شناسایی یک دریاچه قدیمی برای نخستین بار در واحدهای کواترنری اطراف شهر یزد

بهنام پاشازاده[1*]، داود جهانی[2]، راضیه لک[3]، حمید نظری[4] و مسعود زمانی پدرام[5]

[1]دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[2]دانشیار، گروه زمین‌شناسی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[3]دانشیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران
[4]استادیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران
[5]دکترا، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳/ ۰۹/ ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: ۱۸/ ۱۰/ ۱۳۹۶

چکیده

هدف از این پژوهش شناسایی واحدهای کواترنری و تعیین محیط رسوبی اطراف شهر یزد در ایران مرکزی است. منشأ رسوبات کواترنری به‌طور عمده به فرسایش واحدهای سنگی دوره‌های تریاس، کرتاسه و پالئوژن مربوط می‌شود. بر اساس نتایج مطالعات رسوب‌شناسی، ۶ نوع رخساره به نام‌های گل، سیلت، سیلت ماسه‌ای، ماسه سیلتی، ماسه گلی و گل ماسه‌ای شناسایی شد. نتایج مطالعات کانی‌شناسی به روش پراش اشعه ایکس (XRD) نشان می‌دهد که نمونه‌ها به‌طور عمده از کانی‌های کوارتز، کلسیت، دولومیت، فلدسپار، مسکوویت و کانی‌های رسی تشکیل شده‌اند. در بررسی‌های فسیل‌شناسی دو گونه مهم استراکود به نام‌های .Ilyocypris sp مربوط به آب‌های شیرین و .Candona sp مربوط به آب‌های با شوری‌های مختلف شناسایی شد. با توجه به تنوع رخساره‌ها و فسیل‌های موجود در آنها حدود تقریبی گسترش دریاچه در ناحیه مورد مطالعه تعیین شد. ویژگی‌های رخساره‌ای، نوع کانی‌های تشکیل‌دهنده آن و فسیل‌های شناسایی شده در رسوبات نشان‌دهنده رسوب‌گذاری این رخساره‌ها در یک محیط رسوبی دریاچه‌ای است که برای اولین بار در ناحیه مورد مطالعه شناسایی شده است.

کلیدواژه‌ها: ایران مرکزی، کواترنری، رسوب‌شناسی، کانی‌شناسی، فسیل‌شناسی، دریاچه.

***نویسنده مسئول:** بهنام پاشازاده
E-mail: pashazadeh1360@gmail.com

۱- پیش‌نوشتار

کواترنری ۲ دوره به نام‌های پلیستوسن از ۲/۶ میلیون سال پیش تا ۱۱/۷۰۰ هزار پیش و هولوسن از ۱۱/۷۰۰ هزار سال پیش تا امروزه را شامل می شود (IUGS, 2015). دوران یخچالی و بین یخچالی در ایران در عرض‌های جغرافیایی مختلف، دارای شرایط آب‌وهوایی متفاوتی هستند. در دوران یخچالی که اکثر نقاط اروپا دارای آب‌وهوای سرد و خشک بوده‌اند در عرض‌های جغرافیایی مختلف ایران آب‌وهوای سرد و مرطوب، گرم و مرطوب و گرم و خشک حاکم بوده است (اصغری‌مقدم، ۱۳۹۰). زمان کوتاهی است که کواترنری در دانش زمین‌شناسی جایگاه پراهمیتی را اشغال کرده است. تا ابتدای قرن حاضر مطالعه سنگ‌ها و فسیل‌ها به خصوص بررسی آنچه مربوط به گذشته‌های دوردست زمین‌شناسی بوده است تمام وقت زمین‌شناسان را به خود اختصاص داده بود. روی نقشه‌های زمین شناسی ایران حتی تا چند سال پیش کواترنر بدون هیچ‌گونه مشخصات و توضیحات فقط به رنگ سفید نمایش داده می‌شد. بسیاری از این متخصصین زمان کوتاه کواترنری را در مقابل زمان‌های بسیار طولانی گذشته در مقیاس ده‌ها میلیون سال خالی از اهمیت فرض می‌کردند (معتمد، ۱۳۹۰).

بیشتر دریاچه‌های جهان چند صد تا هزار سال قدمت دارند. در بازه زمانی زمین‌شناسی، دریاچه‌ها کوچک‌تر و پس از مدتی خشک می‌شوند و از بین می‌روند (Day, 2006). دو ویژگی اصلی مطالعه دریاچه‌ها، یکی حساسیت و ارتباط مستقیم آنها با تغییرات آب‌وهوایی و دیگری مطالعات توالی عمودی دریاچه‌هاست که می‌توان تغییرات را از سواحل به سمت مرکز دریاچه از دیدگاه رسوب‌شناسی (رخساره های رسوبی) و تغییرات شیمیایی آب مورد بررسی قرار داد. در مطالعه یک دریاچه، اطلاعات هیدرولوژیکی و مطالعات رخسارها بسیار ارزشمند است. ولی عاملی که باعث تغییر در ماهیت و آرایش آنها می‌شود، وجود یک خروجی آب است. در صورتی که یک دریاچه دارای خروجی باشد از نوع باز و در صورت نبود خروجی آب، از نوع بسته است. ممکن است یک دریاچه در طول تاریخ، چندین مرحله باز و بسته بودن را تجربه کند (Reading, 1996).

تاکنون در رابطه با رخساره‌های رسوبی دریاچه‌های قدیمی و عهد حاضر مطالعات گسترده‌ای در نواحی مختلف جهان اعم از ایران (غضبان و مهاجر باوقار، ۱۳۷۶؛ لک، ۱۳۸۶؛ عبدی و رحیم‌پور بناب، ۱۳۸۹؛ درویشی خاتونی و همکاران، ۱۳۹۴) و سایر نقاط جهان (Mángano et al., 1994; Mamedov, 1997; Khormali and Abtahi, 2003; Dube-loubert and Roy, 2017; Lorrey and Newnham, 2017) انجام شده است.

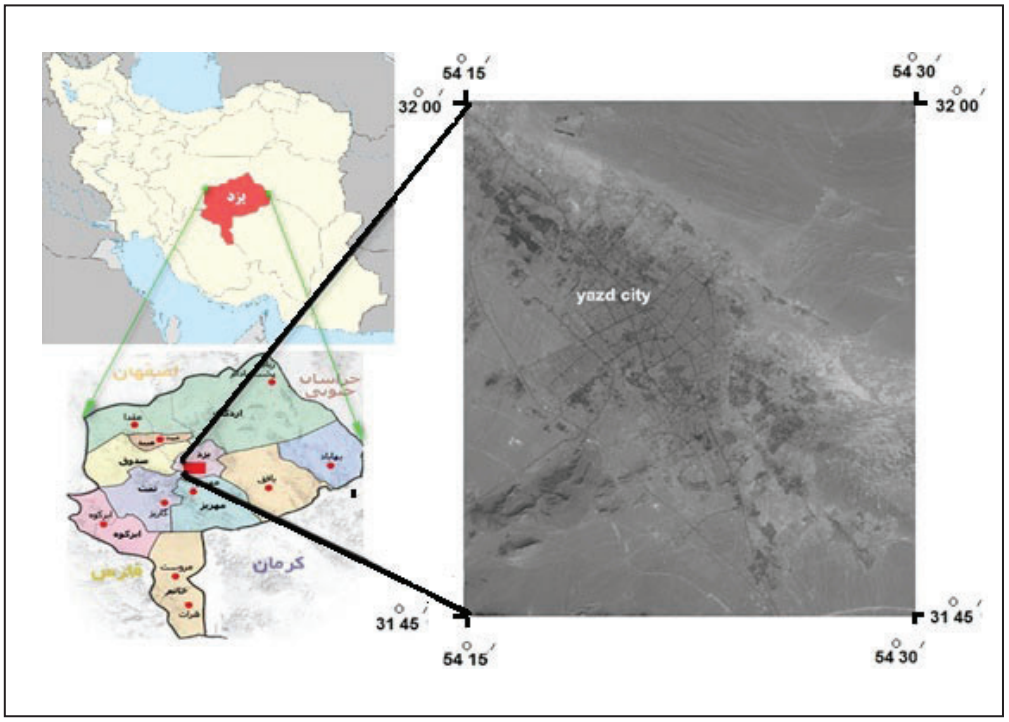
در ایران یخچال‌ها به جز در ارتفاعات بیش از ۲۵۰۰ متر، در دیگر مناطق وجود ندارد. استفاده از واحدهای مربوط به دوران عصر یخبندان برای تمام محیط‌های رسوبی در ایران مورد تأیید نیست. به همین منظور پس از بررسی نتایج حاصل از آنالیز نهشته‌های منطقه و با توجه به مطالعات میدانی بسیار گسترده، دریاچه مورد شناسایی و بررسی قرار داده شد. نهشته‌های کواترنری در ایران بیشترین تنوع و گستردگی را دارند. بیشتر شهرها و سازه‌های ساخته شده، بر روی نهشته‌های کواترنری بنا شده است. به دلیل اهمیت و نقش بالای مطالعه کواترنر در زندگی بشر، می‌توان با نگرشی دقیق و کارشناسانه از مخاطرات و حوادث مخرب طبیعی مانند سیل، بهمن، زمین‌لرزه و... جلوگیری کرد. وجود بانک اطلاعاتی قوی و شناخت دقیق از زیربنای شهرها در هر کشوری، کمک شایانی به حفظ ثروت‌های بزرگ در آن مملکت خواهد کرد.

هدف از این تحقیق، شناسایی یک دریاچه قدیمی در اطراف شهر یزد بر پایه مطالعات رسوب‌شناسی، ژئوشیمی رسوبی و فسیل‌شناسی است.

۲- موقعیت جغرافیایی

استان یزد در مرکز ایران در قلمرو سلسله جبال مرکزی ایران قرار گرفته است. این استان در حدود ۷۲۱۵۶ کیلومتر مربع وسعت دارد و تقریباً ۴/۳۷ درصد از وسعت کل ایران را در بر می‌گیرد. به دلیل قرار داشتن بر روی کمربند خشک جهانی دارای زمستان‌های

سرد و نسبتاً مرطوب و تابستان‌های گرم و طولانی و خشک است. ناحیه مورد مطالعه بین عرض‌های جغرافیایی ′۴۵ °۳۱ تا °۳۲ شمالی و طول جغرافیایی ′۱۵ °۵۴ تا ′۳۰ °۵۴ شرقی قرار دارد. در شکل ۱ موقعیت استان یزد در نقشه ایران، شهرهای مختلف استان یزد و همچنین موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه مشخص شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهر یزد.

۳- زمین‌شناسی ناحیه مورد مطالعه

آقانباتی (۱۳۸۹) جایگاه زمین‌شناسی شهر یزد را در خرده‌قاره ایران مرکزی قرار داده که بخشی از ایران میانی است. این محدوده با زمین‌درزهای افیولیتی سیستان، نایین، بافت، گسل درونه و افیولیت‌های کاشمر- سبزوار احاطه شده است و توسط گسل‌های طویل دارای خمیدگی به سمت باختر و از نوع امتدادلغز راست‌گرد تفکیک شده‌اند.

در گذشته خرده‌قاره ایران مرکزی را بخشی از توده میانی ایران مرکزی می‌دانستند ولی به باور Stoklin (1968) پس از سخت شدن پی‌سنگ پرکامبرین، بخش یاد شده در زمان پالئوزوییک ویژگی‌های سکویی داشته و در زمان‌های مزوزوییک و سنوزوییک به منطقه‌ای پر تحرک و پویا تبدیل شده است. با وجود این باید گفت که الگوی ساختاری حاکم بر این خرده‌قاره از نوع بلوک‌های جدا شده با گسل‌های عمده است که هر یک ویژگی‌های جداگانه دارند و پویایی خرده‌قاره در همه جا یکسان نیست. شواهد موجود نشان می‌دهند که کوهزایی کاتانگایی در این ناحیه در پرکامبرین پسین و پیش از یک رژیم سکویی حاکم شده است.

۴- روش مطالعه

جهت شناسایی دقیق نهشته‌های کواترنری در اطراف شهر یزد، ابتدا مطالعات کتابخانه‌ای و سپس مطالعات دقیقی به روی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای در بازه زمانی ۲۰ ساله صورت پذیرفت و واحدهای رسوبی به‌صورت کلی شناسایی و تفکیک شد. ساختار کلی زمین‌شناسی منطقه و تأثیر واحدهای زمین‌شناسی در رسوبات کواترنر مورد بررسی قرار گرفت. جهت مطالعات دقیق واحدهای کواترنری، عملیات صحرایی هدفمند و مشخصی برنامه‌ریزی و برای هر واحد زمین‌شناسی کواترنری شناسایی شده یک شبکه نمونه‌برداری سیستماتیک مجزا و مخصوص به خود تعریف شد و طبق شبکه نمونه‌برداری سیستماتیک نمونه‌های مورد نظر برداشت شدند. علاوه بر ترانشه‌های موجود در این ناحیه، ۲ ترانشه به عمق ۵ متر جهت مطالعه دریاچه حفر و بیش از ۴۰ نمونه سطحی (با فاصله نیم متر) و زیرسطحی از ترانشه‌ها برداشت شد.

پس از پایان عملیات صحرایی نمونه‌های برداشت شده جهت انجام آزمایش‌های رسوب‌شناسی (دانه‌بندی)، ژئوشیمی رسوبی به ویژه ICP-OES، مطالعات فسیل‌شناسی و نیز تهیه عکس توسط دستگاه SEM به آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی مرکز کرج منتقل شد. نتایج به دست آمده از مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی با یکدیگر تلفیق شد و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای Spss و Arc gis مورد ارزیابی و تفسیر قرار گرفت.

جهت شناسایی دقیق دریاچه مورد نظر، مطالعات گسترده صحرایی و آزمایشگاهی در رابطه با رسوب‌شناسی، ژئوشیمی رسوبی و فسیل‌شناسی صورت گرفت که در ادامه شرح داده می‌شود.

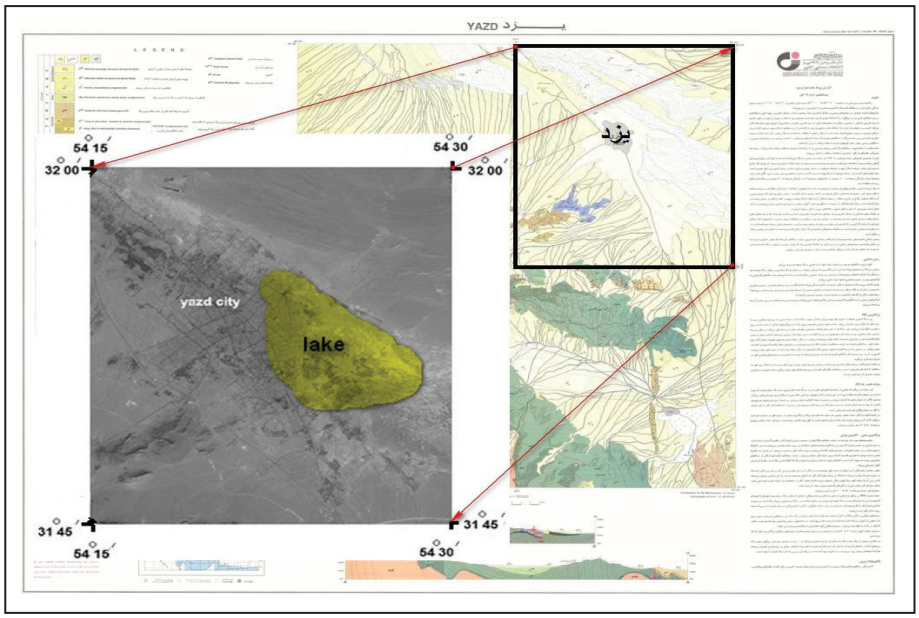
۵- رسوب‌شناسی

در این پژوهش پس از حفر ۲ ترانشه، نمونه‌برداری از سطح به عمق انجام پذیرفت. در نمونه‌های برداشت شده پس از انجام آنالیز دانه‌بندی، رسوبات بر اساس طبقه‌بندی Folk (1974) نام‌گذاری شدند و همچنین رخساره‌های آنها شناسایی شد. هر یک از ترانشه‌ها به‌صورت جداگانه مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت.

طبق جدول ۱ با بررسی نتایج رسوبات مشخص شد که دریاچه مورد مطالعه در حال توسعه بوده و از قدیم به جدید، رطوبت هوا و بارش بیشتر شده و اقلیم مرطوب بر ناحیه حاکم بوده است. زیرا رسوبات از عمق به سطح روند ریزشدگی دارند و عمق آب افزایش یافته است. نکته قابل توجه سرعت بالای تغییرات آب‌وهوایی در منطقه مورد مطالعه بوده زیرا در اثر خشک شدن یک دریاچه آن هم طی گذر زمان، حجم قابل توجهی از رسوبات دارای کانی‌های تبخیری در لایه‌های مختلف رسوبات منطقه مشاهده نشده است. ولی در مطالعه ترانشه‌های ایجاد شده در منطقه اثری از وجود لایه‌های دارای حجم بالایی از کانی‌های تبخیری مشاهده نشد.

نتایج جدول ۲ که مربوط به ترانشه شماره ۲ است، شاهد یک اقلیم مرطوب در ناحیه مورد مطالعه بوده که همان روند ریزشدگی اندازه رسوبات از عمق به سطح در آن قابل مشاهده است. باتوجه به این مطلب که ترانشه شماره ۱ در مرکز دریاچه قرار دارد و ترانشه شماره ۲ در فاصله ۱ کیلومتری به سمت ساحل دریاچه حفر شده است با مقایسه نتایج رسوب‌شناسی، می‌توان روند توسعه دریاچه مورد نظر را به وضوح مشاهده کرد. همچنین افزایش رسوبات ماسه‌ای در ترانشه شماره ۲ نشان‌دهنده عمق کمتر ناحیه ترانشه شماره ۲ نسبت به ترانشه شماره ۱ است. از مطالعاتی که در رابطه با تکامل دریاچه ها صورت گرفته است می‌توان به Talbot and Lærdal (2000)، Melles et al. (2007)، Labeyrie et al. (2003) و Asikainen et al. (2007) اشاره کرد.

ضخامت بالای رسوبات سیلتی و رسی در منطقه مورد مطالعه (طبق مطالعات چاه‌های حفاری شده در گذشته)، نشان‌دهنده یک محیط دریاچه باز در منطقه است که در مواقع پر باران و افزوده شدن حجم زیادی از آب‌های سطحی، سطح آب در این دریاچه بالا رفته و با توجه به شیب توپوگرافی از موقعیت شمال شرق شهر یزد کنونی به سمت شمال میبد و شرق اردکان جریان یافته است. ولی در زمان‌هایی که حجم آب‌های سطحی و نزولات جوی کاهش یافته این دریاچه همانند یک دریاچه بسته عمل کرده و در یک شرایط آرام رسوب‌گذاری صورت پذیرفته است. در شکل ۲ محدوده دریاچه و ترانشه‌های مورد مطالعه بر روی تصویر ماهواره‌ای و نقشه یک صد هزار یزد دیده می‌شود.



شکل ۲- تعیین محدوده دریاچه شناسایی شده و ترانشه‌ها بر روی تصویر ماهواره‌ای و نقشه ۱۰۰ ۰۰۰ /۱ یزد.

جدول ۱- مشخصات نمونه‌های رسوبات دریاچه‌ای در ترانشه شماره ۱.

Number	Name and Facies of sampel		Mean	Kurtosis		Inclusive Graphic standard Deviation		Inclusive Graphic Skewness		Description	
										Depth of sample	Color of sample
y-k-13	Mud	M	0.9	0.9	(Mesokurtic)	2.1	(Bad sorting)	7.9	(near symmetical)	1	Dark Brown
W.T.K.13	Silt	Z	6.32	0.95	(Mesokurtic)	0.5	(good sorting)	0.008	(near symmetrical)	2.	Bright Brown
W.1	Sandy Clay	sZ	3.81	0.63	(very platy kurtic)	2.1	(very Bad sorting)	0.58	(Strongly fine Skewed)	3	Bright Brown

جدول ۲- مشخصات نمونه‌های رسوبات دریاچه‌ای در ترانشه شماره ۲.

Number	Name and Facies of sampel		Mean	Kurtosis		Inclusive Graphic standard Deviation		Inclusive Graphic Skewness		Description	
										Depth of sample	Color of Sample
W.T.1	**Muddy Sand**	mS	3.74	0.67	(platy kurtic)	1.95	(Bad sorting)	0.39	(Strongly fine Skewed)	1	Dark Brown
W.T.2	**Silty Sand**	zS	5.25	0.88	(platy kurtic)	1.90	(Bad sorting)	-0.19	(Coarse Skewed)	2.	Bright Brown
W.T.3	**Silty Sand**	zS	3.96	1.06	(Meso kurtic)	1.55	(Bad sorting)	0.73	(Strongly fine Skewed)	3	Bright Brown
W.T.6	**Sandy Silt**	cS	5.18	0.69	(platy kurtic)	2.17	(very Bad sorting)	-0.29	(Coarse Skewed)	4	Bright Brown

۶– مطالعات ژئوشیمی نهشته‌های دریاچه‌ای

برای حصول نتایج مطلوب ۱۵ عدد از نمونه‌های دریاچه، مورد ارزیابی طیف‌سنجی تابشی (ICP-OES) و پراکنش اشعه ایکس (XRD) قرار گرفت.

۶– ۱. طیف‌سنجی تابشی (ICP–OES)

با استفاده از نرم‌افزار SPSS داده‌ها و نتایج حاصل از طیف‌سنجی تابشی پردازش شد و میزان عنصرهای موجود در ناحیه مورد مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفت تا مشخص شود چه عناصری باعث آلایندگی می‌شوند و نیز به بررسی ارتباط آنها پرداخته شد.

– **رسم نمودار میانگین برخی عناصر و مقایسه آنها با میزان استاندارد EPA:** با توجه به مطالعات انجام شده و رسم نمودارهای برخی عناصر و مقایسه میزان میانگین آنها با استانداردهای EPA در نرم‌افزار spss (شکل ۳)، میزان برخی از عناصر مانند نیکل و کروم در این دریاچه نزدیک به مرز آلودگی مشاهده شد که باعث عوارض و اختلالاتی برای انسان و محیط زیست می‌شود.

• **نیکل (Ni):** نیکل جزو عناصری است که وابستگی مستقیمی به مواد آلی دارد. خاک‌های لاتریتی می‌توانند حاوی مقادیر زیادی از این عنصر باشند. نیکل و وانادیم دو عنصر فرعی مهم در نفت خام هستند (Ikebe and Tanaka, 1979). مقادیر فراوان نیکل عنصر در زغال‌سنگ نیز یافت می‌شود (El-Moselhy, 2006).

میزان نیکل موجود در خاک می‌تواند بسیار کم (۰/۲ ppm) یا در خاک های رسی بسیار زیاد (۰/۴۵ ppm) باشد. در ناحیه مورد مطالعه میزان این عنصر ۸۹/۱۳ ppm است که این حجم بالای عنصر در ناحیه مورد مطالعه مربوط به رسوبات شیلی و ماسه‌سنگی حاوی زغال‌سنگ است که پس از فرسایش توسط آب حمل شده و در این دریاچه رسوب کرده است.

• **کروم (Cr):** کروم همانند سایر عناصر فلزی دارای منشأ بیرون حوضه‌ای است. این عنصر تمایل بالایی برای جذب در ساختار کانی‌های کربناته ندارد و بسترهای گلی را برای رسوب‌گذاری ترجیح می دهد. در مقیاس جهانی مهم‌ترین منبع ورود کروم به درون دریاها فاضلاب‌های خانگی با فراوانی ۳۲/۲ % از کل کروم موجود در دریاها هستند (Barceloux, 1999). در ناحیه مورد مطالعه میزان این عنصر ۹۷/۹۵ ppm است.

– **آنالیز کلاستر:** همان‌گونه که در شکل ۴ مشخص است نتایج حاصل از این گونه مطالعات به‌صورت دندوگرام ارائه می‌شود که در ناحیه مورد مطالعه می‌توان سه خانواده اصلی را مشاهده کرد.

• **خانواده A:** در واقع ستون اصلی است که عناصر با هم ارتباطی خیلی نزدیک دارند.

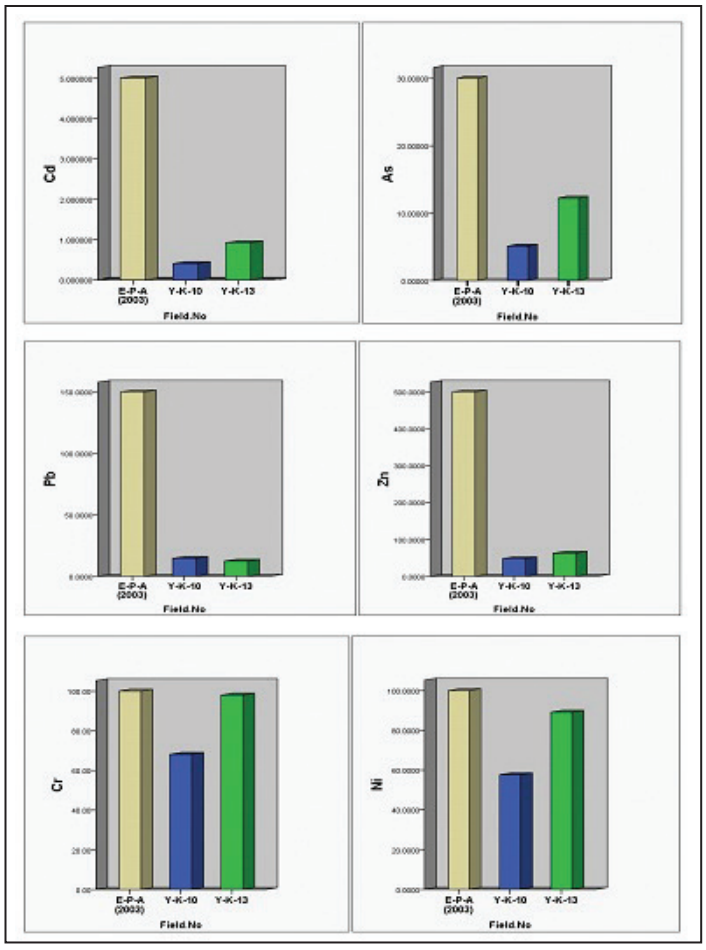
•**خانواده B:** این خانواده به دلیل ارتباط بین عناصر Sr و Ba مورد توجه قرار گرفته است. البته این ارتباط منشأ بیوشیمیایی دارد و معنادار است. در این آنالیز ارتباط نزدیکی بین دو عنصر باریم و استرانسیم مشاهده می‌شود. کانی باریت با حضور باریم در ذخایر قابل توجه است. منشأ این عناصر می‌تواند مرتبط با معادن سرب و روی موجود در واحدهای سنگی اطراف شهر یزد باشد. غالباً کانی باریت به‌صورت رگه‌ای و پرشدگی شکاف در سنگ‌های آهکی تشکیل و گاهی نیز به عنوان ذرات تشکیل دهنده سیمان در ماسه‌سنگ‌ها مشاهده می‌شود و یا توده‌های خاکی را در لایه‌های مارنی به وجود می‌آورد.

• **خانواده C:** در این خانواده ارتباط بسیار نزدیکی بین عنصرهای Mn و P وجود دارد.

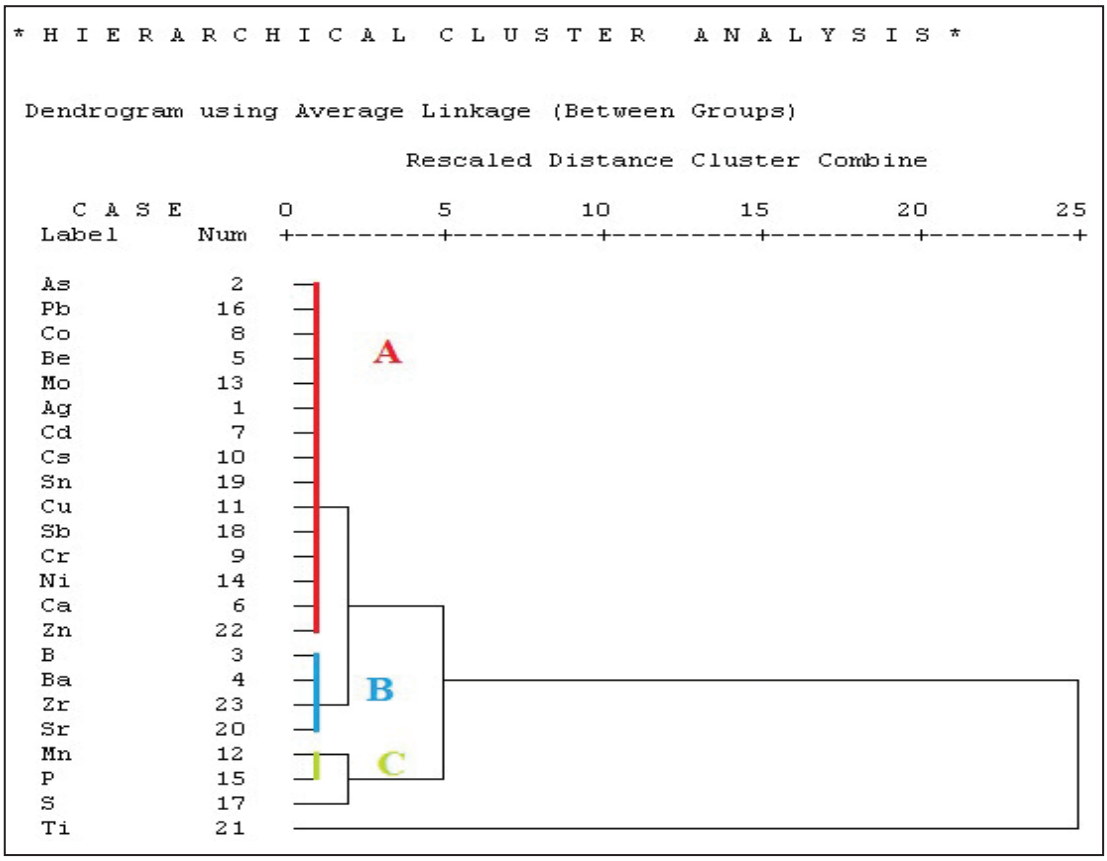
۶– ۲. کانی‌شناسی رس‌ها

طیف‌سنجی پراش پرتو ایکس (XRD) یکی از بهترین روش‌های شناسایی رس‌هاست که این آزمایش در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (مرکز تبریز) انجام شد.

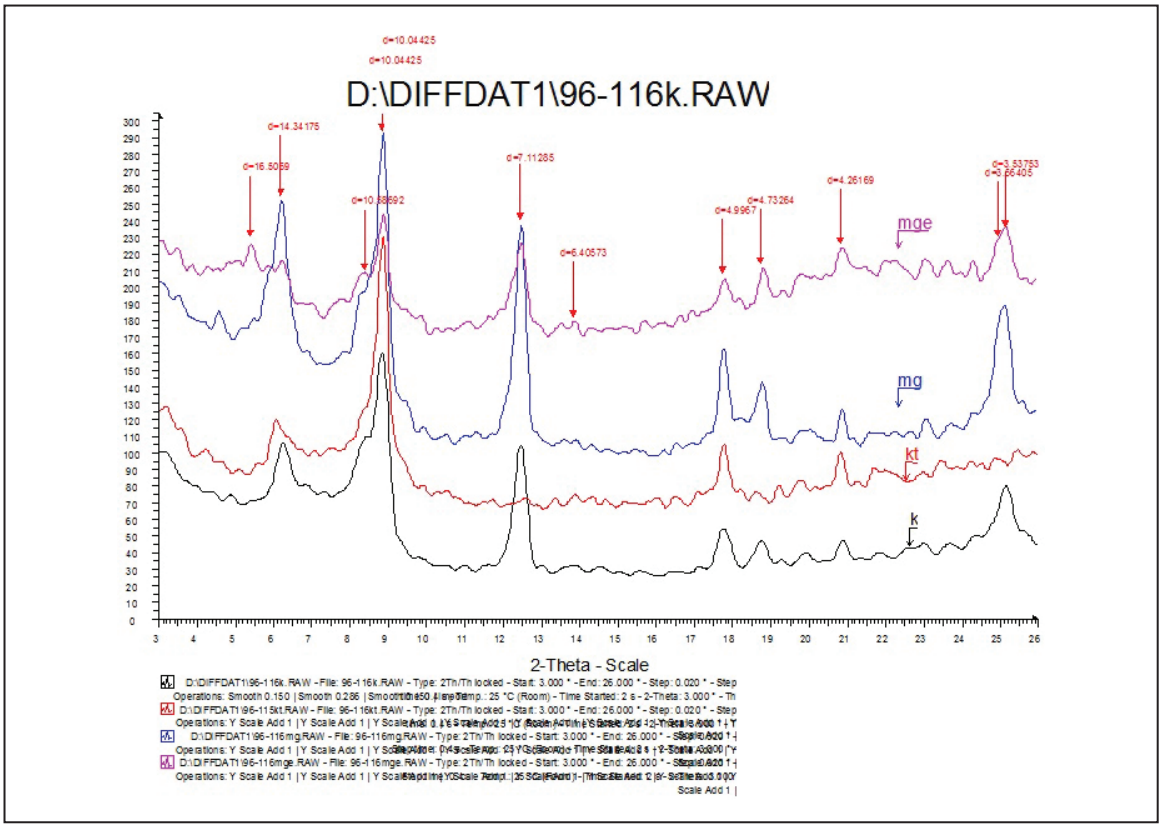
نتایج آنالیز XRD نشان می‌دهد که میزان کوارتز ۱۷ تا ۱۸ %، کلسیت ۵۱ تا ۴۸ %، فلدسپار ۵ تا ۶ %، دولومیت ۱۱ تا ۱۲ %، مسکویت ۴ تا ۵ %، کانی های رسی ۹ تا ۱۲ % است (شکل ۵). شناسایی دقیق کانی‌های رسی دارای اهمیت فراوانی است. زیرا در صورت شناسایی دقیق آنها می‌توان به اقلیم گذشته و زمان رسوب‌گذاری پی برد. در ناحیه مورد مطالعه رس‌ها در صنایع آجرپزی مورد استفاده قرار می‌گیرند و از نظر اقتصادی حائز اهمیت هستند.



شکل ۳– رسم نمودار برخی از عناصر و مقایسه آنها با اندازه استاندارد EPA.



شکل ۴- دندوگرام آنالیز کلاستر در رسوبات دریاچه‌ای.



شکل ۵-گراف آنالیز پراش اشعه ایکس.

کانی‌های رسی در رسوبات منفصل و سنگ رسوبی سه منشأ دارند: ۱) موروثی (به ارث برده شده‌ها)؛ ۲) رس های نوظهوری یا نوشکل یافته؛ ۳) رس‌های تبدیلی (Hillaire-Marcel and Vernal., 2007).

تنوع کانی‌های رسی که در دریاچه‌ها رسوب می‌کنند، به‌طور قابل ملاحظه‌ای در تغییر است و به ترکیب سنگ منشأ، آب‌وهوای محیط، شیمی آب دریاچه و فرایندهای دیاژنز بستگی دارد. جهت شناسایی دقیق کانی‌های رسی، در ادامه دو نمونه از رسوبات محیط رسوبی دریاچه‌ای که حائز اهمیت هستند مورد تفسیر قرار خواهد گرفت.

طبق نتایج جدول ۳، رسوبات محیط رسوبی دریاچه‌ای ناحیه مورد مطالعه، در زمان رسوب‌گذاری دارای آب‌وهوای خشک و کم‌باران و اکثر بارندگی‌ها به‌صورت رگباری و سیل‌آسا هستند زیرا کانی‌های رسی ایلیت و کلریت که مربوط به آب‌وهوای خشک و کم‌باران هستند در کانی‌های رسی رسوبات ناحیه مورد مطالعه شناسایی شده‌اند.

جدول ۳- نتایج کانی‌های آنالیز XRD نمونه رسوبات دریاچه‌ای.

کانی‌های رسی	محیط خشک و کم باران (Zhou and Keeling, 2013)	ایلیت، کلریت، مونت‌موریلونیت	۱۲-%۹
	محیط دیاژنزی و منشأ تخریبی (Chamley, 1989)	پالیگورسیت	

کانی‌های رسی ایلیت و کلریت می‌توانند نماینده محیط‌های خشک و کم‌باران باشند (Zhou and Keeling, 2013) و با حضور کانی اسمکتیت در خاک‌های منطقه می‌توان به آب‌وهوای مرطوب گذشته پی برد (Khormali and Abtahi, 2003).

در اکثر مواقع منشأ کانی‌های رسی در دریاچه‌ها، تخریبی است. لیکن کانی‌های اتوژن نظیر سپیولیت، پالیگورسکیت و کورنزیت نیز در داخل دریاچه ها تشکیل می‌شوند. این کانی‌های رسی، خاص محیط‌های دیاژنزی به شمار می‌روند که عمدتاً در رسوبات دریاچه‌های شور و قلیایی یافت می‌شوند (Chamley, 1989). بیش از نیمی از حجم رسوبات را کلسیت تشکیل می‌دهد زیرا منشأ اصلی رسوبات دریاچه مربوط به دوره کرتاسه (سازند غیر رسمی آهکی تفت) و دوره تریاس (سازند آهکی نایبند) است. با توجه به وجود ۴ تا ۶ درصد فلدسپار و مسکوویت، می‌توان چنین بیان کرد که مجموعه رخدادهای فرسایش تا رسوب‌گذاری در یک مدت زمان کوتاه انجام پذیرفته است. زیرا فلدسپار و مسکوویت به علت پایداری کم، بیشتر در سیکل اول رسوب‌گذاری مشاهده می‌شوند.

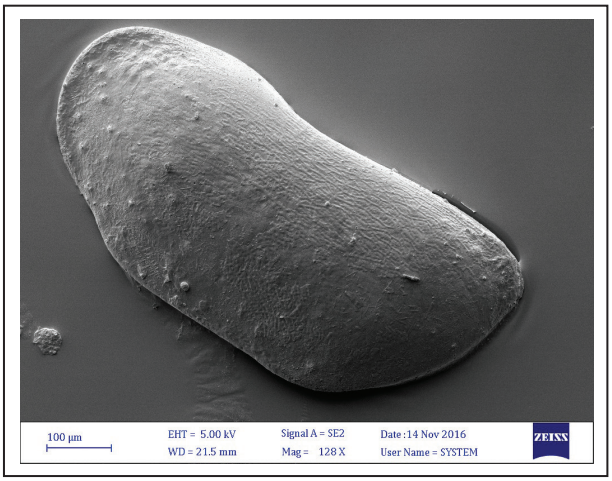
۷- فسیل‌شناسی

در زمینه تکامل زیستی موجودات، استراکودها دارای مزایای ویژه و بسیار عالی هستند که در صورت شناسایی دقیق، می‌توانند به عنوان یکی از روش‌های جدید شناسایی محیط رسوبی در مناطق مختلف معرفی شوند. استراکودها جنس‌های متنوعی دارند که می‌توانند در تفکیک محیط‌های دریایی و غیر دریایی در گذشته مفید باشند (Horne and Martens, 1997).

در مطالعات کواترنری می‌توان اطلاعات بسیار ارزشمندی از طریق مطالعه استراکودها به دست آورد. استراکودهای شناسایی شده در منطقه عبارتند از *Ilyocypris* sp. و *Candona* sp. که نشان‌دهنده یک محیط رسوبی دریاچه ای است.

- Candona: طبق مطالعات انجام شده به روی این گونه از استرکودها مشخص شد که این گونه سازگاری بالایی با آب‌های با شوری‌های مختلف دارد و در منطقه مورد مطالعه نیز حجم زیادی از این گونه شناسایی شد که در شکل ۶ می‌توان تصویر آن را مشاهده کرد. این فسیل در آب‌های با شوری‌های مختلف یافت می‌شود. طبق مطالعات گسترده Cohuo et al. (2016) در دریاچه گرمسیری مکزیک، فسیل *Candona* شناسایی شد که نشان داد این فسیل در آب‌های با شوری نسبتاً بالا قابل شناسایی است.

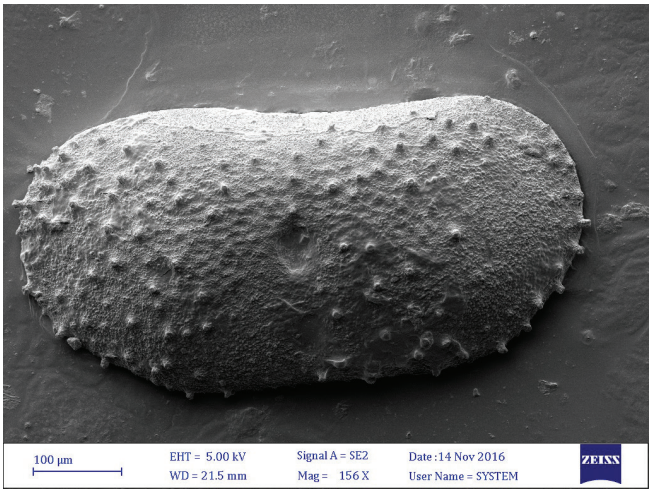
در گذشته نیز Viehberg (2006) در شمال شرق آلمان و Higuti et al. (2009) در برزیل مطالعات زیادی را در داخل آب‌های نسبتاً شیرین انجام داده بودند که گونه *Candona* بیشتر در مناطقی که رودخانه حالت مئاندری، ساکن و دریاچه‌ای دارد قابل شناسایی بوده است.



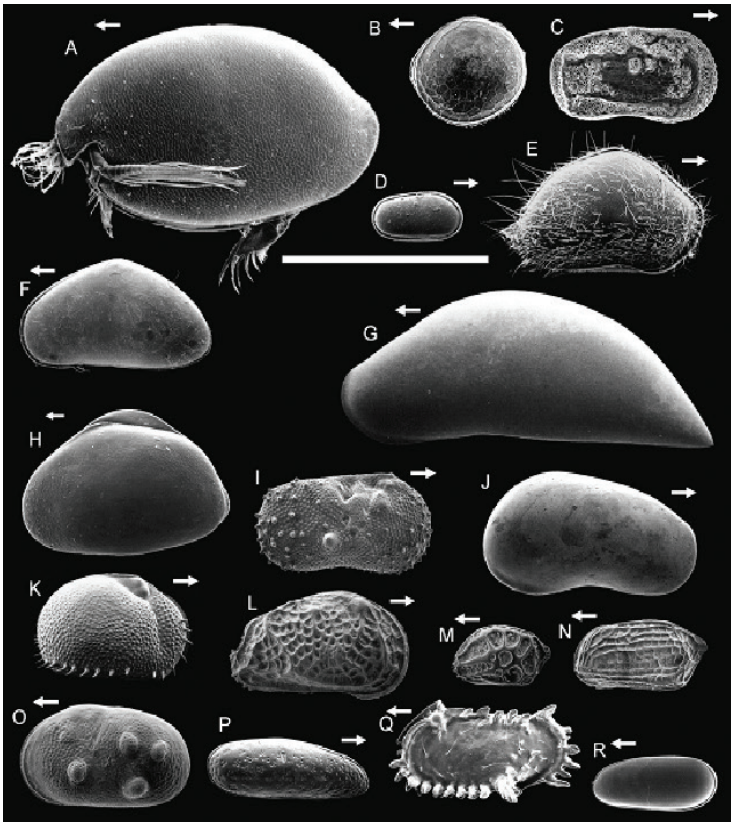
شکل ۶- فسیل *Candona* sp. (Right valve) تصویر برداری توسط دستگاه SEM.

- Ilyocypris: این استراکودها در آب‌های شیرین و در دورانی که نزولات جوی درمنطقه زیاد بوده و حجم آب شیرین وارد شده به دریاچه افزایش یافته است قابل شناسایی هستند. لازم به ذکر است که سن این استراکودها مربوط به اواخر پلیستوسن و اوایل هولوسن است. این فسیل در ناحیه مورد مطالعه قابل شناسایی است که در شکل ۷ می‌توان تصویر این فسیل را مشاهده کرد. در رابطه با شناسایی استراکودهای آب شیرین با موضوعات تغییرات اقلیم، دریاچه‌های آب شیرین و ... مطالعات زیادی انجام شده است که استراکود *Ilyocypris* یکی از فسیل‌های کلیدی است که از آن جمله می‌توان Horne et al. (2012) و Bunbury (2012) را نام برد. در زمینه مطالعات استراکودهای کواترنری می‌توان به مطالعات Rodriguez-Lazaro and Ruiz-Munoz (2012) اشاره کرد که در این مطالعه هر دو استراکود مورد مطالعه *Candona* sp. و *Ilyocypris* قابل شناسایی هستند (شکل ۸).

در تمام رسوبات دریاچه شناسایی شده در منطقه مورد مطالعه، میزان استرکودهای *Candona* sp. درصد بیشتری از استراکودهای *Ilyocypris* sp. دارد که نشان‌دهنده محیط رسوبی دریاچه با آب لب‌شور است.



شکل ۷- فسیل *Ilyocypris* sp. (Right valve) تصویربرداری توسط دستگاه SEM.



شکل ۸- در این شکل حرف لاتین (J) مربوط به (Cypridoidea) *Candona* و حرف لاتین (I) مربوط به (Cypridoidea) *Ilyocypris* است (اقتباس از Rodriguez-Lazaro and Ruiz-Munoz, 2012).

۸- نتیجه‌گیری

منطقه مورد مطالعه در حال حاضر منطقه‌ای خشک و بیابانی است که میزان بارش و رطوبت کمی دارد ولی این منطقه در یک مقطع زمانی اواخر پلیستوین و اویل هولوسن، دارای آب‌وهوایی کمی مرطوب‌تر و بارندگی بیشتر بوده زیرا نتایج حاصل از بررسی رسوبات سطحی و زیرسطحی، پارامترهای آماری و فسیل‌شناسی در ناحیه مورد مطالعه، نشان‌دهنده رخساره‌های وابسته به محیط رسوبی صحرایی در سطح و رخساره‌های وابسته به محیط دریاچه‌ای در زیر سطح است. با توجه به نتایج آنالیز XRD و شناسایی کانی‌های رسی ایلیت و کلریت و همچنین کانی رسی پالیگورسیت در رسوبات دریاچه، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که دریاچه در مجموع دارای آب شور و قلیایی بوده و به گمان قوی اقلیم حاکم بر آن نسبتاً گرم و کمی خشک بوده است.

با تلفیق داده‌های رسوب‌شناسی با نتایج آنالیز استراکودها، مشخص شد که در تمامی دوران‌های پر باران درصد وجود استراکودهایی از نوع *Ilyocypris* sp. افزایش یافته که نشان‌دهنده شیرین شدن نسبی آب دریاچه در ناحیه مورد مطالعه است. در مقابل و در دورانی که دریاچه در اثر کاهش نزولات جوی همانند یک دریاچه بسته عمل می‌کرده میزان استرکود *Candona* sp. افزایش یافته است.

کتابنگاری

اصغری‌مقدم، م. ر.، ۱۳۹۰- نگرشی دیگر بر شرایط آب‌وهوایی ایران دوره یخچالی، فصلنامه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، ۲۱۷ ص.

آقانباتی،.س. ع. ، ۱۳۸۹- زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور چاپ نوبت سوم. انتشارات جوان امروز، ۵۸۶ ص.

درویشی خاتونی، ج. لک، ر. و محمدی، ع.، ۱۳۹۴- بررسی هیدروژئوشیمیایی آب دریاچه ارومیه در بازه زمانی ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲. فصلنامه علوم زمین، شماره ۹۵، صص. ۲۳۹ تا ۲۵۲.

عبدی، ل. و رحیم‌پور بناب، ح.، ۱۳۸۹- منشأ، هیدروژئوشیمی و نحوه تکامل شورابه در پلایای میقان اراک، پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، سال بیست و ششم، شماره ۲۵- پیاپی ۳۸، شماره اول، ۴۲ ص.

غضبان، ف. و مهاجر با وقار، ن.، ۱۳۷۶- ژئوشیمی و منشأ شوری آب دریاچه ارومیه، اولین همایش زمین‌شناسی دریایی ایران، چابهار، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ۴۳ ص.

لک، ر.، ۱۳۸۶- گزارش بررسی زمین‌شناسی دریاچه مهارلو، فاز هیدروشیمی و هیدروژئوشیمی، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۷۰ ص.

معتمد، ا.، ۱۳۹۰- جغرافیای کواترنر، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها، ۲۴۹ ص.

References

Asikainen, C. A., Francus, P., Brigham-Grette, J., 2007- Sediment fabric, clay mineralogy and grain-size as indi-cators of climate change since 65 ka from El'gygytgyn crater lake, northeastern Siberia. J Paleolimnol DOI 10.1007/s10933-006-9026-5.

Barceloux, D. G., 1999- Chromium, clin Toxicol 37(2).pp173- 194.

Chamley, H., 1989- Clay Sedimentology, Springer-Verlag, Berlin, pp 623.

Cohuo, S., Hernandez, M. D. C., Perez, L. and Alcocer, J., 2016- Candona alchichica (Podocopida: Candonidae), a new ostracod speciesfrom saline, tropical Lake Alchichica, Mexico. pp 67.

Horne, D. J., Holmes, J. A., Rodriguez-Lazaro, J. and Viehberg, F. A. (Eds.), 2012- Ostracoda as Proxies for Quaternary Climate Change-Academic Press, (Developments in Quaternary Sciences 17), Else.pp678.

Horne, D. J. and Martens, K., 1997- Evelutionary biology and Ecology of ostracoda, Spring science+Bu siness media, B.V.pp1.

Dube-Loubert, H. and Roy, M., 2017- Development, evolution and drainage of glacial Lake Naskaupi during the deglaciation of north-central Quebec and Labrador, Journal of Quaternary Science. Pp 1121- 1137.

El-Moselhy, Kh. M., 2006- Distrbution of vanadium in bottom sediment from the marine coastal area of the Egyptian seas, Journal of aquatic research.32(1) pp 12- 21.

Folk, R. L., 1974- Petrology of Sedimentary Rocks, Hemphill, Austin, TX, pp 184.

Mángano, G. M., Buatois, L. A., Xiantao, W. U., Sun, J. and Zhang, G., 1994- Sedimentary facies, depositional processes and climatic controls in a Triassic Lake, Tanzhuang Formation, western Henan Province, China, February 1994, Volume 11, Issue 1, pp 41- 65.

Higuti, J., Lansac-Tôha, F. A., Velho, L. F. M. and Martens, K., 2009- Biodiversity of non-marine ostracods (Crustacea, Ostracoda)in the alluvial valley of the upper Paraná River, Brazil Journal of Braz. J. Biol., 69 (2, Suppl.) pp 661- 668.

Hillaire-Marcel, C. and Vernal, A. D., 2007- Introduction Methods in Late Cenozoic Paleoceanography. Developments in Marine Geology, Volume 1, pp 1- 15.

Ikebe, K. and Tanaka, R., 1979- Determination of Vanadium and Nickel in Marine Sampeles by Flameless and Flame Atomic Absorption Spectrophotometry, Bull Environ .Contam.Toxicol, 21, pp 526- 532.

IUGS, 2015- International Commission on stratigraphy, January. Chart drafted by K.M. Cohen S. C. Finney, P. L. Gibbard., 2015. URL:http://www.stratigraphy.org/CSchart/chronostratChart2015-01.pdf.

Bunbury, J., 2012- Distribution of Freshwater Ostracods inthe Canadian North and Implications for Palaeoclimate Reconstructions (Developments in Quaternary Sciences 17) -Ostracoda as Proxies for Quaternary Climate Change-Academic Press, Els. Pp78.

Rodriguez-Lazaro, J. and Ruiz-Munoz, F., 2012- A General Introduction to Ostracods:Morphology, Distribution, Fossil Record and Applications (Developments in Quaternary Sciences 17) -Ostracoda as Proxies for Quaternary Climate Change-Academic Press, Else.pp 365.

Khormali, F. and Abtahi, A., 2003- Origin and distribution of clay minerals in calcareous arid and semi-arid soils of Fars Province,southern Iran, Clay Minerals. 38pp511- 527.

Labeyrie, L, Cole, J, Alverson, K, Stocker, T., 2003- The history of climate dynamics in the Late Quaternary.In: Alverson KD, Bradley RS, Pedersen TF (eds) Paleoclimate, global change and the future. Springer,Heidelberg, pp 33- 61.

Lorrey, A. M. and Newnham, R. M., 2017- Late Quaternary records and chronology of environmental change in the Southern Hemisphere – a contribution to Shape, Journal of Quaternary Science, pp 661- 664.

Mamedov, R., 1997- The Late Pleistocene-Holocene history of the Caspian Sea, Quaternary International, Volumes 41- 42, pp 161- 166.

Melles, M., Brigham-Grette, J., Glushkova, O. Y., Minyuk, P. S., Nowaczyk, N. R and Hubberten, H. W., 2007- Sedimentary geochemistry of core PG1351 from LakeEl'gygytgyn - a sensitive record of climate variability in the East Siberian Arctic during the past three glacial–interglacial cycles. J Paleolimnol DOI 10.1007/s10933-006-9025-6 PP 89- 104.

Reding, H. G., 1996- Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy, 3rd Edition. Department of Earth Sciences University of Oxford, third edition. Lake. Introduction.pp610.

Stoklin, J., 1968- Structural history and tectonics of Iran: a review.American Association of petroleum Geologists Bulletin, 52(7), pp. 22, 62.

Talbot, M. R. and Lærdal, T., 2000- The Late Pleistocene–Holocene palaeolimnology of Lake Victoria, East Africa, based upon elemental and isotopic analyses of sedimentary organic matter. J Paleolimnol 23:141- 164.

Day, T., 2006- lakes and Rivers, Biomes of the earth. pp5- 9.

Viehberg, F. A., 2006- Freshwater ostracod assemblages and their relationship to environmental variables in waters from northeast Germany. Springer. Hydrobiologia 571, pp213- 224.

Zhou, Ch. H. and Keeling, J., 2013- Fundamental and applied research on clay minerals: From climate and environment to nanotechnology., Applied Clay Science, Volume 74, PP 3- 9.

The study of geology structures in Kaki area (Bushehr province, Central Zagros) using 1-D travel time inversion

H. Kianimehr[1], F. Yaminifard[2*], M. Tatar[2] and E. Kissling[3]

[1]Ph.D. Student , International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, Tehran, Iran

[2]Associate Professor, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, Tehran, Iran

[3]Professor, ETH Zurich, Zurich, Switzerland

Received: 2018 January 23 Accepted: 2018 June 23

Abstract

The Zagros fold and thrust belt contains a near continuous sedimentary cover which overlies the late Precambrian-Cambrian Hormuz salt formation. The information about this structure is only limited to the study of salt domes. As the density variation of salt is not noticeable with depth, it is expected this structure has a significant role in the decrement of P-wave velocity relative to top layers. The 9 April, 2013 Kaki earthquake (M_w 6.2) occurred in a part of the Simply Folded Belt of Zagros Mountains where there are two salt domes. So, in case of studying salt structures as low velocity zones at depth, the 1-D inversion was done using 10459 P-arrival times of 978 aftershocks. The results of this study indicates that the two top layers with overall 4 km thickness and average low velocities might be related to incompetent and upper-mobile groups. Sudden seismic velocity increment from 3.9 km/s to 5.45 km/s in depth of 4 km can be considered as an indicator for transformation from the upper-mobile to the competent group. Furthermore, an average low velocity zone from 8 km to 12 km is observed that confirms the Hormuz salt series at depth.

Keywords: Simply Folded Belt, Zagros, Kaki, Hormuz series, Velocity model.

For Persian Version see pages 281 to 288

*Corresponding author: F. Yaminifard; E-mail: faryam@iiees.ac.ir

Petrography, Geochemistry and Sr-Nd isotopic properties of granitoid bodies, in west of Zanjan (North-West of Iran)

L. Fathiyan[1*], F. Aliani[2], A. A. Baharifar[3] and M. H. Zarinkoub[4]

[1]Ph.D. Student, Department of Geology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

[2]Associate Professor, Department of Geology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

[3]Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Payame Noor University, Tehran, Iran

[4]Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, University of Birjand, Birjand, Iran

Received: 2017 September 30 Accepted: 2018 April 16

Abstract

Granitoid bodies of west of Zanjan with Precambrian age are located in northwest of central Iranian structural zone. Based on field observations and microscopic studies, these bodies contain tonalite, granodiorite and monzogranite. Tonalite are I-type, calc-alkaline, and peraluminous ($^{206}Pb/^{238}U$ age of 576±13 Ma) which base on isotopic studies ($^{87}Sr/^{86}Sr$ (i) and εNd (i) values equal to 0.710544, -7.01), and geochemistry of major and trace elements, can concluded that they were resulted from melting of amphibolitic crust that generated from thickened mafic crust or under plate basalts (with presence of plagioclase in source area) in low pressures and depth in an active continental margin. Monzogranites are S-type, peraluminous and calc-alkaline, which is plotted in collision zone. These rocks were generated from melting of crustal rocks (melt derived from pelitic rocks with high plagioclase). Granodiorite are I-type, calc-alkaline and weakly peraluminous ($^{206}Pb/^{238}U$ age of 548±27 Ma). They have value of $^{87}Sr/^{86}Sr$ (i) more than 0.705, negative value of εNd (i), and geochemical data, which is generated from partial melting of lower to middle crust, because of thickening and shortening due to continental- continental collision. With respect of geographical location of granitoid bodies of Mahneshan and age of their units, it seems that these granitoid rocks have formed in an active continental margin during convergence of Central Iran and Alborz-Azarbayjan with Arabian platform during Precambrian.

Keywords: Granodiorite, Tonalite- Trondhjemite, Lower crust, Sr-Nd Isotope, Zanjan

For Persian Version see pages 289 to 302

*Corresponding author: L. Fathiyan; E-mail: fathiyan@gmail.com

Mineralogy, Geochemistry and the Origin of the Bagoushi Karst Bauxite Deposit, Northwestern Fars Province, Iran

H. Zamanian[1], G. Beiranvand[2*] and F. Ahmadnejad[1]

[1]Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Lorestan University, Khorramabad, Iran

[2]M.Sc., Department of Geology, Faculty of Science, Lorestan University, Khorramabad, Iran

[3]Ph.D., Department of Geology, Faculty of Science, Lorestan University, Khorramabad, Iran

Received: 2017 June 11 Accepted: 2018 May 22

Abstract

Bagoushi deposit is located at 37 km northwest of Masiri in Fars province. Structurally, the deposit is situated in the Zagros Simply Folded belt and developed in Upper Cretaceous carbonates. From the bottom to top, the deposit is consisted of kaolinitic, brecciated, brown, pisolitic and red bauxite horizons. Boehmite, kaolinite, hematite, pyrophyllite, anatase, calcite and diaspore are the major mineral phases. The main ore textures of the deposit include pisolitic, pisolitic-oolitic and clastic with pelitomorphic and microgranular matrixes. Some textural features such as pelitomorphic matrix, pisolitic and oolitic textures, radial fractures in pisoids, growth of simple cortex around earlier pisoids, pisoids with cortexes lacking radial and circular fractures, are indicative of autochthonous origin; and broken pisoids, allogeneic pisoids and clastic grains reveal the transportation of bauxitic materials; therefore the bauxite materials is authigenic, but in some parts were transported and re-deposited, at least locally. The mass change calculations relative to the immobile element Ti show that elements such as Si, Fe, Mg, K and Na are leached out; Al, Zr, V, Th, Nb, Ba and REEs particularly LREE are concentrated; and Hf, Ta, Co, Rb, Cs, Be and U are relatively immobile during the bauxitisation process. The bauxite ores are characterized by progressive enrichment of the REE compared to parent rock, intense LREE/HREE fractionation, relatively stable negative Eu anomalies, and weak negative Ce anomalies. Geochemical data reveal progressive enrichment of the REE and intense LREE/HREE fractionation toward the lower parts of the bauxite profile. In the studied deposit Ce behaves differently from the other REEs (especially LREE) and show few changes in the Ce anomalies throughout the bauxite horizon. These observations suggest that factors such as fluctuations in soil solution pH, REE ionization potential and function of carbonate host rock as a geochemical barrier had significant role in the distribution and fractionation of trace elements and REEs during bauxitisation in the Bagoushi bauxite deposit. Several lines of evidences such as Eu anomalies, immobile element ratios (Zr/Hf and Nb/Ta), as well as similarity in REE patterns indicate that the underlying marly limestone (Sarvak Formation) could be considered as the source of bauxite horizons and suggest that the source material for the Bagoushi bauxite was provided from a siliciclastic material derived from a continental margin.

Keywords: Bauxite, Karst, Bagoushi, Geochemistry, Rare Earth Element

For Persian Version see pages 269 to 280

*Corresponding author: G. Beiranvand; E-mail: ghbiranvand@gmail.com

Investigation on relationship between Copper mineralization and structural evolution in Taft structural rhombohedral

M. Ramazani Katayuncheh[1] , H. Safari[2*], H. Safaei[3] and Gh. H. Shamaanian[2]

[1]Ph.D. Student, Department of Geology, Golestan University, Gorgan, Iran

[2]Associted Professor, Department of Geology, Golestan University, Gorgan, Iran

[3]Associated Professor, Department of Geology, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Received: 2017 July 24 Accepted: 2018 April 18

Abstract

Taft area is located in the central part of Urmia-Dokhtar Magmatic Arc (UDMA), adjacent to Western block of Dehshir Major Fault. More than 100 copper occurrences were identified in UDMA. It seemed that these Cu occurrences are related to structures, especially major and main faults. Therefore, the Taft area is selected for investigation on relationship between Cu mineralization and Tectonics (and structures). In this research, the main structures are extracted and analyzed by using Remote sensing techniques, GIS environment and Field investigations. The results show that a Structural Rhombohedral shape created by activating of two order faults with N150-170 and N110-120 trend. In follow, the third-stage of faulting with N60-70 trend cut and offset the all of other formed structures and enumerate as youngest order of faulting in this area. This stage of faulting was taken placed during initiation of collision between Arabian plate and Iranian Micro plates in Oligocene-Miocene episode. Because, this fault zone was formed perpendicular to convergent zone, it has tension component and prepared a suitable environment for I-type Granitoid bodies' injection. This phenomenon has main role in forming of Porphyry- Skarn Cu mineralization in length of this fault zone.

Keywords: Urmai-Dokhtar magmatic arc, Taft rhombohedral structure, Copper mineralization, Porphyry- Skarn occurrences, Oligocene-Miocene Granitoids

For Persian Version see pages 249 to 260

*Corresponding author: H. Safari; E-mail: h.safari@gu.ac.ir

New discovery on Ediacaran fossils from the Kushk Series in Bafq and Behabad regions of Central Iran

S. H. Vaziri[1*], M. R. Majidifard[2] and M. Laflamme[3]

[1]Professor, Department of Geology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

[2]Associate Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

[3]Associate Professor, Department of Chemical and Physical Sciences, University of Toronto, Mississauga, Canada

Received: 2018 April 19 Accepted: 2018 July 23

Abstract

The Precambrian Kushk Series in the Bafq and Behabad regions of Central Iran contains a diverse assemblage of latest Ediacaran fossils that showcase a fossil assemblage much more diverse than typically known from the latest Ediacaran systems worldwide. The Kushk Series reaches a thickness of >500 m and consists of carbonate (sandy dolomitic limestone and dolomite) and siliciclastic (shale, sandstone, and siltstone) facies with extensive accumulations of volcanic rhyolite, microdiorite, and tuff, which its argillaceous shales contain an assemblage of abundant Ediacaran fossils including *Kuckaraukia multituberculata, Persimedusites chahgazensis, Corumbella werneri, Cloudina* sp., *Chuaria* sp., *Kimberella persii, Gibbavasis kushkii*, Erniettomorpha, Rangeomorpha and numerous tubular organisms. The discovery of classic terminal-Ediacaran index fossils *Cloudina* and *Corumbella* in this assemblage confirms a latest Ediacaran age (Nama-Assemblage ~545-539 Ma) for these deposits. These taxa help expand our understanding of the latest Ediacaran prior to the Ediacaran extinction and the Cambrian explosion of complex animals.

Keywords: Precambrian, Kushk Series, Kushk, Chahmir, Iran

For Persian Version see pages 261 to 268

*Corresponding author: S. H. Vaziri; E-mail: h_vaziri@iau-tnb.ac.ir

Petrology, geochemistry and tectonomagmatic setting of intrusive rocks in Qarachilar Cu-Mo-Au mineralization (NE Kharvana, Eastern Azarbaijan)

F. Asiay Soufiani[1], M. A. A. Mokhtari[2*], H. Kouhestani[2], A. M. Azimzadeh[3]

[1]M.Sc., Department of Geology, University of Zanjan, Zanjan, Iran

[2]Associated Professor, Department of Geology, University of Zanjan, Zanjan, Iran

[3]Assistant Professor, Department of Geology, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Received: 2017 April 19 Accepted: 2017 December 09

Abstract

Qarachilar Cu-Mo-Au mineralization is located within the Qaradagh batholite in the Arasbaran metalogenic zone. This area is a part of southern margin of Lesser Caucasus. Qaradagh batholite at the Qarachilar mineralization area composed of granodiorite- quartz monzodiorite (as host rock of mineralization), diorite, quartz monzonitic stocks, apophyses of porphyritic granite and acidic to intermediate dykes. All of the mentioned intrusions have calc-alkaline to high-K calc-alkaline nature and classified as metaluminous I-type granites. The porphyritic granite apophyses and dykes, and quartz monzonitic stocks have adakitic nature and can be classified as high silica adakites. Chondrite normalized REE patterns in granodiorites- quartz monzodiorites indicate enrichment in LREE and flat trend in MREE and HREE, while porphyritic granites show steep pattern with enrichment in LREE and depletion in HREE. Based on field investigation, geological, petrological, geochemical and tectonomagmatic discrimination diagrams, it can be conclude that granodiorite- quartz monzodiorite phase was formed in active continental margin as a result of Neo-Tethyan ocean subduction beneath the Eurasia. The quartz monzonite stocks and porphyritic granites were formed in a post collisional setting from metasomatized lithospheric mantle wedge.

Keywords: Geochemistry, Qaradagh batholiths, Arasbaran, Qarachilar, Kharvana

For Persian Version see pages 227 to 240

*Corresponding author: M. A. Asghar Mokhtari; E-mail: amokhtari@znu.ac.ir

Study of estuaries as load-balancing heavy metals between the River and the Sea

A. Marefat[1*] and A. R. Karbassi[2]

[1]Ph.D. Student, Environmental Faculty, University of Tehran, Tehran, Iran

[2]Associate Professor, Environmental Faculty, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 2017 December 27 Accepted: 2018 May 26

Abstract

Estuaries are considered as the most important source of different pollutants, especially heavy metals toward the lakes, seas and oceans. The research aim is to investigate the heavy metals behavior in the estuarine zone, where a Sea and a River meet each other. In this research, samples of Suspended Particulate Materials (SPMs) and water of Sefidrud River and Caspian Sea were sampled to simulate the estuary physically. Sequential extraction procedure was performed to determined heavy metals concentration in different species. Adsorption-Desorption experiment revealed that during estuarine mixing while manganese and copper are desorbed from SPMs by 531 and 5/4 ppm respectively, zinc and lead are adsorbed by 19 and 8 ppm respectively. Nickel shows a conservative behavior in the Adsorption-Desorption experiment. Risk Assessment Code (RAC) was applied in this study to determine potential of heavy metals release from SPMs as they enter estuarine mixing zone. Results show Mn is likely to release more from SPMs due to environmental changes.

Keywords: Estuary, Heavy metal, Chemical partitioning, Suspended sediment

For Persian Version see pages 241 to 248

*Corresponding author: A. Marefat; E-mail: Ali.marefat@ut.ac.ir

Petrography, geochemistry and petrogenesis of Daradesk felsic intrusive rocks, NW of Jiroft (SW of Urumieh– Dokhtar magmatic assemblage)

S. Z. Hosseini[1*] and M. Iranmanesh[2]

[1]Assistant Professor, Department of Geology, Payame_ Noor University, Tehran, Iran

[2]M.Sc. Student, Department of Geology, Payame_Noor University, Tehran, Iran

Received: 2017 June 15 Accepted: 2018 April 21

Abstract

The Oligocene-Miocene Daredesk pluton, located in southeastern part of the Urumieh–Dokhtar magmatic assemblage, is outcropped in the Eocene volcanic rocks in northeastern Jiroft. The pluton comprises mainly of diorite, quartz diorite, quartz monzodiotrite and granodiorite with metaluminous and calcalkaline affinity. They have petrographic and geochemical characteristics of I-type granitoids. Condrite and MORB normalized multi element spider diagrams for the Daredesk granitoid rocks show marked negative Ti, Nb and Ta anomaly and an enrichment of LILE (e.g Rb, Cs snd Ba). This feature together with other geochemical specifications, tectonic discrimination diagrams and geological position of the Daredesk pluton indicate its formation in an active continental margin setting. Also, chondrite-normalized rare earth element patterns of the Daredesk intrusive rocks show a gentle slope with (La/Yb)n= 3-6/4, indicate nonexistence of garnet as a residual phase in the source. All these features together with the occurrences of mafic microgranular enclaves, MgO and Cr contents, Th/Rb, Nb/Yb, Rb/Sr and Ba/Rb ratios clearly show that the Daredesk granitoid rockes formed by interaction between a primary mafic magma, produced by partial melting of metasomatized lithospheric mantle, with continental crust.

Keywords: Granitoid, Daredesk, Geochemistry, Active continental margin, Lithospheric mantle

For Persian Version see pages 203 to 216

*Corresponding author: S. Z. Hosseini; E-mail: z_hosseini@pnu.ac.ir

Determination of dominant frequency and site classification using microtremor measurements for some strong motion stations in North-Western Iran

A. Fallahi[1], M. Samaei[2*] and J. Karashi[3]

[1]Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Engineering Faculty, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

[2]Researcher, Department of Civil Engineering, Engineering Faculty, Gifu University, Gifu, Japan

[3]M.Sc., Department of Civil Engineering, Engineering Faculty, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

Received: 2017 August 22 Accepted: 2018 April 30

Abstract

In the current study, using microtremor measurements at 15 stations of strong ground motion network in North-western Iran, dominant frequency is determined and sites are categorized. After correction of raw data, horizontal to vertical spectral ratio is calculated and the frequency corresponding to the greatest amplitude is acknowledged as the dominant frequency. Also at 11 stations with good quality of recorded microtremors, horizontal to vertical ratio of earthquake motion is calculated. Agreement between these two spectral ratios is quite satisfactory. Maximum and minimum observed dominant frequencies are 1.72 and 7.34 respectively. Correspondingly, using past studies, shear wave at the top 30 m is estimated and based on different seismic codes, sites are categorized. If the categorization based on predominant frequency is compared with categorization based on reported by building and housing research center, dramatic differences will be observed. These differences could be attributed to uncertainties in reported Vs30 as well as estimated dominant frequencies.

Keywords: Microtremors, Strong motion station, Dominant frequency, Natural period, HVSR-M, HVSR-E, Site classification

For Persian Version see pages 217 to 226

*Corresponding author: M. Samaei; E-mail: meghdad.samaei@gmail.com

Groundwater level changes effect on the subsidence in Semnan plain

A. Haddad[1*] and E. Khorasani[2]

[1]Associate Professor, Department of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran

[2]M.Sc., School of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

Received: 2016 October 19 Accepted: 2018 April 15

Abstract

Semnan plain is located in the northern margin of Iran's central desert and has a dry to semi-arid climate. In recent decades, rapid population growth, increasing Industrial areas and water demand has led to excessive extraction of groundwater resources and as a result, the depth of access to the surface of the water will intensify.This reason has made the Semnan plain one of the most important areas of the country in view of water resources scarcity and its consequences. In this research, to estimate the ground subsidencein the period of 26/03/2008 to 23/8/2003 by using Satellite Image Interferometry (InSAR) method, the maximum subsidence of 133 mm in the city of Semnan and its surroundings Has been confirmed.In order to identify the factors affecting the subsidence of a part of Semnan plain, underground water depth fluctuations along with a hydrograph diagram of the results of 15 observational wells were investigated, indicating a continuous decline in water level during the years 2003-2009, so that the minimum Growth rate of groundwater depth of study area is 22 cm / year.What results from adaptation of subsidence areas and water table water level drop curves in this study is that exploitation of groundwater resources more than aquifer nutrition increased effective stress and consequently high consolidation of sediments which caused this factor Semnan plain due to geotechnical properties of the aquifer are susceptible to subsidence. In other words, subsidence zones over, or near, the groundwater level decrease areas. Therefore, water resources management should be given more and more attention by Politicans,who makes policy ,in order to keep up with Sustainable development of agriculture and industry to prevent the ongoing process of land subsidence.

Keywords: Decline in ground water levels, Semnan plain, Ground subsidence, Water hydrograph chart, Satellite imagery interferometry

For Persian Version see pages 181 to 190

*Corresponding author: A. Haddad; E-mail: haddad@semnan.ac.ir

Improvement in mineral prospectivity maps results using a hybrid ANP-TOPSIS approach

R. Ghasemi[1*], B. Tokhmechi[2] and G. Borg[3]

[1]Ph.D. Student, School of Mining, Petroleum and Geophysics Engineering, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

[2]Associate Professor, School of Mining, Petroleum and Geophysics Engineering, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

[3]Professor, Institute for Geosciences and Geography, Martin Luther University, Halle-Wittenberg, Germany

Received: 2017 November 28 Accepted: 2018 May 21

Abstract

Accuracy incretion and search space reduction are the main purposes in production of mineral prospectivity maps. Choice of the suitable method for information integration in the geographical information system which has the most consistent with the nature of the used data, is the first step in achieving to this goal. Due to the fact that exploratory data are not independent and most of them has feedback among criteria and sub-criteria and according to the one-way dependence condition of the evaluated data in the Analytic Hierarchy Process (AHP) approach, an Analytic Network Process (ANP) approach is assigned. Exploratory data related to the Bavanat Region in Fars province are used, in case of providing the mineral prospectivity model for besshi type massive sulfide deposits. We tried to optimize two factors of the search area and accuracy to highest accuracy of the results and the least amount of search area. AHP as well as ANP approach, is knowledge-based approaches. The results of the research in AHP and ANP approaches in studied area indicate that, the ANP results is more reliable and has less suggested search area than AHP approach. Based on the results, suggested areas of ANP are 17% less than AHP (1138.4 Km2 in AHP has decreased to 952.6 Km2 in ANP), while, the accuracy of the results has increased more than 6%. The Receiver operating characteristic (ROC) curve index (area under the curve) shows that AHP approach ROC is 0.7609, which was improved and optimized by the ANP approach to 0.8275.

Keywords: Mineral prospectivity map, Analytic Network Process (ANP), Geographic information system, Accuracy incretion, Search space reduction

For Persian Version see pages 191 to 202

*Corresponding author: R. Ghasemi; E-mail: mrghasemi20@yahoo.com

Forecasting of groundwater level fluctuations in Baruq aquifer using the SOM-AI model

Y. Bageri[1], E. A. Novinpour[2], A. A. Nadiri[3*] and K. Naderi[4]

[1]M.Sc., Faculty of Sciences, Urmia University, Urmia, Iran

[2]Assistant Professor, Faculty of Sciences, Urmia University, Urmia, Iran

[3]Associated Professor, Faculty of Natural Sciences, Tabriz University, Tabriz, Iran

[4]Ph.D., Faculty of Natural Sciences, Tabriz University, Tabriz, Iran

Received: 2018 January 16 Accepted: 2018 April 15

Abstract

Most of the country's geographically area is located in dry and semi-dry zone with low rainfall. The growing population, the limitation of water resources and the prevalence of groundwater resources in most parts of the country requirement to accurate prediction of the amount of these resources due to the importance of these resources in optimal planning and management. In this research, in order to estimate the fluctuations of groundwater level in the Baruq aquifer, the artificial intelligence models including fuzzy, support vector machine and neural network models were used by the data of depth from 7 piezometers with long-term data of 14 years, as well as changes in temperature and precipitation in this period. Despite the inherent abilities of each models in predicting groundwater level, the heterogeneity of the study area prevented the high efficiency of these models. Therefore, SOM-AI modeling combined the self-organized maps (SOM) classification method and each model that is increased the efficiency of each composite model in different parts of the aquifer by dividing the study area into homogeneous regions. The results showed that the proposed method can be an effective method in the modeling of heterogeneous and even multi-layered aquifers.

Keywords: Baruq Aquifer, Groundwater Level, Neural Network, Support Vector Machine, Sageno Fuzzy

For Persian Version see pages 157 to 166

*Corresponding author: A. A. Nadiri; E-mail: Nadiri@tabrizu.ac.ir

Petrography, geochemistry, U-Pb dating, Sr-Nd isotopes, and petrogenesis of Jalambadan igneous rocks, NW Sabzevar

P. Eshbak[1], A. Malekzadeh Shafaroudi[2*] and M. H. Karimpour[3]

[1]Ph.D Student, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

[2]Associate Professor, Department of Geology and Research Center for Ore Deposit of Eastern Iran, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

[3]Professor, Department of Geology and Research Center for Ore Deposit of Eastern Iran, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Received: 2017 August 23 Accepted: 2018 April 23

Abstract

Jalambadan area is located northwestern Sabzevar, Khorasan Razavi province, and southwestern Quchan-Sabzevar magmatic belt. Geology of the area includes of andesitic-trachyanesitic volcanic rocks, which is intruded by monzodioritic to dioritic subvolcanic intrusive rocks. The texture of igneous rocks is porphyry and the main minerals are plagioclase, alkali fldespar, pyroxene, hornblende, and magnetite. Age of intrusive rocks determined 44.7 to 45.2 Ma (Middle Eocene-Lutetian), using zircon U-Pb method. Geochemically, igneous rocks of the area are calc-alkaline and were formed at subduction zone. Relativelly, enrichment in LREE relative to HREE and enrichment of K, Rb, Cs, and Sr relative to Ti and Nb elements are observed in all of samples. Eu anomaly and Sr/Y ratios can be attributed to the presence of residual plagioclase and a few garnet in a source. ($^{87}Sr/^{86}Sr$)i (0.703708 to 0.704444), ($^{143}Nd/^{144}Nd$)i (0.512858 to 0..512933), and εNd I (5.42 to 6.88) values of intrusions and geochemical signatures of volcanic rocks indicate magma is drived from partial melting (7-5% for intrusions and 15-25% for volcanic rocks) of spinel lherzolite mantle wedge above subducted slab, which is assimilated slightly with upper continental crust very little.

Keywords: Petrography, Dating, Petrogenesis, Jalambadan, Quchan-Sabzevar magmatic belt

For Persian Version see pages 167 to 180

*Corresponding author: A. Malekzadeh Shafaroudi; E-mail: shafaroudi@um.ac.ir

Conceptual data model usage in data geosciences explanation

T. Kiani[1*]

[1]Assistant Professor, Geomorphologic Group, Geographic Department, Kharazmi University, Tehran, Iran

Received: 2016 June 11 Accepted: 2017 March 07

Abstract

Modern data storage and communication technology has created an opportunity to rethink the manner in which geosciences information is archived and presented. The Geosciences Database must provide a mechanism to allow rapid access to up-to-date geosciences data in a form tailored to the needs of the user requesting the data. The data model underlying this database must be flexible enough to encompass a wide range of earth science information, storing it in such a fashion that advances in Earth science do not obsolete the database. One of the major goals of a geosciences data model is to simplify the process of generating derivative maps tailored to specific needs e.g. tectonic analysis, hazard assessment, mineral exploration. Such data may need to be based on information from many sources. Presently, in the derivative maps are usually compiled by manually extracting (i.e. tracing on paper) information from a number of printed maps, probably generated by different people with different motivations at different scales, and graphically combining the information (i.e. redrafting) into a single, derivative map. The goal of the geosciences conceptual data model is to provide basic information from a variety of sources in a consistent, flexible, and searchable structure. In this research, regarding the importance of the maps in data interpretation of geosciences, geological maps is the base for the conceptual data models. Using this base, required domains is defined. The model outlined here provides a conceptual framework that could accommodate newly acquired field data or data mined from previously published sources into a common framework.

Keywords: Conceptual data model, Geosciences data, Data domain, UML (Unified Modeling Language).

For Persian Version see 141 to 146

*Corresponding author: T. Kiani; E-mail: tayebeh.kiani@gmail.com

Orientation of Carboniferous-Permian extension phase in the Central Alborz: paleostress analysis on the growth fault data

A. Jabbari[1], A. Dolati[2*], A. Shahidi[3] and A. Behrooz[1]

[1]M.Sc., Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

[2]Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

[3]Ph.D., Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2017 April 04 Accepted: 2018 April 28

Abstract

The Alborz Mountain range is formed by collision between the Central Iran and Eurasia plates, since Late Triassic. Facieses studies on the Alborz and Central Iran indicate sedimentation in shelf and epicontinental shelf in passive margin of Gondwana during Paleozoic Era. This study represents direction and paleostress analysis of the Central Alborz based on geometry and kinematics of faults; i.e. strike, dip, slicken line orientation and movement directions for Carboniferous and Permian Periods. Since many tectonic events occur after the Paleozoic Era in the Alborz Mountain range so just growth faults, active during sedimentation, which were not reactivated by later events were used for paleostress analysis. In total 15 stations, including 148 fault data are measured along the Tehran-Chalus road from Carboniferous and Permian outcrops. The data were rotated to the first position based on fold axes, when the layers were horizontal. FSA software (Fault Slip Analysis) was used to calculate orientations of principal stress directions. Primary results indicate a proximately North-South extension in Carboniferous and Permian Periods. Iran and adjacent area, rotated along vertical axis during its movements from Gondwana, in South, to Eurasia, in north, that based on the plate rotation the extension direction for Permian and Carboniferous Periods are NE-SW and ENE-WSW, respectively.

Keywords: Central Alborz, Paleostress, Carboniferous, Permian, Extension regime

For Persian Version see pages 147 to 156

*Corresponding author: A. Dolati; E-mail: dolati@khu.ac.ir

Investigation on the distribution of potentially toxic elements and their environmental significance in the greenhouse cultivated soils of Jiroft township, Kerman province

M. Khorasanipour[1*] and A. Barvar[2]

[1]Associated Profesor, Department of Geology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

[2]M.Sc. Student, Department of Geology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Received: 2017 November 27 Accepted: 2018 April 15

Abstract

Accumulation of potentially toxic elements in agriculture soil is one of the main serious environmental concerns in the greenhouse cultivation. The environmental investigation of potentially toxic elements (V, Ag, Se, Ni, Pb, As, Cr, Co, Cd, Cu, Fe, Mo, Mn, Sn, Sb, Bi and Zn) in the greenhouse cultivated soils of the Bagher-Abad area, Jiroft is the main objective of this study. After preliminary field investigations, 20 soil samples were collected by mean of composite method. Collected samples were analyzed using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) method at the Labwest laboratory, Perth, Australia. The results were discussed using statistical methods and environmental indices with respect to the natural background and worldwide concentrations of target elements. The data showed that only Zn, Cd, Mo, As and in some cases Sb have medium enrichment in the investigated soils. For some of the selected soils the bioavailability or solubility of target elements was determined using 0.005M DTPA leaching solution. Among the investigated elements Cd and Zn showed the maximum bioavailable fraction corresponding to the medium to high risk assessment codes. Antimony is the only trace element that showed poor enrichment (39.3 µg/L) in the irrigation water used for the target greenhouse soils.

Keywords: Potentially toxic elements, Soil, Greenhouse cultivation, DTPA single extraction method.

For Persian Version see pages 119 to 128

*Corresponding author: M. Khorasanipour; E-mail: khorasani@uk.ac.ir

The study on mineralization of Khankeshi copper deposit by using ineralogy, geochemical and fluid inclusion zata, Markazi province

R. Pourmasoomi[1], A. R. Jafari rad[2*], M. Lotfi[3] and P.Afzal[4]

[1]Ph.D.Student, Department of Geology, Faculty of Basic Sciences, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

[2]Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Basic Sciences, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

[3]Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Basic Sciences, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran

[4]Associate Professor, Department of Mining Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Tehran, Iran

Received: 2016 July 27 Accepted: 2017 January 04

Abstract

The Khankeshi stratabound copper deposit is located in Markazi province, 80 Km SW of Tehran. The area is covered by a sequence of E-W trending lava flows and pyroclastic of Late Eocene age. The volcanic rocks can be classified as trachyandesite and andesite.The rocks contain a high fraction of potassium calc-alkaline and their geochemical characteristics attribute them to back arc basin and extentional processes. The oldest rocks of the study area are Elta unit , composed of green andesitic tuff located in south eastern of the khankeshi. This part indicates a basin with volcanic activities and exhalites, and green tuff with thin lamination combined with microcrystalline carbonates. On the other hand, presence of carbonate of micrite with framboidal pyrite in this part indicated reducing environment and Exhalites activity by source of sulfur in manto type mineralization in the khankeshi. The host rock is Elt type latite andesite with mega porphyritic texture and involved major ore chalcopyrite, bornite with pyrite and minor chalcocite, covellite, hematite, Goethite and malachite with dolomite and dolosparite veins. Framboidal pyrite is replaced with forms of fine and circle chalcopyrite and bornite in primary micritic background and subhedral crystals into dolosparite veins of crystallized micrititic carbonate micrite in forms of epigenetic that produce the supergene secondary production. This unit with pyroclastics and tuff breccias(Elta unit), indicated volcanic cycle that mineralization of copper, in forms of stratabound, has taken place in it. Local alteration associated with copper mineralization includes weak chloritization, oxidation with local argillic, serecitic and zeolitic. Mineralization is stratabound and copper mineralization occurs as disseminated, vein-veinlet,open space fillings and replacements. Based on fluid inclusion studies on coexisting calcite, Homogenization temperatures are between 129.4 to 227.1(with an average of 175°C). Salinity varies between 1.91 to 13.40(average 12) wt٪ NaCl eq. The depth of fluid inclusion trapping is estimated to be less than 200 meters and ore formation has occurred at pressure values less than 74 bars. Geological, ore mineralogy, ore texture, structures and fluid inclusions characteristics in the khankeshi deposit are similar to those reported from Manto type copper deposits.

Keywords: Mineralography, Geochemistry, Fluid Inclusion, Manto Type Copper, Khankeshi.

For Persian Version see pages 129 to 140

*Corresponding author: A. R. Jafari rad; E-mail: alirad@yahoo.com

Identification of an old lake for the first time in quaternary units around Yazd city

B. Pashazadeh[1*], D. Jahani[2], R. Lak[3], H. Nazari[4] and M. Zamani Pedram[5]

[1]Ph.D. Student, Department of Geology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

[2]Associate Porfessor, Department of Geology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

[3]Associate Porfessor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

[4]Assistant Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

[5]Ph.D., Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2017 December 04 Accepted: 2018 January 08

Abstract

The purpose of this research is to identify quaternary units and determine the sediment boundaries around Yazd city in Central Iran. The origin of Quaternary sediments is mainly related to erosion of the Triassic, Cretaceous, and Palaeozoic units. Based on the results of sedimentation, six types of facies were identified as Mud, silt, sandy silt, silty sand, mud sands and sandy mud. The XRD results of the samples show that these specimens consist mainly of quartz, calcite, dolomite, feldspar, coperite and clay minerals. In the fossil studies of two important species of ostracodes called Ilyocypris sp. Which refers to sweet waters and Candona .sp, which relate to various saline waters. Due to the diversity of facies and fossils, approximately the lake in the study area was developed in late Quaternary. Facies characteristics, the type of minerals and index fossils indicate that the sedimentation of these facies in a sedimentary lake environment that was first identified in the study area.

Keywords: Centeral Iran, Quaternary, Sedimentology, Mineralogy, Paleontology, Lake.

For Persian Version see pages 101 to 108

*Corresponding author: B. Pashazadeh; E-mail: pashazadeh1360@gmail.com

The investigation of O-H and B stable isotopes in tourmalines of Mashhad biotite- muscovite granite

F. Zall[1], Z. Tahmasbi[2*], A. Ahmadi Khalaji[3], Sh. Y. Jiang[4], L. Danyushevsky[5] and Ch. Harris[6]

[1]Ph.D. Student, Department of Geology, Faculty of Science, Lorestan University, Khorramabad, Iran
[2]Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Lorestan University, Khorramabad, Iran
[3]Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Lorestan University, Khorramabad, Iran
[4]Professor, Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Beijing, China
[5]Professor, Department of Earth Sciences, University of Tasmania, Tasmania, Australia
[6]Professor, Department of Geological Sciences, University of Cape Town, Cape Town, South Africa

Received: 2018 January 14 Accepted: 2018 May 22

Abstract

Several distinct morphologies of tourmaline have been identified in Mashhad biotite-muscovite granite: nodule, pegmatite, aplite, quartz-tourmaline veins, tourmaline-rich veins and radial tourmalines. The $\delta^{18}O$ and δD values in solar tourmaline (12.4 and -69 ‰), nodule tourmaline (11.8 and -63), quartz-tourmaline vein (11.7 and -57), pegmatite tourmaline (11.62-11.67 and -59 to -73), aplite tourmaline (11.39 and -57), tourmaline-rich vein (11.82 and -62) and mica schist tourmaline (11.06 and -77) with low changes are similar together. These values show same origin for tourmalines fluid source in biotite-muscovite granite. The difference in $\delta^{18}O$ values between quartz and tourmaline (Δqtz-tur) are positive (between+2.0 and+2.2‰), and this show quartz and tourmaline are in equilibrium. The $\delta^{18}O$ thermometry of tourmaline - quartz minerals show a range between 492°C and 579 °C for tourmaline crystallization. The calculated $\delta^{18}O$, and δD values of the initial fluid in equilibrium with tourmaline suggest a magmatic and primitive magmatic water of peraluminous granite source. All tourmalines show similar $\delta^{11}B$ values (with a narrow range between −7.4 and −10.8‰). This indicates a same boron source for them that resulting during highly evolved magmatic differentiation. Based on the 11B values of tourmalines in Mashhad fall within the range reported for granite-related tourmaline and similar to the S-type source granites that derived by Continental crust. The $\delta^{11}B$ values of tourmalines show the $\delta^{11}B$ values of the magma of the biotite-muscovite granite.

Keywords: Boron Isotope, Oxygen Isotope, Hydrogen Isotope, Tourmaline, Mashhad Granite.
For Persian Version see pages 81 to 90
*Corresponding author: Z. Tahmasbi; E-mail: tahmasebi.z@lu.ac.ir

Estimation of Coda wave attenuation (Q_c^{-1}) in the North of Sanandaj-Sirjan zone, Iran

R. Emami[1], M. Rezapour[2*] and R. Rezaei[3]

[1]Ph.D. Student, Department of Seismology, Institute of Geophysics University of Tehran, Tehran, Iran
[2]Associate Professor, Department of Seismology, Institute of Geophysics University of Tehran, Tehran, Iran
[3]M.Sc., Institute of Geophysics University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 2018 April 30 Accepted: 2018 September 23

Abstract

The attenuation of seismic waves, as a basic physical parameter is one of the important properties of the earth's structure. Therefore, for a realistic seismic hazard analysis and the simulation of strong ground motions and for studying the regional earth structure, the estimation of the seismic attenuation has a fundamental and inevitable role. The attenuation of the seismic waves is defined by the inverse of quality factor (Q^{-1}) while quality factor (Q) is the wave transmission quality of the medium. In this study, the quality factor was estimated by using two single-back-scattering and single-isotropic-scattering methods. The larger values indicate more homogeneity in the shallow layers of the earth, and therefore, these results can be used in hazard analysis assessment. For this purpose, the seismograms of earthquakes recorded at the stations of the Iranian Seismological Center (IRSC) and the International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES) at the longitude of 48 to 50 and latitude of 38 to 40 degrees have been used in the present study. In this work, the high-quality seismograms with signal-to-noise ratios (SNR) of equal or greater than 3 and epicentral distances less than 200 km were used. The variation of coda wave attenuation was investigated in both lateral and depth, and the results were compared with the obtained values for other regions of Iran and the world. To investigate the lateral variations, after applying the band-pass filter on waveforms in 10 frequency bands, the quality factor was estimated. Finally, the mean values of the quality factor and frequency dependence factor in the region, using data with epicentral distances less than 200 km by using two Single-Back-Scattering and Single-Isotropic-Scattering methods obtained $Q_c=149 \pm 9f^{0.66} \pm 0.03$ and $Q_c=152 \pm 12f^{0.66} \pm 0.03$, respectively. The comparison of these results with the values have been obtained for Central Iran ($Q_c=94f^{0.97}$), Alborz ($Q_c=79f^{1.07}$) and Southeast Zagros ($Q_c=72f^{1.19}$) indicate that the study area is more homogeneity in the shallow depth layers and it has less seismicity than Central Iran, Alborz, and Zagros. Also, to investigate the depth variation of attenuation in this study, the coda quality factor Q_c was estimated for 11 coda window lengths, which are taken from 10 to 60 s with an increment of 5 s. In the lower window lengths, the low Q_0 values represent high heterogeneity in the shallow depths layers of the earth.

Keywords: Quality factor, Coda waves, Sanandaj-Sirjan zone, Single-Back-Scattering, Single-Isotropic-Scattering.
For Persian Version see pages 91 to 100
*Corresponding author: M. Rezapour; E-mail: rezapour@ut.ac.ir

Spinel composition as a petrogenetic indicator of the mantle section in the Forumad ophiolite, NW Sabzevar, NE Iran

M. Heidari[1], Gh. Ghorbani[2*] and H. Shafaii Moghadam[2]

[1]M.Sc., School of Earth Sciences, Damghan University, Damghan, Iran

[۲]Associate Professor, School of Earth Sciences, Damghan University, Damghan, Iran

Received: 2017 July 31 Accepted: 2018 April 15

Abstract

Forumad area is located in NW of Sabzevar, in NE of central Iran structural zone and in western part of Sabzevar ophiolite suite. The mantle section of Forumad ophiolite consists mainly of harzburgites, dunites, pyroxenitic dikes and choromititic lenses that contain brown to black Cr-spinels. The content of Cr_2O_3 and Al_2O_3 of Cr-spinels in harzburgites are between 32.6-53.1 and 15.6-34.8 wt%, respectively, and their Cr# ([100 × Cr/(Cr + Al]) atomic ratio]) is between 39- 69%. Relationship between Cr# of Cr-spinels and Fo of coexisting olivine (Fo=91-92%), and orthopyroxene and low contents of TiO_2 (<0.06 wt%) indicating that harzburgites fall whitin the olivine-spinel mantle array (OSMA), and plot in abyssal and forearc peridotites fields and are residual of moderate degrees of partial melting (about 15 to 26%) from moderately depleted mantle. But, the content of Cr# in Cr-spinels of dunites, chromitites and pyroxenites are high (between 81-.85%), and associated to boninitic melts and indicate that formed by high degrees of partial melting. Consequently, minerals chemistry of Cr-spinel, clinopyroxene, orthopyroxene and olivine of mantle section from Forumad ophiolite indicate that genesis of this ophiolite have been involved in a supra-subduction zone, and developed as a result of northward subduction of the sea/ocean of the Neo-Tethys in response to the convergence between the Central-east Iranian microcontinent and Alborz (Turan) plates.

Keywords: Spinel, Abyssal, Boninite, Peridotite, Supra-subduction, Sabzevar.

For Persian Version see pages 59 to 70

*Corresponding author: Gh. Ghorbani; E-mail: ghorbani@du.ac.ir

The role of tectonics and magmatism in evolution of Takht-e-Soleyman Travertines, NW Iran

M. Biralvand[1*], M. Mohajjel[2] and M. R. Ghassemi[3]

[1]Ph.D. Student, Department of Geology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

[2]Associate Professor, Department of Geology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

[3]Associate Professor, Research Institute for Earth Science, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2017 March 06 Accepted: 2017 July 08

Abstract

In Takht-e-Soleyman region, travertine deposits are widespread in the footwall of the Chahartagh fault. Three factors played roles in forming travertine in this area: magmatism and high geothermal gradient, existence of carbonates between thermal source at depth and travertine springs on the ground, so that the hydrothermal solution can provide the necessary ingredients for the formation of travertine. The third factor is extensional faults and fractures to conduct water containing dissolved calcium carbonate up to the surface. Young magmatism in the region plays an important role in increasing the region's geothermal gradient. Absence of travertine on the top of the metamorphic basement, even in the footwall of the Chahartagh fault, highlights the essential role of second factor in formation of the travertine. Sources of travertines in this area are carbonates from the Jangoutaran and Qom formations, with the more emphasis on the latter based on our data. Right-lateral kinematics on the Chahartagh fault led to an NNW extension in the southeastern termination of the fault, paving the way for emergence of the travertine. However, there is evidence for a regional NE extension responsible for NW-SE normal faults in the area.

Keywords: Travertine, Takht-e-Soleyman, Chahartagh fault, Jangoutaran, Travitonics.

For Persian Version see pages 59 to 70

*Corresponding author: M. Biralvand; E-mail: m.biralvand@modares.ac.ir

Diagenesis and its effect on the reservoir quality of the Asmari Formation, Aghajari oil field, SW Iran

M. Moradi[1], R. Moussavi-Harami[2*], A. Mahboubi[2], M. Khanehbad[3] and A. Ghabishavi[4]

[1]Ph.D. Student, Department of Sedimentology and Sedimentary Petrology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

[2]Professor, Department of Sedimentology and Sedimentary Petrology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

[3]Assistance, Department of Sedimentology and Sedimentary Petrology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

[4]Ph.D., National Iranian South Oil Company, Ahwaz, Iran

Received: 2018 March 21 Accepted: 2018 May 26

Abstract

The Asmari Formation is the main reservoir rock for the Aghajari oil field. It is composed of about 400-meter limestone, dolostone and interlayers of sandstones. Study of 1200 meters drilling cores, 2800 microscopic thin sections, 12 SEM analyses along with 125 routine core tests in 5 cored wells indicate that the Asmari Formation was effected by various diagenetic processes such as micritization, compaction, cementation, fracturing, dissolution and dolomitization. Some of these processes (e.g. dissolution, dolomitization and fracturing) have constructive effects on the reservoir quality and created wide variety of porosity types including vuggy, intercrystaline and channel in upper parts of the Asmari Formation. Destructive diagenetic processes (micritization, compaction and cementation) have destroyed pore spaces and make the lower parts of the Asmari (specially zone 5) to a non-reservoir unit. Porosity-permeability plots on the Lucia's diagram show sandstones and carbonates rocks with interparticle porosities have good reservoir qualities and always plot on upper parts of classes 1-3. Samples with fracture porosity mainly plot on upper part of class 1. This shows fractures has no considerable role in promoting the porosity, but they strongly increase permeability. Dolostones and the rocks with vuggy porosity have plotted on classes 2 and 3 (high porosity, relatively high permeability). Paragenetic secession of the Asmari Formation shows the diagenetic processes occurred syn-sedimentary on sea floor, after sedimentation during the low-deep burry and uplift. The results of this study can be useful in detection of reservoir zones, increasing of hydrocarbon production and enhanced recovery of this oilfield.

Keywords: Diagenesis, Lucia's diagram, Porosity, Aghajari oil field, Zagros basin.

For Persian Version see pages 33 to 42

*Corresponding author: R. Moussavi-Harami; E-mail: Moussavi@um.ac.ir

Mineralization and ore genesis of the Baharieh Cu deposit (NE Kashmar) based on mineralography, geochemistry and fluid inclusion evidences

R. Rezaie Hamid[1], E. Tale Fazel[2*] and Sh. Niroomand[3]

[1]M.Sc., Department of Geology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

[2]Assistant Professor, Department of Geology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

[3]Assistant Professor, Faculty of Geology, College of Science, Tehran University, Tehran, Iran

Received: 2017 November 11 Accepted: 2018 April 15

Abstract

The Baharieh copper deposit with 1 Mt Cu ore is located in 30 km of NE Kashmar city. The copper mineralization with 200m length and east-west trending which occurs in andesitic- to rhyolitic-tuff (middle Eocene). Volcanic to subvolcanic rocks are composed of andesite, dacite and rhyolite and according to geochemistry of immobile trace elements (e.g., La, Yb and Zr); the igneous rocks straddle within active continent margin arcs. The vein minerals consist of main sulfide minerals such as chalcopyrite and pyrite, which accompanied with bornite, covelline, and chalcocite. Silicic, calcitic, chloritic and argillic are the main alteration assemblage with mineralization. Two types of fluid inclusions including of liquid-rich (LV-type) and vapor-rich (VL-type) are distinguished in quartz-ore stage of the Baharieh deposit. Homogenization temperature and salinity are recorded varies from 187 to 356 °C and 0.99 to 18.7 wt% NaCl eq. Some characteristic as vein, breccia and vuggy textures, volcanic host rocks, low temperature alteration, simple ore minerals and high chalcopyrite content, temperature and salinity of fluids and the other evidences shows Baharieh copper deposit is similar to in Cu (Ag) manto-type (volcanic red bed) deposit at Chile.

Keywords: Geochemistry, Andesitic tuff, Baharieh Cu deposit, Kashmar.

For Persian Version see pages 43 to 58

*Corresponding author: E. Tale Fazel; E-mail: tale.fazel@gmail.com

Geology, alteration, mineralization and geochemistry of the North Narbaghi epithermal Ag-Cu deposit, northeast Saveh

N. Fazli[1], M. Ghaderi[2*], D. Lentz[3] and J. W. Li[4]

[1]M.Sc., Department of Economic Geology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
[2]Professor, Department of Economic Geology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
[3]Professor, Department of Earth Sciences, University of New Brunswick, Fredericton, Canada
[4]Professor, School of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan, China

Received: 2017 October 12 Accepted: 2018 March 11

Abstract

The North Narbaghi deposit is located 26 km northeast of the city of Saveh in the central part of Urumieh-Dokhtar magmatic arc of Iran. In this area, the Oligo-Miocene intrusions cut the Eocene volcano-sedimentary rocks intruding into the surrounding rocks causing extensive alteration zones such as phyllic, argillic, propylitic and tourmalinization. The intrusive rocks include diorite, monzodiorite, megadiorite with calc-alkaline nature which formed as a result of subduction of the Neo-Tethyan oceanic crust beneath the Central Iranian block. The epithermal Ag-Cu mineralization at North Narbaghi, with vein-veinlet and breccia geometries is mainly hosted in andesite, lithic tuff, diorite and monzodiorite. At the North Narbaghi deposit, ore minerals can be divided into four groups: sulfides (chalcopyrite, pyrite, sphalerite, bornite), sulfosalts (tetrahedrite, tennantite), carbonates (azurite, malachite) and oxides (hematite, goethite). The alteration shows a relative concentration pattern at the North Narbaghi deposit; the argillic, sericitic and calcite alteration types are in close connection with the Ag-Cu mineralization and the propylitic and tourmalinization alteration types occur at the margin of mineralization. The main characteristics of mineralization such as geodynamic environment, host rocks, mineralogy, metal content, geometry, alteration and comparing these features with the characteristics of epithermal deposits, show that the North Narbaghi deposit can be classified as a typical intermediate-sulfidation (IS) epithermal mineralization.

Keywords: North Narbaghi deposit, Epithermal, Vein-veinlet, Hydrothermal alteration, Urumieh-Dokhtar.

For Persian Version see pages 13 to 22

*Corresponding author: M. Ghaderi; E-mail: mghaderi@modares.ac.ir

Mineral chemistry, thermobarometry KoheSiah volcanic complex, using the mineral chemistry of amphibole-biotite (North East Qorveh, Kurdistan)

S. Kazemi Koohbanani[1], S. J. Sheikhzakariee[2*], M. H. Emami[3] and R. Dabiri[4]

[1]Ph.D. Student, Department of Geology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
[2]Assistant Professor, Department of Geology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
[3]Associate Professor, Department of Geology, Islamic Azad University, Islamshahr Branch, Tehran, Iran
[4]Associate Professor, Department of Geology, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Mashhad, Iran

Received: 2017 August 23 Accepted: 2018 March 05

Abstract

KoheSiah volcanic complex is in north east of Qorveh in the Kurdistan provinceand in Sanandaj-Sirjan zone. The age of the studied region rocks are related to the quaternary time. Set volcanic cone with a crater that has been identified as unspecified and are an average height of 2157 meters above sea level. The composition of volcanic rocks varies from basaltic composition, Basalitic andesites, andesite and , trachyandesite. On the basis of mineral chemistry the amphiboles are classified as calcic (magnesio-hornblende). Plagioclases vary from andesine-oligoclase to labradorite. Al-barometer accounts that the pressure of amphibole crystallization is 3.2 to 6.65 Kbar and Altotal versus Fetotal/(Mg+Fetotal) accounts the pressure between 4.5 to 7 Kbar. Hornblende - plagioclase thermometer shows 464 to 473 °C for equilibrium of these two minerals andbiotite thermometer shows 500 to 650 °C for biotite in andesites.

Keywords: Kohe siah, Thermobarometry, Mineral chemistry, Qorveh, Iran.

For Persian Version see pages 23 to 32

*Corresponding author: S. J. Sheikhzakariee; E-mail: j.sheikhzakaria@gmail.com

Necessity of revising the educational and research headings of geological colleges for approaching technological applications in industries (with a special focus on mechanized tunneling technology)

V. Joudaki[1*], R. Ajalloeian[2] and J. Hassanpour[3]

[1]M.Sc., Department of Excellent Supervision and Workshop, Aban Pazhouh Consultant Engineers Co., Tehran, Iran

[2]Professor, School of Geology, University of Isfahan, Isfahan, Iran

[3]Associate Professor, School of Geology, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 2017 August 23 Accepted: 2018 March 17

Abstract

In many industrial and construction projects in the country, the lack of attention paid by employers to geological considerations has led to many dangers and challenges. In massive mechanized tunneling projects, there is a need for extensive geological studies. These studies require sufficient knowledge of various fields of geology (engineering geology, hydrogeology, tectonics, sedimentology,petrology, stratigraphygeophysics, geomorphology, etc.). In this research, the view of graduates of engineering geology (employed in the industrial sector), about educational and industrial experiences has been studied.This research is a descriptive survey. The research population consisted of all active engineers of geology in the country. By using simple random sampling, 50 people were selected. Data were collected by a researcher-made questionnaire, and data were interpreted using descriptive statistics.The results of the survey show that in many specialized courses and in undergraduate practical units, technological applications of topics in related industries (tunneling, roads, mines, dam, oil exploration, etc.) have not been addressed. From the perspective of the population of the statistical community, the current curriculum needs to be reviewed and new lessons need to be developed. The results show that a small part of the students' practical units in applied spaces are performed. According to people, in the field of postgraduate studies, a significant proportion of theses have a theoretical and fundamental aspect. On the other hand, there is no research collaboration in interdisciplinary research between geological colleges and engineering faculties (in the fields related to the mechanized drilling industry, such as electronics, mechanics, etc.). Hence, in many student studies, there is no targeted approach to the country's industries (including the tunnel industry).The results show that, in the current situation, the revision of educational topics and the wider activity of geological associations (for the purposeful communication with the industries of the country) can enhance the potential of geology graduates in industrial jobs. Therefore, in this paper, with a brief overview of the conditions of geological groups and the country's mechanized drilling industry, suggestions are presented to solve the challenges.

Keywords: Geology, Educational headings, Mechanized tunneling industry, Interdisciplinary research.

For Persian Version see pages 3 to 12

*Corresponding author: V. Joudaki; E-mail: Joudaki_vahid@yahoo.com

راهنمای نگارش مقاله‌های فصلنامه علوم زمین

هدف: هدف فصلنامه علوم زمین، فراهم آوردن بستری مناسب برای تبادل اطلاعات علمی و فنی میان استادان، پژوهشگران و متخصصان است. فصلنامه مقالات مستند به نتایج پژوهش‌های بنیادی و کاربردی، دارای نوآوری و مطالب مفید دربارهٔ موضوعات وابسته به زمین‌شناسی ایران و یا نتایج تحقیقات نظری بکر در ارتباط با علوم‌زمین را به‌چاپ می‌رساند.

اصالت پژوهش: مسئولیت هر مقاله از نظر صحت و اصالت علمی، عدم چاپ قبلی در مجلات دیگر، و ترتیب نام پدید آورندگان بر عهده شخص مکاتبه‌کننده خواهد بود و کلیه مکاتبات با وی صورت خواهد گرفت. نسخه صفحه‌آرایی شده مقاله، تنها پس از تأیید صحت متن و اصالت پژوهش توسط نویسنده مکاتبه‌کننده، به چاپ خواهد رسید.

بحث و اظهار نظر: خوانندگان می‌توانند بحث درباره مقالات چاپ شده را تا حداکثر ۳ ماه پس از انتشار به دفتر نشریه ارسال دارند تا در صورت تصویب در هیئت تحریریه، همراه با پاسخ احتمالی نویسندگان، به‌چاپ برسد.

حجم و ساختار: مقاله باید دارای ساختار استاندارد و حاوی چکیده، کلید واژه، مقدمه، بدنهٔ اصلی (معرفی موضوع مورد بررسی، شرح روش‌ها، آزمایش‌ها و یا برداشت‌ها، بحث و نتیجه‌گیری)، سپاسگزاری (در صورت ضرورت) و فهرست مراجع، باشد. حجم مقاله حداکثر ۱۵ صفحه مطابق با راهنمای نگارش، یا ۱۰ صفحه نشریه، با در نظر گرفتن تصاویر، جداول و پیوست‌ها است.

مشخصات: عنوان مقاله باید نسبتاً کوتاه (حداکثر ۱۵ کلمه) و منعکس کننده تمام ویژگی‌های اصلی پژوهش باشد. نام و نام خانوادگی، وابستگی سازمانی و پست الکترونیکی پدیدآورندگان, مطابق رویه نشریه، در زیر عنوان مقاله آورده می‌شود (نام فردی که مکاتبات با او صورت خواهد گرفت، با ستاره یا خط مشخص شده و نشانی کامل پستی و تلفن نویسنده مسئول(ثابت وهمراه) نیز ذکر شود).

چکیده: چکیده فارسی باید دارای ساختار استاندارد و حداکثر ۳۵۰ کلمه باشد. چکیده، ترجیحا در یک بند (پاراگراف)، و به صورت یک ستونی به عرض ۱۸ سانتی‌متر(فاصله متن از بالا ، پایین و راست صفحه ۲ سانتی‌متر، چپ ۱ سانتی متر) عرضه می‌شود. حداکثر ۸ کلیدواژه بعد از چکیده می‌آید. از رجوع به منابع و آوردن شکل در چکیده، خودداری شود.

متن: بدنهٔ مقاله به صورت تک ستونی تهیه می‌شود. فاصله سطرها در همه جا معمولی (single) است. طول صفحه ۲۵ سانتی‌متر است. از آوردن واژه‌های انگلیسی (به‌جز مواردی چون اسامی، ذکر منبع و گونه‌های فسیل‌ها)، اجتناب شود. واحدهای مورد استفاده، در سیستم متریک است(در صورت استفاده از واحد دیگر، معادل‌متریک آن ذکر شود).

شکل‌ها و جدول‌ها: کلیه شکل‌ها، نمودارها و عکس‌ها با عنوان شکل، عرضه می‌شوند. این قسمت‌ها باید اصل و دارای کیفیت بالا باشند. ذکر مأخذ مواردی که از منابع دیگر گرفته شده، الزامی است. نحوهٔ تدوین جدول‌ها راست به چپ و متن آنها به فارسی، به صورت word است. از آنجا که مطالب مجله در ستون‌های ۸/۵ سانتی‌متری(دو ستونه) و ۱۸ سانتی متری (تک ستونه) آراسته می‌شوند، لازم است شکل‌ها و جدول‌ها حداکثر با عرض ۱۸ (شکل‌های بزرگ‌تر) یا ۸/۵ سانتی‌متری (شکل‌های کوچک‌تر) ارائه شوند. ارسال اصل شکل‌ها و نمودارها به لحاظ کیفیت چاپ در محیط فتوشاپ با resolution ۶۰۰ از اهمیت خاصی برخوردار است. به دلیل محدودیت چاپ صفحات رنگی در نشریه، شکل‌ها هم به صورت رنگی و هم سیاه و سفید (قسمت‌های مختلف با هاشور و ... و سایه روشن‌های مختلف از هم تفکیک شوند) تا در صورت استفاده از عکس‌های سیاه و سفید، مشکلی در تشخیص بخش‌های مختلف شکل به وجود نیاید.

مراجع: رجوع به منابع در متن مقاله به صورت نام خانوادگی نویسنده و تاریخ نشر در داخل پرانتز نشان داده می‌شود. فهرست مراجع به ترتیب حروف الفبا و به زبان اصلی در پایان مقاله، می‌آید. از آوردن منابع در انتهای مقاله بدون اشاره در متن و بالعکس جدا خودداری گردد (برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد نحوهٔ نگارش انواع مراجع، به منابع راهنما, که در پایان همین صفحه آمده، مراجعه بفرمایید*).

- کتاب‌ها و گزارش‌ها: پدیدآورنده‌ها (نام خانوادگی و حرف اول نام)، تاریخ نشر، عنوان کتاب، ناشر، محل نشر، تعداد صفحات.
- مقاله‌ها: پدیدآورنده‌ها (نام خانوادگی و حرف اول نام)، تاریخ نشر، عنوان مقاله، نام نشریه، دوره یا جلد، شماره (سال)، شماره صفحات.

شماره ترتیب روابط داخل پرانتز نوشته می‌شود. از آوردن پاورقی خودداری شود، واژه‌های معادل(برای یک بار در متن) و موارد توضیحی کنار واژه مورد نظر در پرانتز آورده می‌شوند.

معرفی انگلیسی: در یک برگهٔ جداگانه در انتهای مقاله؛ عنوان مقاله، نام پدیدآورنده‌ها، وابستگی سازمانی و پست الکترونیکی، به همراه چکیده و کلید واژه‌های انگلیسی می‌آید. چکیده و کلید واژه‌های انگلیسی برگردان کامل محتوی چکیده و کلید واژه‌های فارسی است.

قلم‌های نگارش

موقعیت استفاده	اندازه	نوع قلم
عنوان مقاله	۱۶	B-Titr ، سیاه
نام پدیدآورندگان	۱۰	B-Titr ، سیاه
وابستگی سازمانی پدیدآورندگان	۱۰	B-Lotus ، نازک
متن چکیده و کلید واژه‌ها	۱۱	B-Zar ، نازک
عنوان‌های اصلی	۱۰	B-Titr ، سیاه
عنوان‌های فرعی	۹	B-Titr ، سیاه
زیرنویس شکل‌ها و جدول‌ها	۱۱	B-Zar ، نازک
متن مقاله و کتابنگاری	۱۲	B-Zar ، نازک
واژه‌ها و منابع‌انگلیسی داخل‌متن مقاله	۸	Times new roman ، نازک
چکیده و منابع انگلیسی انتهای مقاله	۱۰	Times new roman ، نازک

ارسال: متن مقاله بر روی کاغذ A4، به صورت یک‌رو، مطابق رویه صفحه‌آرایی نشریه، سه نسخه چاپ شده؛ دو نسخه رنگی بدون نام و مشخصات نویسندگان و یک نسخه با نام و مشخصات کامل و محل کار نویسندگان مقاله همراه با آدرس کامل پستی، تلفن (همراه و ثابت) و نشانی پست الکترونیکی نویسنده مسئول؛ به همراه CD مقاله یا به صورت پست الکترونیکی به دو صورت Word و PDF، به دفتر نشریه ارسال می‌شود (مطالب ارسالی بازگشت داده نخواهد شد). همراه با مقاله، نامه تأییدیه از تمامی نویسندگان مقاله مبنی بر این که مقاله را ملاحظه و تأیید می‌نمایند همراه با امضا، ایمیل و تلفن آنها فرستاده شود. در نامه‌ای جداگانه چند خط راجع به نوآوری مقاله و لزوم چاپ آن توضیح داده شود. افزون بر مدارک یاد شده، ارسال اصل فیش واریزی به مبلغ ۷۵۰،۰۰۰ ریال نیز ضروری می باشد. برای غنی‌تر شدن بانک اطلاعات داوران، در نامهٔ همراه مقاله، نام و مشخصات حداقل ۳ نفر که در زمینه مقاله تخصص دارند آورده شود. در صورت نیاز به اصلاح مقاله، مقاله اصلاح شده همراه با CD و نامه مبنی بر پاسخ به نظرات داوران محترم، در دو نسخه (یک نسخه با نام و مشخصات نویسندگان و یک نسخه بدون نام و مشخصات نویسندگان) ارسال گردد. ذکر کد پیگیری مقاله بر روی مقالات اصلاح شده ضروری است.

آدرس: دفتر فصلنامه علوم زمین، تهران، میدان آزادی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تلفن ۶۴۵۹۲۲۹۹-۰۲۱

***منابع‌راهنما:** به‌منظور استفادهٔ پژوهشگران‌جوان، چند منبع راهنما جهت نگارش‌مقالات‌پژوهشی و همچنین اصول‌نگارش به زبان فارسی، از طریق وب‌گاه فصلنامه‌علوم‌زمین (http://gs-journal.ir) عرضه شده است.