



تفسیر فوران و جایگیری گدازه‌های بازیک کرتاسه در البرز شمالی با استفاده از

پیمایش‌های صحرائی

روشنک ارغائی (نویسنده مسئول)^۱

^۱دانشجو دکتری پترولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران arghaee.rk@gmail.com

چکیده

سنگ‌هایی که به عنوان سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه در شمال البرز ایران مطرح می‌شوند عموماً ترکیب بازالتی دارند. مناطق مورد مطالعه در بخشی از زون البرز شمالی واقع شده‌اند و شامل ۳ منطقه جنوب شهر آمل، ناحیه جواهردشت در شرق گیلان و جنوب لاهیجان در استان گیلان می‌باشند. شواهد زمین‌شناسی و چینش‌شناسی و نحوه قرارگیری و فوران این گدازه‌های بازالتی در هر منطقه به صورت جداگانه مورد ارزیابی و تفسیر قرار گرفته است. در مجموع تعداد ۱۰۰ نمونه صحرائی برداشت و پردازش شده است. در زون البرز شمالی مانند جنوب آمل گدازه‌هایی از نوع بازالتی و تراکیتی بر روی قسمت‌های قاعده‌ی رسوبات هم ارز سازنده لار و همچنین شمشک قرار گرفته‌اند. همچنین در جنوب لاهیجان گدازه‌های عموماً بالشی بر روی قاعده شمشک ریخته شدند اما در زون زمین‌شناسی البرز میانی - شمالی اثری از گدازه‌های مذکور مشاهده نگردید. در آمل به وضوح گدازه‌های بازالتی تیره رنگ و غیر وابسته به محیط دریایی که بر روی لار و شمشک برون‌ریزی دارند و به صورت توالی با آهک‌های کرتاسه همراه با گدازه‌های تراکیتی در هر دو سمت غرب و شرق مسیر پیمایش جنوب آمل مشاهده شده است. در منطقه نارنج لنگه - لاهیجان عموماً گدازه‌ها بالشی و تمایل به رنگ خاکستری و متعلق به محیط دریایی نیمه عمیق مشاهده می‌شود. در ناحیه جواهردشت گدازه‌ی بالشی مشاهده نمی‌شود اما بازالت‌ها عموماً خاکستری تا سبز تیره و بسیار سخت هستند و حالت میانی دارند که در برخی نقاط همراه با ذوب پوخته به ریولیت ختم می‌شوند.

واژه‌های کلیدی

کرتاسه، البرز شمالی، بازالت، گدازه بالشی



۱. پیشگفتار

با توجه به اهمیت بالای مطالعات صحرایی در بحث تفسیر ماگماتیسیم کرتاسه در البرز شمالی، مطالعات صحرایی طی چندین فیلد مداوم و با جزئیات کامل در این مقاله مورد پردازش قرار گرفته است. سازندهای مزوزوئیک مناطق مورد مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفته شده است و نحوه خروج و قرارگیری گدازه‌های کرتاسه مورد مطالعه در این سازندها مورد تحلیل قرار گرفته است. از دیدگاه زمین‌شناسی، مناطق عملیاتی در بخشی از زون البرز واقع شده است. زون البرز با داشتن خصوصیات رسوبی و ماگمایی یک پهنه اغلب رسوبی می‌باشد که واحدهای رسوبی از نئوپروتوزوئیک تا نئوژن (البته نه به طور کلاً پیوسته) در آن برونزد دارند و حجم سنگ‌های رسوبی در مقایسه با سنگ‌های آذرین و دگرگونی بسیار قابل توجه است [17]. رخساره سنگی البرز، اغلب از نوع سکو است و سنگ‌های نئوپروتوزوئیک تا کواترن را می‌توان در این رشته‌کوه مشاهده کرد. رشته کوه‌های بیناورد از نظر جغرافیایی دنباله البرز است ولی از نظر رخساره سنگی، شباهت بیشتری به ایران مرکزی دارد [21]. البرز پهنه کوهزایی دربردارنده مرز جنوبی خزر و بخشی از پهنه کوهزایی آلپ-همالیای بوده و روند ساختاری آن کمابیش خاوری-باختری است [34]. پهنه رسوبی-ساختاری البرز شامل بلندی‌های شمالی صفحه ایران است که به شکل تاقدیس مرکب (Anticlinorium)، در یک راستای عمومی خاوری-باختری، از آذربایجان تا خراسان امتداد دارد [5].

۲. روش پژوهش

در این پژوهش در مجموع تعداد ۱۰۰ نمونه صحرایی برداشت شده است. مناطق عملیاتی ما در بخشی از زون البرز شمالی واقع شده‌اند و شامل ۳ منطقه زیر می‌باشند که در ادامه به بررسی شواهد زمین‌شناسی و چینه‌شناسی هر منطقه به صورت جداگانه خواهیم پرداخت:

- ۱) بازالت‌های کرتاسه واقع در ۴۵ کیلومتر جنوب جاده آمل به تهران (جنوب آمل، جاده هراز) در نزدیکی جنگل علمستان، بین ورودی تونل سیاه بیسه واقع در نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ آمل [22] می‌باشد (شکل ۱-الف).
- ۲) ولکانیک‌های بازیک واقع در ناحیه جواهردهشت در مرز شرقی استان گیلان واقع در نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ جواهرده [7] (شکل ۱-ب).
- ۳) بازالت‌های آتشفشانی پراکنده جنوب لاهیجان واقع در نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ قزوین-رشت [23] (شکل ۱-ج).

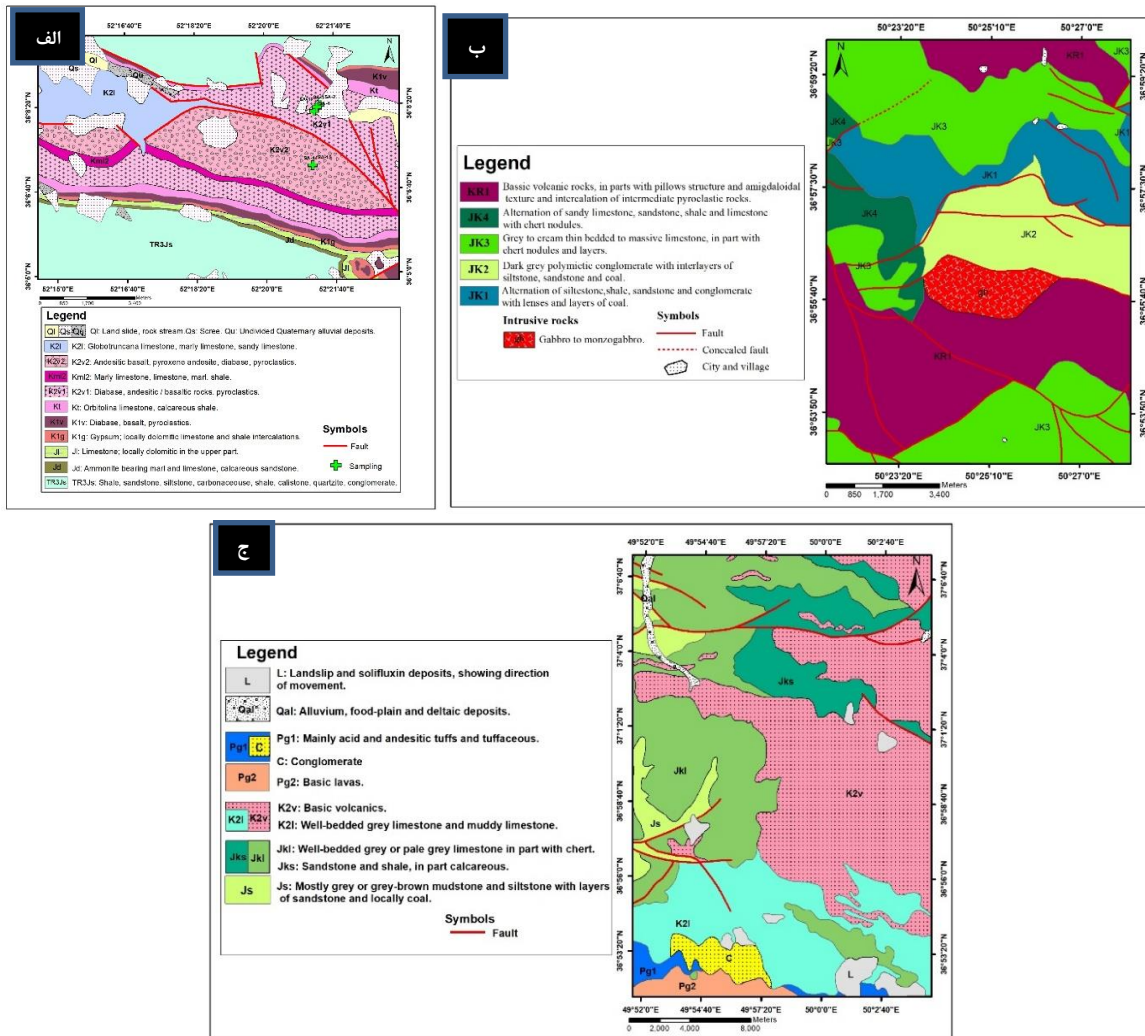
۳. زون زمین‌شناسی البرز شمالی

زون البرز شمالی عموماً شامل مجموعه‌ای از رسوبت پالتوزویک و مزوزوئیک است و شدت چین‌خوردگی آن کمتر از البرز میانی و جنوبی بوده و دارای چین‌های باز می‌باشد [27] [15] که توسط گسل‌های متعددی قطع گردیده است. روند عمومی گسل‌ها و چین‌ها در این زون زمین‌شناسی، شرقی-غربی است و گسل‌های اصلی این زون گسل‌های راندهای هستند که روند آن‌ها عموماً شرقی-غربی است، ولی گسل‌های امتدادلغز و عادی، نیز در این گستره مشاهده می‌شود [15]. گسل‌های عادی و امتداد لغز جزء گسل‌های فرعی البرز شمالی محسوب می‌شوند. چین‌های این محدوده عموماً از نوع موازی متحده‌المرکز می‌باشند و طول موج آن‌ها معمولاً بیش از دو کیلومتر اعلام شده است. در دامنه‌های شمالی البرز، رسوبت قره‌ای زغال‌دار ژوراسیک زیرین، دارای ضخمتی چند برابر ضخمت رسوبت معادل خود در قسمت میانی و یال جنوبی رشته کوه البرز می‌باشند. در این منطقه، یک فروافتادگی از زمان ژوراسیک فوقانی ایجاد شده است [33]. این فروافتادگی تا دوره‌ی کرتاسه ادامه داشته و گسترش ولکانیسم کرتاسه فوقانی به آن محدود می‌شود [24] [25] [29] [31] [32] [34].

آنچه که در دامنه شمالی البرز و در محل روستای جواهردهشت و قسمت‌های شمالی آن دیده می‌شود، نفوذ گابروهای از نوع آکالن است که سازند شمشک را قطع نموده‌اند [14] [15] و گدازه‌هایی از نوع آکالی‌الیون‌بازالت که بر روی آهک‌های ژوراسیک فوقانی فوران نموده می‌باشند [14]. در یال جنوبی و شمالی دایک‌های نفوذی متعددی نیز سازند شمشک و جواهرده را قطع نموده‌اند. رسوبت ژوراسیک بالایی، کرتاسه زیرین و کرتاسه فوقانی این زون زمین‌شناسی را رسوبت کربناته‌ای تشکیل می‌دهند که ضخمت آن‌ها بیش از ۲۰۰۰ متر می‌باشد و در این زون پس از رسوبگذاری سازند تیزکوه‌گدازه‌های بالشی آشکار می‌شوند که نشان دهنده‌ی تشکیل بستر اقیانوس پس از رسوبگذاری سازند تیزکوه می‌باشد [3] [12] [16] [19]. آثار گدازه‌های بالشی در جنوب لاهیجان [3] [16] [19] برونزد دارد و به سمت شرق تا جنوب چالوس [20] و دریاچه ولشت نیز ادامه می‌یابد و پس از آن توسط راندگی بزرگ شمال البرز پوشیده می‌شود. ادامه شرقی گسل شمال البرز را می‌توان تا قسمت‌های جنوبی دگرگونی‌های گرگان ادامه داد. در محدوده شمال کوه سماموس، گدازه‌های بالشی مذکور توسط گسلی که جهت راندگی آن به سمت شمال است، پوشیده می‌شوند [16] [15]. در محدوده‌ی آمل عموماً آهک‌های کرتاسه پایینی به واسطه گسل‌ها دچار خرد شدگی شده‌اند [1]. در محدوده آمل گدازه‌هایی با ترکیب بازالتی و تراکیتی گزارش شده که به صورت توالی متناوب با آهک‌های کرتاسه برونریزی داشته‌اند [1]. آهک‌های کرتاسه بالایی در برخی نواحی بر روی گدازه‌های بازالتی کرتاسه قرار داشته و بالعکس



در برخی نواحی گدازه‌های بازالتی بر روی آهک‌های کرتاسه قرار گرفته‌اند بنابراین به طور دقیق نمی‌توان ترتیب سنی قرارگیری این آهک‌ها را تخمین زد (در نقشه‌های زمین شناسی هر دو کرتاسه‌اند). در بخش غربی تونل سیاه بیشه و در غرب منطقه آمل بازالت‌ها عموماً تیره‌تر و غیرولاسته به محیط دریایی گزارش شده‌اند [1]. در واقع نکته‌ی قابل تأمل در این دوره‌ی زمانی مشخص نبودن دقیق قرارگیری این بازالت‌ها براساس شواهد زمین‌شناسی است که شاید در ارتباط با سونامی‌های کرتاسه و تداخلات رسوبگذاری و جریانات توربیدیتی ممکن است مرتبط بوده باشند.



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه ۱ در جنوب آمل شامل سنگ‌های آتشفشانی بازالتی و سنگ‌های آتشفشانی همراه آن متعلق به کرتاسه برگرفته از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ [22]. نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه شماره ۲، شامل سنگ‌های ولکانیکی بازیک کرتاسه واقع در مسیر جاده سجدیان و روستای ییلاقی جواهرندشت برگرفته از شمال غرب نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ جولده ۷ [7]. چ نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه شماره ۳، بازالت‌های کرتاسه واقع در جنوب لاهیجان به سمت نازج لنگه (نواحی بارنگ صورتی) برگرفته از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ قزوین - رشت [23].



۳-۱ اختلاف زون البرز میانی- شمالی با زون زمین‌شناسی البرز شمالی

با تلفیق مطالعات محققان پیشین و داده‌های ماهی پیمایش‌های صحرایی و مطالعات ساختاری به موارد زیر اشاره می‌کنیم:

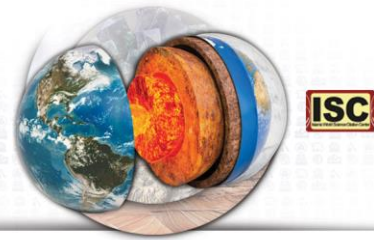
- ۱) ضخامت رسوبات ژوراسیک بالایی - کرتاسه‌ی زیرین البرز میانی - شمالی بسیار کمتر از زون البرز شمالی است [15]. طی پیمایش‌های صحرایی رسوبات شمشک بخش عمدی سازند مناطق مورد مطالعه‌ی ما را تشکیل می‌دهند و در بیشتر نواحی گدازه‌های بازالتی مورد مطالعه بر روی شمشک برونریزی داشتند و از شواهد بسیار مهم برای تشخیص سنی گدازه‌های فوق از سازندهای زیرین محسوب می‌شود.
- ۲) گدازه‌های بالشی البرز شمالی را نمی‌توان در زون البرز میانی-شمالی یافت. به عبارت دیگر، گسل طیولا - امام - دیلمان - استلخ جان، مرز جنوبی گدازه‌های بالشی را تشکیل می‌دهد [15] در محدوده‌های ناتش کوه دیلمان [3] کجید و نارنج‌لنگه در جنوب لاهیجان گدازه‌های بالشی گزارش شده است [16] [19].
- ۳) در زون زمین‌شناسی البرز میانی-شمالی سازند جواهرده قابل مشاهده نیست. ولی در زون زمین‌شناسی البرز شمالی سازند جواهرده با ضخامت زیاد (بیش از ۱۰۰۰ متر)، قابل مشاهده است [5] [15]. شروع پیمایش ما از نزدیکی روستای سجیدان واقع در جاده جواهرده‌دشت که بخشی از البرز شمالی محسوب شده‌است آغاز شد. در جنوب مسیر جاده جواهرده‌دشت بعد از گذر از پل اصلی مسیر رودخانه به رسوبات آبرفتی - سیلابی برخورد کردیم که متعلق به سازند غیر رسمی جواهرده می‌باشند.
- ۴) در زون البرز شمالی، رسوبات سازند شمشک و جواهرده توسط توده‌های نفوذی گابرویی و دایک‌های متعددی قطع گردیده‌اند و ضخامت بیشتری نسبت به سازند شمشک در قسمت جنوبی گسل طیولا - امام - دیلمان - استلخ‌جان دارند [15]. به گفته‌ی حق‌نظر [14] گابروهای جواهرده‌دشت به درون تشکیلات معادل شمشک یعنی سازند جواهرده نفوذ کرده‌اند که در بخش غربی جاده جواهرده‌دشت طی پیمایش‌های ما، بخشی از گابرویی نفوذی مشاهده شده است. همچنین ما در مطالعات منطقه آمل به خصوص در بخش غربی، با دایک‌های دیابازی زیادی برخورد کردیم که با توجه به نفوذ در شمشک مشابه همین گروه به حساب می‌آیند. در مسیر روستای نارنج لنگه نیز مشاهدات صحرایی ما نفوذ متعدد دایک‌های گابرویی به درون شمشک مشاهده شده است.
- ۵) در زون البرز شمالی گدازه‌هایی از نوع آتکالان [14] [16] [1] [10] [12] [13] [11] [4] روی قسمت‌های قاعده‌ی رسوبات هم ارز سازنده لار قرار گرفته‌اند ولی در زون زمین‌شناسی البرز میانی - شمالی اثری از گدازه‌های مذکور مشاهده نگردید. در آمل به وضوح گدازه‌های بازالتی تیره رنگ و غیر وابسته به محیط دریایی که بر روی لار و شمشک برون‌ریزی دارند به صورت توالی با آهک‌های کرتاسه قابل مشاهده بود و عموماً رنگ آن‌ها خاکستری روشن همراه با گدازه‌های تراکیتی در هر دو سمت غرب و شرق مسیر پیمایش جنوب آمل مشاهده شده است. در منطقه نارنج لنگه - لاهیجان عموماً گدازه‌ها بالشی و تمایل به رنگ خاکستری و متعلق به محیط دریایی قابل مشاهده است اما در جواهرده‌دشت گدازه‌ی بالشی مشاهده نکردیم و بازالت‌ها عموماً تیره و بسیار سخت به رنگ خاکستری تا سبز تیره و حالت میانی داشتند.

۴. پیمایش‌های صحرایی مزوزوئیک در جنوب آمل (منطقه مطالعاتی شماره ۱)

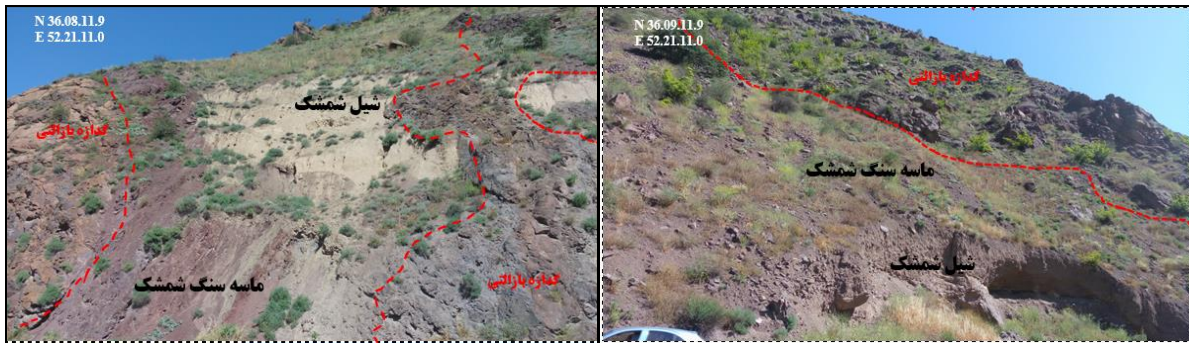
بررسی دیرینه جغرافیای البرز نشان می‌دهد که رسوبات پالئوزوئیک دامنه شمالی سستبرتراند و در پارای نقاط همچون آمل، کندوان ناپیوستگی رسوبی میان سنگ‌های پرمین و تریاس در کم‌ترین اندازه است در ضمن سستبرای رسوبات زغال‌دار تریاس بالا - ژوراسیک میانی در دامنه شمالی چندین برابر دامنه جنوبی است [17] [34]. و سنگ‌های کرتاسه بالایی در ناحیه آمل حجم قابل توجهی سنگ‌های آتشفشانی مانند بازالت‌آتکالان، تراکی بازالت و تراکیت در مسیر جاده هراز-تهران دارند [1]. براساس نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ آمل [22] بخش اعظم منطقه‌ی مورد مطالعه در لیئواستراتیگرافی مزوزوئیک قرار گرفته است (شکل ۱-الف) بنابراین عمده‌ی مشاهدات مربوط به سازندهای مزوزوئیک می‌باشند و فقط در چند ناحیه رسوبات پالئوزوئیک و سنوزوئیک برونزد دارند. به گفته‌ی وحدتی دانشمند [22] فعالیت‌های آتشفشانی در کرتاسه به گونه‌ای است که کرتاسه پیشین گسترش بیشتر در نواحی دماوند و فیروزکوه دارند ولی در کرتاسه بالایی محدودتر و منحصر به ناحیه‌ی دره چالوس شده است بنابراین می‌توان شروع فعالیت‌های آتشفشانی کرتاسه راز شرق البرز شمالی عنوان کرد.

سازند الیکا: در اطراف دماوند در بخش‌های فوقانی این بخش لایه‌های گچ‌دار وجود دارد. این سازند شامل دو بخش است: یکی بخش آهکی زیرین (بیشتر آهک ورمیکوله) با سن تریاس پیشین و دیگری بخش دولومیتی بالایی یا بخش دولومیتی اصلی با سن تریاس میانی است [17]. بخش زیرین آهک الیکا که عموماً صخره ساز هم هست در مسیر جاده فرعی به سمت حاشیه تونل سیاه بیشه (شمال غرب منطقه) مشاهده شده است که حتی نواحی خیلی کوچک بخش گچ‌دار بالایی هم قابل مشاهده است.

سازند شمشک: جنبش‌های قوی زمین ساختی رخ داده در اواخر تریاس میایی سبب ظهور منطقه‌های مثبت خارج از آب گردیده که غالباً در لیلان با ناپیوستگی با ردیف ضخیم نهشته‌های دریاکاری (paralic) سازند شمشک پوشیده شده‌اند. سازند شمشک مهم‌ترین سازند رسوبی البرز در ژوراسیک می‌باشد. سازند شمشک از ۴ واحد



سنگی مختلف تشکیل شده است که از قدیم به جدید عبارتند از: واحد ماسه‌سنگی پایینی، واحد شیلی زغال‌دار پایینی، واحد ماسه‌سنگی بالایی و واحد شیل زغال‌دار بالایی [17]، بخشی از ماسه‌سنگ و شیل سازند شمشک در بعد از تونل سیامیشه در منطقه قابل مشاهده بود که عموماً گدازه‌های بازالتی و تراکیتی کرتاسه که ما مورد مطالعه قرار دادیم، روی این سازند قرار گرفته‌اند (شکل ۲). در زون البرز شمالی، رسوبات سازند شمشک و جواهرده توسط توده‌های نفوذی گلبرویی و دایک‌های متعددی قطع گردیده‌اند و ضخامت بیشتری نسبت به سازند شمشک در قسمت جنوبی گسل طیولا- امام - دیلمان - استلخجان دارند [15]، در منطقه ما این دایک‌های دیبلازی سبز تیره در سازند شمشک منطقه گسترش یافته‌اند که معرف وجود فاز نفوذی در درون سازند شمشک هستند.



شکل ۲. بروزد واحد ماسه‌سنگی بالایی و واحد شیل پایینی سازند شمشک در منطقه امل گدازه‌های بازالتی کرتاسه عموماً بر روی سازند شمشک ریخته شده‌اند.

سازند دلیچای: در ژوراسیک میانی تا بالایی یک پیشروی گسترده سبب به وجود آمدن محیط غالباً دریایی با رسوب‌گذاری کربنات‌ها شده است. سازند دلیچای متشکل است از سنگ آهک‌های مارنی نازک‌لایه سبز-خاکستری متناوب با مارن‌های خاکستری و نیز سنگ آهک‌های سخت به رنگ خاکستری تیره گاهی چرت‌دار و سازند لار (فقد مارن) به صورت هم‌شیب قرار گرفته است [1]، کنتاکت بین سازند لار و دلیچای در بخش جنوب غربی منطقه در حاشیه رستوران باغ صفا قابل مشاهده بود. سازند لار: یک واحد آهکی صخره‌ساز است که بر روی سازند دلیچای قرار می‌گیرد و اغلب توده‌ای و ضخیم‌لایه می‌باشد این سازند به دلیل وجود چرت و حالت ماسیو و روشن دارد از سازند دلیچای قابل تشخیص است [17]، واحدهای سنگی جوان‌تر از قبیل سازند تیزکوه و یا جدیدتر از آن با ناپیوستگی فرسایشی بر روی سازند لار قرار گرفته بودن که کنتاکت سازند لار و دلیچای در منطقه ما در حاشیه رستوران باغ صفا قابل مشاهده بود.

سازند تیزکوه: این سازند را آسرتو در سال ۱۹۶۴ در نزدیکی آبادی پلور انتخاب و معرفی کرد [24]، هر چند برای این سازند برش نمونه در نظر گرفته نشده است ولی به عنوان یک سازند رسمی به کار گرفته می‌شود. این سازند با ۱۷۰ متر ستبراً از دو واحد پایینی و بالایی تشکیل شده است. واحد پایینی از کنگلومرا، ماسه‌سنگ آهکی و آهک‌های خاکستری روشن همراه با اریتولین تشکیل شده است. در بخش زیرین این واحد سنگ چینه‌ای سنگ‌های آتشفشانی از نوع ملافیر و رسوبات تبخیری مانند گچ نیز وجود دارد. برخلاف بخش زیرین این سازند که صخره ساز نیست بخش فوقانی آن صخره‌ساز و بیشتر قله‌ها و ستیغ‌های تیزی در دامنه‌های جنوبی البرز تشکیل می‌دهد [17]، مرز زیرین آن با آهک لار با ناپیوستگی فرسایشی و مرز بالایی آن با آهک‌های کرتاسه بالایی با دگرشیبی می‌باشد. آهک‌های متعلق به سازند تیزکوه بخش وسیعی از منطقه مورد مطالعاتی ما را شامل می‌شود. عموماً در منطقه آهک‌های کرتاسه پایینی به واسطه گسل‌ها دچار خرد شدگی شده بودند در شکل ۳ آهک‌های خردشده‌ی کرتاسه پایینی واقع در شرق منطقه را مشاهده می‌فرمایید.

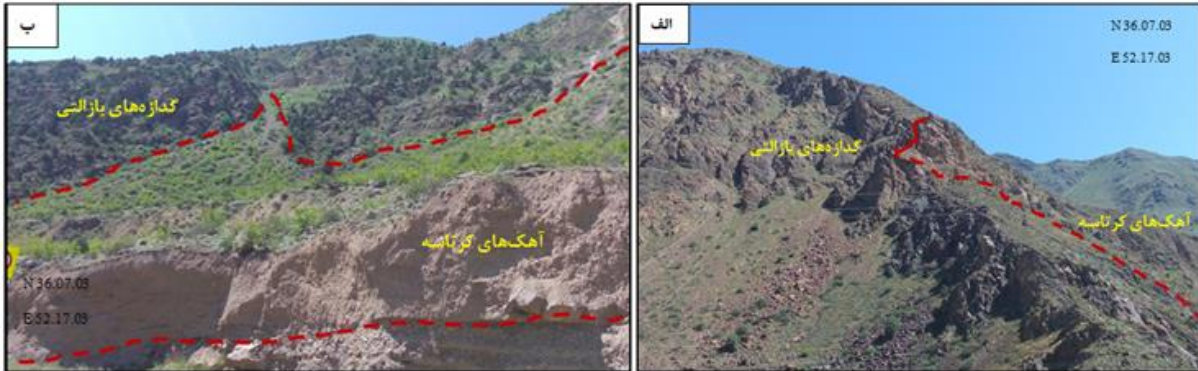


شکل ۳. آهک‌های خرد شده به واسطه گسله‌های منطقه متعلق به کرتاسه پایینی.

کرتاسه بالایی: ارتباطات چینه‌شناسی ناحیه‌ای نهشته‌های کرتاسه بالایی البرز مرکزی و شمالی تا حدی پیچیده بوده است. تغییر و تبدیل‌های جانبی فراوان واحدهای سنگی مناطق مختلف در اثر بالا و پایین رفتن شدید حوضه‌های مربوطه و ناهمزمان بودن مرزهای زیرین و فوقانی واحدها در چنین حوضه‌هایی سبب بروز مشکلاتی برای مطالعه کنندگان متعدد قبلی در تعیین هم ارزی‌ها شده است و اضافه بر آن‌ها در بررسی‌های فسیل‌شناسی مربوطه نیز اتفاق نظر وجود دارد. استمرار جنبش‌های زمین‌ساختی در اواسط تا اواخر کرتاسه سبب تشکیل حوضه‌های شرقی- غربی فراوانی شده است که با پشته‌های در حال خروج از یکدیگر جدا شدند و لذا نهشته‌های کرتاسه بالایی نیز تغییرات زیادی در رخساره و ضخامت نشان می‌دهند [17] [1]. دانه‌های رسوب‌شناسی افزایش ژرفای حوضه‌های رسوبی را از سانتونین با ظهور رخساره‌های دریایی تا ماستریشتین و حتی دانین (پالتوسن پیشین) نشان می‌دهد. در این هنگام یک حوضه در حال فرونشست در شمال البرز در حال رشد و گسترش بوده که همزمان با بخش بالایی کرتاسه پسین فرونشست حرارتی مرتبط با بخش جنوبی (لبه شمالی گندوانا)، حوضه کاسپین جنوبی را همراهی کرده است [33].

آهی فر و همکاران [6] با مطالعه بر روی نئوفسیل‌های برش‌های الگو در مناطق علمده- گلندرود و پل زغال، در رسوبات کرتاسه بالایی دامنه شمالی البرز سن‌های کناسین پسین- انتهای ماستریشتین پسین در غرب و ابتدای کلمپانین پسین- ابتدای پالتوسن در شرق حوضه را تعیین کرده‌اند [6]؛ اینگونه نتیجه می‌شود که حوضه رسوبی تشکیل دهنده این رسوبات در زمان‌های مذکور در عرض‌های جغرافیایی پایین قرار داشته و رسوبگذاری در شرایط حاشیه‌ای و با عمق کم انجام شده است. از بررسی رسوبات کرتاسه بالایی در این برش‌ها چنین استنباط می‌شود که رسوبگذاری دریای کرتاسه پسین در دامنه شمالی البرز مرکزی در قسمت غرب زودتر از شرق آغاز شده و خاتمه رسوبگذاری نیز در شرق دیرتر صورت گرفته است [19].

آهک‌های کرتاسه بالایی در برخی نواحی بر روی گدازه‌های بازالتی تودم‌ای (Massive Lava) کرتاسه قرار داشته و بالعکس در برخی نواحی گدازه‌های بازالتی تودم‌ای بر روی آهک‌های کرتاسه قرار گرفته‌اند (شکل ۴). بنابراین به طور دقیق نمی‌توان ترتیب سنی قرارگیری این آهک‌ها را تخمین زد (در نقشه‌های زمین‌شناسی هر دو کرتاسه‌اند). در واقع نکته‌ی قابل تأمل در این دوره‌ی زمینی مشخص نبودن دقیق قرارگیری این بازالت‌ها براساس شواهد زمین‌شناسی است که شاید در ارتباط با سونامی‌های کرتاسه و تداخلات رسوب‌گذاری جریان‌های توریدیتی باشند در شکل ۴ می‌توانید تناوب آهک و گدازه در منطقه را مشاهده کنید. نمونه‌های آلکالی بازالت و سایر ولکانیک‌های همراه نظیر تراکیت، تراکی بازالت در این منطقه، مرتبط با کرتاسه بالایی می‌باشند. نمایی از گدازه به همراه نمونه دستی در شکل ۵ قابل مشاهده است.



شکل ۴. تلوپ آهک‌های کرتاسه و گدازه‌های بازالتی در منطقه‌ی مورد مطالعه الف) آهک‌های کرتاسه بر روی گدازه‌های بازالتی کرتاسه (غرب جاده) ب) گدازه‌های بازالتی کرتاسه بر روی آهک‌های کرتاسه (شرق جاده).



شکل ۵. نمایی از گدازه بازالتی و تراکیتی کرتاسه بالای به همراه نمونه دستی پرلشت شده از این گدازه‌ها

۵. پیمایش‌های صحرایی مزوزوئیک در منطقه جواهردشت-سجیدان (منطقه مطالعاتی شماره ۲)

از ویژگی‌های کلی ورقه جواهرده، نبود رخنمون‌های سنگ‌های پرکلمبرین، اردوویسین، سیلورین و دوونین بوده و سنگ‌های متعلق به مزوزوئیک بخش اعظم رخنمون‌های سنگی این ورقه براساس نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ جواهرده را تشکیل می‌دهند (شکل ۱-ب) [9] [13] [7]. ماگمای منطقه جواهردشت سنگ‌های بازالتی و گابروئیدی به سن کرتاسه عنوان شده است [13].



شمشک: دوره تریاس با تنشینی رخساره‌های کربناتی-آواری حوضه‌های حاشیه قاره‌ای آغاز و در پایان به رخساره‌های آواری و توریدایت مجموعه شمشک و رخساره‌های هم‌ارز زمانی آن خاتمه می‌یابد [25] [30]. شیل و سیلت آتره شده و ملسه‌سنگ به همراه کنگلومرا با میان لایه‌های زغال‌دار متعلق به شمشک بخش زیرین رسوبیت منطقه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند در حاشیه جاده جواهردشت به خصوص در حاشیه رودخانه برونزد شیل شمشک به همراه کنگلومراهای عموماً عظیم‌الجثه قابل مشاهده بود که در شکل ۶ مشاهده می‌کنید بخشی از گدازه‌های بازالتی در حاشیه رودخانه برروی سازند شمشک ریخته شده‌اند که از نشانه‌های ارزشمند جوان بودن نسبت سنی گدازه‌ها از شمشک می‌باشد تریاس زیرین با عنوان واحد $TR_3; I_2^{SS1}$ در نقشه جواهرده نام‌گذاری شده است.

سازند غیررسمی جواهرده: پس از یک وقفه رسوبی، در اوایل تریاس بالایی در آشکوب‌های نورین-رتین پیشروی دریا شروع می‌شود که آثار آن به صورت یک کنگلومرای پیشرونده در قاعده یک توالی تخریبی شامل ملسه‌سنگ نازک لایه تا ضخیم لایه، شیل‌های خاکستری تیره همراه با آثار زغال‌سنگ نیز دیده می‌شود [14]. به گفته حق‌نظر در مسیر جاده جواهردشت آثار گرهک‌های آهن و الیستولیت هم در این واحد دیده می‌شود. برروی این توالی تخریبی تریاس بالا-ژوراسیک میانی ردیف ضخیمی از کنگلومرای ضخیم لایه تا توده‌ای با میان لایه‌های ملسه سنگ به نام سازند جواهرده قرار گرفته که این سازند دارای رخساره آبرفتی-سیلابی می‌باشد و میان لایه‌های نازک زغال‌سنگی و سنگواره‌های شاخه و برگ گیلهان نیز در آن دیده می‌شود [14]. دایک‌های فراوانی با ترکیب حدواسط، بازیک تا اسیدی به رنگ خاکستری تا خاکستری متمایل به سبز این توالی را قطع می‌کنند این واحد بر روی نقشه جواهرده با عنوان J_1-2 نام برده شده است. در جنوب مسیر جاده جواهردشت بعد از گذر از پل اصلی مسیر رودخانه به رسوبیت آبرفتی-سیلابی برخورد کردیم که متعلق به سازند غیر رسمی جواهرده می‌باشند که می‌توانیم بگوییم یکی از نشانه‌های واقع شدن نمونه‌ها در البرز شمالی این سازند است. همچنین به گفته‌ی حق‌نظر [14] گابروهای این منطقه به درون تشکیلات معادل شمشک یعنی سازند جواهرده نیز نفوذ کرده‌اند که در بخش غربی جاده، بخشی از گابروی نفوذی مشاهده شده است.



شکل ۶ (الف) نمونه بازالتی شماره Jd11 برداشت شده از گدازه بازالتی ریخته شده بر روی شیل شمشک (ب) گدازه بازالتی کرتسه قرار گرفته بر روی شیل و کنگلومرای شمشک در نزدیکی سجیدان در جاده جواهردشت

ژوراسیک بالایی آهک‌های تعریف شده با عنوان JK^1 : آهک‌های خاکستری تا کرم رنگ نازک تا ضخیم لایه با میان لایه چرت متعلق به ژوراسیک بالایی [7] در مسیر جاده جواهردشت در نزدیکی روستا سجیدان دایک‌های نفوذی بازالتی توده‌ای متعددی آهک‌های ژوراسیک را قطع کرده بودند که این آهک‌ها عموماً صخره ساز و لایه لایه مشاهده شدند در شکل ۷ دایک بازالتی متعلق به کرتسه، نفوذی به درون آهک‌های ژوراسیک به همراه نمونه دستی برداشت شده را مشاهده می‌کنید.



شکل ۷. دایک بازالتی نفوذی درون آهک ژورلیسک بالایی با عنوان واحد K1 که همراه نمونه دستی K1 در برداشت شده از این دایک بازالتی

کرتاسه فوقانی با عنوان واحد K2^{IV} در این منطقه رسوب‌گذاری کرتاسه پسین با تکاپوی آتشفشانی گسترده همراه بوده که فرجام آن حجم زیادی از سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب آلکان است [7] [14] [15]. واحدهای آتشفشانی برونزد شده در این منطقه شامل سنگ‌های آتشفشانی خاکستری تا سبز تیره است که بیشتر ترکیبی آندزیتی بازالتی تا بازالت داشته و به صورت ویژه در در بخش‌های شمال غربی ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ جواهرده دارای ساختمان بالشی هستند درون این سنگ‌ها دایک‌ها و توده‌های نفوذی پرشماری نفوذ کرده‌اند که ترکیب آن‌ها بیشتر بازیک است [12] [14]. سن این واحد آتشفشانی کرتاسه پسین در نظر گرفته شده است. بیشترین نمونه‌های بازالتی برداشت شد از منطقه متعلق به این واحد می‌باشند. بازالت‌های این واحد بسیار سخت و رنگ سبز مایل به خاکستری دارند. در روستای سجیدان برونزیری بازالت‌ها عموماً در حاشیه رودخانه و بر روی شمشک مشاهد شد اما هرچه به سمت روستای جواهرده حرکت کردیم، تعداد دایک‌های نفوذی بیشتر و منسجم تر مشاهده شد. در ناحیه جواهردهشت حضور ماگمای ریولیتی در بخش شمالی این منطقه نشان از ذوب پوسته سالیک در مرحله نهایی ماگمای بازیک است. در مورد چگونگی تشکیل ماگمای سالیک (سرشار از آلومینیوم و سیلیسیم) عقیده بر این است که با تزریق حجم‌های بزرگ ماگمای بازیک در پوسته، درجه زمین گرمایی در ناحیه اخیر افزایش می‌یابد و موجب ذوب بخشی پوسته فوقانی می‌شود.

۶ پیمایش‌های صحرایی مزوزوئیک جنوب لاهیجان روستای نارنج لنگه (منطقه مورد مطالعه شماره ۳)

در ردمبندی Engalence [26] دلمنه شمالی البرز در گیلان که منطقه لاهیجان را شامل می‌شود، در نوار حاشیه شمالی مزوزوئیک جای دارد این منطقه در بخشی از نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ قزوین - رشت واقع شده است (شکل ۱-ج). از دید ماگماتیسزم البرز شمالی به خصوص ناحیه جنوب لاهیجان، با تکاپوهای شدید آتشفشانی در دوره کرتاسه شناخته می‌شود و در آن نشانه‌های از سنگ‌های آتشفشانی ائوسن دیده نمی‌شود. تنها سنگ‌های آواری اندکی با سن ائوسن در این پهنه پدید آمده‌اند [28].

در دوران مزوزوئیک عملکرد فازهای گوناگون کوهزایی و زمین‌زایی آلپ پیشین (سیمیرین پیشین، میانی، پسین) و آلپ‌میلی (اتریشین، سلبهرسی‌نین، لارامید) و تحولات ژئودینامیکی گوناگون سبب شد تا فرآیندهای زمین‌ساختی مزوزوئیک ایران از جمله البرز دستخوش تغییرات زیاد همچون پیدایش توده‌های نفوذی ناشی از برخورد ورقه‌ها یا روان شدن گدازه‌ها در نتیجه کشش‌های تحمیل شده بر پوسته شود [5] [19].

سازند شمشک: دوره تریاس با تهنشینی رخسارهای کربناتی-آواری حوضه‌های حاشیه قره‌ای آغاز و در پایان به رخسارهای آواری و توربیدایت مجموعه شمشک و رخسارهای هم‌راز زمانی آن خاتمه می‌یابد [25] [30] سازند شمشک با سن اواخر تریاس بالایی ژوراسیک زیرین تا میانی شامل شیل و ملسه‌سنگ‌های زغال‌دار است که در محیط کولایی و مردلی نزدیک به ساحل نهشته شده [5] [19] و در تکرار با گدازه‌ها و آذرآواری‌های آلکان ضخامت زیادی را در این منطقه تشکیل می‌دهد [30]. علیرغم پوشش گیاهی وسیع جنگلی در این ناحیه، بی‌سنگ قاعده شیل زغال‌دار شمشک در برخی نواحی مشاهده شد.



سیل های نفوذی شمشک: در تریاس بالایی تکنونیک کششی در البرز همزمان با ولکانیسم ریفتی و شروع رسوب گذاری سازند زغال دار شمشک آغاز می شود. فازهای کششی با ایجاد ریفت های ناحیه ای در بخش های مختلف البرز منجر به ولکانیسم شده است [25] [30]. در زون البرز شمالی، رسوبت سازند شمشک وجوهلرده توسط توده های نفوذی گلبروبی و دایک های متعددی قطع شدن و ضخامت بیشتری نسبت به سازند شمشک در قسمت جنوبی گسل طیولا- امام - دیلمان- استراخ جان دارند [15]. در بخش مرکزی منطقه مورد مطالعه دایک های نفوذی لامپروفیری درون سازند شمشک مشاهده شده است که درون شیل شمشک نفوذ کردند [2] (شکل ۸-الف). در بخش مسیر روستایی بلوار گیسا در مسیر ویلایی جنوب نارنج لنگه در حد فاصل گیسا ۲۳، پروژد تلوب شیل و ملسه شمشک به صورت چشمگیر مشاهده شده است که بخشی از رخنمون آهک اییکا هم در بخش زیرین قابل مشاهده بود که در شکل ۸-ب مشاهده می فرمایید.



شکل ۸-الف: سیل نفوذی لامپروفیری در شیل شمشک واقع در بخش مرکزی منطقه مورد مطالعه نارنج لنگه ب مسیر ویلایی جنوب نارنج لنگه در حد فاصل گیسا ۲۳، پروژد تلوب شیل و ملسه سنگ شمشک بر روی آهک اییکا به قابل مشاهده است.

سازند لار و دلپچای: سازندهای لار و دلپچای به صورت گسترده در این ناحیه تشکیل نشده اند و در این ناحیه رسوبت کم عمق تر قرار می گیرند [30] [33]. بنابراین ما هیچ نشانه های از این سازند در این منطقه مشاهده نکردیم.

سازند تیزکوه: سازند تیزکوه در البرز در این منطقه (کرتاسه پیشین) با سری سرخ تخریبی آغاز شده و با یک سطح فرسایشی (گاهی زاویه دار) سنگ های قدیمی تر را می پوشاند و نشل دهنده یک ناپیوستگی چشمگیر در مرز این سازند با بخش زیرین است [7] [18]. رویداد اتریشین (استرین) در حد کرتاسه زیرین و بالایی با خشکی زایی و وقوع آتشفشان ها و سرانجام تشکیل ریفت های درون قاره ای همراه بوده است [5]. گدازه های بازالتی بالشی برداشت شده از این منطقه بر روی نهشته های سازند تیزکوه قرار گرفته اند که شواهد صحرایی ویژگی محیط دریایی را کاملاً نشان می دهد. اما با توجه به پوشش گیاهی عظیم این ناحیه پروژد تیزکوه به راحتی قابل پیگیری نبود ولی مطمئناً گدازه های بالشی از آن ها جوانتر است. که در ادامه به تفسیر بازالت های بالشی منطقه جنوب لاهیجان- نارنج لنگه خواهیم پرداخت.

گدازه های بالشی: در طول بارمین پسین تا نورونین و شاید ساتونین، ماگماتیسم آکالن به صورت گدازه های زیر دریایی دیده می شود. این ماگماتیسم با گسل عدلی شرقی- غربی در بیشتر ساختمان های فرازمین و فروزمین همراه می شود. بر پایه بررسی های تعیین تنش دیرینه سوی کشش در طول این دوره، شمالی- جنوبی بوده است [25]. سلسله کششی- برشی در کرتاسه پسین با ظهور لایه های ستبر از واحدهای آتشفشانی آکالن (محیط تکنونیک کششی) در البرز غربی- شمالی به لوج تکوین خود می رسد [25] [30]. پس از کمپاین ماگماتیسم در البرز خاتمه می یابد همچنان که دیگر نشانه های از گسل های عدلی همزمان با رسوبگذاری در این نهشته ها دیده نمی شود. این رسوبت نشلنگر افزایش ژرفای حوضه های رسوبی با گسترش رخساره مارنی است که جایگزین رخساره های کربناتی می شود [19] [33]. در البرز شمالی پس از رسوب گذاری سازند تیزکوه، گدازه های بالشی (Pillow Lava) آشکار می شوند که نشان دهنده تشکیل بستر قلیوس پس از رسوب گذاری سازند تیزکوه می باشد. آثار گدازه های بالشی در جنوب لاهیجان پروژد دارد و به سمت شرق تا جنوب چاوس و دریاچه ولشت نیز ادامه می یابد و پس از آن توسط راندگی بزرگ شمال البرز پوشیده می شود. لامله ی شرقی گسل شمال البرز را می توان تا قسمت های جنوبی دگرگونی های گرگان لامله داد. در محدوده شمال کوه سملوس، گدازه های بالشی مذکور توسط گسلی که جهت راندگی آن به سمت شمال است، پوشیده می شوند [15]. در بخش جنوبی منطقه در گنر از پیچ اصلی در مسیر جاده خاکی ویلایی گیسا- نارنج لنگه، بازالت های بالشی نمایان می شوند فرسایش و دگرسانی در سطح پیلولواها شدید است که در برخی نمونه ها فرسایش پوست پیازی هم قابل مشاهده است (شکل ۹).



کرتاسه بالایی: مناطق لاهیجان و جنوب رشت در ملستریشترین پسین، در اثر رخداد کوهزایی لارامید از آب خارج شده‌اند در حالیکه در ناحیه انزلی - ملسوله رسوبت آهکی ملستریشترین به آرامی به سنگ آهک‌های داین (پالتوسن) می‌رسند [5]. در کرتاسه بالایی، آغاز جنبش‌های کوهزایی هم‌ارز فاز کوهزایی لارامید باعث بالآمدگی منطقه همراه با چین‌خوردگی و گسلش شده است به گونه‌ای که نهشته‌های سنوزوئیک تقریباً در همه‌جا با دگرشیبی مشخص بر روی واحدهای سنگ چینه‌ای قدیمی تر قرار گرفته‌اند [7]. به نظر می‌رسد با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی و بررسی میدانی منطقه، در جنوب لاهیجان - نازج‌لنگه در اثر کوهزایی لارامید کلاً از آب خارج شده باشد و رسوبت سنوزوئیک در این ناحیه نهشته نشده است.



شکل ۹. فرسایش پوست پیازی در گلازهای بالشی جنوب لاهیجان - نازج‌لنگه به همراه نمونه دستی پیولاوا شماره NL18

۷. نتیجه گیری

ولکلیسم کرتاسه در شمال البرز حاصل یک ریفت کششی با ماگمای خروجی آکالن است. در شرق زون البرز شمالی در جنوب آمل گلازهای بازیک و تراکیتی بر روی سازند تیزکوه قرار گرفتند که در برخی نواحی توالی نامشخصی دارند و عموماً آهک‌های کرتاسه پایینی به واسطه گسله‌ها دچار خورد شدگی شده اند که نشان از آشفستگی ژئودینامیکی کرتاسه زیرین در جنوب آمل است. همچنین حضور ماگمای تراکیتی در کنار بازالتی نشان از فرآیند تفریق ماگمای بازیک در ناحیه جنوبی آمل است. شواهد دریایی و حضور بازالت‌های وزیکولار در شرق البرز شمالی مشاهده نمی‌شود. با پیمایش به سمت غرب رفته رفته بر عمق آب در هنگام خروج گلازهای بازیک کرتاسه در البرز شمالی اضافه می‌شود به طوری که در غرب البرز شمالی در جنوب لاهیجان پس از رسوب‌گذاری سازند تیزکوه، گلازهای بالشی آشکار می‌شوند که نشان دهنده‌ی تشکیل بستر اقیانوس پس از رسوب‌گذاری سازند تیزکوه می‌باشد. در ناحیه جواهردشت حضور ماگمای ریولیتی در بخش شمالی این منطقه نشان از ذوب پوسته در مرحله نهایی ماگمای بازیک است. در مورد چگونگی تشکیل ماگمای سرشار از آلومینیوم و سیلیسیم عقیده بر این است که با تزریق حجم‌های بزرگ ماگمای بازیک در پوسته، درجه زمین گرمایی در ناحیه اخیر افزایش می‌یابد و موجب ذوب بخشی پوسته فوقانی می‌شود.

منابع

- [1] ارغلی، ر. ۱۳۹۵. بررسی بازالت‌های کرتاسه جنوب آمل و ارتباط آن‌ها با بازالت‌های کرتاسه دکن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده شهید بهشتی.
- [2] ارغلی، ر. و قربانی، م. ۱۴۰۱. پتروگرافی بازالت و لامپروفیر کرتاسه جنوب لاهیجان محدوده روستای نازج‌لنگه، دومین همایش دوساله زمین‌شناسی کوه‌ها البرز و دریای خزر.
- [3] اکملی، ش. ۱۳۹۵. پترولوژی سنگ‌های آتشفشانی - رسوبی کرتاسه در منطقه نانش کوه واقع در شرق دیلمان، شرق گیلان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه زمین‌شناسی دانشکده بین‌المللی امام خمینی، خرداد ۹۵.
- [4] املی، خ. دلاری، م. امینی، ص. طبایخ شعبانی، ل. ۱۳۹۹. سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه پسین منطقه تالش (البرز باختری)، تنوع شیمیایی، شرایط تبلور، هیگرومتری و خلصنگه زمین‌ساختی، مجله پترولوژی، سل یازدهم، شماره چهل و یکم، بهار ۱۳۹۹، صفحه ۲۹-۵۲.
- [5] آقبائی، ع. ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۴۰ صفحه.
- [6] آهی، فر. آ. کنی، ا. نوری، م. ۱۳۸۸. نلو ستراتیگرافی رسوبت کرتاسه بالایی در دلمنه شمالی البرز مرکزی، نشریه زمین‌شناسی محیط زیست، پیاپی ۹ (زمستان ۱۳۸۸).
- [7] بهار فیروز، خ. شفیعی، ل. زدری، ا. کریمی، ح. پیروز، م. ۱۳۸۲. نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ جواهرده سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- [8] حق‌نظر، ش. وثوقی علی‌دینی، م. پورمغالی، م. ملکوتیان، س. ۱۳۸۹. بررسی خصوصیات تک‌نوم‌گامایی بازالت‌های جواهردشت در شرق گیلان، مجله‌ی علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، سل بیستم، شماره ۷۷، ص ۲۳ تا ۳۶.



- [9] حق نظار، ش. ۱۳۹۰. پتروالوژی دایکهای بازالتی نفوذی در آهکهای ژوراسیک فوقی - کرتاسه زیرین در منطقه جواهردشت واقع در البرز مرکزی، فصلنامه علمی پژوهشی زمین و منابع واحد لاهیجان، سال چهارم، شماره چهارم زمستان ۱۳۹۰.
- [10] حق نظار، ش. شافعی، ز. شرقی، ز. ۱۳۹۵. سنگزایی و پهنه زمین‌ساختی مجموعه بازالت - تراکیت - ریولیت واقع در اسپیلی (جنوب سیاهکل، شمال ایران)، شواهدی از ماگماتیسم دوگانه رفتی قارابی در البرز، مجله پتروالوژی، سال هفتم، شماره بیست و هفتم، پاییز ۱۳۹۵، ۴۳-۶۰.
- [11] حق نظار، ش. ملکوتیان، س. الهیاری، خ. ۱۳۸۹. بررسی ویژگی‌های سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی و ژئوشیمی گابروهای جواهردشت (شرق گیلان)، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال هجدهم، شماره ۴، ص ۵۴۵ تا ۵۶۲.
- [12] حق نظار، ش. ملکوتیان، س. الهیاری، خ. ۱۳۹۳. جایگاه زمین‌ساختی-ماگمایی بازالت‌های بالشی کرتاسه در دلمنه شمالی البرز در خاور گیلان (شمال ایران)، بخشی از مجموعه آقیولیتی یا کافت درون قارابی، مجله علوم زمین، سال بیست و چهارم، شماره ۹۴، ص ۱۷۱ تا ۱۸۲ (سنگ و کانی)، زمستان ۹۳.
- [13] حق نظار، ش. وثوقی علی‌دینی، م. پورمغلی، م. ۱۳۸۷. خصوصیات ناحیه منشأ گوشته‌های بازالت‌های جواهردشت (شرق گیلان)، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال دوم، شماره هشتم، ص ۹۵ تا ۱۱۰.
- [14] حق نظار، ش. ۱۳۸۸. سنگ‌شناسی سنگ‌های ماگمایی ملیک محدودی جواهردشت در شرق گیلان (جنوب شرق رودسر)، رساله‌ی دکتری سنگ‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
- [15] حکیمی آسیلیر، س. پور کرملی، م. شهریار، س. قربانی، م. قلمی، م. ۱۳۹۰. تقسیمات تکتونیکی البرز غربی. نشریه علوم پایه (دانشگاه آزاد اسلامی). پاییز ۱۳۹۰، دوره ۲۱، شماره ۸۱ (ویژه نهم زمین‌شناسی)؛ از صفحه ۱۱۳ تا صفحه ۱۲۴.
- [16] دلاری، م. مرادی، ر. طباطبائی، ل. ۱۳۹۷. شیمی کانی، دما فشارسنجی و جایگاه زمین‌ساختی ماگمای سازنده سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه پسین منطقه کجید (جنوب لاهیجان، البرز شمالی)، مجله پتروالوژی، سال نهم، شماره سی و سوم، بهار ۱۳۹۷، صفحه ۱۳۳-۱۶۴.
- [17] قربانی، م. ۱۳۹۳. زمین‌شناسی ساختاری و تکتونیک ایران، انتشارات آریز زمین، ۲۷۱ صفحه.
- [18] قربانی، م. ۱۳۹۱. سنگ‌شناسی آئرین، انتشارات آریز زمین، ۳۹۸ صفحه.
- [19] مرادی، ر. ۱۳۹۶. ژئوشیمی و پتروژنز سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه در منطقه کجید البرز شمالی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی.
- [20] موسوی، ر. ۱۳۸۲. سنگ‌شناسی سنگ‌های آئرین کرتاسه پسین ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ جواهرد با نگرشی ویژه به سنگ‌های آتشفشانی نلودیس لچ، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم زمین سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- [21] نبوی، م. ۱۳۵۵. دیاجنزی بر زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۰۹ ص.
- [22] وحدتی دلشمنده، ف. ۱۳۷۰. نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی آمل، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شماره ف. ۴ ایران.
- [23] Annells, R.N. Arthurton, R. Bazley, R. Davies, R. Hamed, M. Rahimzadeh, F., 1985. Geological map of Gazvin-Rasht, Geological survey & Mineral Exploration of Iran.
- [24] Assereto, R., 1966. The Jurassic Shemshak Formation in central Elburz, Iran. *Paleontology*, 72(4): 1133-1182.
- [25] Berberian, M., 1983. Structural Evolution of the Iranian Plateau; Contribution to the Seismotectonics of Iran, Part IV: Continental Deformation in the Iranian Plateau. Geological Survey of Iran, Report 52, 19-68 (In Persian).
- [26] Engalenc, M., 1968. Contribution a la Geologie, Geomorphologie, Hydrologie de la Region de Tehran (Iran). C.E.R.H., 365p.
- [27] Fleuty, M., 1964. The description of folds, Proceedings of the Geologists' Association, Volume 75, Issue 4, 1964, Pages 461-492.
- [28] Ghoreishi, M., Arian, M., 2009. Tectonics of Iran. Morabae Abi publication. Tehran. Iran.
- [29] Guest, B. Axen, G., Lam, P. Hassanzadeh, J., 2006. Late Cenozoic shortening in the west-central Alborz Mountains, northern Iran, by combined conjugate strikeslip and thin-skinned deformation. *Geosphere* 2, 35e52.
- [30] Nazari, H., Omrani, J., Shahidi, A., R., 2004. Geological map of Anzali. GSI.
- [31] Sengor, A. Natal'in, B., 1996. Paleotectonics of Asia: fragments of a synthesis. In: Yin, A., Harrison, M. (Eds.), *The Tectonic Evolution of Asia*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 486-640.
- [32] Sengor, A., 1990. A new model for the late Paleozoic- Mesozoic tectonic evolution of Iran and implications for Oman. In: Searle, M.P., Ries, A.C. (Eds.), *The Geology and Tectonics of the Oman Region*. Geological Society of London Special Publication, pp. 797-831.
- [33] Shahidi, A. Barrier, C. Muller, A., 2007. Geodynamics of the South Caspian Basin southern margin now inverted in Alborz and Kopet Dagh (Northern Iran), *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 9, 08080, 2007 SRef-ID: © European Geosciences Union 2007.
- [34] Stocklin, J., 1974. Northern Iran: alborz mountains. In: Spencer, A.M. (Ed.), *Mesozoic-Cenozoic Orogenic Belts; Data for Orogenic Studies; Alpine-Himalayan Orogens*, 4. Geological Society of London Special Publication, pp. 213e234.