت پر شده‌اند. زمینه سنگ دارای کانی‌های کوارتز، فلدسپار، کلریت الیافی، اسفن، اکسید آهن و کانی‌های کدر است. بافت زمینه سنگ جهت‌دار است.

علاوه بر سنگ‌های آتشفشانی، مقداری قلوه‌های فیلیت (شیل) و کوارتزیت نیز در این توالی دیده می‌شود و در مجموع به نظر می‌رسد این واحد تا حدود زیادی از فرسایش واحدهای زیرین یا مجاور خود تغذیه شده است. خمیره سنگ در برخی جاها رسوبی (فیلیت) و در برخی جاها آتشفشانی (توف دگرگون شده) است و مقدار توف و سنگ‌های آتشفشانی نیز در این توالی دیده می‌شود. به نظر می‌رسد در برخی جاها مقدار کمی سنگ ماسه نیز در توالی سنگ جوشی قرار می‌گیرد.

بررسی سنگ‌نگاشتی نمونه‌ای که از خمیره واحد سنگ جوش تهیه شد، نشان می‌دهد خمیره مزبور به طور عمده از کانی‌های کوارتز، فلدسپار، کانی‌های میکایی و لیتیک‌های آذرین بازیگ تجزیه شده تشکیل شده است.

برگوارگی نافذی در این واحد دیده می‌شود و قلوه‌های آن به شدت دگرریخت شده‌اند و شکل بیضوی‌هایی را پیدا کرده‌اند که به موازات لایه بندی پخ شده‌اند. رنگ عمومی هوازده این واحد قهوه‌ای و رنگ تازه آن خاکستری است. واحد سنگ جوش و واحد آتشفشانی پالئوزویک ناحیه در محل برخی از گسله‌ها به تالک تبدیل شده‌اند.

بخش هایی از واحد سنگ جوش با سنگ های آتشفشانی دگرگون شده (V_2) همراه است. این سنگ ها شامل مجموعه ای از سنگ های حد واسط تا بازیک است که ترکیب آن ها از تراکیت تا بازالت تغییر می کند. دگرگونی و دگرریختی سبب ایجاد برگواری مشخصی در این واحد شده است. آمفیبول، کلریت و اپیدوت کانی های اصلی این دسته از سنگ ها را تشکیل می دهند. رنگ هوازده این سنگ ها سبز تیره است و ساختار گدازه بالشی در جاهایی از این واحد دیده می شود که حکایت از خروج مواد مذاب در زیر آب دارد. بررسی سنگ نگاشتی یک نمونه از این سنگ های بازیک نشان می دهد کانی های اصلی سنگ را کلریت، اپیدوت و کوارتز تشکیل می دهند. آمفیبول های سوزنی، کانی های کدر، اکسید آهن و سربیسیت کانی های فرعی تر سنگ هستند و سنگ بافتی کاملاً جهت یافته دارد.

قویدل سیوکی (۱۳۷۱) با مطالعه یک نمونه از فیلیت های سبز رنگ بین گدازه های بالشی ناحیه، سنگواره هایی از آکریتارک، هاگ های گیاهی و هاگ های قارچ یافته است و با توجه به ارزش چینه نگاشتی گونه های آکریتارک و وجود اسپوره های مزبور، سن دونین بالایی را برای نمونه مزبور پیشنهاد کرده است. به علاوه ایشان یک نمونه از فیلیت های سیاه رنگ ناحیه را با توجه به مطالعات پالینولوژی خود به دونین بالا نسبت داده است. با توجه به مطالب بالا می توان سنگ های آتشفشانی مزبور و در نتیجه سنگ جوش های همراه با آن ها را با تردید به دونین نسبت داد.

واحد سنگ آهک و شیل (کربنیفر) (Cm)

رخنمون اصلی این واحد در یک پنجره فرسایشی کوچک در بخش جنوبی ورقه بهشهر قرار گرفته است. رخنمون مزبور در کناره رودخانه پرکلا، در باختر روستای پرکلا جای دارد و شامل مجموعه ای از سنگ آهک های نازک تا متوسط لایه به رنگ خاکستری تیره تا سیاه است که دارای میان لایه هایی از شیل های سیاه رنگ غنی از مواد آلی است. دگرریختی نسبتاً شدید و دگرگونی ملایم، ظاهری اسلیتی به این سنگ ها داده است و آثار دگرریختی در آن ها به صورت برگواری اسلیتی، چین خوردگی و بودین شدگی قابل مشاهده است. بخش زیرین این واحد در رخنمون مزبور آشکار نیست و در بالا با ناپیوستگی زاویه ای در زیر سنگ های کربناته کرتاسه بالا قرار می گیرد. رخساره سنگی و زیستی دو نمونه از بخش آهکی این واحد با سن اشکوب تورنیزین مطابقت دارد:

Silty biomicrite, Sandy calcarenite

Archaesphaera sp., (and Crinoid debris)

با توجه به سن و رخساره سنگی، این واحد را می توان با سازند مبارک مقایسه نمود.

توده های نفوذی (g)

در بخش های مختلف واحد های فیلیتی، سنگ جوشی و آتشفشانی مجموعه دگرگونی گرگان، توده های نفوذی کوچک و بزرگ دیده می شود که از دگرگونی و دگرریختی مشابه با مجموعه مزبور برخوردار شده اند. به همین علت این سنگ ها نیز به پیش از رتین نسبت داده می شوند. ترکیب این سنگ ها حدواسط تا بازیک است و شامل انواع مونزونیتی، دیوریتی و گابرویی هستند. این سنگ ها در برخی جاها رخساره ای کاملاً نفوذی دارند و در بسیاری جاها توده های نیمه آتشفشانی (subvolcanic) هستند که در درون سنگ های رسوبی و آتشفشانی تزریق شده اند.

نمونه هایی از سنگ های نفوذی در بررسی های سنگ نگاشتی، نوعی مونزونیت تا مونزودیوریت دگرگون شده تشخیص داده شد. در این سنگ ها فلدسپار و کانی های مافیک (به ویژه کلینوپیروکسن) کانی های اصلی سنگ را تشکیل می دهند. فلدسپار قلیایی و پلاژیوکلاز که به کانی های رسی، آلبیت، سربیسیت، کلریت و اپیدوت تجزیه شده است، کانی های فرعی تر سنگ هستند. آمفیبول و بیوتیت دیگر کانی های فرامینیزین سنگ را تشکیل می دهند. سرپانتین و کلریت به گستردگی از تغییر کانی های مافیک اولیه شکل گرفته اند. از کانی های فرعی دیگر سنگ می توان به کلسیت، اپیدوت، کوارتز، آپاتیت، اسفن و کانی های کدر اشاره کرد.

نمونه دیگری از مجموعه سنگ های نفوذی که در نزدیک گسله خزر (نزدیک روستای مهدی رجه) برداشت شد، در بررسی های سنگ نگاشتی از نوع دیوریت اپیدوتیزه و کلریتیزه شناسایی شد. فراوانترین کانی این سنگ را پلاژیوکلاز شکل می دهد که بیشتر نیمه شکل دار هستند. کانی های مختلف در این سنگ به اپیدوت، کلسیت، کلریت، سربیسیت

و آلبیت تجزیه شده اند. از کانی های دیگر این سنگ می توان به بلورهای ریز کوارتز، کانی های کدر، اکسید آهن، اسفن و لوکوکسن اشاره کرد. رخساره دگرگونی این سنگ در حد پایین شیب سبز تشخیص داده شد. یک نمونه دیگر که در رخنمونی نزدیک به رخنمون نمونه قبل برداشت شد، در بررسی های سنگ نگاشتی نوعی گنایس میلونیتی تشخیص داده شد. سنگ اولیه ترکیبی تقریباً گرانیتی داشته است و پرفیروکلاست های آن را فلدسپار (عموماً پلاژیوکلاز) تشکیل می دهد که در بیشتر جاها دچار شکستگی و خردشدگی شده است. این بلورها عموماً به کانی های رسی، سریسیت، کلریت و کلسیت تجزیه شده اند. کانی های دیگر سنگ را کوارتز، کلریت، مسکویت و بیوتیت تشکیل می دهند. کلسیت، کانی های کدر، اکسید آهن و اپیدوت کانی های فرعی تر سنگ هستند. بررسی های سنگ نگاشتی نمونه هایی که در برداشت های صحرایی نوعی گابرو تشخیص داده شده بود، نشان می دهد این دسته از سنگ ها به مقدار زیادی از کانی آمفیبول (بیشتر از نوع هورنبلند و اکتینولیت) تشکیل شده اند. اپیدوت، کلینوزوئیت، کلریت، سریسیت، مسکویت، اسفن، کوارتز و آلبیت کانی های فرعی این نمونه ها را شکل می دهند. مطالعه سنگ نگاشتی نمونه ای از سنگ های نیمه آتشفشانی، نشان دهنده بافت میکروپورفیریتیک و انترسرتال است که به شدت دگرسان شده است. کانی اصلی سنگ، پلاژیوکلاز تخته ای و تیغه ای شکل است که به سریسیت، کلسیت، پرهینیت و اپیدوت تبدیل شده است. کانی مافیک اولیه در سنگ مشاهده نمی شود اما وجود کلریت، اپیدوت و کلسیت در فضای بین فلدسپارها می تواند نشانه وجود این کانی ها در سنگ اولیه باشد. کانی های فرعی سنگ شامل اسفن، لوکوکسن، کانی های کدر، کوارتز ثانوی، بیوتیت، آلبیت و مسکویت است. در مجموع با توجه به این شواهد می توان سنگ مزبور را یک سنگ نیمه آتشفشانی با ترکیب آندزیتی تا بازالتی (متابازیت) در نظر گرفت که به شدت دگرسان شده است. در برخی از نمونه های میکروسکوپی این سنگ های نیمه آتشفشانی بافت میلونیتی (برگوارگی) به خوبی مشهود است و گاهی می توان در آن فلدسپارها را به صورت پورفیروگلاست مشاهده کرد.

سنگ های مزوزویک

سازند شمشک (TRJ_s)

این سازند تنها در بخش میانی نقشه بین بهشهر و گلوگاه رخنمون دارد و از یک مجموعه سنگ های آواری شامل، مارن، سنگ ماسه، شیل خاکستری و سنگ جوش تشکیل شده است که دارای چند افق ذغال سنگ نازک در بخش های زیرین است. سنگ ماسه های این سازند در برخی جاها دارای میکا هستند. یک بخش سنگ جوش متوسط دانه در بخش زیرین سازند تقریباً در هر جا که سازند مزبور بر روی سنگ های دگرگونی گرگان رخنمون دارد، دیده می شود. قطعه های این بخش تقریباً تماماً از قطعه سنگ های دگرگونی مجموعه دگرگونی گرگان تشکیل شده است. لایه های نازک تا میانه سنگ جوش در بخش های بالاتر سازند نیز دیده می شود. در این بخش ها قلوه سنگ های گرد شده سازند تقریباً تمام از جنس کوارتز هستند که آن ها نیز به نظر می رسد از رگه های کوارتز درون مجموعه دگرگونی گرگان سرچشمه گرفته باشند. سنگ جوش های بخش زیرین سازند شمشک در برخی لایه ها دارای سیمان آهکی است؛ میزان سیمان مواد کربناته این سنگ جوش ها در جاهایی به شدت افزایش می یابد و به آهک های نسبتاً خالص تبدیل می شود که گاهی دارای خرده صدف نیز می باشد؛ یک نمونه از این بخش دارای ریزسنگواره های رتین-لیاس بوده است. یکی از ویژگی های تقریباً منحصر به فرد سازند شمشک در ناحیه مورد مطالعه مارنی بودن بخش عمده این سازند است. مارن های مزبور به رنگ خاکستری تا قره ای مایل به آبی و زیتونی هستند و لایه بندی متوسط تا نازکی دارند که با لایه های نازک مارن های دارای کربنات بیشتر از یکدیگر جدا شده اند. وجود نودول های قهوه ای، سرخ و زرد سیدریت از ویژگی های بارز این بخش های مارنی از سازند شمشک است. آثار سنگواره های گیاهی در بخش هایی از این سازند به چشم می خورد.

مرز زیرین این سازند با مجموعه دگرگونی گرگان، ناپیوستگی زاویه ای است. سازند مزبور با مرزی نه چندان مشخص در زیر آهک های سازند لار قرار می گیرد.

رخساره سنگی و زیستی نمونه هایی از بخش های مارنی سازند شمشک با اشکوب رتین مطابقت دارد:

Sandy biomicrosparite

Angلودیسکس aff. *Expansus*, *Valvulina* sp., *Lituolidae*, *Glomospira* sp., *Echinid* debris

برخی دیگر از این نمونه های مارنی نیز دارای رخساره های سنگی و زیستی رتین-لیاسیک (رتین-هتانژین) هستند:

Biosparite (grainstone)

Lenticulina sp., *Involutinidae*, *Lituolidae*, ?*Auluconus* sp., *Bryozoa*, *Echinid* debris

نمونه های دیگری از این توالی برپایه رخساره سنگی و زیستی سن دوگر را نشان می دهند:

Foraminifera (*Lituolidae*), *Aptychy*, *Gastropoda*, *Lamelibranchial* shells

نمونه هایی که از بخش های مارنی بالایی سازند شمشک به منظور شناسایی سنگواره های آزاد مورد مطالعه قرار گرفت، دارای مجموعه زیستی ژراسیک میانی هستند:

Lenticulina munsteri, *Lenticulina* (*lenticulina*) *gerzenensis*, *Lenticulina* (*planularia*) *tricarinnella*

سازند لار (J1)

آثاری از رخساره سازند دلیچای در ناحیه مورد مطالعه یافت نشد و به نظر می رسد بخش های بالایی سازند شمشک و بخش های زیرین سازند لار، اشکوب دوگر را نیز در بر می گیرند.

سازند لار شامل سنگ آهک های متوسط لایه تا توده ای است که در برخی جاها دولومیتی هستند. رنگ تازه این سنگ ها شیری است. وجود چرت سفید رنگ به صورت لایه های نازک نامنظم و نودول از ویژگی های مهم سازند لار است.

رخساره سنگی و زیستی نمونه هایی که از بخش های بالایی سازند لار گرفته شد با سن اشکوب مالم مطابقت دارد:

Biosparite, *Grainstone* (*biosparite*)

Pseudocyclammina sp., *Trocholina* sp., *Spirillina* sp., ?*Calpionellidae*, *Aeolisaccus* sp., *Cayeuxia* sp., *Ostracoda*, *Gastropoda*, *Echinid* debris, *Algae*, *Lamelibranchial* shell debris, worm tube

واحد سنگی کرتاسه پایینی (K1)

این واحد بلندترین برجستگی های بخش میانی نقشه را در گستره ای از جنوب بهشهر تا جنوب گلوگاه شکل می دهد. قسمت زیرین این بخش شامل سنگ آهک های پرسنگواره است که به واسطه وجود سنگواره های ماکروسکوپی (کرینوئید، مرجان و دوکفه ای) در برخی جاها ظاهری لوماشلی به خود می گیرد.

بر روی این قسمت آهک های میکرایتی، رسی و مارنی با رنگ های سفید، صورتی و زیتونی رنگ قرار گرفته اند. بخش های مارنی مزبور دارای نودل های چرت قهوه ای فراوان است. در بخش های میکرایتی این مجموعه سنگواره های آمونیت یافت می شود.

رخساره سنگی و زیستی نمونه هایی که از قسمت های زیرین این واحد گرفته شد با مالم پسین-نئوکومین پیشین مطابقت دارد:

Marly biomicrite, *Sandy biomicrosparite* (partly micrite),

?*Calpionellidae*, *Protopenneroplis* sp., *Spirillina* sp., *Lenticulina* sp., *Glomospira* sp., ?*Verneulinidae*, *Aeolisaccus* sp., *Miliolidae*, *Radiolaria*, *Spongia* spicules, thin shell valves, *Echinid* debris, *Coral*, *Lamelibranchial* shells

رخساره سنگی و زیستی نمونه هایی که از قسمت های بالایی تر واحد گرفته شد با سن نئوکومین (بریاسین-والانژی نین) مطابقت دارد:

Marly, silty and sandy (sparse) *biomicrite*, *Oo-pelsparite*, *Biosparite*, *Biomicrite*, *Biopelmicrosparite* (partly *biopelsparite*), *Biopelsparite*, *Strongly dolomitized and hardly silicified biomicrite*

Tintinnopsella *longa*, *Tintinnopsella* aff. *Carpathica*, *Tintinnopsella* sp., *Calpionellidae*, *Pseudotintinnia* *exclamata*, *Pseudocyclammina* sp., *Spirillina* sp., *Nodophthalmidium* sp., *Lenticulina* sp., *Globigerina* sp., *Glomospira* sp., *Textulidae*, *Ophthalmidium* sp., *Nauthiloculina* sp., *Trocholina* sp., *Pseudocyclammina* sp., ?*Valvulammina* sp., *Ammobaculites* sp., *Aeolisaccus* sp., *Ostracoda*, *Gastropoda*, *Algal* debris, *Echinid* debris, *Saccocomma* sp., *Radiolaria*, *Spongia* spicules

واحدهای سنگی کرتاسه بالایی (اواخر کرتاسه پیشین-کرتاسه پسین)

این واحدها که در بخش جنوبی ورقه بهشهر رخنمون گسترده ای دارند، تقریباً به کلی از سنگ های مارنی تشکیل شده اند و تغییرات رخساره ملایمی در آن ها دیده می شود. صالحی راد (۱۳۵۸) توالی سنگی کرتاسه بالایی را در ناحیه یانه سر (ورقه گرگان) مورد بررسی قرار داده است و نام سازند یانه سر را برای این توالی پیشنهاد کرده است. واحدهای سنگی کرتاسه بالایی را در ناحیه بهشهر می توان به شرح زیر تقسیم نمود.

واحد سنگی مارنی زیرین ($K^{1-2, m, c}$)

پایین ترین بخش از واحدهای سنگی کرتاسه بالایی در روی سطح مشخص ناپیوستگی با مجموعه دگرگونی گرگان رخنمون دارد (شمال رودخانه نکا و دو پنجره فرسایشی در بخش جنوبی نقشه). این بخش شامل سنگ آهک مارنی و ماسه ای-گلوکونیتی به رنگ شیری، سفید و زرد است؛ وجود گلوکونیت فراوان در برخی جاها رنگ سبز به این بخش می دهد. مطالعه سنگ نگاشتی نمونه ای که از بخش آهک ماسه ای این بخش گرفته شد، نشان دهنده سنگی با ترکیب بایومیکرواسپارایت ماسه ای و گلوکونیتی است. قسمت زیرین این بخش، سنگ جوشی با سیمان کربناته است که قلوه های فرسایش یافته و هوازده فیلیت های مجموعه دگرگونی گرگان به خوبی در آن مشاهده می شود. این قسمت به علاوه دارای سنگواره های فراوانی از جنس شکم پایان، آمونیت ها و دوکفه ای ها است. در برخی جاها فراوانی این سنگواره ها در حدی است که می توان به سنگ نام لوماشل داد. این قسمت به سوی بالا مارنی تر می شود و نودول های چرت قهوه ای و خاکستری به فراوانی در آن مشاهده می شود. در پنجره فرسایشی پرکلا، بخش زیرین واحد سنگی کرتاسه بالا با ناپیوستگی زاویه ای بر روی آهک و شیل کربنیفر قرار می گیرد. در یک قطعه نابرجا از این واحد آهک ماسه ای گلوکونیتی در رخنمون مزبور سنگواره یک درخت یافته شد که نکته دیگری است در تایید ناپیوستگی مهم قاعده کرتاسه بالای ناحیه مورد مطالعه بر روی برجستگی قدیمی مجموعه سنگ های دگرگونی گرگان.

رخساره سنگی و زیستی نمونه هایی که از قسمت های زیرین واحد سنگی کرتاسه بالایی گرفته شد با آلبین (پسین)-سنومانین مطابقت دارد:

Glauconitic and sandy calcirudite, Glauconitic marly biomicrite, Packed biomicrite, Marly and silty biomicrosparite, Sandy biomicrite

Pithonella ovalis, Pithonella conoidea, Pithonella trejoi, Calsisphaerula innominata lata, Calsisphaerula innominata Bonet, Stomiosphaera sphaerica, Hedbergella washitensis, Bonetocardiella sp., Globigerina spp., Globigerinoides sp., Praeglobotruncana sp., Heterohelix sp., Anomalina sp., Nummofallotia sp., Globotruncana spp., Minoxia sp., Rotalidae, Oligostigina sp., Rotalipora sp., Spongia spicules

واحد سنگی مارنی بالایی (K^m)

بخش بالایی از واحدهای سنگی کرتاسه بالایی شامل مارن های تقریباً یک دستی است که دارای نوعی لایه بندی تقریباً مشخص هستند. این بخش را در جنوب ناحیه می توان به دو قسمت زیرین و بالایی تقسیم کرد. بخش زیرین از مارن های یک دست با لایه بندی نسبتاً نامشخص و رنگ سبز زیتونی تیره تا آبی تشکیل شده است. این بخش دارای سنگواره های فراوان دوکفه ای اینوسراموس و بعضاً آمونیت است. قسمت بالایی از بخش بالایی شامل تناوب مارن و آهک مارنی با لایه بندی خوب است. رنگ این قسمت زرد و زرد مایل به سبز است. سنگواره های خارپوستان و آمونیت ها به فراوانی در این قسمت مشاهده می شود.

یک لایه بازالتی (b) در بالاترین بخش از این قسمت در جنوب خاوری ترین بخش ورقه بهشهر رخنمون دارد. این بازالت در جاهایی حالت وسیکلار دارد. بررسی سنگ نگاشتی یک نمونه از این بازالت آن را نوعی آلکالی بازالت سرشار از کانی های مافیک یا ملانوبازالت نشان می دهد. فنوکریست ها و میکروفنوکریست های این سنگ شامل الیوین و کلینوپیروکسن (اوژیت تیتان دار) است. از الیوین در بیشتر موردها جز قالب اولیه چیزی نمانده است زیرا با سرپانتین، منیتیت، بولنزیت و گاه کانی های ورقه ای جایگزین شده است. پیروکسن دارای ظاهری منشوری یا ستونی و نیمه

شکل دار است و در آن برخی درونبارهای کانی های کدر دیده می شود. زمینه سنگ از فلدسپار (پلاژیوکلاز کلسیک)، کلاینوپیروکسن فراوان، کانی های کدر فراوان، کمی آنالسیم، سرپانتین، کلریت و کلسیت تشکیل شده است. رخساره سنگی و زیستی نمونه هایی که از قسمت های آهکی بخش بالایی واحد سنگی کرتاسه بالا گرفته شد با سنونین مطابقت دارد:

Sandy biomicrite, Fine-grained sandy, silty and marly biomicrite, Grainstone (intra-sandy-biosparite)
Globotruncana aff. Bulloides, Globotruncana arca, Globotruncana calcarata, Globotruncana lapparenti group, Globotruncana spp., Stomiosphaera sphaerica, Calsisphaerula innominata lata, Calcisphaerola sp., Pithonella sp., Oligosteginids, Hedbergella sp., Anomalina sp., Globigerina sp., Nummofalotia sp., Globigerinidae, Minoxia sp., Heterohelix sp., Hedbergella sp., Ditrupa sp., Lamelibranchial and gastropoda shell debris

رخساره سنگی و زیستی نمونه هایی که از بالایی ترین قسمت های بخش بالایی گرفته شد با سن اشکوب مائستریشتین مطابقت دارد:

Bioclast (sandy biosparite), Biosparite, Sandy bioclast, Biomicrite
Siderolites calcitrapoides, Omphalocyclus macroporus, Globotruncana aff. Contusa, Globotruncana lapparenti group, Globotruncana arca, Orbitoides sp., Minoxia sp., Rotalia sp., Textularia sp., Anomalina sp., Operculina sp., Oligostegenids, Rudist debris, Red algae, Lamelibranchial shell debris

نمونه هایی که از بخش های مارنی مختلف واحد سنگی کرتاسه بالایی به منظور شناسایی سنگواره های آزاد مورد مطالعه قرار گرفت، دارای مجموعه زیستی کرتاسه بالایی، اشکوب کامپانین، اشکوب های کامپانین و مائستریشتین، مائستریشتین و مائستریشتین پسین هستند:

مجموعه زیستی کرتاسه بالایی

Globotruncana cf. stuarti, Globotruncana cf. elevata, Globotruncana arca, Bolivina sp., Lenticulina sp., Bolivinoidea draco draco, Stensioeina sp., Pseudotextularia elegans, Gavellinoides sp., Radiolarien

مجموعه زیستی اشکوب کامپانین

Globotruncana calcarata, Globotruncana lapparenti, Globotruncana havanensis, Globorotalites michelinianus, Heterohelix globulosa, Gavelinella thalmarni, Stensioeina cf. pommerana, Pullenia sp., Marssonella sp., Lenticulina sp., Hedbergella holmdelensis

مجموعه زیستی اشکوب های کامپانین-مائستریشتین

Pullenia coryelli, Pseudo-Textularia elegans, Gavelinella dayi, Globotruncanella havanensis, Abathomphalus intermedium, Dorothis sp., Cribrostomoides trinitatis, Marssonella sp., Saracenaria sp., Lenticulina multiformis, Neoflabellina sp.

مجموعه زیستی مائستریشتین

*Neoflabellina reticulata, Globotruncana arca, Globotruncana stuarti, Cibicides sp., Nonionoides sp., Gyroidina cf. soldanii, Globigerinelloids sp., Saracenaria sp., Gavelinella dayi, Bolivinoidea draco draco, Lagenella sp., Lenticulina sp., Bolivina decurrens, Rameslla cf. rarians, Lenticulina cf. sorachieasis, Gyroidina aff. Megastoma, Globigerina triloculinoidea, Marssonella oxycona trinitatis, Dentalina sp., Laevidentalina communis, Cibicidoides sp., Bannerella cf. biformis, Textulariopsis sp., Marginulioopsis sp.

مجموعه زیستی مائستریشتین پسین

*Nodosaria limbata, Globotruncana stuarti, Globotruncana arca, Gavelinella dayi, Pullenia coryelli, Rosita contusa, Spiroplectinella dentate, Drothia bulletta, Racemiguembelina fructicosa, Nodosaria monile, Verneuilina cretosa, Bolivina incrassata, Frondicularia verneuiliana, Marginulina jarvisi, Lenticulina sp., Laevidentalina catenula, Bolivinoidea draco draco

چنان که در ابتدای این بخش نیز اشاره شد، واحدهای سنگی کرتاسه بالایی ناحیه دارای گوناگونی جانبی هستند و ضخامت آن ها به سوی جنوب افزایش می یابد. این تغییر رخساره با وجود برجستگی قدیمی در شمال ناحیه سازگاری دارد و به نظر می رسد دریای کرتاسه پسین به سوی جنوب ژرف تر بوده است.

سنگ های سنوزوییک

واحد سنگی پالتوسن (Pe^{lm})

این واحد شامل سنگ آهک ماسه ای متوسط تا نازک لایه به رنگ کرم و نخودی است. ضخامت این لایه های آهکی در جنوب ناحیه در حدود ۱۰ متر است اما ضخامت آن ها به سوی شمال (جنوب رودخانه نکا) افزایش می یابد و چهره ای توده ای به خود می گیرند. چند متر مارن های رنگارنگ (سبز، صورتی و خاکستری) در قسمت زیرین این بخش دیده می شود. آثار موجودات حفار به فراوانی در این بخش قابل مشاهده است. در بالاترین بخش های این واحد سنگی در برش جاده شلر به کوا سنگ آهک های لوماشلی دیده می شود که دارای مرجان و دوکفه ای هستند. نمونه هایی که از بخش های مارنی (زیرین) واحد سنگی پالتوسن به منظور شناسایی سنگواره های آزاد مورد مطالعه قرار گرفت، سن پالتوسن این مجموعه را تایید می کنند:

*Morzovella pseudobulloides, *Acarinina mekanni, *Gyroidinoides subangulatus, *Coleites reticulosus, Gaudryna cf. rugosa, Marssonella sp., Clavulinoides asper, Laevidentalina sp., Pyramidulina sp., Lenticulina midwayensis carinata, Archaeoglobigerina aegyptica, Globigerina triloculinoides, Osangularia sp., Gavelinella beccariformis, Spiroplectinella sp., Lagena sp., Marginulina sp., Cibicides sp., Lenticulina relacoensis, Marginulinopsis multicostata, Neoflabellina projecta

رخساره سنگی و زیستی نمونه هایی که از بخش های آهکی واحد سنگی پالتوسن گرفته شد با سن اشکوب های مونسین و تانسین مطابقت دارد:

Biosparite, Packed biomicrosparite, Packed biomicrite, Poorly washed biosparite, Sandy biosparite, Grainstone (oo-pelsparite, biosparite), Biomicrite, Marly and silty biomicrite, Bioclast (biosparite, biomicrosparite), Sandy calcirudite to sandstone, Intrabiomicrite
Glorotrotalia wilcoxiensis, Glorotrotalia angulata, Glorotrotalia esnaensis wilcoxiensis, Glorotrotalia sp., Kathina sp., Planorbulina cretace, Miscellaneous miscella, Miscellaneous aff. Primitiva, Laffiteina sp., Glomolaeolina sp., Idalina sp., Cosinophragma sp., Dorothisa sp., Ditrupa sp., Ethelia alba, Lokhartia sp., ?Daviesina sp., Hadonia sp., Triloculina sp., Rotalia spp., Lituonella sp., Valvulinids, Miliolids, Globigerina sp., Anomalina sp., Lenticulina sp., Acicularia sp., Valvulina sp., Incretae sedis, Serpulid, Pseudolituonella sp., Kathina sp., Alveolina sp., Operculina sp., Zeavigerina sp., Verneulinidae, ?Guadrina sp., Ammobaculites sp., Calcarina sp., Microcodium sp., Valvulina sp., Textularia sp., Reworked Maastrichtian foraminifers, Reworked Orbitoides sp., Reworked Siderolites sp., Reworked Hedbergella sp., Reworked Schackoina sp., Reworked Globigerinelloides sp., Red algal debris, Ostracoda, Bryozoa, Gastropoda and lamelibranchial shell debris, Echinid debris

واحدهای سنگی نئوزن

این واحدهای سنگی نماینده سنگ های رسوبی نئوزن رخساره خزر (یاسینی ۱۳۶۰) هستند که ویژه بخش شمالی البرز می باشند. تغییرات رخساره به گستردگی در این واحدها دیده می شود، اما به طور کلی می توان آن ها را شامل مجموعه ای از سنگ های آواری در نظر گرفت که از سنگ ماسه، سنگ فورش، سنگ گل و سنگ جوش با برخی لایه های کالکرنایت تشکیل شده اند. این سنگ ها لایه بندی نسبتاً مشخصی دارند و ساختمان های رسوبی به فراوانی در آن ها دیده می شود. این ساختمان ها شامل دانه بندی تدریجی، لایه بندی متقاطع، کند و آکند (cut and fill) و آثار لغزش های زیر آبی (slump structures) است. سنگواره هایی مانند دوکفه ای ها و شکم پایان کوچک و استراکودها در این واحد نسبتاً فراوان هستند، اما روزنبران به ندرت در آن دیده می شوند. نبود سنگواره های اخیر تعیین سن واحد مزبور را با دشواری روبرو می سازد. به نظر می رسد نهشته های نئوزن در محیطی کم ژرف نهشته شده باشند که محیط آن بین شرایط رودخانه ای، دلتایی و ساحلی متغیر بوده است. وجود ساختار های لغزشی در این توالی می تواند به دو دلیل باشد: رسوبگذاری سریع و ناپایداری های زمین ساختی.

واحدهای سنگی نئوزن ناحیه را در محدوده ورقه بهشهر می توان به دو واحد مجزا تفکیک کرد: واحد سنگی میوسن و واحد سنگی پلیوسن. این دو واحد سنگی به ترتیب با واحد های سنگی میوسن (اشکوب های تارخانین تا سارماسین) و واحد سنگی پلیوسن (لایه های قهوه ای) نئوزن حوضه خزر یاسینی (۱۳۶۰) قابل مقایسه هستند. از سوی دیگر واحد سنگی پلیوسن ناحیه را می توان با نهشته های آکچاگیل هم ارز زمانی در نظر گرفت.

واحد سنگی میوسن ($M^{c,sst}$)

این واحد شامل مجموعه ای از سنگ جوش، سنگ ماسه و کمی سنگ گل و مارن است که به طور عمده در جنوب رودخانه نکا تا جنوبی ترین بخش های نقشه رخنمون دارد. در بخش باختری نقشه بخش از این واحد در شمال رودخانه نکا نیز رخنمون دارد. در بخش های میانی نقشه در قاعده این واحد یک لایه ماسه کربناته قلوه سنگ دار دیده می شود. قلوه سنگ های بخش های سنگ جوشی این توالی به طور عمده از قطعه های سنگ های پالئوزوییک (به ویژه آهک های انکولیتی پرمین) که در جنوب گسله شمال البرز (در ورقه های کیاسر و دامغان) رخنمون دارند، تشکیل شده اند. واحدهای ماسه ای کربناته موجود در توالی نئوژن به طور عمده از فرسایش سنگ آهک های کرتاسه بالا و پالئوسن شکل گرفته اند و در بسیاری از جاها قلوه های درشت آهک و چرت در آن ها دیده می شود. یک لایه سنگ ماسه کربناته که در بخش زیرین توالی نئوژن در باختر و نشد رخنمون دارد، در حدود ۳ متر ضخامت دارد و سنگواره های میکروسکوپی بازکاویده (reworked) سنونین در آن دیده می شود. بررسی های سنگ نگاشتی برش های نازک سنگ ماسه های میوسن نام ساب لیتارنایت تا کالکارنایت را برای این سنگ ها پیشنهاد می نماید که سیمان ضعیفی از کلسیت دارند و اجزا آواری تشکیل دهنده آن ها شامل کوارتز و کوارتز دگرریخت شده، چرت، مسکویت، قطعه سنگ های کربناته سنگواره دار، سنگ های آتشفشانی و شیشه ای (که از نظر ترکیب اسید تا حد واسط می باشند) فیلیت و سنگ ماسه می باشد.

واحدهای سنگی نئوژن به طور اعم و میوسن به طور اخص در عرض (خاور به باختر) و طول (شمال به جنوب) ناحیه دارای گوناگونی زیادی هستند. این گوناگونی در اندازه دانه های آواری، رنگ و سنگواره های این واحد دیده می شود. چنان که در بخش زمین شناسی ساختمانی به آن اشاره خواهد شد، نهشته های نئوژن در پی برپایی البرز در راستای گسله های مهم ناحیه مانند گسله شمال البرز و گسله خزر شکل گرفته اند و رشد و پیشروی این گسله ها در زمان و مکان سبب تغییر واحدهای رسوبی مزبور در ناحیه شده است. یک توالی نسبتاً ضخیم از سنگ جوش میوسن که در محل گسله شمال البرز (خارج از ورقه بهشهر و درون ورقه کیاسر) رخنمون دارد، هم ارز جانبی نهشته های ریزدانه تر میوسن در بخش های شمالی تر است و به خوبی فعالیت گسله شمال البرز را در هنگام نهشتگی رسوبات میوسن ناحیه نمایش می دهد. به عبارت دیگر سنگ جوش های ناحیه مزبور رخساره نزدیک به منشا (proximal) توالی میوسن هستند. در بخش جنوب خاوری ورقه بهشهر (جنوب گت چشمه و غلامی) می توان دو توالی متفاوت را در واحدهای سنگی میوسن جدا کرد. رخنمون های خوبی از این سنگ ها در جاده گت چشمه به لند و پابند قابل مشاهده است. این دو واحد که با واحدهای دیگر میوسن ناحیه هم ارز زمانی هستند، شامل یک توالی ماسه ای-فورشی سبز رنگ زیرین و یک توالی سنگ گل-سنگ جوش سرخ رنگ بالایی است.

توالی ماسه ای-فورشی زیرین (M^*)

توالی ماسه ای-فورشی زیرین با حدود یک متر سنگ جوش سرخ رنگ شروع می شود و دارای سنگ ماسه و سنگ فورش به رنگ سبز روشن است. تحلیل رسوب شناسی (دانه بندی) یک نمونه از این واحد نشان می دهد بخش عمده ذرات آواری آن دارای اندازه ای بین ۰/۰۱ تا ۱ میلی متر قطر دارند. در بخش های زیرین این واحد، قلوه های نسبتاً بزرگی از مارن های سبز رنگ کرتاسه بالا دیده می شود و همین امر نشان می دهد که رنگ سبز این توالی حاصل ذراتی است که از فرسایش مارن های مزبور شکل گرفته اند. یکی از ویژگی های مهم این واحد وجود لوله های موجودات حفار است. آثار لایه بندی مورب در مقیاس متوسط در این توالی دیده می شود. به سوی جنوب در بخش بالایی این توالی دو لایه ژپیس (gy) دیده می شود. این ژپیس ها در بیشتر جاها از خلوص خوبی برخوردار نیستند و با فورش و کمی مارن سبز رنگ همراه هستند. ضخامت این لایه های ژپیس در جاهای مختلف متفاوت است و بیشینه ضخامت آن ها به حدود ۱۲ متر می رسد.

توالی سنگ گل-سنگ جوش بالایی ($M^{c,mst}$)

توالی سنگ گل-سنگ جوش بالایی واحد سنگی میوسن شباهت بیشتری به توالی عمومی نئوژن در ناحیه دارد و شامل تناوب سنگ گل های کربناته سرخ رنگ، سنگ جوش و کمی سنگ ماسه است.

به سوی باختر، دو توالی نامبرده در بالا دیگر از یکدیگر قابل جدایش نیستند و جای خود را به تناوبی نازک تا متوسط لایه از سنگ فروش و سنگ گل کربناته رنگارنگ (سبز و سرخ) می دهند. از سوی دیگر لایه سنگ ماسه کربناته یگانه بخش خاوری ورقه در باختر ورقه جای خود را به چندین لایه با ضخامت کمتر می دهد.

نمونه هایی که از بخش های مارنی واحد سنگی میوسن به منظور شناسایی سنگواره های آزاد مورد مطالعه قرار گرفت، سن نوژن این مجموعه را تایید می کنند:

?Orbulina universa, Cibicides sp., Lenticulina sp., Globigerinoides sp.

رخساره سنگی و زیستی نمونه هایی که از بخش های کربناته تر واحد سنگی میوسن گرفته شد سن میوسن این واحد را تایید می کنند:

Sandy biosparite, Sandy biopelsparite, Sandstone

?Peneroplis sp., Dendritina sp., Heterilina sp., Spirollina sp., ?Discorbis sp., Globorotalia spp., Amobaculites sp., ?Polimorphinids, ?Ammonia sp., Miliolidae, Ostracoda, Ostrea and other Lamelibranchial shells

رخساره سنگی و زیستی یک نمونه که از بخش کربناته قاعده واحد سنگی میوسن گرفته شد، سن میوسن میانی را نشان می دهند:

Oosparite (grainstone)

Discorbis sp., Globorotalia sp., Miliolidae

نمونه هایی که از بخش های مارنی بالایی واحد سنگی میوسن به منظور شناسایی سنگواره های آزاد مورد مطالعه قرار گرفت، گستره سنی میوسن بالایی-پلیوسن را برای این بخش های بالایی نشان می دهد:

Elphidium poeyanum, Elphidium granosuma granosum, Cyprideis sp., Neomonoceratina batariana ostracodum

واحد سنگی پلیوسن (PI^{c,s})

این واحد سنگی در بخش شمالی نیمه پایینی نقشه (گستره ای که از بادله دره در خاور تا یعقوب محله در باختر در جنوب رودخانه نکا قرار دارد) رخنمون دارد و شامل توالی متنوعی از سنگ های آواری است. سنگ ماسه و سنگ جوش متوسط تا نازک لایه بخش عمده این توالی را شکل می دهد. مقداری سنگ فروش و سنگ گل نیز در این توالی دیده می شود. رنگ این واحد در بیشتر جاها خردلی مایل به قهوه ای و زردچوبه ای است که از ویژگی های مشخصه نهشته های پلیوسن ناحیه است. ساختمان های رسوبی شامل لایه بندی مورب و کند و آکند به فراوانی در این واحد دیده می شود. مقیاس لایه بندی های مورب درون این واحد گاهی در حدی است که آن ها را به ناپیوستگی های درون سازندی شبیه می سازد. در بخش های ماسه ای که دارای لایه بندی مورب هستند و در جنوب خاور سفیدچاه رخنمون دارند، آثار چوب ذغالی شده ریز دانه دیده می شود. مقدار سنگ جوش های پلیوسن در برخی جاها مانند شمال خاور کفترکار بسیار بیشتر است (بیش از ۵۰ متر) و لایه بندی آن ها بسیار درهم ریخته است که احتمال می رود این دو ویژگی ارتباط نهشتگی آن ها را با فرایندهای زمین ساختی و رودخانه های محلی آشکار کند. در این ناحیه قلوه هایی از ژئوپس گرد شده دیده می شود که از فرسایش و نهشتگی دوباره لایه های ژئوپسی میوسن جنوب ناحیه شکل گرفته اند. آثار لغزش های زیرآبی در بخش های ریزدانه توالی پلیوسن نیز دیده می شود (باختر پچت).

سنگ جوش های پلیوسن در ناحیه خاور محمدآباد رخساره ویژه ای هستند. این سنگ جوش ها تقریباً تا ۹۹٪ از قلوه های گردشده چرت (بازکاویده از توالی کرتاسه ناحیه) تشکیل شده اند که با توجه به این جورشدگی ترکیبی و گردشدگی دانه های مقاوم چرت، محیط پر انرژی ساحلی را می توان برای نهشتگی آن ها پیشنهاد کرد. به علت کوچکی رخنمون، این واحد سنگی بر روی نقشه نشان داده نشده است.

واحد سنگی پلیوسن-کواترنری

واحد نهشته های قدیمی خزر (PIQ^{cd})

این واحد در محدوده ورقه بهشهر رخنمون ندارد اما برپایه اطلاعات چاه های نفت دشت خزر و رخنمون های پراکنده رسوبات مشابه در نواحی دیگر از کوهپایه های شمال البرز (شهرابی، ۱۳۷۱) در برش ساختاری نقشه نمایش داده شده است. نهشته های پلیوسن و کواترنری خزر که با نام سازند گرگان معرفی شده است در چاه های اکتشافی حفر شده

در دشت گرگان از حدود ۵۰۰ تا ۸۰۰ متر ضخامت دارد و به دو بخش زیرین و بالایی تقسیم شده است. بخش زیرین شامل سنگ ماسه خاکستری با سیمان سست، آهک و رس است. سن این بخش پلیوسن بالایی تعیین شده است. بخش بالایی شامل رس خاکستری تا خاکستری مایل به سبز، رس ماسه ای و ماسه با صدف های شکم پایان و دوکفه ای فراوان است. گچ هایی نیز در قسمت های بالایی این بخش وجود دارد که به محیط سبخایی نسبت داده شده است.

واحدهای سنگی و رسوبات پلیستوسن

واحدهای سنگی پلیستوسن در ورقه بهشهر به ۵ دسته تقسیم شده اند.

واحد بهمن سنگی (Q^{ra})

این واحد شامل یک پوشش نازک از خرده سنگ ها و قطعه سنگ هایی از جنس سنگ آهک های سازند لار و واحد سنگی کرتاسه زیرین می باشد. اندازه برخی قطعه های این واحد به حدود ۱۰۰ متر مکعب می رسد. واحد مزبور به طور عمده در دامنه شمالی رشته کوه های البرز (در فرادبواره گسله خزر) و بر روی سازند شمشک رخنمون دارد. لس های پلیستوسن روی این واحد را می پوشانند و به این ترتیب سن نسبی این واحد پلیستوسن زیرین برآورد می شود. احتمال می رود که ریزش این بهمن سنگی در یک یا چند فعالیت لرزه ای بزرگ روی داده باشد.

واحد لس (Q^l)

این واحد شامل یک مجموعه لس به رنگ قهوه ای-خاکستری روشن است. رخنمون های گسترده این واحد در دامنه شمالی رشته کوه های البرز دیده می شود که روی انواع واحدهای سنگی قدیمی تر را می پوشاند. بیشترین گسترش این واحد بر روی واحد بهمن خرده سنگی و آهک های سازند لار مشاهده می شود. در یک رخنمون از این واحد در جنوب خاور گلوگاه دو لایه خاک قدیمی دیده می شود. رخنمون های پراکنده و کوچکی از لس در بخش های مرتفع جنوب نقشه نیز دیده می شود. یکی از گسترده ترین این رخنمون های جنوبی در جنوب لمرد دیده می شود. لس های این بخش دارای رنگ روشن تری (شیری رنگ) هستند. نهشته های لس دامنه های شمالی البرز که گسترش و ضخامت آن ها به سوی خاور (ناحیه گرگان) افزایش قابل ملاحظه ای پیدا می کند، نهشته های بادرفتی بدون لایه بندی و تقریباً یکنواختی با ترکیب فورش هستند که در طی دوره یخچالی Riss در حاشیه یخچال ها تشکیل شده اند. رخنمون لس ها در ورقه بهشهر تنها به جنوب گسله خزر محدود نمی شود بلکه در شمال این گسله نیز نهشته های مشابهی را می توان یافت که در جاهایی با لایه های سنگ جوش همراه است. در دره استینوا رخنمون هایی از برون شست های (outwash) مربوط به دوره های یخچالی Riss و Wurm مشاهده می شود.

واحد آبرفت-لس (Q^{la})

این واحد احتمالاً هم ارز زمانی واحد لس در شمال گسله خزر است و شامل تناوب متغیری از لس و نهشته های آبرفتی درشت دانه می باشد. وجود بارندگی فراوان و رودخانه های پرآب در دوره یخچالی ریس احتمالاً سبب نهشتگی این واحد شده است.

واحد ماندسنگ (sarsen stone) (Q^{ss})

این واحد شامل رخنمون های پراکنده ای از سنگ آهک های سازند لار و کرتاسه بالا است که در بلندترین نقطه های رشته کوه بخش میانی نقشه رخنمون دارند. این سنگ ها در واقع باز مانده هایی فرسایش یافته از رخنمون های سازند لار و سنگ آهک های کرتاسه بالا هستند. در برخی از رخنمون ها، مانند آن چه که در ناحیه نیالا دیده می شود، این سنگ ها دچار هوازدگی شدیدی شده اند و نوعی بافت تراورتنی به خود گرفته اند.

واحد نهشته های تالابی (Q^{lg})

این واحد از رسوبات ریز دانه (فورش و رس) تشکیل شده است. رنگ این نهشته ها خاکستری تیره تا خاکستری روشن و سفید است و لایه بندی مشخصی در آن ها مشاهده نمی شود. این رسوبات در محیط تالابی خلیج گرگان در هنگام بالاتر بودن سطح آب دریای خزر نهشته شده اند. به علت مطابقت مرز جنوبی رخنمون این واحد با تراز پیشنهاد شده

برای پیشروی خزر در مرحله نئوکاسپین (تراز ۹- متر) می‌توان این رسوبات را هم ارز نهشته های نئوکاسپین (حدود ۸ تا ۱۰ هزار سال پیش به این سو) در نظر گرفت.

واحدهای رسوبی هولوسن

واحدهای رسوبی هولوسن در ورقه بهشهر به ۷ دسته تقسیم شده اند.

نهشته های دریاچه ای (Q^{1d})

تنها رخنمون مشخص از این نهشته ها در شمال غلامی و کوا دیده می‌شود. ضخامت این نهشته ها به حدود ۱۰ متر می‌رسد و شامل فورش و ماسه های کرم و بژ رنگ است. این نهشته ها در جنوب تاقدیس کوادره تشکیل شده اند و به احتمال زیاد در اثر بسته شدن دهانه کوادره در پی یک فعالیت لرزه ای در پشت این تاقدیس شکل گرفته اند. آثاری فرسایش یافته از رسوبات مشابه در کناره های جنوبی رودخانه نکا در شمال ارضت دیده می‌شود.

نهشته های رودخانه ای (Q^{f1})

این نهشته ها در بستر و حاشیه رودخانه های بزرگ ناحیه رخنمون دارند و شامل رسوباتی آواری با گستره بسیار متغیری از اندازه دانه ها (فورش تا قطعه سنگ) هستند. در بخش هایی از ورقه که میزان فروکاوی رودخانه ها بالا است می‌توان این نهشته ها را در پادگانه های آبرفتی دو سوی رودخانه مشاهده کرد.

نهشته های واریزه ای

این نهشته ها در دامنه برجستگی های عمده رخنمون دارند و از هوازدگی فیزیکی سنگ ها در دامنه های پرشیب پدید آمده اند. بیشترین گسترش این واحد در دامنه صخره های بلند جنوب رودخانه نکا دیده می‌شود. وجود گسله های عادی کوچک به موازات نکارود در دامنه شمالی این صخره ها نشان می‌دهد علاوه بر واریزه های کوچک، حرکت گرانشی توده ای سنگ ها نیز در این ناحیه رخ داده است. به علت کوچکی رخنمون، این واحد سنگی بر روی نقشه نشان داده نشده است.

نهشته های بادزن های آبرفتی

این مجموعه شامل رسوباتی با اندازه دانه های گوناگون (فورش تا تخته سنگ) است که با عملکرد سیلاب های رودخانه ای شکل گرفته اند. بیشترین رخنمون این نهشته ها در بخش میانی نقشه، در مرز کوه البرز و دشت خزر دیده می‌شود. نهشته های بادزن های آبرفتی ناحیه به دو واحد تقسیم شده اند.

واحد قدیمی تر (Q^{f1}) شامل نهشته های نسبتاً قدیمی تر و دور از منشا (distal) بادزن های آبرفتی هستند که نسبتاً ریزدانه تر نیز می‌باشند. این واحد را می‌توان با بادزن های نواحی مرطوب (humid fan) و یا بادزن های نهرچیره (stream-dominated fan) مقایسه کرد. در بریدگی های گودالی در جنوب خاور گلوگاه سنگ جوش هایی دیده می‌شود که دارای لایه بندی مورب بزرگ مقیاس هستند. شیب این لایه بندی مورب بزرگ مقیاس به طور عمده به سوی جنوب است و ممکن است با کج شدگی زمین ساختی این لایه های کواترنری اشتباه شود. سنگ جوش های مزبور دارای جورشدگی و شستگی نسبتاً خوبی هستند و روزنگی بالایی دارند.

واحد جوان تر (Q^{f2}) در بادزن های فعال تری قرار دارد که در جبهه کوهستان در حال شکل گیری هستند و شامل نهشته های نسبتاً جوان تر و نزدیک به منشا (proximal) می‌باشد.

در جنوب خاور گلوگاه در زیر حدود ۱ متر خاک کاملاً رسیده در حدود ۱ متر فورش خاکستری رنگ قرار دارد که می‌توان آن را با واحد خرم آباد (سازند D ناحیه تهران) مقایسه کرد. این نهشته ها را می‌توان با واحد بادزن آبرفتی قدیمی تر مقایسه کرد. در همین رخنمون نهشته های درشت دانه ای (قلوه سنگی) با چینه بندی متقاطع بزرگ مقیاس دیده می‌شود. شیب این چینه بندی در جاهایی به حدود ۲۷ درجه می‌رسد. به نظر می‌رسد این نهشته ها در اثر مهاجرت مئاندرهای قدیمی که بسیار نزدیک به کوهپایه جریان داشته اند، شکل گرفته باشند.

نهشته های تلماسه ای (Q^{sd})

این واحد به شبه جزیره میان کاله تعلق دارد و شامل ماسه هایی است که از دریای خزر (در شمال شبه جزیره) منشا گرفته اند و در اثر وزش دائمی باد انتقال می‌یابند.

نهشته های دلتایی (Q^{dd})

این نهشته ها در محل ورود رودخانه های کوچک مانند رودخانه پیرکند به خلیج گرگان در حال شکل گیری هستند. بخشی از دلتای رودگرگان نیز که از خاور وارد دریای خزر می شود، در شمال خاور نقشه دیده می شود. نهشته های دلتایی به طور عمده شامل مواد ریزدانه مانند فورس، رس و ماسه هستند.

نهشته های کرانه ای

این واحد شامل ماسه هایی است که به طور فعال در کرانه امروزی دریای خزر (Q^{fs}) و خلیج گرگان (Q^{fl}) نهشته می شوند. رسوبات مزبور در کرانه های خزر از جنس ماسه نسبتا خالص هستند اما در کرانه های خلیج گرگان ریزدانه تر هستند و پر از خرده صدف می باشند.

فرگشت تالاب گرگان

دریای خزر بزرگترین دریاچه سیاره زمین است که از پلیوسن میانی به صورت حوضه ای مجزا در آمده است (احمدی و فیض نیا ۱۳۷۸). تالاب گرگان را می توان بزرگترین تالاب جنوب خزر دانست که احتمالا در دوران چهارم شکل گرفته است. طول این تالاب در حدود ۵۵ کیلومتر و عرض آن در پهن ترین جا در حدود ۱۱/۵ کیلومتر است. بیشینه ژرفای اندازه گیری شده این تالاب در حدود ۵ متر است (سازمان نقشه برداری کشور، ۱۳۷۴). اندازه گیری های اخیر (متدین، اطلاعات شفاهی) بیشینه ژرفا را در حدود ۳/۸ متر نشان می دهد. تالاب گرگان با شبه جزیره میان کاله از دریای خزر جدا شده است. طول و عرض این شبه جزیره (با احتساب جزیره آشور) به ترتیب در حدود ۵۵ و ۲/۵ کیلومتر است. تالاب گرگان در منتهی الیه خاوری خود با دریای خزر پیوند دارد. شبه جزیره میان کاله تقریبا تماما از ماسه های بادرفتی ساحل خزر شکل گرفته است و به نظر می رسد این شبه جزیره با رانش کرانه ای (long-shore drift) ماسه های خزر شکل گرفته باشد که با رشد تدریجی آن تالاب گرگان از خزر جدا شده است. به این ترتیب می توان شبه جزیره میان کاله را نوعی جزیره حصاری (barrier island) در نظر گرفت.

در گذشته شبه جزیره میان کاله در انتهای خاوری خود با مجرای باریکی (کانال خوزینی) از جزیره آشور جدا می شد. این مجرای باریک زمانی (در حدود ۷۰ سال پیش) محل رفت و بازگشت کشتی های تجاری از دریای خزر به تالاب، بندرگز و بالعکس بود. پس از آن با پایین آمدن سطح آب خزر پهنای کانال به کمینه خود رسید و در طی دهه اخیر با بالا آمدن دوباره سطح دریا پهنای آن دوباره افزایش یافته است.

جدا بودن تالاب از دریای خزر سبب شده است که انرژی موج ها در آن بسیار ناچیز باشد و این ویژگی خود سبب شده است که اولاً رسوبات ریزدانه مانند فورس و رس در تالاب نهشته شوند و ثانياً محیطی کم و بیش احیا بر آن حاکم باشد که به نهشته شدن مواد آلی به همراه مواد ریزدانه منجر می شود. در گودبرداری های دشت ساحلی جنوب تالاب نیز آثار مواد ریزدانه تیره رنگ آمیخته با مواد آلی دیده می شود. این پدیده نشان می دهد که تالاب گرگان در گذشته بزرگتر از اکنون بوده است.

آثار نوسان های سطح آب دریای خزر در تالاب نیز قابل مشاهده است. در ساحل جنوبی تالاب دست کم ۳ پادگانه دریایی به همراه خط های ساحلی مربوطه دیده می شود. این که آیا این پادگانه ها تنها در اثر نوسان های ساده سطح آب پدید آمده اند و یا با حرکت های زمین ساختی در ارتباط بوده اند، پرسشی است که پاسخ دادن به آن به مطالعات بیشتری نیاز دارد.

بخش هایی از خط های ساحلی قدیمی به روشنی در عکس های هوایی قابل مشاهده هستند. جنوبی ترین این خط ها هم اکنون در تراز ۹- متری قرار گرفته است که با توجه به اطلاعات موجود در باره تراز آب در دوره نئوکاسپین می توان آن را به این دوره نسبت داد. به این ترتیب نهشته هایی که امروزه بین این خط ساحل قدیمی و خط ساحل امروزی قرار گرفته اند، به اشکوب مزبور مربوط می شوند.

زمین شناسی ساختمانی

ناحیه مورد مطالعه بخشی از شمال خاور ایالت ساختاری البرز را تشکیل می‌دهد و از این دیدگاه که در مرز رشته کوه البرز و فرونشست زمین ساختی خزر قرار گرفته است، دارای اهمیت زیادی است. با توجه به رخنمون گسترده مجموعه دگرگونی گرگان در ورقه بهشهر و وجود آثار گسترده دگرریختی نرم (ductile) در آن ها، ساختارهای ناحیه در دو مبحث ساختارهای نرم و ساختارهای ترد (brittle) بررسی می‌شوند.

ساختارهای نرم

این ساختارها در مجموعه سنگ های دگرگونی گرگان دیده می‌شوند و در طی مرحله دگرریختی مهمی که در تریاس پسین روی داده است، شکل گرفته اند. در مجموع ساختارهای نرم مزبور ویژگی میلونیتی دارند و کل مجموعه دگرگونی را می‌توان در یک پهنه برش (shear zone) بزرگ مقیاس در نظر گرفت.

برگوارگی فیلیتی مهمترین ساختار نرم است که به صورت نافذ در سراسر مجموعه دگرگونی گرگان دیده می‌شود. شکل گیری این ساختار در بخش فیلیتی کاملتر از دیگر بخش ها است، اما آثار آن در واحد سنگ آهک میلونیتی، واحد کوارتزیت و دولومیت، واحد سنگ جوش، واحد آتشفشانی و واحد سنگ آهک و شیل نیز دیده می‌شود. برگوارگی مزبور در بیشتر جاها با لایه بندی اولیه واحدهای مزبور موازی است، اما در برخی جاها، به ویژه در جاهایی از واحد فیلیت می‌توان این دو را از یکدیگر تفکیک کرد. از آن جا که این برگوارگی به موازات سطح محوری چین های نرم درون مجموعه دگرگونی تشکیل شده است، در واقع برگوارگی سطح محوری می‌باشد و به این ترتیب جاهایی که در آن برگوارگی، لایه بندی اولیه سنگ را قطع می‌نماید، مربوط به محل لولای چین های مزبور است. برگوارگی مزبور دارای راستای عمومی شمال-شمال باختر است و در حدود ۲۰ درجه به سوی باختر شیب دارد.

یک خطوارگی نسبتاً مشخص با برگوارگی فوق الذکر همراه است. در بیشتر جاها خطوارگی مزبور با درازشدگی و جهت یافتگی ترجیحی کانی های سنگ شکل گرفته است. در بخش سنگ جوش مجموعه دگرگونی گرگان می‌توان این خطوارگی را با دراز شدگی قله های سنگ جوش به خوبی مشاهده نمود. روند عمومی این خطوارگی شمال-شمال باختر است و میل آن کم می‌باشد. در مجموع با توجه به وضعیت برگوارگی، خطوارگی و چین های نرم و دیگر مشاهدات صحرایی می‌توان پیشنهاد کرد که جهت حمل زمین ساختی (tectonic transport direction) در مجموعه دگرگونی گرگان (مرحله دگرریختی تریاس پسین) از شمال باختر به جنوب خاور بوده است. این ویژگی با ویژگی ساختارهای ترد در این بخش از البرز متفاوت است. چنان که در بخش مربوط به آن اشاره خواهد شد، ساختارهای ترد در این ناحیه عموماً راستای خاوری-باختری دارند و به سوی شمال گرایش دارند.

چین های نرم را در مجموعه دگرگونی گرگان می‌توان در مقیاس مزوسکوپی مشاهده نمود. طول موج این چین ها از چند میلیمتر تا ۲ متر متغیر است. گرایش این چین ها عموماً به سوی جنوب خاور است.

درجه دگرگونی و دگرریختی سنگ های پالئوزوییک به سوی جنوب کاهش می‌یابد اما مجموعه دگرگونی گرگان کم و بیش تا بخش های جنوبی ناحیه در زیر واحدهای رسوبی مزوزوییک و سنوزوییک ادامه دارد، به همین دلیل ساختارهای نرم با گرایش به سوی جنوب خاور سبب ایجاد نوعی ناهمگنی و سطح های ضعف با شیب به سوی شمال باختر شده است که در مرحله های زمین ساختی جوان تر به صورت ترد دوباره فعال شده اند. از این جهت وجود گسله ها و چین هایی با گرایش به سوی جنوب خاور یا جنوب در ناحیه عجیب نیست.

ساختارهای ترد

مهم ترین ساختارهای ترد ناحیه در پلیوسن و کواترنری شکل گرفته اند و شواهد نوزمین ساختی و لرزه ای نشان دهنده ادامه فعالیت های زمین ساختی در این ناحیه است.

گسله ها

گسله های ناحیه عموماً از نوع راندگی هستند. راستای آن ها خاوری تا خاور-شمال خاوری است. گسله مهم شمال البرز به فاصله بسیار کمی از گوشه جنوب خاوری نقشه قرار گرفته است اما در گستره نقشه وارد نمی‌شود. با این حال

می‌توان اثرات آن را به صورت گسله های فرعی متعدد و چین هایی که در فرودپواره آن در ورقه بهشهر قرار گرفته اند، مشاهده کرد. گسله های عادی که راستای عمومی آن ها شمال خاوری است در درجه دوم اهمیت قرار دارند.

گسله خزر

این گسله که مهم ترین گسله موجود در گستره نقشه است، گسله ای راندگی است با راستای خاوری و شیب جنوبی. Berberian (1983) گسله خزر را گسله ای معکوس با شیب به سوی جنوب تفسیر می‌کند که در حدود ۶۰۰ کیلومتر درازا دارد. صالحی راد (۱۳۵۸) در ناحیه گرگان به این گسله نام گسله گرگان را داده است. رخنمون گسله مزبور در بخش میانی نقشه قرار گرفته است و عارضه فیزیوگرافیک مهمی را در مرز کوه و دشت تشکیل می‌دهد. سنگ های فرادپواره این گسله را مجموعه سنگ های دگرگونی گرگان، سازند شمشک، سازند لار و لس تشکیل می‌دهند. در فرودپواره این گسله نهشته های آبرفتی جوان و لس ها قرار گرفته اند. تنها رخنمونی تقریباً مشخص از گسله خزر که در این بررسی به آن برخورد شد در یک معدن ماسه در خاور بهشهر قرار دارد. در این رخنمون، گسله سنگ های (fault rock) مجموعه دگرگونی گرگان در فرادپواره و آبرفت های جوان در فرودپواره گسله قرار گرفته اند. وضعیت صفحه گسله در این رخنمون N89E/27SE اندازه گیری شد. چنان که فراتر به آن اشاره خواهد شد، یک تاقدیس مهم در فرادپواره این گسله شکل گرفته است که آن را تاقدیس خزر نامیده ایم. گسله راندگی مهدی رجه گسله ای فرعی است که در جنوب گسله خزر و در فرادپواره آن شکل گرفته است.

گسله های راندگی متعددی با راستای خاور-شمال خاوری در جنوب ورقه در فرودپواره گسله شمال البرز رخنمون دارند که از آن ها می‌توان به گسله های راندگی الازر، جنوب ونشد، شمال غلامی، غلامی، گت چشمه و کوا اشاره کرد. گسله های راندگی فرعی تری را می‌توان در بخش های میانی خاوری نقشه مشاهده کرد (گسله های سفیدچاه و پیتنه‌نو که شیب آن ها به ترتیب به سوی شمال و شمال خاور می‌باشد).

گسله های عادی با مقیاس های متفاوت در درجه دوم اهمیت قرار دارند. این گسله ها دارای راستای عمومی شمال خاوری هستند و از مهم ترین آن ها می‌توان به گسله های محمد آباد، جنوب بهشهر، سورک، پجت، برما و شمال برما اشاره کرد.

چین ها

چین های ناحیه از راستای گسله های راندگی ناحیه پیروی می‌کنند و روند محور آن ها خاوری تا خاور-شمال خاوری است. مهم ترین چین در ناحیه، تاقدیس خزر است که به صورت یک چین در ارتباط با گسله در فرادپواره گسله خزر شکل گرفته است. چین های مهم دیگر ناحیه عبارتند از تاقدیس فته کش-بندبنی، تاقدیس کوادره، ناودیس ونشد-پوروا، ناودیس پجت، ناودیس لاک تراش و ناودیس جنوب گت چشمه. روند محور این چین ها عموماً خاوری تا خاور-شمال خاوری است و درازای زیاد برخی از آن ها (در مقایسه با طول موج آن ها) نشان می‌دهد این ساختارها با گسله های راندگی در ارتباط هستند که از سنگ های پالئوزوییک زیر توالی مزوزوییک منشا گرفته اند. به عبارت دیگر حاصل ساختارهای دوباره فعال شده تریاس پسین ناحیه می‌باشند. گرایش (vergence) برخی از چین های مهم ناحیه مانند تاقدیس فته کش-بندبنی و تاقدیس کوادره به سوی جنوب است. یال شمالی این تاقدیس ها ۲۰ تا ۳۰ درجه و یال جنوبی آن ها ۵۰ تا ۷۰ درجه شیب دارد.

زمین ساخت

ناحیه مورد مطالعه از دیدگاه زمین ساختی بخشی از ایالت زمین ساختی البرز و بخشی از ایالت زمین ساختی خزر را در بر می‌گیرد و از این دیدگاه دارای اهمیت است. از سوی دیگر شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد این ناحیه به خوبی عوارض حاصل از بسته شدن پالئوتتیس را در خود حفظ کرده است (شاه پسند زاده، ۱۳۷۱). تاریخچه زمین ساختی ناحیه را با توجه به مطالعات زمین شناختی حاضر می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد.

در طی پالئوزئیک این ناحیه در ادامه شمالی پلتفرم ایران قرار داشته است و رسوبگذاری در چنین محیطی بدون رویداد زمین ساختی مهمی تا تریاس پسین ادامه داشته است. برخی شواهد چینه نگاشتی از نواحی مجاور نشان

می‌دهد (شاه پسند زاده، ۱۳۷۱) که احتمالاً این ناحیه در شمال، ژرفترین بخش از پلتفرم را تشکیل می‌داده است و وجود نهشته‌های ضخیم فیلیت، سنگ‌های آتشفشانی و سنگ جوش، که نمی‌توان آن‌ها را به سادگی با توالی‌های سنگی عادی در پلتفرم ایران مقایسه کرد، احتمالاً در مرز پلتفرم و نواحی ژرف پالتوتیس و یا در خود پالتوتیس نهشته شده‌اند و پس از کوهزایی تریاس پسین به صورت زمین‌ساختی در مجاورت نهشته‌های پلتفرم پالتوزوییک ایران قرار گرفته‌اند. در توالی دگرگونی پالتوزوییک وجود مواد آتشفشانی و سنگ جوش‌هایی که بخش عمده آن‌ها را قطعه‌های سنگ‌های آتشفشانی تشکیل می‌دهد، می‌تواند نشان‌دهنده وجود یک کمان ماگمایی (اقیانوسی یا قاره‌ای) در شمال یا شمال‌باختر باشد که منشا مواد آتشفشانی مزبور را تشکیل می‌داده است. کمان مزبور را شاید بتوان جایی در ژرفای دریای خزر جستجو کرد. به علاوه فراوانی سنگ‌های نفوذی و نیمه آتشفشانی در شمالی‌ترین رخنمون‌های سنگ‌های دگرگونی مزبور می‌تواند حاکی از نزدیکی چنین کمان آذرینی باشد.

برخورد میان ایران و اوراسیا (توران) و بسته شدن پالتوتیس سبب ایجاد یک رشته کوه مهم در شمال ایران گردید که می‌توان آن را البرز اولیه نامید. این رویداد برخورد قاره-قاره سبب یک دگرگونی ناحیه‌ای گردید که فرسایش رشته کوه البرز اولیه بخش‌های دارای درجه دگرگونی پایین آن را در سطح زمین آشکار نمود. این رشته کوه چنان پایدار بود که بخش‌هایی از آن تا پیشروی عظیم دریا در کرتاسه پسین به زیر آب نرفت. شواهد چینه‌نگاشتی نشان می‌دهد بخشی از این رشته کوه قدیمی که اکنون در خاور البرز قرار گرفته است، به صورت یک برجستگی بوده است که محور آن با روند کنونی رخنمون مجموعه دگرگونی گرگان چندان مطابقت ندارد. سنگ‌های آواری سازند شمشک نهشته‌های (همزمان و) پس از کوهزایی مزبور هستند که از برجستگی مزبور (و برجستگی‌های مشابه) تغذیه می‌شده‌اند.

مهمترین رویداد دگرریختی پس از رویداد تریاس پسین در الیگوسن پسین و میوسن پیشین روی داد که سبب آغاز زایش رشته کوه البرز امروزی شد. به نظر می‌رسد البرز در مراحل اولیه شکل‌گیری خود در راستای گسله‌های مهمی همچون گسله شمال البرز بالا آمد. این برجستگی سبب جدایش حوضه‌های رسوبی در شمال و جنوب البرز گردید و به این ترتیب حوضه پاراتیس از حوضه ایران مرکزی جدا شد. برجستگی مزبور احتمالاً با آغاز جدایش اقلیم‌های آب و هوایی جنوب و شمال البرز همراه بود. جدایش حوضه ایران مرکزی از حوضه پاراتیس و نیز ایجاد یک مانع در برابر نفوذ بارندگی‌ها به ایران مرکزی احتمالاً با تغییر و تفاوت رسوبگذاری در این دو حوضه شمال و جنوب البرز همراه بوده است. به این ترتیب باید بتوان آثار این پدیده را با افزایش مواد تبخیری در ایران مرکزی پی‌جویی نمود. نهشته‌های آواری نئوژن رخساره خزر از برجستگی‌های اولیه البرز تغذیه می‌شده‌اند و این وضعیت تا کنون ادامه داشته است، با این تفاوت که مرکز انباشتگی رسوبات اکنون به بخش‌های شمالی‌تر (حوضه خزر) انتقال یافته است. راندگی خزر در پلیوسن شروع به شکل‌گیری کرد و حوضه خزر در راستای این گسله و گسله‌های مشابه دیگر که به سوی جنوب شیب دارند در حال فرونشینی است در حالی که البرز در برابر به برجستگی خود ادامه می‌دهد. Berberian (1983) با توجه به افت نسبی رسوبات رخساره خزر در شمال گسله خزر کمینه حرکت قائم در عرض این گسله را از نئوژن پسین تا کنون (در حدود ۲ م.س.) ۳۰۰۰ متر برآورد نموده است.

شواهد نوزمین‌ساختی نشان می‌دهد برپایی جنبای شمال البرز همچنان ادامه دارد. پالوسکا و دگنز (شهرابی، ۱۳۷۱) به بالا آمدگی قابل ملاحظه نهشته‌های ساحلی خزر و پادگان‌های دارای نهشته‌های دلتایی به عنوان نمونه‌هایی از این گونه شواهد اشاره نموده‌اند.

زمین‌شناسی اقتصادی

منابع اقتصادی ورقه به‌شهر به طور عمده به ذخیره‌های غیر فلزی محدود می‌شود. این ذخیره‌ها به ترتیب اهمیت عبارتند از:

لس

این نهشته‌های ریزدانه در بسیاری جاها از کوهپایه‌های شمالی به عنوان مواد اولیه کوره‌های آجرپزی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

شن و ماسه

این مصالح به طور عمده از مواد بادزن های آبرفتی تامین می شوند.

ذغال سنگ

ذخیره های کوچکی از ذغال سنگ به صورت لایه های نازک (با ضخامت بیشینه ۵/ متر) در سازند شمشک قرار دارد که در برخی جاها به صورت سنتی استخراج و به عنوان سوخت کارگاه های آهنگری مورد استفاده قرار می گیرند.

سنگ آهک

سنگ آهک سازند لار و واحد سنگی کرتاسه زیرین در بخش هایی که فاقد چرت باشد به عنوان ماده اولیه کوره های آهک پزی مورد استفاده قرار می گیرد.

سنگ ساختمانی

بخش هایی از سنگ آهک واحد سنگی پالئوسن ناحیه برای سنگ نمای ساختمان مناسب هستند. یک معدن فعال در ناحیه کلیا در حال استخراج این نوع سنگ از واحد سنگی پالئوسن می باشد.

گچ

دو لایه گچ موجود در واحد سنگی میوسن در جنوب خاوری ناحیه در گذشته برای تامین گچ ساختمانی مورد استفاده قرار می گرفته است. رخنمون سطحی این لایه های گچ، ضخامت و خلوص آن ها در حدی نیست که بتوان استخراج آن ها را اقتصادی در نظر گرفت.

صدف

نهشته های ساحل جنوبی تالاب گرگان در برخی جاها به شدت غنی از صدف دوکفه ای ها است که در جاهایی از آن ها به عنوان مواد اولیه خوراک طیور استفاده می شود.

نهشته های احتمالی فسفریت

به علت وجود ناپیوستگی مهمی که در قاعده واحد سنگی کرتاسه بالا وجود دارد و نیز همراهی این ناپیوستگی با نهشتگی مواد گلوکونیتی، احتمال می رود محیط قاره ای ویژه ای که در این زمان شکل گرفته بوده است، با نهشتگی فسفریت همراه بوده باشد. بنابراین پی جویی برای این مواد در ناپیوستگی قاعده کرتاسه بالایی ناحیه پیشنهاد می شود.

ذخیره مواد هیدروکربن

در جاهایی از دشت ساحلی خزر از ناحیه مورد مطالعه، نشت گاز طبیعی از زمین مشاهده می شود. نشت عموماً از محل چاه های آب صورت می گیرد. یک نمونه از این نوع نشت در شمال خورشید کلا دیده می شود. نمونه دیگری در شمال بندرگز دیده می شد. این نشت سال ها پیش از محل یک چاه خودجوش (آرتزین) صورت می گرفت. نشت اخیر دیگر امروزه مشاهده نمی شود. احتمال می رود گازهای طبیعی مورد بحث از نهشته های مدفون شده غنی از مواد آلی تالاب گرگان سرچشمه گرفته باشند.

نشانه های معدنی مواد فلزی

ورقه بهشهر از دیدگاه ذخیره مواد فلزی فقیر به نظر می رسد، با این حال در این جا به چند مورد نشانه های مواد فلزی یافته شده اشاره می شود.

طلا

با توجه به دگرگونی درجه پایین مجموعه دگرگونی گرگان احتمال می رفت که طلا به صورت ثانویه در رگه های کوارتز موجود در این مجموعه تغلیظ شده باشد. به همین جهت ۴ نمونه از رگه های کوارتز مورد بحث تهیه شد و به روش اسپکتروگرافی مورد تجزیه قرار گرفت. بیشترین مقدار طلا در این نمونه ها به ۱۱ ppb می رسد که به نظر نمی رسد از نظر اقتصادی دارای ارزش باشد. با این حال برای اکتشاف بیشتر طلا پیشنهاد می شود نمونه گیری های بیشتر در درون واحد سنگ جوش و فیلیت مجموعه دگرگونی گرگان به ویژه در اطراف توده های نفوذی صورت گیرد.

پیریت

پیریت به صورت بلورهای بسیار کوچک (ذره بینی) به فراوانی در واحد فیلیتی مجموعه دگرگونی گرگان دیده می‌شود که به نظر نمی‌رسد با توجه به مقدار و پراکندگی آن دارای ارزش اقتصادی باشد. در جاهایی از ناحیه مورد مطالعه بلورهای درشت تر پیریت در حاشیه توده های نفوذی موجود در مجموعه دگرگونی گرگان مشاهده می‌شود (اطلاعات شفاهی، سودی شعار) که ممکن است در صورت فراوانی دارای ارزش اقتصادی باشد.

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور