

سال بیست و هفتم، شمارهٔ چهارم، زمستان ۹۸، از صفحهٔ ۸۹۷ تا ۹۰۸

# سنسنجی و زمینشناسی ایزوتوپی گنیسها و گرانیتهای نئوپروتروزوئیکپایانی مجموعه نیباز (غرب ساغند)

سیدعلی اکبر اسدی، قاسم قربانی\*، هادی شفائی مقدم

د*انشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران* (دریافت مقاله: ۹۷/۱۰/۲۲، نسخه نهایی: ۹۸/۲/۲)

چکیده: مجموعه آذرین – دگرگونی نی،از (غرب ساغند، شمال یزد) یکی از سرزمینهای پیسنگی ایران به سن نئوپروتروزوئیک پایانی است که طیف گستردهای از سنگهای دگرگونی و آذرین را شامل میشود. در برخی بخشهای رسی دگرگونه این مجموعه می توان شواهد بارزی از ذوببخشی، میگماتیتزایی و میلونیتزایی را مشاهده کرد. سنسنجیهای انجام شده به روش R-K-Ar و حتی U-Pb بر این مجموعه و مجموعههای سنگی همجوار (چون چاپدونی، تاشک و زمان آباد) چندین گستره سنی از پروتروزوئیک پایانی قاعده توالی رسوبی کرتاسه جنوب غرب ساغند بیانگر نادرست بودن سنهای جوانتر از کرتاسه نسبت داده شده به مجموعه ی پی قاعده توالی رسوبی کرتاسه جنوبغرب ساغند بیانگر نادرست بودن سنهای جوانتر از کرتاسه نسبت دادهشده به مجموعه نی باز است. مختلف، بر این مجموعه و مجموعههای پیسنگی همجوار آثیر گذاشتهاند که از آن جمله می توان به دگرگونی باشند که در دورههای مختلف، بر این مجموعه و مجموعههای پیسنگی همجوار تأثیر گذاشتهاند که از آن جمله می توان به دگرگونی باشند که در دورههای فعالیتهای ماگمایی در ائوسن تا میوسن اشاره کرد. براساس شواهد منطقهای و روابط صحرایی، گستره زمانی ۵۷۰ تا کی میلیون سال پیش با واقعیتهای زمین شده دیز تنها می توانند بازتابی از رخدادهای زمین ساختی و زمین ساختی دگرگونی باشند که در دوره های مختلف، بر این مجموعه و مجموعههای پی سنگی همجوار تأثیر گذاشته اند که از آن جمله می توان به دگرگونی باشند که در دوره های و مین با واقعیتهای زمین شناسی منطقهای بیشتر همخوانی دارد. رخدادهای این گستره زمانی ۲۵۰ تا ۵۳۰ میلیون سال پیش با واقعیتهای زمین شناسی منطقهای بیشتر همخوانی دارد. رخدادهای این محموعه نشان می دهد که H1 نمونههای مورد برسی دارای موهزایی کادومین بوده است. بررسی ایزوتوپهای هافنیم گرانیتهای این مجموعه نشان می دهد که H1 نمونههای مورد برسی دارای مقادیر منفی بوده و از ۲۰٫۱۰ – تغیّر است. مقادیر منفی H1 و با سرچشمه گرفتن مذابهای گرانیتی از ذوب سنگهای

واژەھاى كليدى: سنسنجى؛ نئوپروتروزوئيك؛ ھافنيم؛ گرانيت؛ گنيس؛ نىباز؛ ساغند.

#### مقدمه

جز پهنههای ساختاری کپهداغ و فلیشهای شرق ایران، در سایر پهنههای ساختاری ایران (به ویژه ایران مرکزی، شکل ۱)، سرزمینهای گندوانایی پروتروزوئیکپایانی – کامبرینپیشین، از جنوب تا شمال و از شرق تا غرب بهطور پراکنده رخنمون دارند. این سرزمینها، طیف گستردهای از سنگهای دگرگونی و آذرین را شامل میشوند که در تشکیل آنها فرایندهای سنگ-ساز متنوعی (رسوبی، دگرگونی و آذرین) دخیل بودهاند. با شناخت نسبی آنها، میتوان دریافت که فرایندهای مشابه

را در فهم دگرگونیهای آنها یاری نمایند [۱]. برخی از نمونه-های بارز سرزمینهای نئوپروتروزوئیک پایانی که تاکنون بررسی شدهاند عبارتند از: طرود- بیارجمند- خارتوران - میامی (مجموعههای دگرگونی- آذرین دلبر، بند هزارچاه، سفید سنگ، شترکوه، جنوب دوچاه، ماجراد، شمالغرب احمدآباد خارتوران، غرب رضاآباد خارتوران و گرانیتوئیدهای جنوبغرب میامی) [۸-۲]؛ مرز بین جندق- عروسان- آیراکان [۹]، شمال غرب بردسکن (مجموعه بورنورد) [۱۵-۱۰]، جنوبغرب

بسیاری در تشکیل آنها سهیم بودهاند و می توانند زمین شناسان

\*نويسنده مسئول، تلفن: ٥٩١٢٨٣٢٢٧٥٨، نمابر: ٢٣٣٥٢٢٠٩٩١، پست الكترونيكي: ghorbani@du.ac.ir

بردسکن (کوهسرهنگی و لاخ برقشی) [۸۸–۱۶]، فریمان – تربت جام (مجموعه قلندر آباد) [۲۹، ۲۰]، ساغند – پشت بادام (مجموعههای دگرگونی– آذرین نیباز، بنه شورو، تاشک، چاپدونی، زمان آباد، خشومی، زرین، مزرعه توت و ...) [–۲۱ (۳]، بافق – کوشک – بهاباد (رزیگان، ناریگان، بهاباد، کوه پشتسرخ و ...) [۲۲، ۲۴، ۲۵]، زرند (مجموعه شمال و شمال پشتسرخ و ...) [۲۲، ۲۴، ۲۵]، زرند (مجموعه شمال و شمال غرب زرند تا کوهبنان) [۲۶، ۲۷]، لکرکوه [۲۸]، شمال گلپایگان (مجموعه گلپایگان) [۴]، جنوب ابهر – خرمدره و گرانیتهای لاهیجان) [۴]، مغانلو (غرب زنجان) [۴]، گرانیت دوران (غرب زنجان) [۴]، ماهنشان – تکاب – شاهین دژ (مجموعههای خیرآباد، سورسات، تکاب و شاهیندژ) [۳۲–۲۹]، شیچ چوپان – بوباکتان (کردستان) [۴]، خوی – سرو (مجموعه خوی – سرو) [۳۳]، البرز (سازند کهر) [۳۴] و

لاهیجان (گرانیتهای لاهیجان) [۴].

مجموعه آذرین – دگرگونی نیباز که از جمله این سرزمینهاست در غرب ساغند (شمال یزد) رخنمون دارد و طیف گستردهای از سنگهای دگرگونی و آذرین را شامل می-شود (شکل ۲). بررسی این سرزمینها و سنگهای آنها میتواند روند تکامل پیسنگ ایران را در این بخش از ایران مرکزی بهتر مشخص کند. با توجه به اینکه سنگهای منطقه از سنگهای بسیار قدیمی بوده (سن نئوپروتروزوئیک) و گاه دگرسانشده نیز هستند، بهتر است در کنار بررسیهای زمینشیمیایی، از نتایج سن سنجی U-Pb به روش طیفسنجی جرمی یون ثانویه (SIMS) بر زیرکن و اندازه گیری ایزوتوپهای هافنیم نیز استفاده شود. این کار در این پژوهش انجام شده و گزیدهای از نتایج آن در این مقاله ارائه شده است.



**شکل ۱** تصویرماهوارهای نشاندهنده پراکندگی مجموعههای دگرگونی – آذرین به سن اواخر نئوپروتروزوئیک (اواخر ادیاکارن – اوایل کامبرین) در بخش مرکزی پهنه ساختاری ایرانمرکزی (شمالشرق تا جنوبشرق یزد). ۱: زمان آباد، ۲: اسماعیل اباد، ۳: چاپدونی، ۴: تاشک، ۵: بنهشورو، ۶: نیباز، ۷: زرین، ۸: خشومی، ۹: پشتسرخ، ۱۰: زریگان، ۱۱: بهاباد، ۱۲: بافق – ناریگان، ۱۳: زرند و ۱۴: لکر کوه.



**شکل ۲** الف<sup>–</sup> نقشه پهنههای ساختاری ایران و جایگاه تقریبی مجموعه نیباز (مستطیل مشکی) بر آن و ب- تصویر ماهوارهای نشاندهنده مجموعه دگرگونی <sup>–</sup> آذرین نیباز. دور تصویر بر حسب سیستم مختصات جهانی رکاتور معکوس UTM مدرج، است.

## زمينشناسي عمومي منطقه

مجموعه نیباز طیف گستردهای از سنگهای دگرگونی و آذرین را در بر میگیرد و در غرب ساغند و به طور دقیق ر در جنوب-غربی روستای مغستان رخنمون دارد (شکل ۲). این منطقه بخشی از پهنه ساختاری ایران مرکزی به حساب میآید [۲۲، ۳۵]. سنگهای دگرگونی ناحیهای که بخش قابل توجهی از این مجموعه را به خود اختصاص میدهند، دارای ماهیت متاپلیتی، متاگریوکی، متاپسامیتی، متاکربناته و متابازیتی هستند. ضخامت ظاهری توالی سنگی مجموعه نیباز حدود ۲۰۰۰ متر است. متاپلیتها دارای طیف سنگی متنوعی شامل میکاشیست، گارنتمیکاشیست و بیوتیت – گارنت گنیس هستند. متاکربناتها، مرمرهای آهکی و دولومیتی با بازتبلور نسبتاً

پیشرفتهای را شامل می شوند. ضخامت متاکربناتها به چند صد متر می رسد و اغلب بالاترین بخش توالی سنگی اولیه را به خود اختصاص دادهاند [۳۶] (شکل ۳). متابازیتها دارای ترکیب غالب آمفیبولیتی هستند و بر اساس شواهد صحرایی از جمله درهم آمیختگی گدازههای بازالتی با سنگهای آهکی (که اکنون به مرمر دگرگون شدهاند) (شکلهای ۳ ث و ج)، سنگ مادر سنگهای بازی دارای ماهیت گدازهای (اغلب زیرآبی)، مادر سنگهای بازی دارای ماهیت گدازهای (اغلب زیرآبی)، مقیاس بودهاند. متابازیتها در بسیاری نقاط دگرریختی و میلونیتی شدن نشان می دهند. رخسارههای دگرگونی در این مجموعهها در حد آمفیبولیت تا آمفیبولیت بالایی هستند.





شکل ۳ الف – دورنمایی از بخش شمالی مجموعه نیباز. بخش سفیدرنگ جلوی تصویر، رخنمون سنگهای گرانیتی و مناطق مرتفع بخش عقبی تصویر رخنمون گنیسها و میگماتیتها را نشان میدهد. ریختشناسی سنگهای لوکوگرانیتی مورد توجه است. جهت دید به سمت جنوب غرب است. ب و پ- دورنمایی از تناوب متابازیتها و متاکربناتها در مجموعه دگرگونی نیباز. در بخش بالایی این توالی فقط متاکربناتها (مرمرهای آهکی و دولومیتی) رخنمون دارند. به ضخامت زیاد متاکربناتها مورد توجه است. جهت دید به سمت جنوب شرق متاکربناتهای آهکی و دولومیتی) رخنمون دارند. به ضخامت زیاد متاکربناتها مورد توجه است. جهت دید به سمت جنوب شرق است. ت – تصویری از ممتاکربناتهای آهکی و دولومیتی (بخش مایل به قهوهای). ث و ج – تصاویری از درهم آمیختگی بازالتها و کربناتها که اکنون به مجموعهای از آمفیبولیت و مرمر دگرگون شدهاند. چ- دورنمایی از همبری یا مرز تماس دیوریتها و مرمرها. این مرز گسلی است و نشان میدهد که مرمرهای آهکی بر دوریتها رانده شدهاند. چ- دورنمایی از همبری یا مرز تماس دیوریتها و مرمرها. این مرز گسلی است و نشان میدهد که مرمرهای آهکی بر دوریتها رانده شدهاند. چا دورنمایی از همبری یا مرز تماس دیوریتهای قطع کننده مجموعه دگرگونی نیباز. جهت دید به سمت جنوب غرب است. تصاویر ب تا ح همه مربوط به منطقه جنوب و جنوبغربی روستای مغستان است.

دگرگونی در بالاترین درجه خود، تا حد ذوببخشی و تشكيل گرانيتهاى روشن تورماليندار دانهريز پيشرفته است. گرانیتهای برآمده از ذوببخشی به صورت تودههای کوچک و بزرگ از چند متر مربع تا چندین کیلومتر مربع رخنمون دارند. در برخی نقاط نیز فرآوردههای ذوب بخشی به صورت دایک دیده می شوند (شکل ۴). شواهد بارزی از وجود میگماتیتهای فلسی در مجموعه نیباز وجود دارد. در این مجموعه طیف گستردهای از دگرشکلی مومسان و دگرشکلی شکننده میکروسکپی تا صحرایی و بسیار بزرگ مقیاس چون میلونیتی-شدن از نوع درجه یایین تا درجه بالا دیده می شود. شواهد بارزی از ریزساختهای پری، سین و پست زمین ساخت بین یورفیروبلاستها و زمینهسنگهای دگرگونی مشاهده میشود. تعدادی توده گابرودیوریتی سنگهای دگرگونی مجموعه نیباز را قطع کردهاند (شکلهای ۳ چ و ح) که با توجه به نقشه زمین شناسی ۱۰۰۰۰۰ : ۱ ساغند [۳۷]، سن ژوراسیک میانی برای آنها درنظر گرفته شده است، البته این سن تنها بر اساس مستندات صحرایی است. مشاهدات صحرایی این یژوهش نشان میدهد که مرز تماس در محل تماس یا همبری این تودههای



گابرودیوریتی مرز تماس گسلی است (شکل ۳ چ) و در نتیجه سن نسبت داده شده به این تودههای نفوذی باید با احتیاط در نظر گرفته شود و بهتر است از روشهای سنسنجی نوین چون روش U-Pb بر زیرکن برای تغییر دقیقتر سن آنها براساس نسبتهای ایزوتوپی استفاده شود. مجموعه نیباز در بخش جنوب غربی توسط توالی رسوبی – تخریبی کرتاسه پیشین با ضخامت چند صد متر و ترکیب غالب کنگلومرایی سرشار از قلوههای سنگی گرانیتی و میانلایههای ماسهسنگی یوشیده شده است. بالاترین بخش این توالی را آهکهای به رنگ کرم – خاکستری اربیتولین دار به خود اختصاص دادهاند. این مجموعه-های دگرگونی در ارتباط با کوهزایی کادومین تشکیل شدهاند [۳۶]. گفتنی است که با توجه به تشابه توالیهای سنگی نئوپروتروزوئیک پایانی در مناطق مختلف از جمله ماجراد، دلبر، دوچاه (جنوب شرق شاهرود) [۷، ۳۸]، شمال انارک [۹]، شمالغربی رباط یشتبادام (شمال و شمال شرقی روستای چمگو [۳۹] به نظر میرسد که بخش بالایی توالی مجموعه سنگی نیباز به اشتباه به یالئوزوئیک (دونین تا یرمین) نسبت داده شده است.



**شکل ۴** الف-قطع شدگی سنگهای گنیسی میزبان توسط دایکهای گرانیتی آپلیتی در غرب مغستان (شمال مجموعه نیباز، دید به سوی جنوب). ب- کنگلومرای قاعده کرتاسه در جنوب غرب ساغند که سرشار از قلوههای سنگی میکاشیستی، گنیسی، آمفیبولیتی، مرمری، گرانیتی و گابرودیوریتی است. پ- تصویر میکروسکپی میکاشیستهای چینخورده با بافت لپیدوبلاستی بارز. ت- تصویر میکروسکپی گنیسهای بیوتیتدار سرشار از زیرکن. دگرشکلی مومسان از ویژگی بارز این سنگهاست(هورنبلند سبز:Hb، بیوتیت:Bio، زیرکن:Zr)

در نقشه زمینشناسی ساغند [۳۷]، به گرانیتهای قطع کننده مجموعه نی باز سن پس از کرتاسه نسبت داده شده است، ولى شواهد صحرايي در شمال شرقى مغستان نشان مي-دهد که همین گرانیتها توسط کنگلومرای قاعده کرتاسه پوشیده شدهاند (شکل ۵)، از این رو سن نسبت داده شده به آنها نادرست است. تعیین سنهایی که به تازگی بر این نوع از گرانیتها در غرب مغستان انجام شده است این موضوع را تأیید می کند (بخش سن سنجی را ببینید). در شکلهای ۶ و ۷، تصاویری از ویژگیهای بافتی و کانی شناسی میکاشیستها و گنیسها نشان داده شده است. میکاشیستها و گارنت-میکاشیستها، بافتهای پورفیروبلاستی و لپیدوبلاستی بارزی نشان میدهند. بیوتیت، مسکوویت و گارنت کانیهای بارز سازنده آنها هستند. آثار دگرشکلی به صورت گسترش برگوارگی و چینخوردگی در این سنگها نمایان است. گنیس-ها و گنیسهای گارنتدار بافت یورفیروبلاستی و گرانوبلاستی نشان میدهند. میلونیتی شدن و در پی آن رخداد پدیده دانهریز شدن، مرزهای دانهای دندانهدار و درهم فرورفته و خاموشی موجی از ویژگیهای بارز گنیسهاست.

پیچیدگی روابط صحرایی در سرزمینهای پیسنگی مانند مجموعه نی باز بیانگر آن است که این روابط باید در مقیاس گستردهتر و دقیقتر بررسی شوند و همچنین تا جای ممکن از روشهای صحیح سنسنجی ایزوتوپی متناسب با این سرزمین-های کهن و اغلب دگرریخت یا دگرگون شده استفاده کرد. پژوهشهایی بر سرزمینهای پیسنگی جنوب – جنوبشرق شاهرود برخی از این پیچیدگیها و مسائل را بررسی کرده و نتایج با ارزشی به دنبال داشتهاند (مراجع [۱–۳، ۵، ۷، ۸، ۱۱، ۴۰–۳۸] راببینید). پژوهشهای انجام شده پیرامون مجموعه کوه سرهنگی [۱۶] و مجموعه بردسکن [۱۰، ۱۱، ۴۱] نیز دربردارنده اطلاعات ارزشمندی هستند. کارگران بافقی و همکاران [۴۶–۴۲]؛ و یژوهشگرانی دیگر [۹، ۲۲، ۲۵، ۴۷].

نیز اطلاعات ارزشمندی در ارتباط با مجموعههای پیسنگی ايران مركزى از جمله بنهشورو، چاپدونى، خشومى، تاشك و نیباز ارائه کردهاند. گفتنی است که برخی پژوهشگران [-۴۲ ۴۶، ۴۸] در ارتباط با مجموعههای یی سنگی ایران مرکزی از جمله بنهشورو، چاپدونی، خشومی، تاشک و نیباز بررسیهای گستردهای انجام دادهاند و با توجه به تعیین سن هایی که بیشتر به روش Ar- Ar صورت گرفته است برخی رخدادهای تحمیل شده بر مجموعههای یی سنگی ایران از جمله بنهشورو و تاشک را به دگرگونیهای زمینساختی و دگرگونی نسبت دادهاند. برخی از زمانهای مهم این دگرگونیها اوایل ژوراسیک، ژوراسیک پسین، اوایل کرتاسه و ائوسن معرفی شدهاند. اگرچه از یژوهشهای انجام شده نتایج ارزشمندی به دست آمده است، ولی دگرگونیهای سنگشناسی منطقه هنوز نیازمند بررسی-های دقیق و جامع بیشتری در این زمینه است.

مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

# سنسنجى روش کار

000000



20000 7 7 70000 00000000000000



**شکل ۶** تغییرات فراوانی سنهای به دست آمده به روش U-Pb برای نمونههای سنگی مورد بررسی. سنهای بیش از ۶۰۰ میلیون سال سن هسته-های موروثی زیرکن هستند. سنهای جوان تر از ۵۰۰ میلیون سال نیز اغلب با رخداد تشکیل سنگها سازگار نیست و بازتابی از رخدادهای زمین-ساختی ماگمایی و زمینساختی دگرگونی هستند که در دورههای زمانی مختلف بر این مجموعههای پیسنگی تأثیر گذاشتهاند.



#### تجزيه و تحليل نتايج سنى سنجى

نتایج بهدست آمده از سنسنجی به روش U-Pb بر کانی زیرکن نمونههای گرانیتی و گنیسی مجموعه دگرگونی نیباز نشانگر چندین گستره زمانی (۵۸۷ تا ۱۹۳۷، ۵۷۲ تا ۵۱۳، ۵۱۲ تا ۳۹۳، ۲۲۳ تا ۱۹۲۴، ۵۴ تا ۴۲ و ۱۳ تا ۱۱ میلیون سال) است (شکلهای ۸ و ۹ راببینید). البته شواهد منطقهای و روابط صحرایی نشان میدهد که گستره زمانی ۵۷۰ تا ۵۳۰ میلیون سال سنی است که با واقعیتهای زمینشناسی منطقهای همخوانی دارد و رخدادهای صورت گرفته در آن به احتمال زیاد بخشی از دگرگونیهای کوهزایی کادومین بوده است. ولی سایر سنها میتوانند بازتابی از رخدادهای زمینساختی ماگمایی و زمین ساختی دگرگونی باشند که این مجموعههای پیسنگی در دورههای زمانی مختلف، دستخوش آنها شدهاند که از آن

جمله میتوان به دگرگونی در ژوراسیک میانی و فعالیتهای ماگمایی در ائوسن و میوسن اشاره کرد (شکل ۱۰). پیدا شدن قطعات گرانیتها و گنیسهای موجود در کنگلومرای قاعده توالی کرتاسه رخنمون یافته در جنوب غرب ساغند بیانگر این است که به احتمال زیاد سن به دست آمده مربوط به فرآیندهای بعدی است و سن واقعی سنگ باید بیشتر از مقدار به دست آمده باشد.

برخی از پژوهشگران [۲۵، ۴۲، ۴۷] نیز که در ارتباط با مجموعههای پیسنگی ایران مرکزی از جمله بنهشورو، چاپدونی، خشومی، تاشک و نیباز بررسیهای گستردهای انجام کردهاند به وجود این گونه گسترههای سنی اشاره کردهاند و برخی از آنها را به دگرگونی، دگرشکلی و فعالیتهای ماگمایی بعدی تحمیل شده بر مجموعههای پی سنگی نسبت دادهاند.



شکل۸ نمودار تغییرات سنهای K-Ar به دست آمده از ۱۳ مورد سنسنجی بر طیف گستردهای از ترکیبات سنگی مجموعههای آذرین – دگرگونی ایران مرکزی (شامل نیباز، چاپدونی، زمان آباد، اسماعیلآباد و ...). دادهها برگرفته از از نقشههای زمینشناسی ۱۰۰۰۰ : ۱ ساغند، چادرملو و رباط پشتبادام هستند. بسیاری از این مقادیر با توجه به نتایج به دست آمده از سنسنجیهای جدید به روش U-Pb بر زیرکن [۲۲]، در هالهای از ابهام قرار دارند و در مواردی نیز نادرستی آنها تأیید شده است.



شکل ۹ تغییرات فراوانی سنهای U-Pb به دست آمده از ۹۵ مورد سنسنجی (به ازای هر دانه زیرکن) بر طیف گستردهای از ترکیبات سنگی مجموعههای آذرین – دگرگونی ایران مرکزی (شامل نیباز، چاپدونی، خشومی، زمان آباد، زریگان، دوزغ (دوزخ) دره، اسکمبیلو، اسماعیلآباد، آریز و …). بیشترین فراوانی سنها در گستره سنی ۵۰۰ تا ۵۵۰ میلیون سال است. دادهها برگرفته از مرجع [۲۲] بوده و نمودار فراوانی آنها به طور یکجا یا همزمان رسم شده است. اگرچه این نتایج ارزشمند و شایان توجه است ولی با توجه به روابط صحرایی در آنها، در مورد سنهای جوان تر چون تریاس و ائوسن باید احتیاط کرد.



شکل ۱۰ تغییرات زمانی EHf (بر حسب میلیون سال) برای زیرکنهای گرانیتهای نیباز.

## نسبتهای ایزوتوپی Hf

به منظور شناخت فرآیندهای درگیر در میگماتیتیشدن و گرانیتزایی، زیرکن نمونههای منطقه نیباز برای بررسیهای ايزوتوپ هافنيوم استفاده شدند. تغييرات زماني Hf<sub>initial</sub> ( $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ ) نسبت به یک مخزن هم شکل کندریتی (CHUR) با EHf نشان داده می شود. EHf نمونه های مورد بررسی منفی و از ۲-۱/۰۲ - تا ۱۸/۸۷ - متغیّر است. مقادیر Hf بیانگر این است که نمونه در مقایسه با مخزن هم شکل کندریتی از <sup>176</sup>Hf پرتوزا تهی شده است و احتمالاً از منبعی سرچشمه گرفته که در مقایسه با کندریت از Lu/Hf پایینتری برخوردار بوده است [۴۹]. تغییرات مشابه در سنهای مدل ایزوتوپ هافنیوم برای زیرکنها نشان میدهد که زیرکنها از فرآیندهای تحلیل-بازتبلور (همراه با ذوببخشی) هستههای زیرکنهای قدیمی در یک سیستم بسته به وجود آمدهاند و یا می تواند نشان دهنده مذاب های بخشی باشند از یک خاستگاه متفاوت باشند [۵۱، ۵۱]. مقادیرمنفی EHf با سرچشمه گرفتن مذابهای گرانیتی از ذوب سنگهای پوستهای یا همان گنیسهای مجموعه نی باز در غرب ساغند (یا به عبارتی سنگهای میزبان خود) همخوانی دارد. شواهد صحرایی و زمین شیمیایی نیز این امر را تأیید میکند.

# برداشت

مجموعه آذرین – دگرگونی نیباز از جمله سرزمینهای پی-سنگی ایران است که در غرب ساغند (شمال یزد) رخنمون دارد و طیف گستردهای از سنگهای دگرگونی متاپلیتی، متابازیتی و متاکربناته را شامل میشود. شواهد بارزی از ذوببخشی، میگماتیتزایی و میلونیتزایی در برخی نقاط این مجموعه دیده میشود. سنگهایی با ترکیب گابرو تا دیوریتی نیز این مجموعه را قطع کردهاند که جایگاه چینهشناسی آنها هنوز به طور دقیق مشخص نیست.

Rb – اگرچه پیشتر تعیین سنهایی به روشهای K-Ar و – Rb و – K-Ar و Rrبر این مجموعه و سایر مجموعههای سنگی همجوار چون چاپدونی، تاشک و زمان آباد صورت گرفته و بیانگر گسترههای سنی ۲۸± ۲۲۰ تا ۵ ± ۶۵ میلیون سال است، ولی با شواهد صحرایی از جمله وجود کنگلومرای سرشار از قطعات سنگی سرچشمه گرفته از سرزمینهای پیسنگی در قاعده توالی رسوبی ژوراسیک – کرتاسه غرب ساغند تناقض نشان میدهد. در پژوهش حاضر، سنسنجی جدید به روش U-Pb بر زیرکن-

های استخراج شده از گرانیتها و گنیسها نشان دهنده چند گستره زمانی (۵۸۷ تا ۱۶۳۷، ۵۷۲ تا ۵۱۳، ۵۱۲ تا ۳۹۴، ۲۲۳ تا ۱۷۴، ۵۴ تا ۴۲ و ۱۳ تا ۱۱ میلیون سال) است. شواهد منطقهای و روابط صحرایی نشان میدهد که گستره زمانی ۵۷۰ تا ۵۳۰ میلیون سال سنی است که با واقعیتهای زمینشناسی منطقهای سازگارتر بوده و نشانگر بخشی از دگرگونیهای کوهزایی کادومین است. ولی سایر سنها میتوانند بازتابی از رخدادهای زمین ساختی ماگمایی و زمین ساختی دگرگونی باشند که این مجموعههای پیسنگی در دورههای زمانی مختلف، دستخوش آنها شدهاند که از آن جمله می توان به دگرگونی در ژوراسیک میانی و فعالیتهای ماگمایی در ائوسن و میوسن اشاره کرد. البته این نتیجه گیری هنوز نیازمند داده-های سنی بیشتر و تطبیق آنها با شواهد منطقهای و صحرایی است. با توجه به دادههای به دست آمده از اندازهگیری مقادیر ایزوتویی هافنیم، EHf نمونههای مورد بررسی دارای مقادیر منفی بوده و از ۱٬۰۲ - تا ۱۸٬۸۷ - متغیّر است. مقادیرمنفیeHf با سرچشمه گرفتن مذابهای گرانیتی از سنگهای پوستهای یا همان گنیسهای مجموعه نیباز در غرب ساغند (یا به عبارتی سنگهای میزبان خود) همخوانی دارد. شواهد صحرایی و زمین شیمیایی نیز این امر را تأیید می کند.

# مراجع

[1] Sadeghian M., "Typical geological characteristic of the Late Proterozoic-Cambrian Iranian Gondwana land, as indicators for their better recognize. In: Proceeding of the 24<sup>th</sup> Symposium of Crystallography and Mineralogy of Iran", Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, 1395, p 70-77. In Persian.

[2] Balaghi Einalou M., "Petrology and geochemistry of Delbar igneous-metamorphic complex Biarjemand (southeast of Shahrood), Ph.D. thesis, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, 1393, In Persian.

[3] Hosseini S.H., "Petrology, geochemistry and geochronology of Bande Hezar Chah granitoid of Biarjmand (southeast of Shahrood)", Ph.D. thesis, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, 1394, In Persian.

[4] Hassanzadeh J., Stockli D., Horton B., Axen G., Stockli L., Grove, M., Shmitt A., Walker D., *U-Pb zircon geochronology of late Neoprotrozoic –Early Cambrian granitoids in* 

National and the 2<sup>th</sup> International Geosciences Congress, Geological Survey of Iran, 2016.

[13] Karimpour M.H., Lang Farmer G., Stern C.R., Salati E., "U-Pb zircon geochronology and Sr-Nd isotopic characteristic of Late Neoproterozoic Bornaward granitoids (Taknar zone exotic block), Iran", Iranian journal of crystallography and mineralogy, (2011) No 1. PP: 1-18.

[14] Karimpour M. H., Rahimi B., Zirjanizadeh S., Salati A., "*Petrology of intrusive bodies of Taknar mine area, Bardaskan (Kashmar)*", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, 1389, vol. 18, No.1, p. 67-78. In Persian

[15] Malekzadeh Shafaroodi A., Karimpour M. H., Mazaheri S. h., "Geology, mineralization and chemistry of Tak I, Taknar polymetal massive sulfide (Cu-Zn-Au-Ag-Pb) deposit, Khorasan, Bardaskan", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, 1383/2004, vol. 12, No.2, p1-12. In Persian.

[16] Rossetti F., Nozaem R., Lucci F., Vignaroli G., Gerdes A., Nasrabadi, M., Theye T., *"Tectonic setting and geochronology of the Cadomian (Ediacaran-Cambrian) magmatism in Central Iran, Kuh-e-Sarhangi region (NW Lut Block)",* Journal of Asian Earth Sciences, (2015) v. 102, p.24-44. Doi: 10.1016/jseaes2014.07.034.

[17] Sahandi M. R., "Geological Quadrangle Map of Ghasem Abad 1:100000. Geological Survey of Iran" (2002) Tehran.

[18] Mosavinejad Sough S., Nasrabadi M., Nouzaeim R., Davoudi Z., "Geothermobarometry and geological setting of metamorphic basement of Central Iran, Lakh Barghshi area (southwest of Khorasan Razavi)", Journal of Petrology, 1395, vol. 7, No. 26, p. 171-186. In Persian.

[19] Gramont X.B., Guillou Y., "*Geologicalmap* of Kariznow", Geological Survey of Iran, (1979) Scale 1:100,000.

[20] Homam M., "Petrology and geochemistry of Proterozoic hornblendegabbros from southeast Fariman (Khorasan Razavi province)", Journal of Economic Geology, 1394, vol. 7, No. 1, p. 91-110. In Persian.

[21] Razavi S.M.H., Moein Vaziri H., "Petrography and petrology of metamorphic rocks of Khoshmi and Nybaz", In: Proceeding of geology conference, 1371, Tarbiat Moallem University. In Persian.

[22] Ramezani J., Tucker R.D., "The Saghand Region, Central Iran: U–Pb geochronology petrogenesis and implications for Gondwana Iran: Implications for paleogeography, magmatism, and exhumation history of Iranian basement, Tectonophysics, (2008) 451: 71-96.

[5] Shafaii Moghadam H., Khademi M., Hu H., Stern R.J., Santos J.F., Wu Y., "Cadomian (Ediacaran Cambrian) arc magmatismin the ChahJam–Biarjmand Metamorphic Complex (Iran): magmatism along the northern active margin of Gondwana", Gondwana Research., (2015) v. 27, no. 1, p.439-452.

[6] Rahmati-Ilkhchi M., Faryad S. W., Holub F.V., Ko`sler J., Frank W., "Magmatic and metamorphic evolution of the Shotur Kuh metamorphic complex (centralIran)", Int. J. Earth. Sci. 100: 45–62. doi :10.1007/s00531-009-0499-0.

[7] Balaghi Z., Sadeghian M., Ghasemi H., Zhai M.G., Mohajjel M., "Zircon U–Pb ages, Hf isotopes and geochemistry of the schists, gneisses and granites in Delbar Metamorphic-Igneous Complex, SE Shahrood (Iran): implications for Neoproterozoic geodynamic evolutions of central Iran", J. Asian Earth Sci., (2014) 06.011. 10.1016/j.jseaes.

[8] Hosseini S. H., Sadeghian M., Zhai M., Ghasemi H., "Petrology, geochemistry and zircon U–Pb dating of Band-e-Hezarchah metabasites (NE Iran): An evidence for back-arc magmatism along the northern active margin of Gondwana", Chemie der Erde 75, (2015) 207–218.

[9] Bagheri S., Stampfli G.M., "The Anarak, Jandaq and Posht-e-Badam metamorphic complexes in central Iran: New geological data, relationships and tectonic implications", Tectonophysics. (2008) 451: 123–155. 10.1016/j.tecto.2007.11.047.

[10] Monazzami Bagherzadeh R., Karimpour M. H., Lang Farmer G., Stern C.R., Santos J.F., Rahimi B., Heidarian F Shahri M. R., "U–Pb zircon geochronology, petrochemical and Sr–Nd isotopic characteristic of Late Neoproterozoic granitoid of the Bornaward Complex (Bardaskan-NE Iran)", Journal of Asian Earth Sciences. (2015) 111: 54–71.

[11] Shafaii Moghadam H., Li X.H., Santos J.F., Stern R.J., Griffin W., Ghorbani Gh., Sarebani N., *"Neoproterozoic magmatic flare-up along the N. margin of Gondwana: The Taknar complex, NE Iran"*, Earth and Planetary Science Letters (2017) 474, p.83-96.

[12] Sarebani N., Ghorbani Gh., Shafaii Moghadam H., "Zircon U-Pb dating of plutonic rocks of Taknar zone, northeast of Iran", 34<sup>th</sup> Applied Geological Congress, Department of Geology, Islamic Azad University - Mashhad Branch, Iran, (2010) 26-28.

[32] Saki A., "Proto-Tethyan remnants in northwest Iran: geochemistry of the gneisses and metapelitic rocks", Gondwana Res. (2010) 17: 704–714.

[33] Haghipour A., Bolourchi M., Houshmandzadeh A., Sabzehei M., Stöcklin J., Hubber H., Sluiter W., Aghanabati A., *"Exploration Text of the Ardekan Quderangle map"*, Geological Survey of Iran. (1977) (Tehran, Iran, 88 pp.

[34] Horton B.K., Hassanzadeh J., Stockli D.F., Axen G.J., Gillis R.J., Guest B., Amini A., Fakhari M.D., Zamanzadeh S.M., Grove M., "Detrital zircon provenance of Neoproterozoic to Cenozoic deposits in Iran: *Implications* for chronostratigraphy and collisional tectonics", Tectonophysics, 2008. 451: 97-122. doi:10.1016/j.tecto.2007.11.063.

[35] Haghipour A., "*The evolution of geological events of Central Iran*", Geological Survey and Mineral Exploration of Iran, 1968. In Persian.

[36] Asadi S.A.A., "Geochemistry and geochronology of the igneous-metamorphic Neybaz complex in the Central Iran", M.Sc. teses, School of Earth Sciences, Damghan University, Damghan, Iran, 1396, In Persian.

[37] Babakhani A.R., Majidi J., "Geological map of Saghand, 1:100000 scale", Geological Survey and Mineral Exploration of Iran, 1374.

[38] Shekari S., Sadeghian M., Zhai M., Ghasemi H.A., *"The first report of gabbrodiorites dating of Shotorkuh igneous-metamorphic complex (southeast of Shahrood)"*, In: Proceeding of the 24<sup>th</sup> Symposium of Crystallography and Mineralogy of Iran, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, 1395. In Persian.

[39] Haghipour A., Pelissier G., "*Geology of the Saghand Sector*", In: Haghipour, A., Valeh, N., Pelissier, G., Davoudzadeh, M. (Eds.), Explanatory Text of the Ardekan Quadrangle Map: Geological Survey of Iran, H8, (1977), pp. 10–68.

[40] Vase karami M., Sadeghian M., Shekari S., "Geochronology of late Proterozoic granitoids of north Aghol kando (south of Dochah, southeast of Shahrood)", In: Proceeding of the 24<sup>th</sup> Symposium of Crystallography and Mineralogy of Iran, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, 1395, p.392-398. In Persian. *Tectonics*", American Journal of Science, (2003) 303: 622-665.

[23] Asadi S.A.A., Ghorbani Gh., Shafaii Moghadam H., "Geochronology of the Late Proterozoic granitic and gneissic of the Neybaz complex by U-Pb method on zircon, a strategy to better understanding Cadomian orogenic", In: 24<sup>th</sup> Proceeding of the Symposium of Crystallography and Mineralogy of Iran, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, 1395, p 70-77.

[24] Karagaranbafghi F., Foeken J.P.T., Guest B., Stuart F.M., "Cooling history of the Chapedony metamorphic core complex, Central Iran: implications for the Eurasia–Arabia collision", Tectonophysics, (2012) 524–525, 100–107.

[25] Masoodi M., Yassaghi A., Nogole Sadat M.A.A., Neubauer F., Bernroider M., Friedl G., Genser J., Houshmandzadeh A., "Cimmerian evolution of the Central Iranian basement: Evidence from metamorphic units of the Kashmar–Kerman Tectonic Zone", Tectonophysics 588, (2013) 189–208.

[26] Darvishzadeh A., Aleh Taha B., "Magmatism and tectonomagmatism of Late Precambrian in Central Iran", Journal of Sciences of Tehran University, vol. 22, No. 1, 1375.

[27] Ahlesada S.M., Ghorbani Gh., Shafaii Moghadam H., "Geochemistry of Akbar Abad igneous rocks, E Zarand", 8<sup>th</sup> Symposium Iranian Society of Economic geology, 1395, Zanjan University, Zanjan.

[28] Alavi Naeini M., "Geological map of lakar Kuh, 1:250000 scale", Geological Survey and Mineral Exploration of Iran, 1360.

[29] Shafaii Moghadam H., Li H. X., Stern R. J., Ghorbani Gh., Bakhshizad F., "Zircon U–Pb ages and Hf–O isotopic composition of migmatites from the Zanjan – Takab complex, NW Iran: Constraints on partial melting of metasediments", Lithos (2016) (240–243): 34–48.

[30] Jamshidi Badr M., Collins A.S., Masoudi F., Cox G., Mohajjel M., "The U–Pb age, geochemistry and tectonic significance of granitoids in the Soursat Complex", Northwest Iran. Turkish Journal of Earth Sciences (2013) 22,1–31.

[31] Jamshidi Badr M., Collins A., Masoudi Fariborz S., "The age of metasedimentary rocks and their regional metamorphism in the Soursat Complex, NW IRAN: U-Pb dating of zircon and monazite, using LA.ICP-MS", The 1<sup>st</sup> International

of a metamorphic core complex and subsequent formation of the Iranian plateau", GSA Today 25 (7), (2015) 4–8.

[47] Verdel C., Wernicke B.P., Ramezani J., Hassanzadeh J., Renne P.R., Spell T.L., "Geology and thermochronology of Tertiary Cordilleranstyle metamorphic core complexes in the Saghand region of central Iran", Geological Society of America Bulletin 119, (2007) (7 - 8): 961 – 977. 10.1130/B26102.1.

[48] Yassaghi A., Masoodi M., "A Metamorphic Core Complex model for the host of Uranium mineralization in the Khoshoumi Mountain, Central Iran", Resource Geology 61 (3), (2011) 259–269.

[49] Faure G., Mensing T. M., "Isotopes: Principles and Applications", John Wiley and Sons, New Jersey (2005).

[50] Wu F.Y., Li X.H., Zheng Y.F., Gao S., "*Lu–Hf isotopic systematics and their applications in petrology*", Acta Petrologica Sinica 23 (2), (2007a) 185–220.

[51] Liu Q., Wu Y.B., Wang H., Gao S., Qin Z.W., Liu X.C., Yang S.H., Gong H.J., "Zircon U–Pb ages and Hf isotope compositions of migmatites from the North Qinling terrane and their geological implications", Journal of Metamorphic Geology (2014) 32 (2), 177–193. [41] Karimpour M.H., Lang Farmer G., Stern C.R., Salati E., "U-Pb Zircon geochronology and Sr-Nd isotopic characteristic of late Neoproterozoic Bornaward granitoids (Taknar zone exotic block)", Iran. Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, 1390/2011, vol. 19, No.1, p. 1-18.

[42] Kargaranbafghi F., Neubauer F., Genser J., Faghih A., Kusky T., "Mesozoic to Eocene ductile deformation of western Central Iran: from Cimmerian collisional orogeny to Eocene exhumation", Tectonophysics, 564–565, (2012) 83–100.

[43] Kargaranbafghi F., Neubauer F., Genser J., Houshmandzadeh A., "*The Eocene Chapedony metamorphic core complex in Central Iran: preliminary structural results*", Geophysical Research Abstracts 8, (2006) (EGU06-A-05008).

[44] Kargaranbafghi F., Neubauer F., Genser J., Houshmandzadeh A., "40Ar/39Ar constraints on the tectonothermal evolution of the Chapedony metamorphic core complex, Central Iran". Geophysical Research Abstracts 9, (2007) (EGU07-A-07387).

[45] Kargaranbafghi, F., Neubauer, F., Genser, J., "The Mesozoic–Cenozoic tectonic evolution of western Central Iran seen through detrital white mica", Geophysical Research Abstracts 11, (2009) (EGU 09-A-7969).

[46] Kargaranbafghi F., Neubauer F., "Lithospheric thinning associated with formation