



هفدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران

و اولین نشست تخصصی بین المللی کوهزاد زاگرس

**17th Symposium of
Geological Society of Iran
& The First International Congress of Zagros Orogen**



تاریخ برگزاری همایش
۷ تا ۹ آبان ماه ۱۳۹۲

مجموعه مقالات

هفدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران



مکان

تهران، دانشگاه شهید بهشتی

حامیان همایش



کتابچه ۱۳:

کوهزاد زاگرس

دبیرخانه: ایران، تهران، اوین درکه، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، طبقه همکف، کد پستی ۱۹۸۳۹۶۳۱۱۳

تلفن: ۰۲۱-۲۹۹۰۲۶۲۹



هفدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران (۷ تا ۹ آبان ماه ۱۳۹۲)





پیشگفتار

باتوجه به افزایش جمعیت کره زمین چالش اصلی انسان در قرن حاضر تأمین مواد مورد نیاز برای این جمعیت رو به افزایش است. ازسوی دیگر، باپیشرفت علم تقاضای زندگی با استاندارد بالا نیز وجود دارد، وتعامل انسان با زمین روز به روز بیشتر می شود. از این رو تأمین آب، مواد غذایی و مواد معدنی بیش از گذشته اهمیت یافته است. تبادل اطلاعات نقش مهمی در استفاده از داده ها و یافته های علوم زمین در رفع نیازها دارد. انجمن زمین شناسی ایران، هرساله بشری را بوجود می آورد که اندیشمندان علوم زمین بتوانند یافته های خود را ارائه و با یکدیگر تبادل نظر نمایند. برگزاری هفدهمین همایش انجمن زمین شناسی در ۷ تا ۹ آبان ماه ۱۳۹۲ در دانشگاه شهیدبهشتی برنامه های تازه ای را به سال های پیشین افزود. در این همایش علاوه بر ارائه بیش از ۵۰۰ مقاله علمی برای اولین بار بطور تخصصی به یک موضوع زمین شناسی از ابعاد مختلف و در سطح بین المللی پرداخته شد. در برنامه دستاوردهای مرتبط با کوهزاد زاگرس از جنبه های متفاوت توسط اساتید مدعو داخلی و خارجی بحث شد. با توجه به اهمیت توسعه ی علوم از سطح مدارس و پیش از دانشگاه، نشست تخصصی نیز برای همکاران شاغل در آموزش و پرورش اختصاص داده شد. امید است با حمایت و حضور بیشتر بخش صنعت در برگزاری همایش های علوم زمین، بتوان علاوه بر توسعه ی ارتباط صنعت با جامعه ی علمی کشور، محققان بتوانند با آشنایی بیشتر در رفع موانع توسعه ی صنعت از گذشته در تولید علوم کاربردی پیشرو باشند.

دکترسروش مدبری، رئیس انجمن زمین شناسی ایران

دکترمحمدیزدی، دبیر هفدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران



برگزارکنندگان:

- انجمن زمین شناسی ایران
- میزبان: دانشگاه شهید بهشتی

حمایت کنندگان از همایش:

- دانشگاه ارومیه
- انجمن بلورشناسی و کانی شناسی
- موزه ی تاریخ طبیعی دارآباد
- جهاد دانشگاهی شهید بهشتی
- پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی
- سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران
- اتحادیه طلا و جواهر
- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران
- مرکز پژوهش، توسعه فناوری و صنایع نوین
- مرکز پژوهشی زمین شناسی پارس (آرین زمین)
- سازمان نظام مهندسی معدن
- بنیاد علمی دکتر میرمحمدی
- شرکت ملی نفت

کمیته اجرایی هفدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران

نام و نام خانوادگی	عنوان
دکتر محمد یزدی	دبیر همایش
دکتر فریبرز مسعودی	دبیر اجرایی
دکتر سروش مدبری	رئیس انجمن و دبیر علمی
دکتر فرشاد علیجانی	جانشین دبیر علمی
دکتر مهرداد بهزادی	رئیس کمیته داوران
جناب آقای هوشیار کولیوند	مسئول کمیته اجرایی
آقای دکتر خلیل الهیاری	مسئول نشست کوهزاد زاگرس
سرکار خانم مهندس موسوی	مسئول نشست سنگ های قیمتی
دکتر انوشیروان کنی	امور بین الملل
دکتر منصور قربانی	مسئول بازدیدهای علمی
دکتر محسن احتشامی	مسئول ارتباط با صنعت و حامیان همایش
مهندس علی اصغر لشگری	برنامه ریزی و هماهنگی
سرکارخانم مهندس عطارد	مسئول دبیرخانه
سرکار خانم مهندس شریفی	نماینده انجمن زمین شناسی

اعضای داوران سرگروه بخش های مختلف

بخش	داور سرگروه
دبیر داوری مقالات همایش	دکترمهرداد بهزادی
آب شناسی	دکتر حمیدرضا ناصری
رسوب شناسی	دکتر محبوبه حسینی برزی
زمین فیزیک و لرزه زمین ساخت	دکتر محمدعلی ریاحی
چینه شناسی، دیرینه شناسی	دکتر جهانبخش دانشیان
زمین شناسی اقتصادی و زمین شیمی	دکتر مجید قادری
سنگ شناسی و کانی شناسی	دکتر جلیل قلمقاش
زمین شناسی ساختاری و زمین ساخت	دکتر محمدرضا قاسمی
زمین شناسی نفت و منابع انرژی	دکتر وحید توکلی
زمین شناسی مهندسی	دکتر ماشالله خامه چیان و دکتر سیدسراجی
زمین شناسی زیست محیطی	دکتر سروش مدبری
زمین ریخت شناسی و زمین شناسی کواترنری	دکتر محمدرضا ثروتی
سنجش از دور زمین شناختی و سیستم اطلاعات جغرافیایی	دکتر علیرضا شکبیا
افق های نو در زمین شناسی	دکتر سروش مدبری



هفدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران (۷ تا ۹ آبان ماه ۱۳۹۲)



1st International Congress on “Zagros Orogen” in 17th Symposium of Geological Society of Iran

Tuesday Oct. 29, 2013

Chair

Dr Fernando Corfu (Norway)

Dr Michele Lustrino (Italy)

Dr Samuele Agostini (Italy)

Dr Francesco Clombi (Italy)

Dr Ezzat Raeisi (Iran)

Dr Mohamad Mohajjel (Iran)

Dr Soroush Modaberi (Iran)

Dr Anoushirvan Kani (Iran)



اعضای کمیته علمی و داوران

آب شناسی	رسوب شناسی	زمین فیزیک و لرزه زمین ساخت
جناب آقای دکتر حمیدرضا ناصری جناب آقای دکتر عزت الله ریسی جناب آقای دکتر منوچهر چیت سازان جناب آقای مهندس فریدون سلطانی جناب آقای دکتر غلام عباس کاظمی جناب آقای دکتر حاجی کریمی جناب آقای دکتر جواد اشجاری جناب آقای دکتر نوذر سامانی جناب آقای دکتر محمد زارع جناب آقای دکتر فرشاد علیجانی	سرکار خانم دکتر محبوبه حسینی برزی جناب آقای دکتر نصرالله عباسی جناب آقای دکتر عبدالحسین امینی جناب آقای دکتر اسد الله محبوبی جناب آقای دکتر سعید خدابخش جناب آقای دکتر سید رضا موسوی حرمی جناب آقای دکتر حسین رحیم پوربناب جناب آقای دکتر میرضا موسوی سرکار خانم دکتر راضیه لک جناب آقای دکتر خلیل رضایی	جناب آقای دکتر محمدعلی ریاحی جناب آقای دکتر بهرام عکاشه جناب آقای دکتر کامکار روحانی جناب آقای دکتر عباس مهدویان جناب آقای دکتر محمد مختاری جناب آقای دکتر محمدرضا قیطان چی جناب آقای دکتر امین روشندل جناب آقای دکتر احمد سدید خوی جناب آقای دکتر مهرداد بهزادی
		هیئت ریسه
		جناب آقای دکتر رضا علیپور جناب آقای دکتر محسن احتشامی جناب آقای دکتر رضا نوزعیم جناب آقای دکتر محمدرضا قاسمی جناب آقای دکتر اصغر دولتی جناب آقای دکتر علی یساقی
هیئت ریسه	هیئت ریسه	
جناب آقای دکتر عزت الله ریسی جناب آقای دکتر جواد اشجاری جناب آقای دکتر مهدی زارعی جناب آقای دکتر فرشاد علیجانی	جناب آقای دکتر میرضا موسوی سرکار خانم دکتر الهام اسدی جناب آقای دکتر پدرام ناوی جناب آقای دکتر خلیل رضایی	



سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی	زمین‌شناسی اقتصادی و زمین‌شیمی	چینه‌شناسی، دیرینه‌شناسی
جناب آقای دکتر فریبرز مسعودی	جناب آقای دکتر مهرداد بهزادی	جناب آقای دکتر مسیح افقه
جناب آقای دکتر خلیل اللهیاری	جناب آقای دکتر صمد علی پور	جناب آقای دکتر محمدصادق دهقانیان
جناب آقای دکتر منصور قربانی	جناب آقای دکتر محمد یزدی	جناب آقای دکتر ابراهیم قاسمی نژاد
جناب آقای دکتر علی محمدیان	جناب آقای دکتر پیمان افضل	جناب آقای دکتر وزیر
جناب آقای دکتر احمد جهانگیری	جناب آقای دکتر مجید قادری	جناب آقای دکتر سید حسین هاشمی
سرکار خانم دکتر محبوبه جمشیدی بدر	جناب آقای دکتر فرهاد پیرمحمدی	جناب آقای دکتر سید محمود حسینی نژاد
جناب آقای دکتر سید احمد مظاهری	جناب آقای دکتر بهزاد تخم چی	جناب آقای دکتر ایرج مغفوری مقدم
جناب آقای دکتر حسن میرنژاد	جناب آقای دکتر کمال الدین بازرگانی گیلانی	سرکار خانم دکتر فاطمه واعظ جوادی
جناب آقای دکتر محمد محجل	جناب آقای دکتر محمدحسن کریم پور	جناب آقای دکتر انوشیروان لطفعلی کنی
جناب آقای دکتر محمد لطفی	جناب آقای دکتر محمد معانی جو	جناب آقای دکتر بهرام نجفیان
جناب آقای دکتر محمدی (آشتیان)	جناب آقای دکتر یوسفی	جناب آقای دکتر محمد رضا کبریایی زاده
جناب آقای دکتر جلیل قلمقاش	جناب آقای دکتر بهزاد مهربابی	جناب آقای دکتر محمد مهدی حسین زاده
جناب آقای دکتر علی اصغر سپاهی	جناب آقای دکتر اسدزاده	جناب آقای دکتر سید ناصر رئیس السادات
جناب آقای دکتر محمد حسین زرین کوب	جناب آقای دکتر ابراهیم راستاد	جناب آقای دکتر محمد وحیدی نیا
جناب آقای دکتر علی اکبر بهاری فر	جناب آقای دکتر نیما نظافتی	سرکار خانم دکتر مریم ناز بهرام منشی
جناب آقای دکتر محمد رضا قربانی	جناب آقای دکتر شفيعی	جناب آقای دکتر حسین مصدق
سرکار خانم دکتر معصومه فیروزی	جناب آقای دکتر جواد مقدسی	جناب آقای دکتر جهانبخش دانشیان
جناب آقای دکتر حسین معین وزیری	جناب آقای دکتر محمود مهرپرتو	
	سرکار خانم آزاده ملک زاده سفارودی	هیئت ریسه
	جناب آقای دکتر سید محمد پورمعافی	جناب آقای دکتر انوشیروان لطفعلی کنی
هیئت ریسه	جناب آقای دکتر بهزاد حاج علیلو	جناب آقای دکتر بهرام نجفیان
جناب آقای دکتر محمد رضا قربانی		جناب آقای دکتر حسین مصدق
جناب آقای دکتر جلیل قلمقاش	هیئت ریسه	جناب آقای دکتر جهانبخش دانشیان
جناب آقای دکتر مرتضی دلاوری	جناب آقای دکتر مهرداد بهزادی	جناب آقای دکتر ایرج مغفوری مقدم
جناب آقای دکتر حسین معین وزیری	جناب آقای دکتر غلامرضا شعبانپان	جناب آقای دکتر سید حسین هاشمی



زمین شناسی زیست محیطی	زمین شناسی مهندسی	زمین شناسی نفت و منابع انرژی
جناب آقای دکتر سروش مدبری	جناب آقای دکتر میرحسن سیدسراجی	جناب آقای دکتر وحید توکلی
جناب آقای دکتر فرید مر	جناب آقای دکتر محمدحسین قبادی	جناب آقای دکتر آسایی
سرکار خانم دکتر صدیقه بطالبویی	جناب آقای دکتر سید محمود فاطمی عقدا	جناب آقای دکتر علی چهارزی
جناب آقای دکتر کاظم نصرتی	جناب آقای دکتر غلامرضا لشکری پور	جناب آقای دکتر اشراقی
جناب آقای دکتر حمیدرضا ناصری	جناب آقای دکتر رمضان رضانی	جناب آقای دکتر خوشبخت
جناب آقای دکتر فرشاد علیجانی	جناب آقای دکتر حمیدرضا ناصری	جناب آقای دکتر حسن پور
جناب آقای مهندس کمال خدایی	جناب آقای دکتر ماشالله خامه چیان	جناب آقای دکتر محمدرضا کمالی
جناب آقای دکتر نعمت الله خراسانی پور	جناب آقای دکتر محمدرضا آصف	جناب آقای دکتر همایون مطیعی
سرکار خانم دکتر فاطمه راست منش	جناب آقای دکتر علی ارومیه ای	جناب آقای دکتر نادری
جناب آقای دکتر عطا شاکری		جناب آقای دکتر احمدرضا ربانی
جناب آقای دکتر ناصر حافظی مقدس		جناب آقای دکتر مهرجینی
		جناب آقای دکتر علی صیرفیان
		جناب آقای دکتر علی شکاری فرد
	هیئت رئیسه	جناب آقای دکتر سیروس زینلی
	جناب آقای دکتر ماشالله خامه چیان	جناب آقای دکتر علی کدخدایی
	جناب آقای دکتر محمدرضا آصف	
هیئت رئیسه	جناب آقای دکتر علی ارومیه ای	هیئت رئیسه
جناب آقای دکتر بهرام نجفیان	جناب آقای دکتر غلامرضا شعاعی	جناب آقای دکتر وحید توکلی
جناب آقای دکتر هومان لیاقتی		



زمین‌ریخت‌شناسی و زمین‌شناسی کواترنری	سنجش از دور زمین‌شناختی و سیستم اطلاعات جغرافیایی	افق‌های نو در زمین‌شناسی
جناب آقای دکتر محمدرضا ثروتی جناب آقای دکتر کاظم نصرتی جناب آقای دکتر محمدمهدی حسین زاده جناب آقای دکتر محمدحسین رامشت جناب آقای دکتر شهرام روستایی جناب آقای دکتر سعید خدابخش	جناب آقای دکتر علیرضا شکبیا جناب آقای دکتر محمدجواد ولدانزوج سرکار خانم مهندس زهره استادهاشمی جناب آقای دکتر محمدرضا مباشری سرکار خانم مهندس لیلا میرزایی	جناب آقای دکتر سروش مدبری جناب آقای دکتر علیرضا امری کاظمی سرکار خانم دکتر کیمیا عجایی هیئت ریسه جناب آقای دکتر علیرضا امری کاظمی سرکار خانم دکتر کیمیا عجایی
هیئت ریسه جناب آقای دکتر محمدرضا ثروتی سرکار خانم دکتر منیژه قهرودی جناب آقای دکتر محمدمهدی حسین زاده	هیئت ریسه جناب آقای دکتر علیرضا شکبیا جناب آقای دکتر قاسم خسروی جناب آقای دکتر ابراهیم مقیمی	آموزش زمین‌شناسی جناب آقای دکتر سروش مدبری سرکار خانم مهندس مریم عابدینی

تهیه کننده مجموعه مقالات:	همکاران دبیرخانه	همکاران دبیرخانه
فرشاد علیجانی	رویا موسی زاده	نیلوفر باباآدم
مائده سادات طاهری شمیرانی نژاد	مینا مالکی	دنیا عطار
زهرا غلامی چهارشاهی	نسرین والا مقام	نیلوفر نایبی
میترا ابراهیمیان	رامین رسولی	سهیلا دلالی اصفهانی
	رضا جهانبخشی	عاطفه رسولی
	مهسا شامیر	مهسا احمدی
	فاطمه شیرخانلو	تینا فرجیان
	ریحانه لطفی	نگار سلحشور
	علی سعیدی	نسیم پیله ور
	محمد یاریاوری	سید محمد حسین موسوی
	پریسا ماله میر	مسعود اویسی
	یاسمن غفاری	محدثه اوحدی حائری
	عبدالحکیم لاوال	رقیه دوروزی
		مریم السادات حاجی میری



فهرست مطالب

شماره صفحه	عنوان مقاله
	The role of precise U-Pb geochronology in deciphering the evolution of orogens.....1
	The effects of the Zagros Simply Folded Belt on the characteristics of karst aquifers.....2
	Jurassic to Cenozoic tectonics of the Zagros Orogen in northwestern Iran.....4
	Zagros orogeny and the nature of derivative granitoids in central segment of Sanandaj-Sirjan zone5
	Metasomatic alteration associated with regional metamorphism in the Almbulage Complex, NW IRAN7
	Innovative applications of electric pulse disaggregation and hydro-separation techniques in the exploration of platinum group elements in the Zagros ophiolites9
	مطالعه قاعده سازند پابده بر مبنای نانو فسیلهای آهنی در فرو افتادگی دزفول، زاگرس.....۱۹
	Geochemical pattern of Pb-Zn mineralization in central part of Sanandaj-Sirjan Zone of Zagros Orogen and verifying new promising target area26
	Different styles of volcanism across the Zagros-Bitlis suture zone.....28
	Scientific delirium vs. scientific dogma in basalt petrogenesis30

The role of precise U-Pb geochronology in deciphering the evolution of orogens

Fernando Corfu

University of Oslo, Department of Geosciences and CEED, Oslo, NORWAY

Orogenic belts such as Zagros evolve through a number of stages involving subduction, with development of ophiolites and magmatic arcs, followed by processes related to collision and in part delamination, which result in the build-up of magmatic complexes. The study of these evolutionary stages commences with mapping and basic geological analyses. On that basis geochronological work can then be employed to advance our knowledge. Important goals of geochronology include defining the exact timing of specific tectono-magmatic events, and rates of magmatic and tectonic processes. Zircon is the prime mineral commonly employed for dating a wide variety of rocks with the U-Pb method, thanks to its ubiquity, the fact that it incorporates U but no Pb at the time of formation, and the robustness of the mineral. The latter can have the benefit of preserving a record of multiple stages of zircon growth relevant for the history of a rock, but this can also complicate the analytical task when different growth phases cannot be easily separated. Microbeam techniques provide a useful approach by allowing one to target specific domains of zircon 50 to 10 micron across, but they are handicapped by the lower precision achievable. The alternative is ID-TIMS geochronology, which counterbalances the lower spatial resolution with a superior analytical precision and temporal resolution. Besides zircon, minerals such as titanite and monazite provide useful temporal information. In the recent decade there have been some important advances in the treatment of zircon for analysis, especially the chemical abrasion method of Mattinson, which now accompanies the air abrasion of Krogh and makes it possible to greatly minimize the effects of Pb loss in zircon. Additional progress has been achieved in modern ID-TIMS through the intercalibration of tracer solutions among major laboratories, the general reduction of the blank to sub-picogram levels, and advances in instrumentation, which make it possible to analyze small amounts of Pb. A typical application of modern ID-TIMS is in establishing the detailed chronology of magmatic systems, such as large batholiths emplaced piecemeal over period of 100 ky to 10 my. Such information can then be paired with petrological and other isotopic constraints to understand the processes of generation and emplacement of the magmas. Another important area of application is in evaluating the evolution of metamorphic complexes, both high-pressure and high-temperature types. In such situations zircon can be very complex and a resolution of the timing of specific events can greatly benefit from the use of other geochronometers. Evolution of an orogen is automatically connected to processes of refinement and concentration of metals, which build economic mineral deposits. Depending on the type of deposit, dating can contribute knowledge by constraining the age of deposition of the ore, indirectly by dating host-lithologies and cross-cutting intrusions, and directly by dating minerals (such as rutile), which are part of the ore-paragenesis.

The effects of the Zagros Simply Folded Belt on the characteristics of karst aquifers

Ezzat Raeisi
Shiraz University, Shiraz, Iran

The Zagros orogenic belt is divided into the Simply Folded Belt (ZSFB), the Fold-and Thrust-Belt, the Zagros Thrust System and the Sanandaj-Sirjan Metamorphic Belt. The ZSFB is characterized by the repetition of long and regular anticlinal and synclinal folds. The anticlines are normally mountain ridges, mostly consist of limestone, and the synclines are valleys and plains. The karstic rocks are composed of limestone, dolomite, anhydrite and halite. The main carbonate aquifers are in the Asmari-Jahrum, Tarbur, Sarvak, Daryian, Fahliyan, Surmeh, Dalan and Kangan Formations in south-central part of Iran, forming broad highlands. The karstic carbonate aquifers overlay and underlay the impermeable formations. Only the top of the anticlines are bare, therefore exposing the carbonate formations. The types of karstic aquifers are shallow depth unconfined and confined, and oil or gas-capped deep confined. The characteristics of these aquifers are not unique. The exposed anticlines consist of only one main aquifer, two aquifers on each limb, or several sub-aquifers (Ashjari and Raeisi, 2006; Raeisi, 2008). The general flow directions are parallel to the strikes toward one or both plunges of anticlines, from one limb to the other, or toward adjacent aquifers. The general flow route may be less than one to tens of kilometers. The variability in geometry and number of aquifers, discharging points and general flow direction is dependent on the characteristics of the ZSFB, such as its lithological settings, folding, faulting, topography, rate of uplift, fault brecciated rocks, outcrop of the impermeable formations in the core of the anticline, superimposed river and local base of erosion.

About 130 salt diapirs emerged in southern Iran. The salt diapirs are poor aquifers with springs of very low discharge (Zarei and Raeisi, 2010). Large caves and conduits are developed in some of the salt diapirs, mainly transferring floodwaters. The geological settings of the salt diapir regions are one of the main reasons for deteriorating the quality of the adjacent fresh-water karst and alluvium aquifers. The Gachsaran Formation of the ZSFB consists of alternating units of anhydrite, marl and/or halite. These lithological settings create small

independent sub-aquifers, directing the water flow parallel to the strike, except under specific conditions (Raeisi, et al., 2013). High-pressure oil or gas-capped deep confined aquifers are trapped at the crest of some of the ZSFB anticlines. These types of aquifers were developed under special structural settings and have special characteristics in comparison to the shallow confined aquifers (Nadri, et al., 2013). The source of the brine is evaporated sea-water (Bagheri, et al., 2013). It can be concluded that the stratigraphy and structural settings are the main parameters, controlling characteristics of the ZSFB aquifers. Detailed knowledge of the ZSFB geological settings is the main key element to optimum usage and protection of the karstic water resources.

References

1. Ashjari, J. and Raeisi, E. 2006. Influences of Anticlinal structures on regional flow, Zagros, Iran.. *Journal of Caves and Karst Studies*. Vol. 68, No. 3, pp. 118-127.
2. Bagheri, R. Nadri, A. Raeisi, E. Shariati, A. and Mirbagheri, M and Bahadori, F. 2013. Chemical evolution of a gas-capped deep aquifer, Southwest of Iran. *Environmental Earth sciences*. DOI: 10.1007/s12665-013-2705-4 (Published on line, in press).
3. Nadri A, Bagheri R., Raeisi, E. Ayatollahi S. S. and Bolandparvaz-Jahromi, K. 2013. Hydrodynamic Behavior of Kangan Gas-Capped Deep Confined Aquifer in Iran. DOI 10.1007/s12665-013-2596-4 (published on line, in press)).
4. Raeisi, E. 2008. Groundwater Storage Calculation in Karst Aquifers with Alluvium or no-flow boundaries, *Journal of Cave and Karst Studies*, Vol. 70, No. 1, pp. 62-70
5. Raeisi, E. Zare, M and Aghdam, J. A. 2013. Hydrogeology of gypsum formations in Iran, *Journal of Cave and Karst Studies*, Vol. 75, No.1, p. 68– 80.
6. Zarei, M and Raeisi, E. 2010. Conceptual modelling of brine flow into aquifers adjacent to the Konarsiah salt diapir, Iran. *Journal of Cave and Karst Science, Transactions of the British Cave Research Association* Vol. 37, No.2, pp. 37-44.

Jurassic to Cenozoic tectonics of the Zagros Orogen in northwestern Iran

M. Mohajjel^a and C. L. Fergusson^b

^a*Department of Geology, Tarbiat Modares University, PO Box 14115-175, Tehran, Iran*

^b*School of Earth & Environmental Sciences, University of Wollongong, Wollongong, New South Wales 2522, Australia*

The Zagros Mountains of Iran formed by continental collision from closure of the Neo-Tethyan Ocean. New mapping, radiometric ages and stratigraphic analyses have enabled advances in our understanding of the Jurassic to Cenozoic tectonic history. The northwestern Zagros Orogen consists of three belts: (1) the Zagros Fold and Thrust Belt, divided into the outer Zagros Simply Folded Belt and the inner High Zagros Belt, (2) the Zagros Suture Zone including radiolarite, ophiolite and Bisotun limestone thrust sheets, and (3) the Sanandaj–Sirjan Zone, which contains abundant metamorphic rocks. Major events include early Mesozoic rifting, Jurassic subduction followed by a more cryptic interval of subduction in the Cretaceous, multiple ophiolite emplacement on the Arabian margin in the Late Cretaceous to Eocene and collision of central Iran and the Arabian margin in the Oligocene with final closure of the shallow Tethyan seaway in the mid Miocene. A mid to late Jurassic plutonic belt, the Qorveh–Aligodarz Plutonic Belt, formed a magmatic arc with subdued topography related to a moderately NE-dipping subduction zone under the Sanandaj–Sirjan Zone. An Early Cretaceous unconformity reflects limited uplift followed by widespread marine deposition with intercalated volcanic rocks in the Sanandaj region. Subduction continued with a low-lying arc that underwent trenchward advance. In the Late Cretaceous to Oligocene interval, the Neo-Tethyan Ocean closed with ophiolite obduction over the Arabian Peninsula margin and major shortening affected the Sanandaj–Sirjan Zone with uplift and plutonism. Much of the forearc of the Jurassic to Cretaceous arc system has been lost by tectonic erosion along a low-angle Eocene subduction zone prior to collision. Flattening of the subducting slab in the Late Cretaceous and Paleogene explains the inland retreat of the arc to central Iran. Continental collision initiated in the Oligocene but the Tethyan seaway remained open until the mid-Miocene.

Keywords: continental collision, Northwestern Iran, Sanandaj–Sirjan Zone, subduction, Zagros Orogen

Zagros orogeny and the nature of derivative granitoids in central segment of Sanandaj-Sirjan zone, Iran

Amir Esna-Ashari*; Sima Peighambari

Department of geology, Payame Noor University, I.R. of Iran

* amires@pnu.ac.ir

Sandndaj-Sirjan zone (SSZ) is a subzone of the Zagros Orogenic belt (ZOB) of Iran. ZOB resulted from the Arabian–Iranian microplate continental collision following the subduction of the Neotethys oceanic crust underneath Iran (e.g. Agard et al. 2011). SSZ mostly consists of a basement made of low- to high-grade metasedimentary rocks intruded by felsic to mafic bodies showing geochemical arc affinity (e.g. Ahmadi Khalaji et al. 2007).

Central segment of the SSZ characterized by intrusion of Alvand, Boroujerd, Aligoodarz and Dehno granitoid complexes all of which have comparable whole rock geochemical properties. They show continuous trends on harker variation diagrams and have similar chondrite-normalized multi element patterns. Fractional crystallization is their main evolving process. Fractionation of biotite, amphibole, feldspar and Fe-Ti oxides have important effect on magma evolution and generation of different magma types. All the granitoid bodies have geochemical properties similar to I-type granitoids of normal continental arcs. However Alvand granite has the most peculiar composition. In comparison with other granitoids, it is enriched in Cs, Cr, Rb, K₂O and Th but depleted in Ca. All of these features indicate the role of sedimentary rocks in the petrogenesis of Alvand granite.

Sr and Nd isotopic composition of the Alvand ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.707\text{-}0.719$; $\epsilon\text{Nd}=-1.0$ to -4.5 ; Shahbazi et al. 2010), Boroujerd ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7062\text{-}0.7074$; $\epsilon\text{Nd}=-3.02$ to -3.62 ; Ahmadi Khalaji et al. 2007) and Aligoodarz ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7074\text{-}0.7110$; $\epsilon\text{Nd}=-3.56$ to -5.50 ; this study) granitoids provides more evidence on the nature of these rocks. Alvand granitoids have the widest range of isotopic composition probably due to the heterogenous nature of the source rocks especially the assimilated sedimentary rocks. So, their isotopic characteristic is comparable with S-type granitoids. Isotopic composition of the Boroujerd granitoids is similar to the I-types. Isotopic composition of the Aligoodarz mafic samples is similar to those from Boroujerd and is comparable with I-type granitoids. However, they are similar to S-types as SiO₂ content of the samples increase. These observations suggest that assimilation of surrounding sedimentary rocks has occurred during magma evolution. So, assimilation and fractional crystallization are the main evolving processes of the granitoids in the central segment of the SSZ. The degree of assimilation is not the same for the granitoids of different areas. Boroujerd granitoids show the least degree of assimilation. Alvand granitoid show the widest range of assimilation. For the Aligoodarz granitoids, it increases as the magma evolves by fractional crystallization.

References

- Agard A, Omrani J, Jolivet L, Whitechurch H, Vrielynck B, Spakman W, Monte P, Meyer B, Wortel, R (2011) Zagros orogeny: a subduction-dominated process. Geological Magazine doi:10.1017/S001675681100046X
- Ahmadi-Khalaji A.A, Esmaily D, Valizadeh M.V, Rahimpour-Bonab H (2007) Petrology and geochemistry of the granitoid complex of Boroujerd, Sanandaj-Sirjan Zone, Western Iran. J Asian Earth Sci 29:859-877
- Shahbazi H, Siebel W, Pourmoafee M, Ghorbani M, Sepahi A.A, Shang C.K, Vousoughi Abedini M (2010) Geochemistry and U–Pb zircon geochronology of the Alvand plutonic complex in Sanandaj–Sirjan Zone (Iran): New evidence for Jurassic magmatism. J Asian Earth Sci 39:668-683.

Metasomatic alteration associated with regional metamorphism in the Almabulage Complex, NW IRAN

Mahboobeh Jamshidibadr*¹, Jamshid Ahmadian²

^{1,2}Department of Geology, Payame Noor University, P.O. Box19395-3697 Tehran, Iran

Abstract

Almabulage Complex is located in northwestern part of Sanandaj-Sirjan zone of Zagros orogen in western Iran. This area is Located 15 Km to west of Hamadan, Iran, is an example of geological region that has been significantly altered by metasomatic mass-transfer processes associated with regional metamorphism. Examples of metasomatically altered rocks in the Almabulage Complex are ubiquitous and include epidote-rich alteration zones, hydrothermal tourmaline veins, replacement ironstones and albite-rich alteration zones in metasediments and intrusive rocks. Almabulage Complex shows that metasomatism is typically associated with formation of calcic, sodic and/or iron-rich alteration zones and development of oxidised mineral assemblages containing one or more of the following: quartz, albite, actinolite–tremolite, epidote, magnetite, hematite and tourmaline.

Keywords: *Almabulage Complex, Metasomatic, Hydrothermal fluids.*

Main text

The Almabulage Complex presentation in Tuyserkhan geological Map [1] mainly consists of metamorphic rocks and different igneous rocks. Three main geological units have been defined in the metamorphic rocks, consisting of volcanic-sediments (Almabulage sequence) at the lower part, carbonate (Chenarsheikh sequence) in the middle, and slate (Hamadan slate) at the upper part identified. The rocks that metamorphosed at green schist facies have exposed in a dome structure.

Another rock unit are different igneous rocks that based on their lithological features and different compositions, two suites of plutonic rocks (felsic & mafic rocks) can be distinguished.

Mafic intrusion, the diorite to gabbro intrusion, which are crop out in the northwest and central to west of the Almabulage complex. Dating of mafic intrusive rocks by Rb-Sr emplacement age 144 Ma [2].

Felsic intrusion, the syenogranite to alkali granite intrusions, which crop out in the central of the Almabulage complex that a longed from south to north. These massive, dome structure and have contact metamorphism and metasomatism with the surrounding meta-volcanic-sediments and meta-carbonate. Types of mineralization are the proximity of syenogranite intrusive bodies to ore mineral, metasomatism and the existence of calc-silicate minerals such as epidote and actinolite. Exsolution textures perthite and granophyric with together in felsic intrusion related to magmatic condition and low pressure H₂O (less than 5 Kbar). The geochemistry of Syenogranite shows high anomalies of alkaline especially Na. Their trace elements trends normalized to the primary mantle and chondrite have similar anomaly with negative Nb, Ta, Ti that related to

subduction environments and I-type granite. Chemical of feldspar composition shows anomalies of Na.

Metamorphic rocks consist of calcshistes, mica-schist, semi-shist and amphibolites. A metamorphic rock has three schistosity (S1, S2 and S3) that S1, S2 related to M1, M2 respectively and metamorphosed at green schist facies. M3 is a retrograde metamorphism. This Regional metamorphism contains hydrothermal tourmaline and quartz veins, hematite and magnetite minerals and epidote-rich alteration zones.

Evidence Metasomatic alteration associated with regional metamorphism in the Almbulage Complex is the same as another research that reported by [3,4,5] shows epidote-rich alteration zones, hydrothermal tourmaline and quartz veins, and replacement ironstones in metasediments and albite-rich alteration in intrusive rock suggests that the majority of metasomatic alteration was broadly contemporaneous and involved the action of hydrothermal fluids.

Reference

- [1] Eshraghi & Gharai., Quadrangle Geological Map of Tuyserkan, Scale 1:100,000. Geological Survey of Iran (2003).
- [2] Valizadeh M.V., Cantagrel J.M., Premières données radiométriques (K-Ar et Rb-Sr) sur les micas du complexe magmatique du mont Alvand, près d Hamadan (Iran occidental). Comptes Rendus I^{er}. Acad. Sci (1975) Paris D 281: 1083–1086.
- [3] Ashley P.M., Lottermoser B.G., Westaway J.M., "Ironformations and epigenetic ironstones in the Palaeoproterozoic Willyama Supergroup, Olary Domain, South Australia", Mineral. Petrol 64 (1998) 187–218.
- [4] Skirrow R.G., Ashley P.M., "Cu–Au mineral systems and regional alteration, Curnamona Province", Minfo 62 (1999) 22–24.
- [5] Kent A.J.R., Ashley P.M., Fanning C.M., "Metasomatic alteration associated with regional metamorphism: an example from the Willyama Supergroup, South Australia", Lithos 54 (2000) 33–62.

Innovative applications of electric pulse disaggregation and hydro-separation techniques in the exploration of platinum group elements in the Zagros ophiolites

Alireza Eslami^{1*}, Majid Ghaderi¹, Amir Morteza Azimzadeh²

¹Department of Economic Geology, Faculty of Basic Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran 14115-175, Iran

²Department of Applied Geosciences and Geophysics, University of Leoben, Peter Tunner Str. 5, 8700 Leoben, Austria

*Email: alireza.eslami@modares.ac.ir

Abstract

The Upper Cretaceous Zagros ophiolites of Iran host a significant number of chromitite deposits and occurrences. Platinum Group Element (PGE) anomalies have been previously reported; however, the available data on the PGE mineralization are scarce. Large chromitite pods and residual to cumulate dunitic lenses are restricted to the outer Zagros Neyriz and Haji–Abad ophiolites with a harzburgite-dominant mantle, because they have undergone a higher degree of partial melting than others with lherzolite-dominant mantle. Very little information is available concerning the distribution and mineralogy of PGE in the Zagros ophiolites. Novel mechanical separation techniques [Electric Pulse Disaggregation (EPD) and Hydro-Separation (HS)] therefore, should provide a more complete picture of PGE mineralogy in chromitites. In addition, in-situ investigations of polished sections provide more adequate information on the primary or secondary origin for Platinum Group Minerals (PGM), based on their textural position in the chromitites. Both methods are complementary and must be used jointly in order to precisely determine the distribution of PGM in Zagros chromitites. We propose accurate PGE mineralogical studies of Upper Cretaceous Zagros ophiolites by combining in-situ investigation in polished sections and mechanical separation (HS or EPD with HS).

Keywords: Zagros ophiolites, chromitite, platinum group elements, novel mechanical separation, in-situ investigation.

1. Introduction

Platinum Group Elements (PGEs) are considered strategic metals due to their increasing use in green technologies and the scarcity of their sources (South Africa and Russia supply 90% of Pt and 85% of Pd, respectively; Johnson Matthey, 2013). Stratiform chromitites in layered ultramafic–mafic complexes such as Bushveld Complex (South Africa), Great Dyke (Zimbabwe) and Stillwater Complex (USA) constitute economic reserves of PGEs (e.g., Naldrett and von Gruenewaldt, 1989). Ophiolitic chromitite is a major scavenger of PGEs although PGE contents in large chromite deposits are generally low (few hundreds of ppb; e.g., Economou-Eliopoulos, 1996). PGE enrichments of (a) all PGE, (b) Os, Ir and Ru only, and (c) Pt and/or Pd is a common feature of relatively disseminated chromite and/or small chromite occurrences, of both high-Cr and high-Al types in the uppermost parts of the mantle and/or in the lower crust sequences (Economou-Eliopoulos, 1996). Podiform chromitites occur in mantle sequences of a great number of ophiolites worldwide. Two main reasons make these peculiar rocks relevant from an economic point of view: 1) they represent the second most important natural source of chromium, and 2) they are a potential target for the recovery of PGEs. Podiform chromitites are commonly enriched in the most compatible PGE frequently referred to as IPGE (Iridium-subgroup of PGE: Os, Ir and Ru) with respect to the more incompatible ones, commonly referred to as PPGE (Platinum-subgroup of PGE: Rh, Pt and Pd; Barnes et al., 1985). During mantle melting, the Ir-subgroup of PGE tends to be concentrated in the early magmatic precipitates (i.e., chromian spinel), whereas the Pt-subgroup tends to be retained in the residual melt (Barnes et al., 1985; Matveev and Ballhaus, 2002; Ballhaus et al., 2006; Finnigan et al. 2008). Ir-subgroup of PGE is concentrated by Platinum Group Minerals (PGM), which are found either as discrete inclusions in chromite or more rarely in the silicate matrix interstitial to chromite. Their mineralogical appearance, as sulfides or as alloys, is mainly

controlled by the degree of partial melting, temperature and sulfur fugacity (Tredoux et al., 1995; Brenan and Andrews, 2001). Thus, chromite chemistry, geochemistry and mineralogy of PGE as well as silicate and base metal mineral inclusions can provide important information on the formation of ophiolitic chromitites. According to González-Jiménez et al. (2013), formation of PGEs has been attributed to new several mechanisms: (a) assimilation of pre-existing PGMs from the host rock which suggest that PGM may have been scavenged from wall-rock peridotite during migration of the parental melts of the chromitite and incorporated as a solid or a solid/melt mush into the parental melts of chromitites; (b) mantle veining that suggest PGM may have precipitated from metasomatic fluid/melts that infiltrated and veined existing chromitites; and (c) subsolidus recrystallisation that involves partial or complete destruction of PGMs, and their recrystallisation, during polyphase metamorphism or recycling of the chromitites in the deeper mantle.

Study of these features/origins was obtained by in-situ analysis of PGEs in chromite and analysis of Os isotopes by Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LA-ICP-MS) in individual Os-rich PGM. During the last few years, novel separation techniques [Hydro-Separation (HS) and Electric Pulse Disaggregation (EPD)] have been able to recover numerous tiny PGMs as concentrate from low-PGE samples and thereby provide a more complete picture of PGM mineralogy in chromitites (González-Jiménez et al., 2009). Both in-situ and concentrate methods are complementary and must be used together in order to have a precise look on distribution of PGM in ophiolitic chromitites, the origin of the PGMs and finally, to understand the history of chromitites in the upper mantle. The main aim of this paper is to introduce these novel techniques and investigate the use of the two methods, in-situ and concentrate, in exploration of PGE mineralization in chromitites of the Upper Cretaceous Zagros ophiolites.

2. Geology of Zagros ophiolites

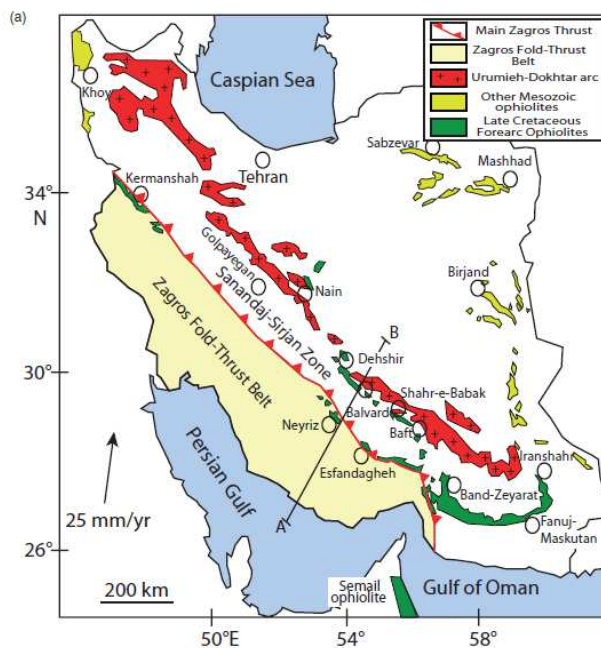
Iranian ophiolites (Fig. 1) belong to the Tethyan ophiolite belt of the Middle East. They have been divided into four groups (Takin, 1972; McCall, 1997), namely, (i) ophiolites of northern Iran, considered as remnants of the Paleo-Tethys Ocean

(e.g., Ruttner, 1993); (ii) ophiolites of the Zagros Suture Zone, including those of Neyriz and Kermanshah (Lanphere and Pamić, 1983); (iii) ophiolites of the Makran region, located south of the Sanandaj-Sirjan Zone, including non-fragmented complexes such as Sorkhband and Rudan (e.g., McCall, 1997); and (iv) ophiolites enclosed as tectonic blocks in the Late Cretaceous coloured mélangé along the main boundaries of the Central Iranian Micro-continental (CIM) (=Lut) block. The Zagros ophiolites have been divided into two ophiolitic belts which are separated by the Sanandaj–Sirjan metamorphic terrane (Shafaii Moghadam and Stern, 2011): (A) The Outer Zagros Belt includes three main ophiolites with NW-SE trending, Neyriz, Kermanshah and Haji–Abad which are separated by the Main Zagros Thrust (MZT) from the Zagros Fold-Thrust Belt (ZFTB); (B) The Inner Zagros Belt lies along the southwest margin of the Central Iranian block, comprising sporadic massifs from NW to SE, the Nain, Dehshir, Shahr-e-Babak, and Balvard–Baft ophiolites. Mantle sequences of both ophiolitic belts include depleted harzburgites with diabasic–gabbroic dikes; melt impregnations, chromite pods, ultramafic cumulate sills, pegmatite gabbroic pockets/sills and isotropic gabbro lenses (Shafaii Moghadam and Stern, 2011). Crustal sequences of these ophiolites include rare gabbros, sheeted dyke complexes, pillowed lavas and felsic rocks. These ophiolites are overlain by Upper Cretaceous pelagic limestone (Shafaii Moghadam and Stern, 2011).

Ophiolites in southern and southeastern Iran including Neyriz ophiolite, Esfandagheh-Sikhuran complexes in the Esfandagheh district, and the Faryab complex (ranging from 100 to >5000 ppb, with median values around 200 ppb PGEs in all complexes; Jannessary et al., 2012) are examples of Iranian ophiolites with PGE anomalies. Most of Iranian ophiolites host a great number of chromitite deposits. However, few of these deposits have been investigated for their PGE contents and mineralogy in the literature (Page et al., 1979; Moore and Rajabzadeh, 1993; Rajabzadeh, 1998; Alinia and Facherabadi, 2005; Azimzadeh et al., 2011; Jannessary et al., 2012; Rajabzadeh and Moosavinasab, 2012). In general, chromitite as a scavenger of the PGEs is generally absent in ophiolites that are characterized by a lherzolite-dominant mantle section, whereas it is present in ophiolites with a harzburgite-dominant mantle because these ophiolites

have undergone a lower degree of partial melting than harzburgite-dominant ones. Although the Zagros ophiolites have remarkable chromitite occurrences, large chromite pods and residual to cumulate dunitic lenses are restricted to the outer Zagros Neyriz and Haji–Abad ophiolites (Shafai Moghadam and Stern, 2011) because they have undergone a high degree of partial melting than others with lherzolite-dominant mantle.

The knowledge on the distribution of PGE and PGM in these ophiolites and the PGE potential of chromitites is limited. However, some of chromitite occurrences of these ophiolites have been investigated by in-situ examination of polished thin sections by a number of researchers (Moore and Rajabzadeh, 1993; Rajabzadeh, 1998; Alinia and Facherabadi, 2005; Jannessary et al., 2012).



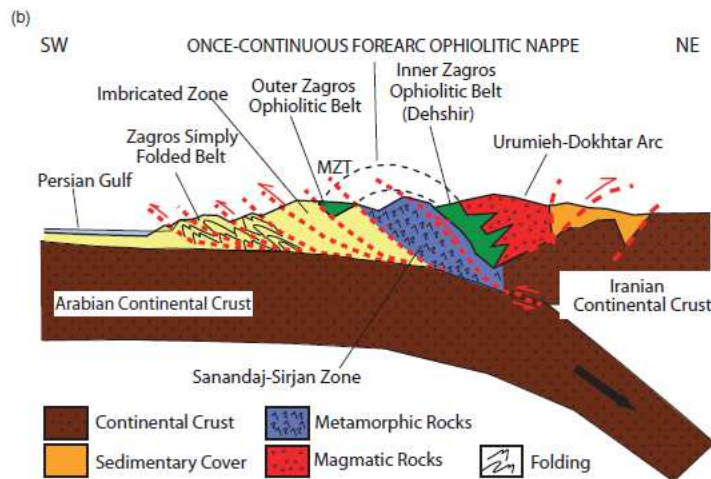


Fig. 1. (a) Map showing distribution of Iranian ophiolites and location of Urumieh–Dokhtar magmatic arc (Eocene–Quaternary), Zagros Fold–Thrust Belt (ZFTB) and Main Zagros Thrust (MZT). (b) Schematic cross-section showing the relationships between Outer and Inner Zagros Ophiolitic Belts, Zagros Thrust-Fold Belt, Sanandaj-Sirjan Zone, and Urumieh-Dokhtar Magmatic Arc (Shafaii Moghadam and Stern, 2011).

3. Methods

3.1. Electric-Pulse Disaggregation (EPD)

This mineral separation technique has been used extensively instead of normal mechanical crushing. EPD liberates mineral grains from associated rock without regard to its lithology or grain-size distribution by the rending effect of an explosion, which is produced by applying an electric current from a high-voltage power source (greater than 100 kV) on a sample in a water bath. Disintegration occurs preferentially along grain boundaries as zones of weakness. As a result, this technique quickly releases individual, undamaged mineral grains in their natural size distributions and in their original shape. For example, Scanning Electron Microscope (SEM) images are shown from crystals and grains of Pt-Fe alloys from EPD product of disseminated chromite ores in dunites of Nizhniy Tagil platiniferous massif in the Central Ural (Fig. 2) (Rudashevsky and Yefimov; <http://www.cnt-mc.com>), and EPD product by hydro-separation (HS) from one sample of Driekop Pipe (Bushveld Complex, South Africa) (Fig. 3) (Oberthür et al., 2008).

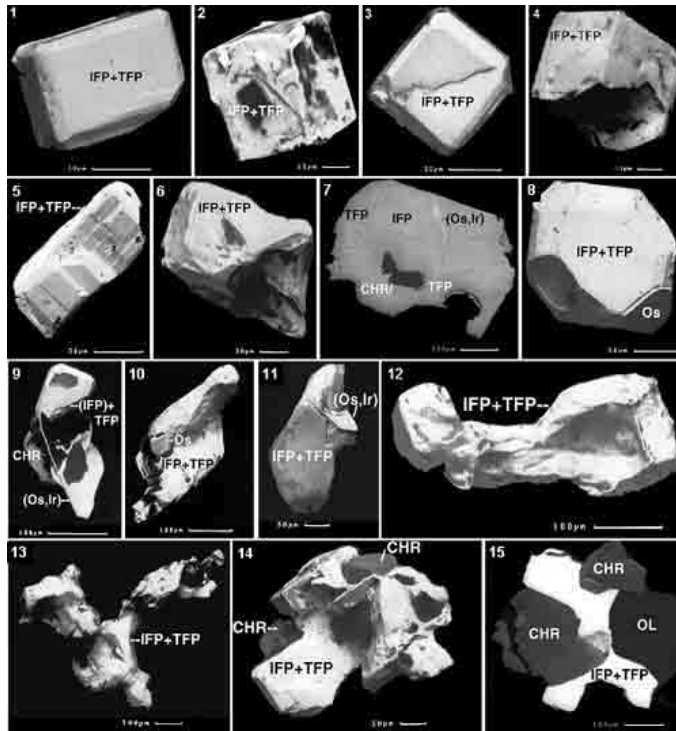


Fig. 2. SEM images from crystals and grains of Pt-Fe alloys from EP-product of disseminated chromite ores in dunites of Nizhniy Tagil massif (IFP: isoferroplatinum, TFP: tetraferroplatinum; Os, (Os,Ir) - Os-Ir alloys, CHR: chromite, OL: olivine; by Rudashevsky and Yefimov; www.cnt-mc.com).

3.2. Hydro-Separation (HS)

Hydro-separators are used to process solid water-insoluble powdered samples that ideally should have densities between 3 and 20 g/cm³ and grain sizes of less than 0.3 mm, including industrial flotation size fractions (-45 μm) and finally produce representative “heavy-mineral concentrates” of particles that follow Stokes’ law when settling in a carefully controlled upward pulsating water stream. Hydro-separation works using a water flow regulator which modulates the water flow in a Glass Separation Tube (GST). The hydro-separation process moves the light fraction upwards in the GST with water, eventually collecting in a beaker under the GST. The heavy mineral concentrate collects inside the GST at its base. Different sizes of GST are used for separation, depending on the grain size and the required productivity of processing/amount of the loaded sample. More technical descriptions of the EPD and HS apparatus can be found at www.cnt-mc.com.

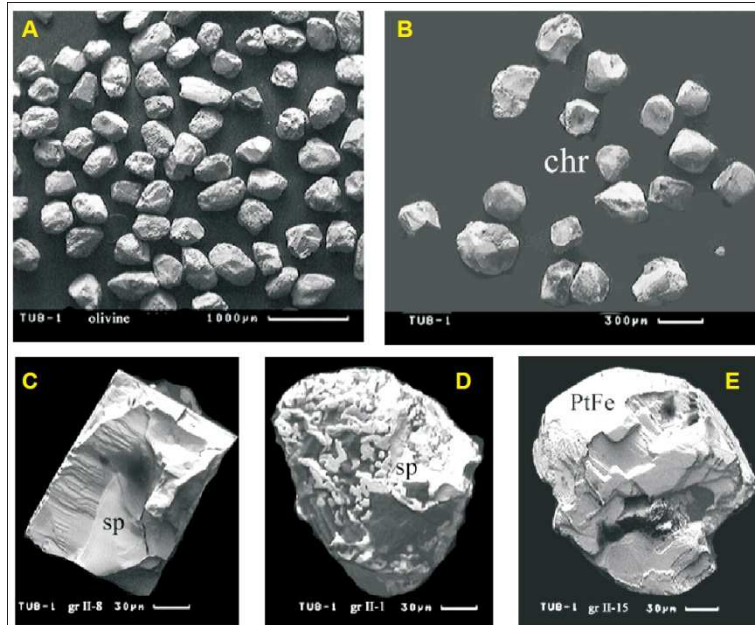


Fig. 3. SEM images of olivine, chromite and PGM extracted from the EPD product by HS from one sample of Driekop Pipe (Bushveld Complex, South Africa), (A) Olivine crystals. (B) Chromite crystals. (C) and (D) Sperrylite (Oberthür et al., 2008).

4. Conclusions

Iran hosts a significant number of ophiolite complexes. Chromite chemistry, geochemistry and accurate mineralogy of PGE as well as silicate and base metal mineral inclusions can provide important information on the formation of Iranian ophiolitic chromitites. Novel mechanical separation techniques (HS and EPD) can provide a more complete overall picture of the PGM mineralogy in chromitites. Supported by in-situ investigations of polished sections, more adequate information on the primary or secondary origin of PGM can be obtained based on their textural position in the chromitites. Both in-situ and concentrate methods are complementary; and when used in conjunction, will provide a precise picture on the distribution of PGMs in the Zagros chromitites.

Acknowledgements

Valuable comments by Dr. Thomas Oberthür (Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), Germany) are highly appreciated.

References

1. Andrews, D.R.A., Brenan, J.M., 2002. Phase-equilibrium constraints on the magmatic origin of laurite+Ru–Os–Ir alloy. *Canadian Mineralogist* 40, 1705–1716.
2. Alinia, F., Facherabadi, A., 2005. Geochemical exploration and economic geological investigation for Ni, Co, PGE in sulphide mineralization in chromitite and pyroxenite of Sikhuran, Esfandagheh area, Kerman, Iran. Abstracts to 20th World Mining Congress 2005, p. 453–455.
3. **Azimzadeh A.M.**, Aiglsperger T., Moayyed M., 2012. PGE mineralization potential of different geological environments in Iran and their exploration using traditional and innovative techniques. International Workshop of Ophiolites and Related Ore and Industrial Minerals, Abstract book, p. 13, Karadeniz Technical University. Turkey.
4. Ballhaus, C., Bockrath, C., Wohlwgemuth-Uberwasser, C., Laurenz, V., Berndt, J., 2006. Fractionation of the noble metals by physical processes. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 152, 667–684.
5. Barnes, S.J., Naldrett, A.J., Gorton, M.P., 1985, The origin of the fractionation of the platinum-group elements in terrestrial magmas. *Chemical Geology* 53, 303–323.
6. Brenan, J.M., Andrews, D., 2001. High-temperature stability of laurite and Ru–Os–Ir alloys and their role in PGE fractionation in mafic magmas. *Canadian Mineralogist* 39, 341–360.
7. Cabri, L.J., Rudashevsky, N.S., Rudashevsky, V.N., Oberthür, T., 2008. Electric-Pulse Disaggregation (EPD), Hydroseparation (HS) and their use in combination for mineral processing and advanced characterization of ores. *Canadian Mineral Processors 40th Annual Meeting*, Proceedings, Paper 14, 211-235.
8. Economou-Eliopoulos, M., 1996. Platinum-group element distribution in chromite ores from ophiolite complexes: implications for their exploration. *Ore Geology Reviews* 11, 363-381.
9. Finnigan, C.S., Brenan, J.M., Mungall, J.E., McDonough, W.F., 2008. Experiments and models bearing on the role of chromite as a collector of platinum group minerals by local reduction. *Journal of Petrology* 49, 1647–1665.
10. **González-Jiménez, J.M.**, Gervilla, F., Proenza, J.A., Augé, T.F., Kerestedjian, T., 2009. Platinum group minerals in ophiolite chromitites: a review. Applied Earth Section B: Transactions Institution Mining and Metallurgy 118, 101-110.
11. González-Jiménez, J.M., Griffin, W.L., Gervilla, F., Proenza, J.A., O'Reilly, S.Y., Pearson, N.J., 2013. Chromitites in ophiolites: How, where, when, why? Part I. A review and new ideas on the origin and significance of platinum-group minerals, *Lithos*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.lithos.2013.06.016>.
12. Jannessary, M.R., Melcher, F., Lodziak, J., Meisel, T.C., 2012. Review of platinum-group element distribution and mineralogy in chromitite ores from southern Iran. *Ore Geology Reviews* 48, 278-305.
13. Johnson Matthey 2013. www.platinum.matthey.com.
14. Lanphere, M.A., Pamic, J., 1983. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age and tectonic setting of ophiolites from Neyriz area, south-east Zagros ranges, Iran. *Tectonophysics* 96, 245-256.
15. Matveev, S., Ballhaus, C., 2002. Role of water in the origin of podiform chromitite deposits. *Earth and Planetary Science Letters* 203, 235–243.
16. McCall, G.J.H., 1997. The geotectonic history of the Makran and adjacent areas of southern Iran. *Journal of Asian Earth Sciences* 15, 517–531.
17. Moore, F., Rajabzadeh, M.A., 1993. First report on platinum-group minerals in chromitites from northwestern Neyriz ophiolite, Iran. *J. Sci., Islam. Repub. Iran* 4, 47–54.
18. Oberthür, T., Melcher, F., Sitnikova, M., Rudashevsky, N.S., Rudashevsky, V.N., Cabri, L.J., Lodziak, J., Klosa, D., Gast, L., 2008. Combination of Novel Mineralogical Methods

- in the Study of Noble Metal Ores – Focus on Pristine (Bushveld, Great Dyke) and Placer Platinum Mineralisation. *Ninth International Congress for Applied Mineralogy*, Brisbane, QLD, 8-10 Sep. 2008.
19. Page, N.J., Engin, T., Haffty, J., 1979. Palladium, platinum, and rhodium concentrations in mafic and ultramafic rocks from the Kizildag and Guleman areas, Turkey, and the Faryab and Esfandagheh–Abdasht areas, Iran. U.S. Geological Survey Open File Report 79–840.
 20. Rajabzadeh, M.A., 1998. Mineralisation en chromite et elements du groupe du platine dans les ophiolites d’Assemion et de Neyriz, centrure du Zagros, Iran, Ph.D. Thesis, Institute National Polytechnique de Lorraine, France, 358 pp.
 21. Ruttner, A.W., 1993. Southern borderland of Triassic Laurasia in north-east Iran. *Geol. Rundsch.* 82, 110-120.
 22. Naldrett, A.J., von Gruenewaldt, G., 1989. Association of platinum-group elements with chromitite in layered intrusions and ophiolite complexes. *Economic Geology* 84, 180–187.
 23. Shafaii Moghadam, H.S., Stern, R.J., 2011. Geodynamic evolution of Upper Cretaceous Zagros ophiolites: formation of oceanic lithosphere above a nascent subduction zone. *Geological Magazine* 148, 762-801. doi:10.1017/S0016756811000410.
 24. Tarkian, M., Stribny, B., 1999, Platinum-group elements in porphyry copper deposits: A reconnaissance study. *Mineralogy and Petrology* 65, 161-183
 25. Tredoux, M., Lindsay, N.M., Davies, G., McDonald, L., 1995. The fractionation of platinum-group elements in magmatic system, with the suggestion of a novel causal mechanism. *South African Journal of Geology* 98, 157–167.

مطالعه قاعده سازند پایده بر مبنای نانو فسیلهای آهکی در فرو

افتادگی دزفول، زاگرس

نرگس بابائیان^۱، سعیده سنماری^۲

کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی دماوند، تهران، ایران^۱؛ استادیار دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران^۲

چکیده

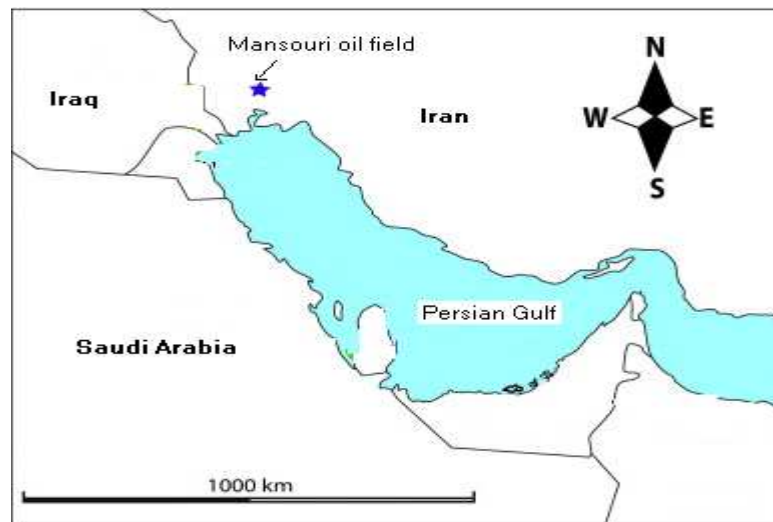
نانوفسیل های آهکی قاعده سازند پایده در فرو افتادگی دزفول (میدان منصوری) مورد بررسی قرار گرفت. این سازند از مارن های ضخیم لایه و شیل تشکیل شده است. به منظور معرفی تجمعات فسیلی همراه و بیوزون های قاعده ای، ۴۳ نمونه از بخش تحتانی سازند پایده مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه ۱۹ جنس و ۳۴ گونه از نانوفسیل های آهکی شناسایی شد. بر اساس گونه های شاخص شناسایی شده، بازه زمانی قاعده سازند پایده از پالتوسن پیشین (Late Danian) تا پالتوسن پسین (Thanetian) پیشنهاد می گردد که با محدوده زون های Ellipsolithus macellus zone (NP4), Fasciculithus tympaniformis zone (NP5), Heliolithus kleinpellii zone (NP6), Discoaster mohleri zone (NP7), Heliolithus riedelii zone (NP8)? And Discoaster multiradiatus zone (NP9) همخوانی دارد.

واژه های کلیدی: پایده، چینه شناسی زیستی، زاگرس، نانوفسیل

مقدمه

اکثر مخازن نفت و گاز کشور در حوضه زاگرس واقع شده است. حوضه زاگرس که در جنوب غرب ایران قرار گرفته است از لحاظ موقعیت تکتونیک صفحه ای، حاشیه تکتونیک شده عربستان را تشکیل می دهد. تاریخچه زمین شناسی آن شامل دوره های طولانی مدت فرونشست و رسوبگذاری است که همراه با دوره های کوتاه مدت بالآمدگی و عدم رسوبگذاری همراه می باشد (Alavi, 2004). در تاریخچه مطالعات زمین شناسی ایران، بخصوص در نواحی جنوب غرب ایران، زمین شناسان خارجی مطالعه گسترده ای کرده اند. مطالعات چینه شناسی و ایند در سال ۱۹۶۵ یکی از این تحقیقات است. مشابه این مطالعات که عمدتاً بر اساس مطالعه گروه های مختلف فسیلی بوده است توسط افرادی همچون رهقی (۱۹۷۸) انجام شده است. در سالهای اخیر جهت انجام مطالعات تکمیلی و به منظور بازنگری سازند ها، رسوبات سازندهای مختلف بر مبنای نانوپلانکتون های آهکی در زاگرس مورد بررسی قرار گرفت (مقالاتی مانند حیدری و همکاران ۱۳۸۹؛ فرهاد و همکاران، ۱۳۸۶؛ Sohrabi Molla Usefi and senemari, 2012). یکی از این تشکیلات، سازند پایده واقع در میدان منصوری است. روند ساختمانی این میدان شمال غربی- جنوب شرقی است که از روند عمومی زاگرس تبعیت می کند (Motiei, 1994). موقعیت میدان منصوری در شکل ۱ نشان داده شده است. محدوده مورد مطالعه در شمال فرو افتادگی دزفول و در ۴۵ کیلومتری جنوب غرب اهواز قرار دارد. این محدوده بین طولهای جغرافیایی ۴۹° - ۴۸° شرقی و بین عرضهای جغرافیایی ۳۱° - ۳۰° شمالی قرار گرفته است. این سازند به دلیل دارا بودن سنگ منشأ اهمیت ویژه ای در مطالعات نفتی دارد (هداوندخانی، ۱۳۸۸). سازند پایده بخشی از رسوبات نهشته شده در زمان پیشروی دریا در حوضه رسوبی زاگرس است که بمنظور تعیین سن نسبی و ارائه بایوزوناسیون دقیق در کنتاکت با سازند زیرین خود، بخش رسوبات قاعده ای آن مورد مطالعه قرار گرفت. در این برش سازند

پابده از ۲۳۶ متر رسوبات مارن، آهک رسی و شیل تشکیل شده است که فقط بخش تحتانی آن به منظور تعیین بایوزون های نانو فسیلی تحت بررسی قرار گرفت. مرز زیرین سازند پابده با سازند گورپی هم شیب و همراه با تغییر رنگ از شیل های تیره سازند گورپی به رسوبات روشن سازند پابده است. بُرش الگوی سازند پابده در تنگ پابده واقع در شمال میدان نفتی لالی مسجدسلیمان، نزدیک به ۸۰۰ متر ضخامت دارد (Wynd, 1965) (شکل ۲). بخش پایینی سازند پابده (حدود ۱۴۰ متر) از جنس شیل و مارن آبی و ارغوانی است که به طور رسمی به آن شیل ارغوانی گفته می شود. ولی بخش باقیمانده آن، شیل های خاکستری و لایه های آهک رسی و گاهی چرت دار است. در صد شیل و آهک رسی یکنواخت نیست، گاهی شیل و گاهی آهک برتری دارد.



شکل ۱: موقعیت میدان منصوروی (با اندکی تغییر از شرکت ملی نفت ایران)



شکل ۲: نمایی نزدیک از سازند شیلی پابده در محل برش نمونه، در شمال میدان نفتی لالی.

روشها و مواد

جهت مطالعه نانوفسیل ها تعداد ۴۳ نمونه با رعایت فاصله نمونه برداری از بخش قاعده ای سازند پابده برداشت گردید. آماده سازی نمونه ها به روش ثقلی صورت گرفت (Bown and Young, 1998). در این روش ابتدا مقداری از نمونه با آب مقطر به حالت تعلیق در آورده شد، سپس محلول ایجاد شده را برای مدت ۱-۲ دقیقه ثابت نگه داشته تا ذرات درشت ته نشین شوند. سپس بخش بالای محلول به بشری دیگر منتقل شده و به مدت ۱۰-۱۵ دقیقه ثابت گذاشته شد. مجدداً بخش بالایی این محلول خارج و بخش پائینی آن جهت

مطالعه نانوفسیل‌ها مورد استفاده قرار گرفت. تمامی اسلایدها با میکروسکوپ پلاریزان و با بزرگنمایی ۱۰۰۰ مطالعه شدند.

نتایج و بحث

مطالعات زیست چینه ای

در مطالعات زیست چینه ای سازند پایده، ضمن تشخیص ۳۴ گونه از ۱۹ جنس نانو فسیلهای آهکی، شش زون زیستی بر اساس زون بندی Martini, 1971 شناسایی و معرفی شده است. در این مطالعه برای شناسایی جنس ها و گونه ها از منابع متعددی همچون Perch-Nielsen, 1985 استفاده شده است. تصاویر برخی از فراوانترین و مهمترین گونه ها در Plate آورده شده است. پس از شناسایی گونه ها ی شاخص، زون های زیستی تعیین شدند که شرح هر یک از این زون ها به قرار زیر است (جدول ۱):

۱- زون زیستی *Ellipsolithus macellus* zone (NP4)

این زون زیستی در حد فاصل دو افق ظهور *Ellipsolithus macellus* و *Fasciculithus tympaniformis* مشخص شده است. این زون معادل با زون CP3 از زون بندی Okada & Bukry, 1980 است. این زون زیستی، از مرز بین دوسازند گورپی- پایده شروع میگردد. بیشترین نانوفسیل های همراه در این زون زیستی عبارتند از:

Biantholithus sparsus, *Braarudosphaera bigelowii*, *Cruciplacolithus subrotundus*, *Cruciplacolithus tenuis*, *Cyclageolsphaera alta*, *Cyclageolsphaera reinhardtii*, *Ellipsolithus macellus*, *Micula decussate*, *Markalius inversus*, *Prinsius bisulcus*, *Placozygus sigmoides*, *Sphenolithus primus*.

سن: پالتوسن پیشین (انتهای دانین)

۲- زون زیستی *Fasciculithus tympaniformis* zone (NP5)

این زون زیستی در حد فاصل دو افق ظهور گونه های *Fasciculithus tympaniformis* تا *Heliolithus kleinpellii* تعریف شده است. این زون معادل با زون CP4 از زون بندی Okada & Bukry, 1980 است. این زون زیستی بعد از زون NP4 قرار دارد. در این زون از افق ظهور گونه های *Chiasmolithus consuetus*, *Chiasmolithus bidens*, *Heliolithus cantabriae*, *Neococcolithes protenus* زون استفاده شده است. فراوانترین نانوفسیل های همراه در این زون زیستی عبارتند از:

Biantholithus sparsus, *Braarudosphaera bigelowii*, *Cruciplacolithus subrotundus*, *Cruciplacolithus tenuis*, *Cyclageolsphaera alta*, *Cyclageolsphaera reinhardtii*, *Coccolithus subpertusa*, *Ellipsolithus macellus*, *Ericsonia robusta*, *Fasciculithus tympaniformis*, *Prinsius bisulcus*, *Micula decussate*, *Prinsius martini*, *Placozygus sigmoides*, *Sphenolithus primus*.

سن: پالتوسن پسین (Selandian-Thanetian)

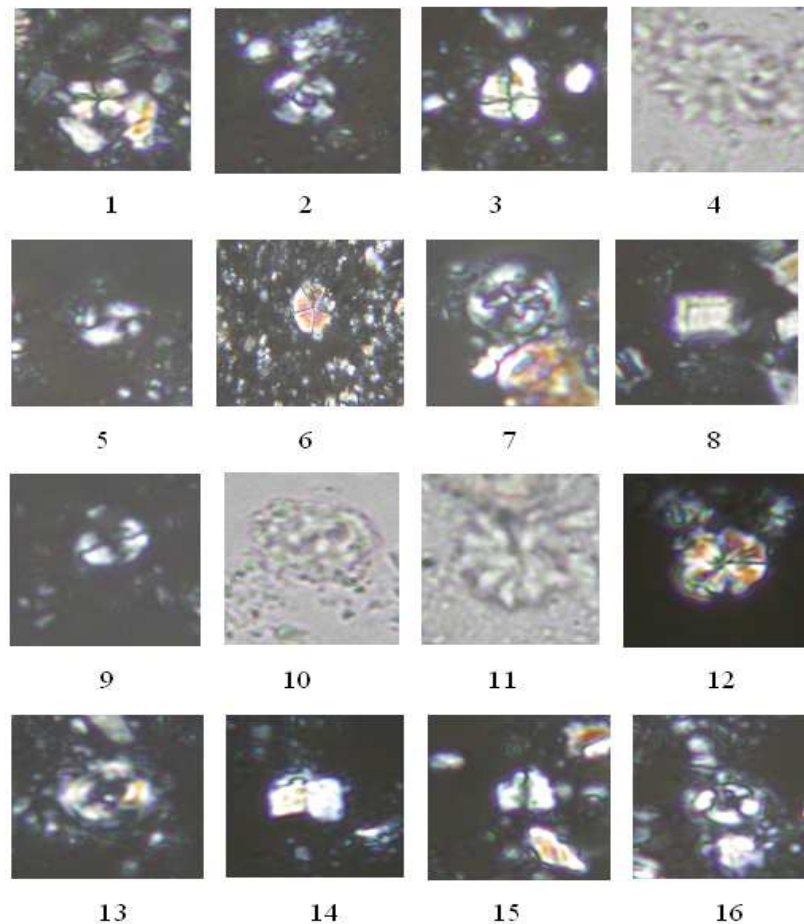


Plate: All figures in XPL except 4, 10, 11 in PPL, light micrographs $\times 1000$; 1- *Sphenolithus primus* Perch-Nielsen, 1971; 2- *Ericsonia robusta* (Bramlette and Sullivan, 1961) Perch-Nielsen, 1977; 3- *Sphenolithus anarrhopus* Bukry & Bramlette 1969; 4- *Discoaster multiradiatus* Bramlette & Riedel (1954); 5- *Prinsius bisulcus* (Stradner, 1963) Hay & Mohler, 1967; 6- *Braarudosphaera bigelowii* (Gran & Braarud 1935) Deflandre 1947; 7- *Chiasmolithus consuetus* (Bramlette & Sullivan, 1961) Hay & Mohler, 1967; 8- *Rhomboaster cuspis* Bramlette & Sullivan, 1961; 9- *Ellipsolithus macellus* (Bramlette and Sullivan, 1961) Sullivan, 1964; 10- *Chiasmolithus bidens* (Bramlette & Sullivan, 1961) Hay & Mohler, 1967; 11- *Discoaster mohleri* Bukry and Percival, 1971; 12- *Biantholithus sparsus* Bramlette & Martini, 1964; 13- *Heliolithus cantabriae* Perch-Nielsen, 1971; 14- *Fasciculithus tympaniformis* Hay and Mohler in Hay et al., 1967; 15- *Fasciculithus lilliana* Perch-Nielsen, 1971b; 16- *Cruciplacolithus tenuis* (Stradner, 1961) Hay and Mohler in Hay et al., 1967.

۳- زون زیستی *Heliolithus kleinpellii* zone (NP6)

این زون زیستی در حد فاصل دو افق ظهور *Heliolithus kleinpellii* تا *Discoaster mohleri* تعریف شده است. این زون معادل با زون CP5 از زون بندی Okada & Bukry, 1980 است. این زون زیستی بعد از زون NP5 قرار دارد. در این زون از افق ظهور گونه های *Chiasmolithus consuetus*, *Chiasmolithus bidens*, *Heliolithus cantabriae* و *Neococcolithes protenus* برای شناسایی مرز تحتانی زون و همچنین از آخرین حضور گونه *Prinsius martinii* یا اولین ظهور گونه *Discoaster mohleri* برای تشخیص مرز فوقانی زون استفاده شده است. نانوفسیل های همراه در این زون زیستی عبارتند از:

Braarudosphaera bigelowii, *Cyclageolsphaera alta*, *Chiasmolithus consuetus*, *Chiasmolithus bidens*, *Coccolithus subpertusa*, *Ellipsolithus macellus*, *Ericsonia robusta*, *Fasciculithus tympaniformis*, *Heliolithus cantabriae*, *Micula decussate*, *Markalius inversus*, *Neococcolithes protenus*, *Prinsius martini*, *Sphenolithus anarrhopus*, *Sphenolithus primus*.

سن: پالتوسن پسین (Selandian-Thanelian)

۴- زون زیستی *Discoaster mohleri* zone (NP7)

این زون زیستی در حد فاصل دو افق ظهور *Heliolithus riedelii* تا *Discoaster mohleri* تعریف میشود. این زون معادل با زون CP6 از زون بندی Okada & Bukry, 1980 است. این زون زیستی بعد از زون NP6 قرار دارد. در این زون گونه *Heliolithus riedelii* شناسایی نشد. بنابر این مرز بین دو زون NP7-NP8 مشخص نگردید. فراوانترین نانوفسیل های همراه در این زون زیستی عبارتند از:

Cruciplacolithus tenuis, *Chiasmolithus bidens*, *Coccolithus subpertusa*, *Discoaster mohleri*, *Ellipsolithus macellus*, *Fasciculithus tympaniformis*, *Heliolithus cantabriae*, *Neococcolithes protenus*, *Prinsius bisulcus*, *Placozygus sigmoides*, *Sphenolithus anarrhopus*, *Sphenolithus primus*.

سن: پالتوسن پسین (Selandian-Thanelian)

۵- زون زیستی *Heliolithus riedelii* zone (NP8)

این زون زیستی در حد فاصل دو افق ظهور *Heliolithus riedelii* تا *Discoaster multiradiatus* تعریف میشود. این زون معادل با زون CP7 از زون بندی Okada & Bukry, 1980 است. این زون زیستی بعد از زون NP7 قرار دارد. در این زون نیز به علت شناسایی نشدن گونه *Heliolithus riedelii* مرز تحتانی زون مشخص نگردید و لذا مرز این زون با زون NP7 با علامت سوال (?) نشان داده شده است. فراوانترین نانوفسیل های همراه در این زون زیستی عبارتند از:

Braarudosphaera bigelowii, *Cruciplacolithus tenuis*, *Chiasmolithus consuetus*, *Chiasmolithus bidens*, *Coccolithus subpertusa*, *Discoaster araneus*, *Discoaster mohleri*, *Ellipsolithus macellus*, *Ericsonia robusta*, *Fasciculithus tympaniformis*, *Heliolithus cantabriae*, *Markalius inversus*, *Neococcolithes protenus*, *Prinsius bisulcus*, *Sphenolithus anarrhopus*, *Sphenolithus primus*.

سن: پالتوسن پسین (Selandian-Thanelian)

۶- زون زیستی *Discoaster multiradiatus* zone (NP9)

این زون زیستی در حد فاصل دو افق ظهور گونه های *Discoaster multiradiatus* تا *Tribrachiatius bramlettei* یا ظهور *Discoaster diastypus* مشخص شده است. در این زون گونه های شاخص مذکور تماما شناسایی شدند. این زون معادل با زون CP8 از زون بندی Okada & Bukry, 1980 است. این زون زیستی بعد از زون NP8 قرار دارد. نانوفسیل های همراه در این زون زیستی عبارتند از:

Cruciplacolithus tenuis, *Braarudosphaera bigelowii*, *Chiasmolithus bidens*, *Coccolithus subpertusa*, *Discoaster araneus*, *Discoaster mohleri*, *Discoaster multiradiatus*, *Ellipsolithus macellus*, *Ericsonia robusta*, *Fasciculithus tympaniformis*, *Heliolithus cantabriae*, *Fasciculithus lillianae*, *Markalius inversus*, *Neococcolithes protenus*, *Prinsius bisulcus*, *Placozygus sigmoides*, *Rhombaster cusps*, *Sphenolithus anarrhopus*, *Sphenolithus primus*.

سن: پالتوسن پسین (Selandian-Thanelian)

با توجه به تعریف زون های زیستی و گسترش زمانی گونه های شاخص از نانو فسیل های آهکی (جدول ۱)، سن بخش تحتانی سازند پابده، پالتوسن بوده و بازه زمانی آن از Late Danian تا Thanetian پیشنهاد می گردد.

نتیجه گیری

- ۱- مرز زیرین سازند پابده با سازند گورپی هم شیب و همراه با تغییر رنگ از شیل های تیره سازند گورپی به شیل های روشن سازند پابده است.
- ۲- در مطالعات زیست چینه نگاری، ۱۹ جنس و ۳۴ گونه از نانوفسیل های آهکی شناسایی شد.
- ۳- بر مبنای شناسایی گونه های شاخص، ۶ زون زیستی شناسایی شد.
- ۴- زون های زیستی معرفی شده بر اساس نانو فسیل های آهکی در بخش قاعده ای سازند پابده در چاه مورد مطالعه عبارتند از:
 - *Ellipsolithus macellus* zone (NP4)
 - *Fasciculithus tympaniformis* zone (NP5)
 - *Heliolithus kleinpellii* zone (NP6)
 - *Discoaster mohleri* zone (NP7)
 - *Heliolithus riedelii* zone (NP8)
 - *Discoaster multiradiatus* zone (NP9)
- ۵- بر اساس زون های زیستی معرفی شده سن بخش تحتانی سازند پابده از پالئوسن پیشین (Late Danian) تا پالئوسن پسین (Thanetian) پیشنهاد می گردد.

Period	Epoch	Age	Stage	Biozones		Zonation Okada & Bukry, ۱۹۷۰	This study	<i>Biantholithus sparvus</i>	<i>Braurodsphaera bigelowii</i>	<i>Cruciacolliothus subrotundus</i>	<i>Cruciacolliothus tenuis</i>	<i>Cyclagelosphaera alta</i>	<i>Cyclagelosphaera reinhardtii</i>	<i>Chiasmolithus consuetus</i>	<i>Chiasmolithus bidens</i>	<i>Coccolithus subpurtusa</i>	<i>Discoaster areneus</i>	<i>Discoaster mohleri</i>	<i>Discoaster multiradiatus</i>	<i>Ellipsolithus macellus</i>	<i>Ericsonia robusta</i>	<i>Fasciculithus tympaniformis</i>	<i>Fasciculithus lillanae</i>	<i>Heliolithus cantabriae</i>	<i>Micula decussata</i>	<i>Markellus inversus</i>	<i>Neococcolithes protentus</i>	<i>Prinsius bisulcus</i>	<i>Prinsius martinii</i>	<i>Pontosphaera enomis</i>	<i>Placozygus sigmoides</i>	<i>Rhombaster cuspis</i>	<i>Sphenolithus anarhopus</i>	<i>Sphenolithus primus</i>							
				Martini, ۱۹۷۱	CP																																				
Base of Pabdeh	Paleocene	Middle to Late Paleocene	Selandian-Thanetian	NP ¹	<i>Discoaster multiradiatus</i>	CP ¹ b	NP ¹																																		
					<i>Discoaster nobilis</i>	CP ¹	NP ¹																																		
					<i>Discoaster mohleri</i>	CP ²	NP ²																																		
					<i>Heliolithus kleinpellii</i>	CP ³	NP ³																																		
					<i>Fasciculithus tympaniformis</i>	CP ⁴	NP ⁴																																		
					<i>Ellipsolithus macellus</i>	CP ⁵	NP ⁵																																		
				Gurpi																																					

جدول ۱- گسترش زیست چینه ای بر مبنای برخی از گونه های نانو فسیلی سازند پابده در فروافتادگی دزفول

منابع

حیدری، ا.، قلاوند، ه.، فروغی، ف.، الیاس لنکران، ز.، ۱۳۸۹. تعیین سن سازند پابده در چاه ۴۲۴ (فروافتادگی دزفول در منطقه اهواز) بر مبنای نانوفسیل های آهکی. نخستین گردهمایی و همایش ملی بررسی دستاوردهای پژوهشگران علوم زمین ایران.

فرهاد، ف.، کنی، ا.، صالحی، ف.، ۱۳۸۶. نانو استراتیگرافی سازند سورگه در میدان گازی تنگ بیجار (چاه شماره ۱۰). بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین.

با آن و مقایسه (ایذه غرب شمال) کمستان تاقدیس برش در پابده بایوستراتیگرافی سازند و . لیتوستراتیگرافی ۱۳۸۸. ن. هداوندخانی، بهشتی دانشگاه شهید ارشد، کارشناسی نامه پایان نمونه، برش

-Alavi, M., 2004. Regional Stratigraphy of the Zagros fold–thrust belt of Iran and its proforeland evolution. *American Journal of Science* Vol. 304, pp. 1–20.

- Bown, P.R., & Young, J.R., 1998. Techniques. In: Bown, P.R., (ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. *Kluwer Academic Publishers, Dordrecht*, Boston, London, pp.16–28.

-James, G.A. & Wynd, J.G., 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area: *AAPG Bull.*, Vol. 49, pp. 2182-2245.

-Rahaghi, A., 1978. Paleogene biostratigraphy of some parts of Iran. National Iranian Oil Company, Geological Laboratories, Publication 7.

-Motiei, H., 1994. Geology of Iran: *Stratigraphy of Zagros*. Geological Survey of Iran Publications, pp. 303–307.

-Perch-Nielsen, K., 1985. Cenozoic Calcareous Nannofossils. In: Bolli HM, Saunders JB, Perch-Nielsen K, editors. *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, pp. 427-554.

-Senemari, S., Sohrabi Molla Usefi, M., 2012. Evaluation of Cretaceous–Paleogene boundary based on calcareous nannofossils in section of Pol Dokhtar, Lorestan, southwestern Iran. *Arab J Geosci*. Published online.

-Wynd, J.G., 1965. Biofacies of the Iranian oil consortium agreement area: IOOC report no. 1082 (unpublished), 89 p.

Geochemical pattern of Pb-Zn mineralization in central part of Sanandaj-Sirjan Zone of Zagros Orogen and verifying new promising target area

Behzad Mehrabi and Ahmad Meshkani

Geochemistry Department, Kharazmi University, Tehran 15614

Corresponding Author: mehrabi@khu.ac.ir

Abstract:

The Sanandaj-Sirjan Zone (SSZ) is a magmatic-metamorphic belt with NW-SE trends which extends over 1200 km length and is located between the Urmieh-Dokhtar volcanic belt to the northeast and the Tethyan ophiolite zone of Zagros in the southwest. The SSZ formed in the late Cretaceous due to closure of the Neo-Tethys and subsequent collision of the Arabian-Iranian plate. It is a major metallogenic zone in Iran, containing lead and zinc, copper, iron and gold mineralization. Based on its metallogenic characteristics, SSZ can be divided in the northern, central and southern subdivisions. The central subdivision is a well known Pb-Zn mining district previously called Malayer-Esfahan Zone. Geochemical sampling and multi-element ICP-OES analysis were carried out on collected representative samples of 104 deposits and prospects, and after preliminary data processing a database was created. We used clustering techniques applied to element distribution for classification of lead and zinc deposits in the central part of the SSZ. The hierarchical clustering technique was used to characterize the elemental pattern and obtained results were put through the K-means and the respective deposits were classified into four distinct categories. K-means clustering reveals that the elemental associations and spatial distribution of the lead and zinc deposits exhibit zoning in the central part of the SSZ. The ratios of ore-forming elements (Sb, Cd, and Zn) vs. (Pb and Ag) show zoning along an E-W trend, while host rockforming elements (Mn, Ca, and Mg) vs. (Ba and Sr) show a zoning along a SE-NW trend. Associations of elements indicate the presence of MVT and SEDEX type mineralization in the central SSZ. Large and medium sized deposits occur mainly in the center of the studied area, which justify further exploration around occurrences and abandoned mines in this

area. New promising areas for future grass-root exploration were introduced for discovering possible target areas for large to medium size ore deposits.

Keywords: Pb–Zn deposits, Zagros orogen, Sanandaj–Sirjan metallogenic zone, Cluster analysis, Spatial pattern, Iran

Different styles of volcanism across the Zagros-Bitlis suture zone

Samuele Agostini^{*1}, Piero Manetti², Mehmet Yılmaz Savaşçın³, Michele Lustrino⁴

*presenting author

¹ IGG-CNR, Institute of Geosciences and Georesources, Italian National Research Council, Pisa, Italy

² Earth Science Department, University of Florence, Italy

³ Department of Geological Engineering, Tunceli University, Turkey

⁴ Earth Science Department, La Sapienza University of Rome, Italy

The Zagros-Bitlis suture zone was emplaced in Late Miocene after the closure of last branch of Tethys Ocean, and marks the transition from convergence to collision between the Arabian and Eurasian plates. In the northern part of this 1800 km-long belt, suture emplacement dates back to the upper Miocene (e.g. Husing et al., 2009).

It is noteworthy that in close proximity of this suture zone very abundant volcanic activity took place, before and after the suture onset, both in the Eurasian (and Anatolian) upper plate(s) and Arabian (and African) lower plate(s).

In both upper and lower plates, some of these products have calc-alkaline affinity and the typical geochemical characters of subduction-related rocks, whereas some others are alkaline, strongly SiO₂-undersaturated and reveal an intraplate-type mantle source, and both “orogenic” and “anorogenic” products, have a time span from 20 Ma to Recent. This means that all these products were emitted before and after the onset of collision and the suture emplacement.

In Iranian Kurdistan Quaternary alkali basalts have been recently reported (Allen et al., 2013), following the Eocene-Miocene Urumieh-Dokhtar orogenic magmatism (e.g. Kazmin et al., 1986) and the occurrence of subduction-related and intraplate-type volcanic products in the same region is a common feature in orogenic belts, with is also found in surrounding areas, such as the Aegean-Western Anatolian region.

However, volcanism across the north-western area of the Zagros-Bitlis suture zone have some peculiarities. Indeed, calc-alkaline and sodic alkaline products have usually different time distribution: for instance in Iranian Kurdistan, Western Anatolia, Central Aegean and Thrace calc-alkaline products are remarkably older than alkali basalts (e.g. Agostini et al., 2007). On the contrary, in Eastern and South-Eastern Anatolia, calc-alkaline andesites and basanites may have the same age and being intimately space related. Moreover, in the Arabian plate, alkali basaltic plateau lavas are sometimes remarkably older than calc-alkaline lavas and ignimbrites, as those around Şarkışla (Turkey), dated at 15.7-14.0 Ma ago, and south of Sivas (Turkey), which gave K-Ar ages of 5.1-4.8 Ma ago.

It is also noteworthy that all the alkali basalts found in proximity of Zagros-Bitlis suture were not emplaced in extensional tectonic regime, which is the typical expected tectonic context for these lavas.

Thus, a different and more complex mechanism should be invoked to explain the genesis of these magmas, and the contemporaneous activation of different mantle sources.

References:

- Agostini et al., 2007, GSA Sp Pap 418, 1-15
Allen et al., 2013, J Petrol 54 (5), 887-911
Husing et al., 2009, GS London Sp Publ 311, 107-132
Kazmin et al., 1986, Tectonophys 123, 123-152

Scientific delirium vs. scientific dogma in basalt petrogenesis

M. Lustrino

*Dipartimento di scienze della Terra, Università degli Studi di Roma La Sapienza,
P.le A. Moro, 5, 00185 Roma, Italy*

In ancient Greek the “lyra” was the track left by a plough (the “lystron”). To go out of (or jump) the “lyra” was considered a sort of lapse of reason, a raving or, more properly, a delirium. In doing Science, it should be easy to distinguish delirium (i.e., proposing unconstrained or unnatural hypotheses and models) from dogma (i.e., the basic rules governing the systems). Strictly speaking, scientific theories can be falsified, in contrast with dogmas (assumptions) which do not need to be verified. In reality, the distinction between delirium and dogma is not easy, particularly in the Earth Sciences.

The thermal state and chemical composition of Earth’s mantle are not yet well known. Not only are the detailed structure and distribution of the chemical and mineralogical heterogeneities unknown in detail, but also the gross features are at best cloudy. Basic and intuitively simple concepts such as geotherm, mantle adiabat, potential temperature, lithosphere, asthenosphere and others probably need to be re-thought. The message given by an igneous rock allowing one to infer the characteristics of its mantle source or the tectonic setting of formation is not yet fully understood and may not be understandable at all. There is much chemical and geophysical evidence arguing for disequilibrium at different depths in the Earth’s mantle, diminishing the importance of classical thermodynamic approaches. The problem of the scales at which the processes develop must similarly be taken into consideration. As a consequence, the basic assumption that there is chemical equilibrium in the upper mantle also needs re-thinking.

Too simplistic assumptions (e.g., the presence of lithologically homogeneous and chemically depleted upper mantle with constant Mg# close to 90, the excess of temperature existing at the base of the core-mantle boundary layer, the absence of influence of plate tectonic-derived modifications such as super-continent thermal insulation or the cooling effects of the subducting plates, the olivine-only-dominated fractionation paths of primitive basaltic melts) can lead to unreal conclusions in geochemical and petrological modeling. In this framework the more logical scientific hypotheses (based on realistic assumptions) are defined as delirium, while other “untouchable” hypotheses (dogma), such as the alleged presence of deep mantle plumes, survive as zombies. A few didactic concepts will be presented to show how distant we probably are from true understanding of the Earth’s mantle dynamics.