

ناپیوستگی جهانی روی کوارتزیت بالایی سازند لالون

(مرز کامبرین زیرین و میانی): گواهی بر اینکه

کوارتزیت بالایی، کوارتزیت پایه سازند میلا نیست

نوشته: دکتر یعقوب لاسمی* و هادی امین‌رسولی*

Interregional Unconformity on the Top Quartzite Unit of the Lalun Formation (Lower and Middle Cambrian Boundary): Evidence Indicating that the Top Quartzite is not the Base Quartzite of the Mila Formation

By: Dr. Y. Lasemi* & H. A. Rasouli*

چکیده

سازند لالون (کامبرین زیرین) در برگیرنده واحدهای ماسه‌سنگ پایینی، شیلی (واحد میانی) و کوارتزیت بالایی است. واحد شیلی با مرز ناپیوسته روی واحد ماسه‌سنگ پایینی جای دارد. دو افق بیوهرمی در بخش پایینی واحد شیلی شناخته شده‌اند. واحد شیلی بتدریج به واحد کوارتزیت بالایی تغییر می‌کند. محیط رسوبی واحد شیلی خلیج دهانه‌ای است. واحد کوارتزیت بالایی سازند لالون با ناپیوستگی فرسایشی در زیر بخش ۱ سازند میلا جای دارد. این واحد در محیط رسوبی ساحلی نهشته شده است.

رخساره‌ها و محیط رسوبی ماسه‌سنگ کوارتزیت بالایی با کوارتزیت‌های Hawke Bay منطقه آپالاش و Zabriskie کالیفرنیا همسان‌اند. سطح بالایی این نهشته‌ها ناپیوستگی ناحیه‌ای و مرز کامبرین پیشین و میانی است. نهشته‌های هم‌ارز واحد کوارتزیت بالایی در کشورهای ترکیه، عمان، چین، جنوب باختری اروپا، جنوب استرالیا و امریکای شمالی نیز با ناپیوستگی فرسایشی از نهشته‌های رویی خود جدا می‌شوند. بنابراین، مرز ناپیوسته روی واحد کوارتزیت بالایی ارزش جهانی دارد و به گمان قوی، مرز کامبرین پیشین و میانی در ایران است.

بخش ۱ سازند میلا بر روی کوارتزیت بالایی سازند لالون جای دارد. دو افق بیوستروم و بیوهرم ترومبولیتی در نزدیک مرز پایینی بخش ۱ سازند میلا (۲ متر بالای مرز) دیده می‌شود که نشان دهنده آغاز پیشروی دریای کامبرین میانی است. این پیشروی به پدید آمدن توالی پیشرونده سازند میلا (بخش‌های ۱ تا ۳) انجامیده است. بنابراین واحد کوارتزیت بالایی در توالی پیشرونده سازند میلا جای ندارد و نمی‌تواند، برخلاف پیشنهاد برخی از زمین‌شناسان، کوارتزیت پایینی آن باشد.

ناپیوستگی فرسایشی در مرز پایینی واحد شیلی و در مرز بالایی واحد کوارتزیت بالایی و همچنین مرز تدریجی این واحدها نشان می‌دهند که واحد کوارتزیت بالایی را نمی‌توان یک واحد چینه‌شناختی جدا از واحد شیلی پنداشت.

کلید واژه‌ها: سازند لالون، واحد کوارتزیت بالایی، واحد شیلی، کوارتزیت پایه، بخش ۱ سازند میلا، کامبرین زیرین، کامبرین میانی

Abstract

The Lower Cambrian Lalun Formation includes the lower Sandstone, middle Shale and upper Top Quartzite units. The contact of the Shale unit with that of the Sandstone unit is unconformable grading upward to Top Quartzite unit. Two bioherm horizons are present near the base of the shale unit. The Shale unit represents deposition in an estuary environment. The Top Quartzite of the Lalun Formation records deposition in a shoreface depositional setting.

Facies and depositional environment of the Hawke Bay Quartzite of the Appalachian Mountains and the Zabriskie Quartzite of California are similar to the Top Quartzite of the Lalun Formation. The upper contact of the Hawke Bay and Zabriskie

Quartzites is a regional unconformity signifying the Lower and Middle Cambrian boundary. These deposits, as well as, the Top Quartzite are correlated to similar deposits in Turkey, Oman, China, southwest Europe and south of Australia. They are unconformably overlain by Middle Cambrian rocks, too. Therefore, the unconformity of the top of the Top Quartzite unit is interregional, coinciding with the Lower and Middle Cambrian boundary.

Two biostromal and biohermal thrombolite horizons present near the base of Member 1 (2 meters above the boundary) indicating the onset of Middle Cambrian transgression. This event resulted in the formation of the transgressive Mila succession (Members 1-3). Therefore, the Top Quartzite of the Lalun Formation does not belong to the Mila succession and cannot be considered as its Base Quartzite unit, as some geologists have previously suggested.

The contact between the Shale and Top Quartzite units is gradational and the two units are bounded by two erosional unconformities. Therefore, the Top Quartzite cannot be considered as a separate lithostratigraphic unit.

Keywords: Lalun Formation, Top Quartzite unit, Shale unit, Base Quartzite, Member 1 of Mila Formation, Middle Cambrian, Lower Cambrian

مقدمه

گرفته است و: ۴) واحد شیلی نیز با نایبوستگی بر روی واحد زیرین (واحد ماسه سنگ پایینی) سازند لالون جای دارد.

هدف مهم این مطالعه، ارائه گواهی است که نشان می‌دهند (۱) مرز کامبرین زیرین و میانی سطح نایبوسته بالای کوارتزیت بالایی است، (۲) کوارتزیت بالایی سازند لالون کوارتزیت پایه سازند میلا نیست و (۳) کوارتزیت بالایی نمی‌تواند واحد چینه‌شناختی جداگانه‌ای باشد. در این مطالعه نهشته‌های واحدهای شیلی و کوارتزیت بالایی سازند لالون و بخش پایینی سازند میلا در نواحی تویه- دروار (جنوب باختر دامغان) و شهمیرزاد (شمال سمنان) بررسی شده‌اند (شکل ۱).

رخساره‌ها بر پایه بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی شناسایی شده‌اند. سنگهای کربناتی بر پایه رده‌بندی (Dunham 1962) و (Embry & Klovan, 1971) و سنگهای آواری بر پایه رده‌بندی (Pettijohn et al., 1987) نامگذاری شده‌اند.

رخساره‌های بخش بالایی سازند لالون

Assereto (1963) سازند لالون را، در برش الگو، به واحدهای ماسه سنگ پایینی (۴۹۸ متر)، شیلی (۳۵ متر شیل رنگین با میان لایه‌هایی از ماسه سنگ) و کوارتزیت بالایی (۵۰ متر) بخش کرده است (شکل ۲). بر پایه مطالعات امین‌رسولی (۱۳۷۸) و لاسمی و امین‌رسولی (۱۳۷۸)، ۱۳۸۱a,b و ۱۳۸۲ و زیر چاپ) سنگهای واحد شیلی سازند لالون نهشته‌های خلیج دهانه‌ای وابسته به هنگام پیشروی سطح دریا هستند. نشانه‌های این پیشروی که در نزدیک مرز کامبرین زیرین و میانی رخ داده است، در نواحی شهمیرزاد و تویه- دروار لایه ماسه سنگ کوارتزیت قله‌دار (شکل ۳a) با آشفته‌گیهای زیستی (شکل ۳b) است که با سطح زیرین فرسایشی بر روی واحد ماسه سنگ پایینی دیده می‌شود. لایه همسان، در برگیرنده آشفته‌گیهای زیستی وابسته به نزدیک پایان کامبرین زیرین در بخشهای دیگر جهان، شناخته شده‌اند

سازوکار رخساره‌های مهم به پدید آمدن مرزهای نایبوسته جهانی می‌انجامند. این مرزها برای انجام هم ارزی چینه‌شناختی (Stratigraphic correlation) ناحیه‌ای و جهانی اهمیت زیادی دارند.

مرز کامبرین زیرین و میانی یکی از مرزهای مهم توالی رسوبی فانروزویک است که در ایران به درستی شناسایی نشده است. زمین‌شناسان دیدگاه یکسانی درباره جایگاه مرز کامبرین زیرین و میانی ایران ندارند. برخی این مرز را بر روی بخش ۱ سازند میلا (برای نمونه، حمدی، ۱۳۷۴؛ Matsumoto et al., 1995) و برخی دیگر آن را در زیر واحد کوارتزیتی سازند لالون (Assereto, 1963) پنداشته‌اند (برای نمونه، علوی‌نائینی، ۱۳۷۲؛ آقانباتی، ۱۳۸۳؛ Alvai, 2004). اشتوکلین و همکاران (Stocklin et al., 1964) و کوشان (Kushan, 1978)، بر پایه جایگاه چینه‌شناختی، مرز کامبرین زیرین و میانی را روی واحد کوارتزیت بالایی (Top Quartzite) سازند لالون پیشنهاد کرده‌اند.

گروهی از پژوهشگران زمین‌شناسی ایران (برای نمونه علوی‌نائینی، ۱۳۷۲؛ حمدی، ۱۳۷۴؛ آقانباتی، ۱۳۸۳) مرز نایبوسته بالای کوارتزیت بالایی سازند لالون را تشخیص نداده و مرز تدریجی این واحد با واحد شیلی زیرین را نایبوسته پنداشته‌اند. این اشتباه بزرگ سبب شده است که آنها کوارتزیت بالایی را کوارتزیت پایه (Base Quartzite) سازند میلا و نشان دهنده آغاز پیشروی کامبرین میانی پندارند. آلنباخ (Allenbach, 1966) نیز مرز کوارتزیت بالایی و سازند میلا را نایبوسته مشخص کرده است.

بررسی رخساره‌ها، محیط‌های رسوبی و چینه‌نگاری توالی سنگهای کامبرین البرز (برای نمونه لاسمی، ۱۳۷۹؛ لاسمی و امین‌رسولی، ۱۳۷۸، ۱۳۷۹، ۱۳۸۱a,b و ۱۳۸۲) نشان داده است که (۱) سازند میلا با نایبوستگی فرسایشی/خاک قدیمی بر روی واحد کوارتزیت بالایی جای دارد، (۲) مرز بین سریهای کامبرین زیرین و میانی روی واحد کوارتزیت بالایی است، (۳) کوارتزیت بالایی با مرزی تدریجی بر روی واحد شیلی جای

کوارتزیت بالایی نزدیک ۵۰ سانتی متر ستبراً دارد (شکل ۴f) (راستگار، ۱۳۷۹). در منطقه مهاباد (آذربایجان باختری) افق هوازده سرخ رنگ در مرز سازند میلا و کوارتزیت بالایی شناخته شده است (افتخار نژاد، ۱۹۶۷، گرفته شده از علوی نائینی، ۱۳۷۲). افق‌های هوازده سرخ رنگ/خاک قدیمی که گسترش زیاد دارند نشان دهنده مرزهای نایبوسته مهم‌اند (Lasemi, 1995; Emery & Myers, 1996; Bhattacharyya & Chakraborty, 2000; Miall, 2000). رخساره‌ها و محیط‌های رسوبی ماسه‌سنگ کوارتزیت بالایی با کوارتزیت Hawke Bay منطقه آپالاش (Palmer, 1981; Debrenne & James, 1981) و کوارتزیت Zabriskie کالیفرنیا (Fedo & Cooper, 2001) همسان است. سطح بالایی این نهشته‌ها نایبوستگی ناحیه‌ای (Prave, 1992; Keller et al., 2003) و مرز کامبرین پیشین و میانی (e. g., Palmer, 1981; Keller et al., 2003) است. نهشته‌های هم ارز واحد کوارتزیت بالایی در کشورهای ترکیه (نوشته منتشر نشده آقای دکتر جمشید افتخارنژاد)، عمان (Millson et al., 1996)، شمال چین (Meng et al., 1997)، جنوب باختری اروپا (Alvaro et al., 2000)، جنوب استرالیا (Rowland & Gangloff, 1988) و امریکای شمالی (Palmer, 1981; Debrenne & Jams, 1981; Keller et al., 2003) با نایبوستگی هم‌شیب از نهشته‌های رویی خود جدا می‌شوند. بنابر این، مرز نایبوسته روی واحد کوارتزیت بالایی ارزش جهانی دارد و به گمان قوی، مرز کامبرین پیشین و میانی در ایران است (لاسمی و امین‌رسولی، ۱۳۸۱a, b و ۱۳۸۲).

رخساره‌های بخش پایینی سازند میلا

بخش ۱ سازند میلا (Stocklin et al., 1964) از سنگهای کربناتی ساخته شده است. به باور شماری از زمین‌شناسان این بخش هیچ‌گونه بازماندگان زیستی ندارد و مرز آن با واحد کوارتزیت بالایی پیوسته است (برای نمونه، علوی نائینی، ۱۳۷۲؛ حمدی، ۱۳۷۴؛ آقائباتی، ۱۳۸۳). بررسی رخساره‌ها و محیط‌های رسوبی (برای نمونه، لاسمی، ۱۳۷۹، 1995؛ امین‌رسولی، ۱۳۷۸؛ لاسمی و امین‌رسولی، ۱۳۷۸) نشان داده است که در این بخش، فزون بر نایبوسته بودن مرز سازند میلا و کوارتزیت بالایی، بازماندگان زیستی لاله‌وش، تریلوبیت، آنکوئید و میکروبیولیت (استروماتولیت و ترومبولیت) فراوان‌اند (شکل ۵a-f). در ناحیه شه‌میرزاد پس از ۲ متر از آغاز بخش ۱ سازند میلا (شکل ۶a)، گل‌سنگ آهکی کوارتزار به سوی بالا به گل‌سنگ آهکی بدون کوارتز و

(Pemberton et al., 1979; Soslavinsky & Janes & Gravestock 1990; Maidanskaya, 2001; Fedo & Cooper 2001 Hasiotis, 2003)

کنگولمر کوارتزی بالای سازند داهو در زرنند کرمان (لاسمی، ۱۳۷۹) هم‌ارز این لایه ماسه‌سنگ کوارتزی قله‌دار است که در هنگام پیشروی دریا پدید آمده است. آلباخ (۱۹۷۲) نیز مرز واحد کوارتزیت بالایی و سازند میلا را نایبوسته مشخص کرده است.

در ناحیه تویه دروار، روی این لایه، شیل‌های رنگی با دو افق بیوهرمی (شکل ۳c) جای دارند (امین‌رسولی، ۱۳۷۸؛ لاسمی و امین‌رسولی، ۱۳۷۹، ۱۳۸۱a, b و ۱۳۸۲). این بیوهرمها برجستگی‌های هم‌زمان با رسوبگذاری (Kisseling & Flugel, 2002) هستند که به گونه کمپلکسهای بیوهرمی جدا از هم‌اند. سازندگان این بیوهرمها میکروبیولیتها هستند (لاسمی و امین‌رسولی، زیر چاپ) (شکل ۳d). افق‌های بیوهرمی و شیل‌های رنگین واحد شیلی، به گمان قوی، هم‌ارز لایه‌های کربناتی و شیل‌های بخش زیرین واحد ماسه سنگ کوارتزی Zabriskie کالیفرنیا در امریکا (Fedo & Cooper, 2001)، بیوهرمهای سرانجام کامبرین زیرین مناطق نوادا در امریکا و باختر Hubei در چین (Hicks et al., 2003)، شمال باختری اسپانیا (Alvaro et al., 2000)، مناطق باختر نیوفاندلند (Zhuravlev, 2001) و جنوب لبرادور (Kobluk & James, 1979) (James & Kobluk, 1978) در حاشیه باختری کوه‌های آپالاش در خاور کانادا (زیر سازند Hawke Bay) (Debrenne & James, 1981; James & Gravestock, 1990) منطقه Elat (Soudry & Weissbrod, 1995)، منطقه Altay-Sayan-Tuva -سیبری (James & Zhuravlev, 2001) (Debrnne, 1980; Gangloff, 1988; Rowland جهان (Zhuravlev & Wood, 1995, 1996) هستند. بیوهرم‌های ی‌اد شده پس از نابودی زیستی سرآغاز تیونین (Alvaro et al., 1999) (e. g., Alvaro et al., 1999) پدیدار شده‌اند. بیوهرم‌های میکروبیولیتی (استروماتولیتی-ترومبولیتی) واحد شیلی سازند لالون با تناوب شیل و ماسه سنگ پوشیده شده‌اند. این نهشته‌ها به تدریج به واحد کوارتزیت بالایی سازند لالون تغییر می‌کنند (شکل ۴a).

واحد کوارتزیت بالایی نهشته‌های ساحل دریا وابسته به دسته رخساره‌ای افت سطح دریا هستند (امین‌رسولی، ۱۳۷۸؛ لاسمی و امین‌رسولی، ۱۳۷۸ و ۱۳۸۲). لاسمی (۱۳۷۹، 1997، 1995) نایبوستگی مهمی روی واحد کوارتزیت بالایی تشخیص داده است. این نایبوستگی در خاور البرز مرکزی به گونه افق هوازده سرخ رنگ (شکل ۴b, c) است که در آن بیش از ۹۰ درصد دانه‌های ماسه به دولومیت/هماتیت تغییر کرده‌اند (شکل ۴d, e). در منطقه عجب‌شیر (آذربایجان خاوری) افق هوازده بالای

پیشروی به پدید آمدن توالی پیشرونده کامبرین میانی تا بالایی (بخش‌های ۱ تا ۳ سازند میلا) انجامیده است. بنابراین واحد کوارتزیت بالایی کوارتزیت پایه سازند میلا نیست.

بیوهرمهای ترومبولیتی به طور معمول در آغاز پیشروی دریا و پس از نابودی زیستی جهانی پدیدار می‌شوند. بیوهرمهای میکروبیولیتی واحد شیلی سازند لالون در هنگام پیشروی دریا، پس از نابودی زیستی سرآغاز تیونین، پدید آمده‌اند. ترومبولیت‌های بخش ۱ سازند میلا، نیز، در آغاز پیشروی دریای کامبرین میانی، پس از نابودی زیستی سرانجام تیونین، بر روی مرز ناپوسته واحد کوارتزیت بالایی پدیدار شده‌اند.

واحد شیلی سازند لالون با ناپوستگی فرسایشی واحد ماسه‌سنگ پایینی را می‌پوشاند و به تدریج به واحد کوارتزیت بالایی تغییر می‌کند. بودن ناپوستگی در بخش پایینی واحد شیلی نشان می‌دهد که واحدهای شیلی و کوارتزیت بالایی سازند لالون بخش ناپذیرند و کوارتزیت بالایی نمی‌تواند واحد چینه شناختی جداگانه‌ای باشد.



شکل ۱- جایگاه جغرافیایی نواحی مورد بررسی

آهک شیلی تیره رنگ تغییر می‌کند. سپس ۲ افق بیوستروم و بیوهرم ترومبولیتی، در نزدیک مرز بخش ۱ سازند میلا با واحد کوارتزیت بالایی، دیده می‌شود (شکل ۶b). ستبرای افق بیوستروم ترومبولیتی ۲۰ سانتی متر است و در آن ترومبولیتها به گونه عدسیهای چند سانتی متری جای دارند (شکل ۶c). سطح بالای این افق هموار است. ترومبولیتها در افق بیوهرمی به گونه عدسیهای چسبیده (شکل ۶d) و جدا از هم (شکل ۶e,f) هستند. اندازه این ترومبولیتها از چند سانتی متر تا متر تغییر می‌کند. نهشته‌های زیر و بین ترومبولیتها آهکهای شیلی تیره رنگ و مدستون تا وکستون یوکلاستی تریلوبیت‌دار (شکل ۶g,h) وابسته به کمر بند دریای باز هستند. افق ترومبولیت بیوهرمی با رخساره گریستون ائویدی (شکل ۶e) وابسته به کمر بند سدی پوشیده شده است.

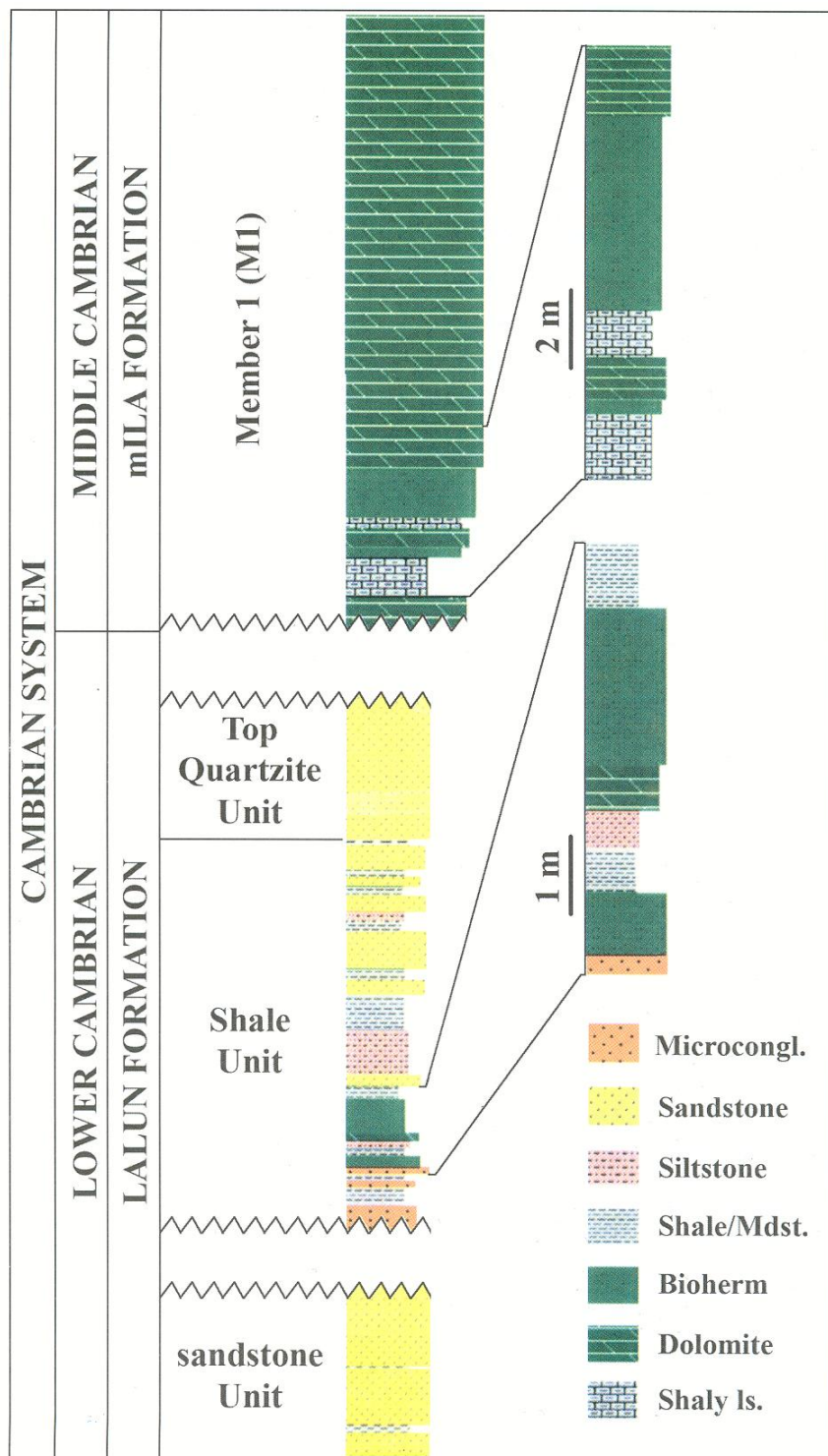
ترومبولیتها به طور معمول در آغاز پیشروی دریاها و پس از نابودی زیستی جهانی (Mass extinction) پدیدار می‌شوند (Brett, 1995; Glumac & Walker, 1997). ترومبولیت‌های بخش ۱ سازند میلا نیز در آغاز پیشروی دریای کامبرین میانی، پس از نابودی زیستی سرانجام تیونین (Alvaro et al., 1999)، پدیدار شده‌اند (لاسمی، ۱۳۷۹). این پیشروی به پدید آمدن توالی پیشرونده کامبرین میانی تا بالایی (بخش‌های ۱ تا ۳ سازند میلا) انجامیده است. بنابراین واحد کوارتزیت بالایی، بی‌تردید، در توالی پیشرونده سازند میلا جای ندارد و نمی‌تواند کوارتزیت پایه آن باشد.

بیوهرمهای میکروبیولیتی واحد شیلی سازند لالون (امین‌رسولی، ۱۳۷۸؛ لاسمی و امین‌رسولی، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۱a,b، ۱۳۸۲ و زیر چاپ)، سازند الیکا در البرز (طهماسبی، ۱۳۷۶)، سازند کنگان در زاگرس (لاسمی و همکاران، ۱۳۷۷) و منطقه Elat (Soudry & Weissbrod, 1995)، نیز همسان با ترومبولیت‌های بالای مرز کامبرین زیرین و میانی، پس از مرز ناپوسته در آغاز پیشروی دریا پدید آمده‌اند.

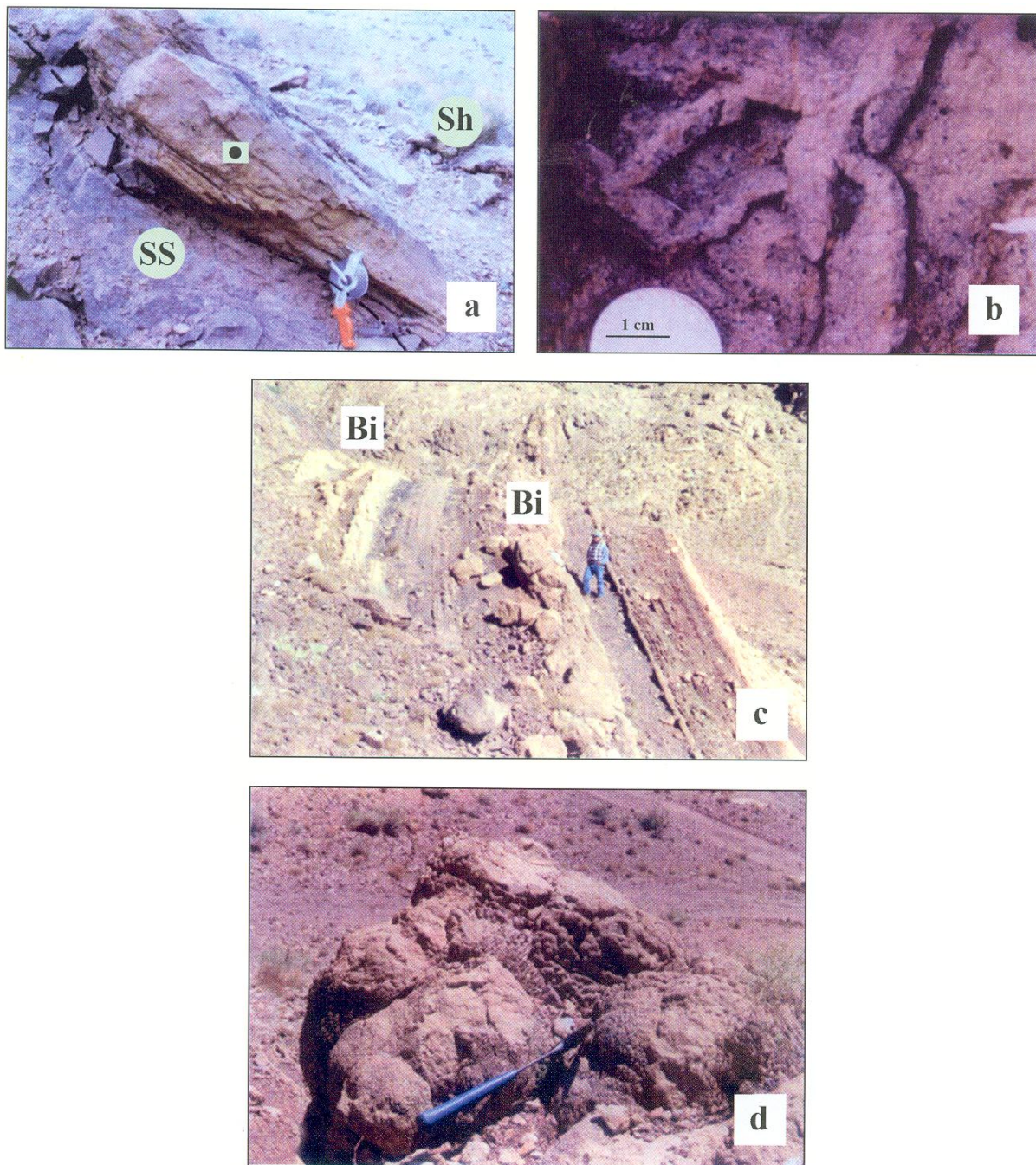
نتیجه‌گیری

نهشته‌های واحد کوارتزیت بالایی با ماسه‌سنگ‌های کوارتزیتی Hawke Bay منطقه آپالاش و Zabriskie کالیفرنیا هم‌ارزند و در محیط رسوبی یکسانی نهشته شده‌اند. مرز بالایی این نهشته‌ها ناپوستگی مهم بین سریهای کامبرین زیرین و میانی است. بنابراین مرز کامبرین زیرین و میانی در ایران مرز بین بخش ۱ سازند میلا و واحد کوارتزیت بالایی سازند لالون است.

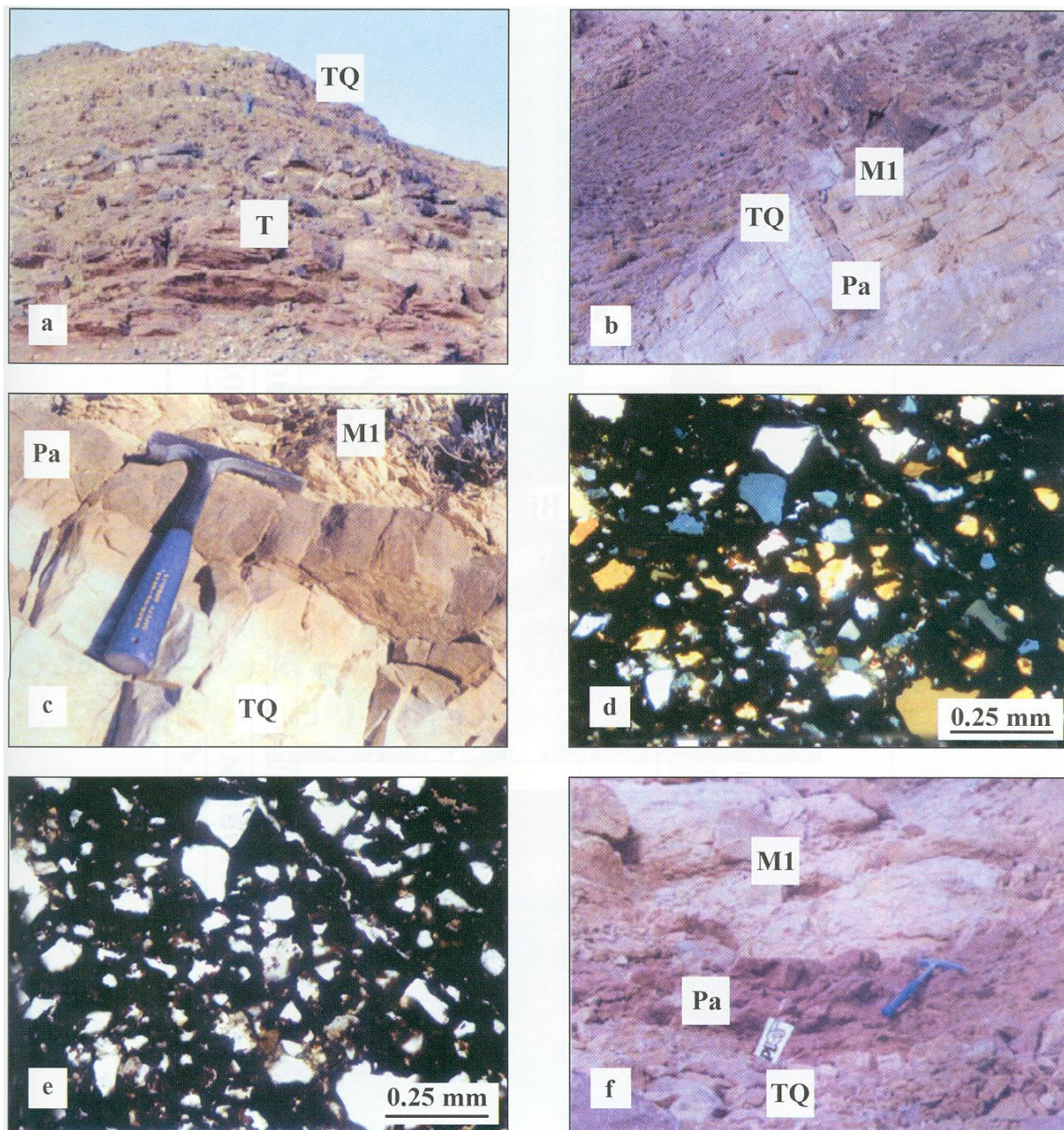
ناپوستگی جهانی روی واحد کوارتزیت بالایی و همچنین بودن دو افق بیوستروم و بیوهرم ترومبولیتی، در نزدیک مرز پایینی بخش ۱ سازند میلا، نشان‌دهنده پیشروی دریا در آغاز نهشته‌گذاری سازند میلا است. این



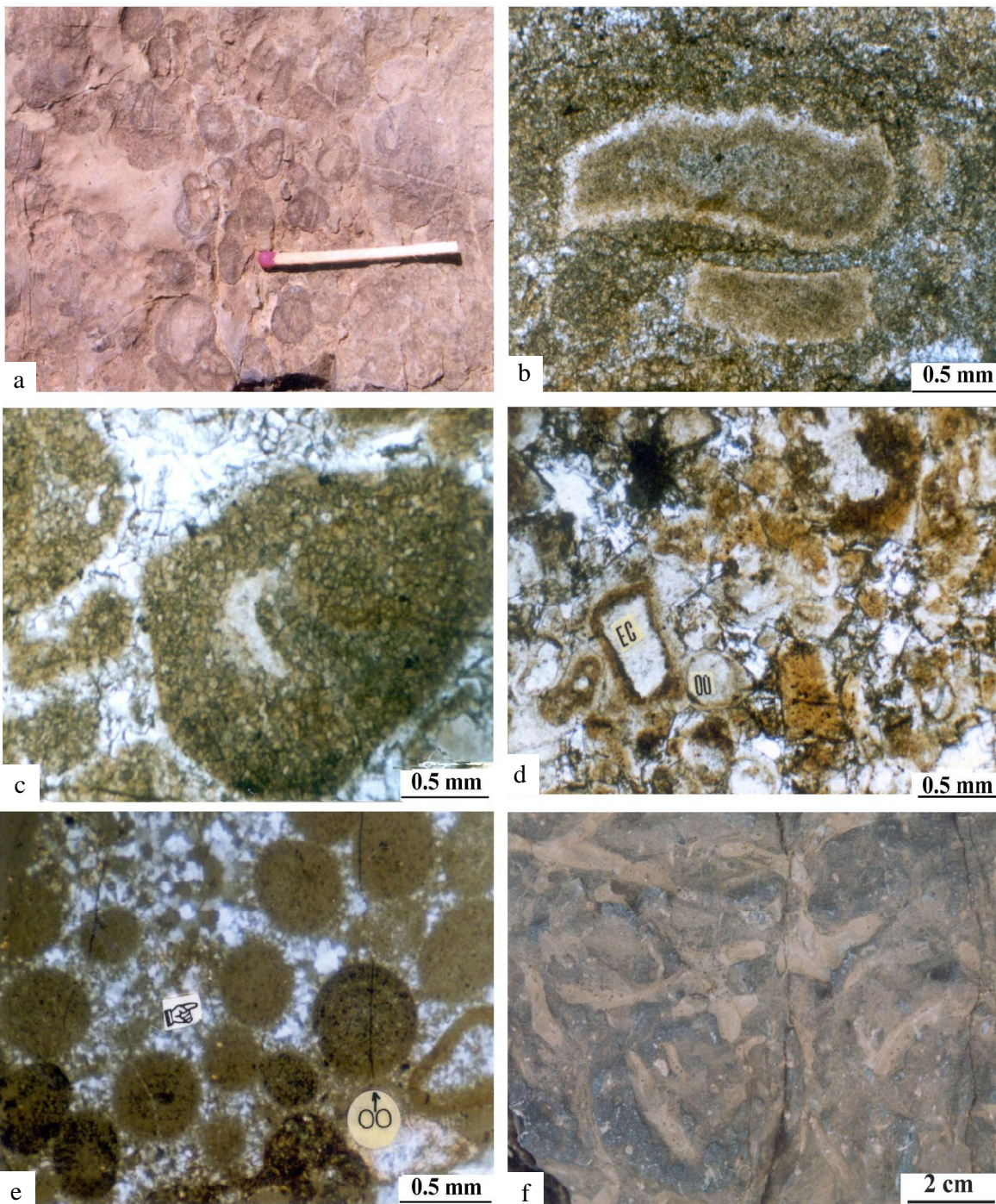
شکل ۲- ستون چینه‌شناختی ترکیبی واحدهای شیلی و کوارتزیت بالایی سازند لالون و بخش ۱ سازند میلا در خاور البرز مرکزی. در شکل جایگاه افقهای بیوهرمی واحد شیلی سازند لالون (تویه- دروار) و بخش ۱ سازند میلا (شهمیرزاد) دیده می‌شوند.



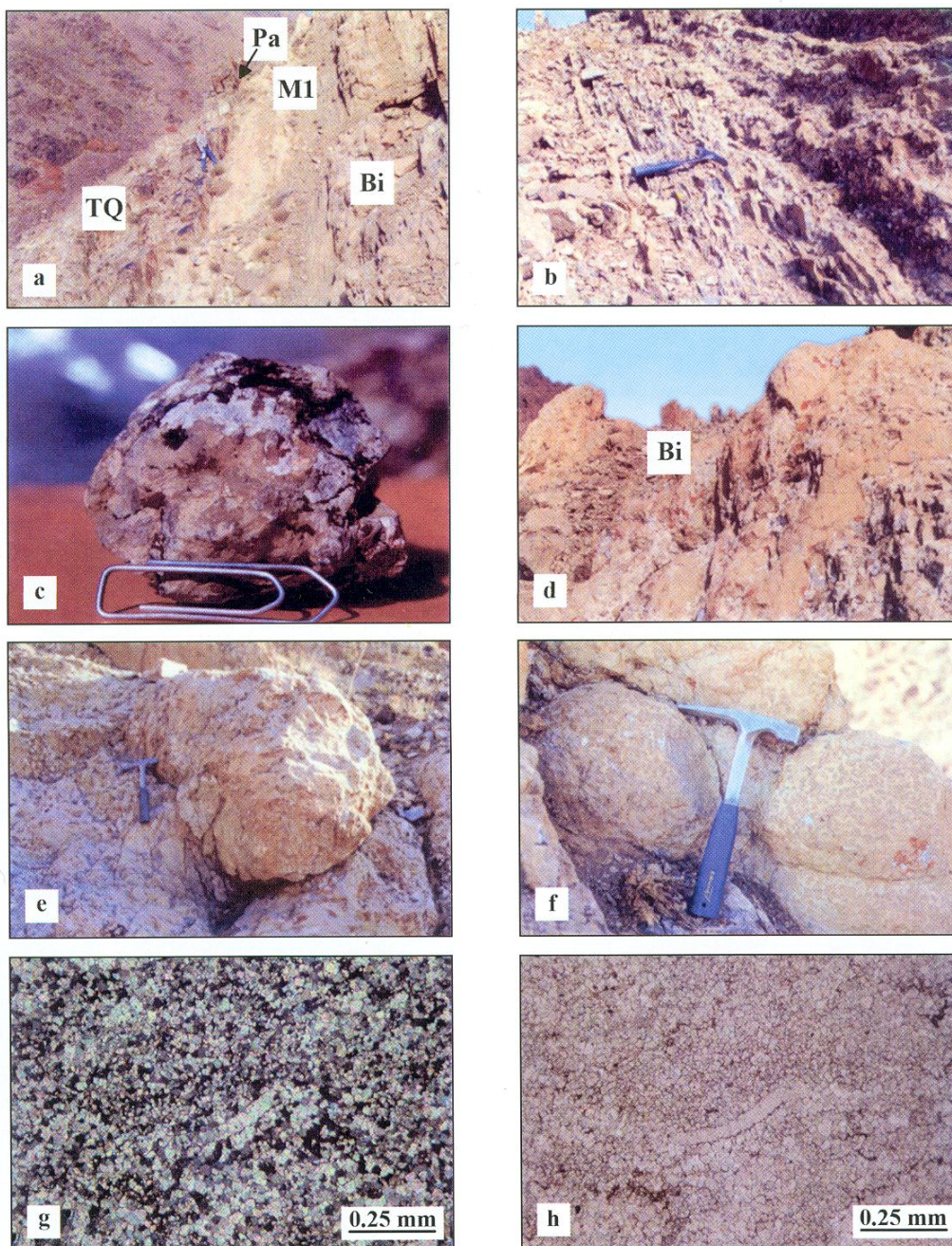
شکل ۳-ا) نمای نزدیک از لایه ماسه سنگ قلوه دار (بخش میانی عکس) در مرز واحدهای ماسه سنگ پایینی (SS) و شیلی (Sh) سازند لالون در ناحیه تویه- دروار. (b) آشفتنگی زیستی در روی لایه ماسه سنگ قلوه دار. (c) نمای دور از دو افق بیوهرمی (Bi) واحد شیلی سازند لالون در ناحیه تویه- دروار. (d) بیوهرمهای چسبیده به هم واحد شیلی سازند لالون.



شکل ۴- (a) نمایی از تناوب ماسه سنگ و شیل (بخش تدریجی) (T) و واحد کوارتزیت بالایی (TQ) سازند لالون در ناحیه تویه- دروار. (b) و (c) تویه- دروار و (d) و (e): عکس میکروسکوپی از افق هوازده بالاترین بخش واحد کوارتزیت بالایی که در نواحی تویه- دروار (b) و شه میرزاد (c). (d) در نور پلاریزه و (e) در نور طبیعی. f: افق خاک قدیمی (Pa) آن دانه‌های کوارتز با دولومیت و اکسید آهن جانشین شده اند، (d) در نور پلاریزه و (e) در نور طبیعی. f: افق خاک قدیمی (Pa) در مرز واحد کوارتزیت بالایی (TQ) و بخش ۱ سازند میلا (M1) در ناحیه عجب شیر (عکس از راستگار، ۱۳۷۹).



شکل ۵- (a) عکس از انکوئیدهای بخش ۱ سازند میلا در نمونه دستی. b و c: عکس میکروسکوپی از نهشته‌های انکوئید دار. هسته انکوئیدها را لاله وش (b) و تریلوبیت (c) ساخته اند. d: رخساره گرینستونی ائوئیدی (Oo) لاله وش (Ec) دار دولومیتی. e: رخساره گرینستونی ائوئیدی (Oo) چرتی. فرایند دیازتر به سیلیسی شدن دانه‌ها و زمینه انجامیده است. f: آشفته‌گیهای زیستی در نهشته‌های بخش ۱ سازند میلا.



شکل ۶- a) افق خاک قدیمی (Pa) در مرز واحد کوارتزیت بالای (TQ) و بخش ۱ سازند میلا (M1) و جایگاه افقهای بیوسترومی و بیوهرمی (Bi) بخش ۱ سازند میلا در ناحیه شهمیرزاد. b: نمای نزدیک از لایه‌های نازک آهک شیلی بین ترومبولیت‌های بیوسترومی و بیوهرمی بخش ۱ سازند میلا. c: ترومبولیت‌های سازنده لایه بیوسترومی بخش ۱ سازند میلا. d: نمای نزدیک از بیوهرم‌های به هم چسبیده (Bi) بخش ۱ سازند میلا. e: نمای نزدیک از بیوهرم‌های جدا از هم در بخش ۱ سازند میلا. f: فابریک‌های لخته‌ای بیوهرم‌ها. g و h: عکس میکروسکوپی در نور پلاریزه (g) و طبیعی (h) از رخساره آهک‌های شیلی تیره رنگ بین افقهای بیوسترومی و بیوهرمی بخش ۱ سازند میلا در ناحیه شهمیرزاد. در شکل بیوکست تریلوبیت در زمینه دولومیت دیده می‌شود.

کتابنگاری

- آقائباتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین شناسی ایران. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ [۶۱۹] صفحه.
- امین رسولی، ه.، ۱۳۷۸- بررسی میکروفاسیسها، محیطهای رسوبی و چینه شناسی توالیهای واحدهای شیلی و کوارتزیت بالایی سازند لالون و عضوهای او ۱ سازند میلا در البرز شرقی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، ۱۷۸ صفحه.
- حمدی، ب.، ۱۳۷۴- سنگهای رسوبی پرکامبرین-کامبرین در ایران. سازمان زمین شناسی کشور، طرح تدوین کتاب زمین شناسی ایران، شماره ۲۰، ۳۵۳ صفحه.
- راستگار، ل.، ۱۳۷۹- بررسی میکروفاسیسها، محیط رسوبی و چینه نگاری سکانسی سازند میلا در البرز غربی، آذربایجان شرقی (عجب شیر). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، ۹۳ صفحه.
- طهماسبی، ع.، ۱۳۷۶- بررسی میکروفاسیسها، محیطهای رسوبی و چینه شناسی توالیهای بخشهای زیرین و میانی سازند الیکا در خاور البرز مرکزی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، ۱۲۳ صفحه.
- علوی نائینی، م.، ۱۳۷۲- چینه شناسی پالئوزویک ایران. سازمان زمین شناسی کشور، طرح تدوین کتاب زمین شناسی ایران، شماره ۵، ۴۹۲ صفحه.
- لاسمی، ی.، ۱۳۷۸- تشکیل پروتوپالئوتتیس و حاشیه واگرایی اواخر پرکامبرین بالایی تا اردوویسین در شمال خاورگندوانا. خلاصه مقالات هیجدهمین گردهمایی علوم زمین، صفحه ۹۲-۸۸.
- لاسمی، ی.، ۱۳۷۹. رخسارهها، محیطهای رسوبی و چینه نگاری سکانسی نهشته سنگهای پرکامبرین بالایی و پالئوزویک ایران. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شماره ۷۸، ۱۸۰ صفحه.
- لاسمی، ی.، و امین رسولی، ه.، ۱۳۷۸- بررسی میکروفاسیسها، محیطهای رسوبی و چینه شناسی توالیهای واحدهای شیلی و کوارتزیت بالایی سازند لالون. خلاصه مقالات سومین همایش انجمن زمین شناسی ایران، صفحه ۵۵۶-۵۵۳.
- لاسمی، ی.، و امین رسولی، ه.، ۱۳۷۹. رخسارههای کربناتی دریای کم ژرفا در واحد شیلی سازند لالون: یافته های نو در منطقه تویه- دروار، باختر البرز خاوری. خلاصه مقالات نوزدهمین گردهمایی علوم زمین.
- لاسمی، ی. و امین رسولی، ه.، ۱۳۸۱ا. نابوستگی فرسایشی در بالای کوارتزیت بالایی سازند لالون: گواهی بر اینکه کوارتزیت بالایی واحد کوارتزیت پایینی سازند میلا نیست. مجموعه مقالات بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین، صفحه ۲۳۷.
- لاسمی، ی. و امین رسولی، ه.، ۱۳۸۱ب- چینه نگاری سکانسی سنگهای سرانجام پرکامبرین تا اردوویسین میانی (ابر چرخه ساک) در کوههای البرز. مجموعه مقالات بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین، صفحه ۵۳۳.
- لاسمی، ی.، و امین رسولی، ه.، ۱۳۸۲- بررسی میکروفاسیسها، محیطهای رسوبی و چینه نگاری سکانسی واحدهای شیلی و کوارتزیت بالایی سازند لالون در البرز خاوری. فصلنامه علمی- پژوهشی علوم زمین، وزارت صنایع و معادن، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شماره ۴۸-۴۷، صفحه ۶۷-۴۸.
- لاسمی، ی. و امین رسولی، ه. (زیر چاپ). رخسارههای کربناتی دریای کم ژرفا در واحد شیلی سازند لالون: یافته های نو در منطقه تویه - دروار، باختر البرز خاوری فصلنامه علمی- پژوهشی علوم زمین، وزارت صنایع و معادن، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- لاسمی، ی.، لطف پور، م. و طهماسبی، ع. ر.، ۱۳۷۷- بررسی رخسارههای ترومبولیتی ایران از دیدگاه پالئوکلوزی و چینه شناسی توالیها. خلاصه مقالات دومین همایش انجمن زمین شناسی ایران، صفحه ۴۰۷-۴۰۲.

References

- Allenbach, P., 1966- Geologic und petrography des Damavand und seiner Umgebung (Zentral-Elburz), Iran. Mitt. Geol. Inst. E. T. H. U. Univ. Zurich, no. 63, 114p.
- Alvai, M., 2004 - Regional Stratigraphy of the Zagros Fold-Thrust Belt of Iran and Its Proforeland Evolution. American Journal of Science, 304: 1-20.
- Alvaro, J. J., Vizca, D. & Vennin. E., 1999- Trilobite diversity patterns in the Middle Cambrian of southwestern Europe: a comparative study. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 151: 241-254.
- Alvaro, J. J., Vennin, E., Moreno-Eiris, E., Perejo'n, A., Bechstadt, T., 2000- Sedimentary patterns across the Lower-Middle Cambrian transition in the Esla nappe (Cantabrian Mountains, northern Spain). Sediment. Geol. 137: 43- 61.
- Assereto, R., 1963- The Paleozoic formations in central Alborz Iran. Riv. Ital., Paleontology, 6: 503-543.

- Bhattacharyya, A. & Chakraborty, Ch., 2000- Analysis of Sedimentary Successions: A Field Manual. A. A. Balkema Pub., 408p.
- Brett, C., 1995- Sequence stratigraphy, biostratigraphy and taphonomy in shallow marine environments. *Palaios*, 10: 597-616.
- Debrenne, F. & James, N. P., 1981-Reef-associated archaeocyathans from the Lower Cambrian of Labrador and Newfoundland. *Palaeontology*, 24: 343-378.
- Dunham, R. J., 1962- Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: W. E. Ham (ed.), Classification of carbonate rocks. AAPG, Mem., 1: 108-121.
- Embry, A. F. & Klovan, J. E., 1971- A Late Devonian reef tract on Northeastern Banks Island, N.W.T: Canadian Petroleum Geology Bulletin, 19: 730-781.
- Emery, D. & Myers, K. J., 1996- Sequence Stratigraphy. Oxford, Blackwell Science, 297 p.
- Fedo, C. M. & Cooper, J. D., 2001- Sedimentology and sequence stratigraphy of Neoproterozoic and Cambrian units across a craton-margin hinge zone, southeastern California, and implications for the early evolution of the Cordilleran margin. *Sed. Geol.*, 141-142: 501-522.
- Glumac, B. & Walker, K. R., 1997- Selective dolomitization of Cambrian microbial carbonate deposits: A key to mechanisms and environments of origin. *Palaios*, 12: 98- 110.
- Hasiotis, S. T., 2003- Earliest traces of life on Land: Arthropod trackways and other ichna in Early Cambrian (Nevadella Zone) intertidal to supratidal deposits, Mackenzie Mountains, Northwest Territories, Canada. GSA meeting.
- Hicks, M., Rowland, S. M., & Zhang, Y., 2003- Comparison of Late-Early Cambrian Archaeocyathan reefs from Nevada, U.S.A. & the Western Hubei District, China. GSA meeting.
- James, N. P. & Debrenne, F., 1980- Lower Cambrian bioherms: Pioneer reefs of the Phanerozoic. *Acta Palaeont. Pol.*, 25: 655-668.
- James, N. P. & Gravestock, D. I., 1990- Lower Cambrian shelf and shelf margin buildups, Flinders Ranges, South Australia. *Sedimentology*, 37: 455-480.
- James, N. P. & Kobluk, D. R., 1978- Lower Cambrian patch reefs and associated sediments, Southern Canada. *Sedimentology*, 25: 1-35.
- Keller, M., Cooper, J. & Lehnert, O., 2003- Sauk sequence sequences (Southern Great Basin). Canda, GSA meeting.
- Kiessling, W. & Flugel, E., 2002- Paleoreefs- a database on Phanerozoic. In: W. Kiessling, E. Flugel & J. Golonka (eds.), *Phanerozoic Reef Patterns*. SEPM Special Publication, 72: 77-92.
- Kobluk, D. R. & James, N. P., 1979- Cavity-dwelling organisms in Lower Cambrian patch reefs from southern Labrador. *Lethaia*, 12: 193-218.
- Kushan, B., 1978- Stratigraphy and trilobite fauna of the Mila Formation (Middle Cambrian-Tremadocian) of the Alborz Rang, North Iran. Geological and Mineral Survey of Iran, Rep., no. 49, 70 p.
- Lasemi, Y., 1995- Depositional systems and sequence stratigraphy of the Cambro- Ordovician Mila Formation in the Alborz Mountains, Northern Iran. 1st SEPM. Cong. On Sediment. Geol. (Abstr.), P. 82.
- Lasemi, Y., 1997- Depositional systems and sedimentary events of the Early- Late Ordovician syn-rift succession (Upper Sauk- Lower Tippecanoe Sequence) in northern and central Iran. CSPG- SEPM joint convention, Calgary, Canada (Abstr.), P. 161.
- Matsumoto, R., Zheng, Z., Kakuwa, Y., Hamdi, B. & Kimura, H., 1995- Preliminary Results of Paleomagnetic Study on the Cambrian to the Triassic Rocks of the Alborz, Northeast Iran. University of Tokyo, Sec. II, 22: 233-249.
- Meng, X., Ge, M. & Tucker, M. E., 1997- Sequence stratigraphy, sea level changes and depositional systems and sequence in the Cambro- Ordovician of North China carbonate platform. *Sediment. Geol.*, 114: 189-222.
- Miall, A. D., 2000- Principles of Sedimentary Basin Analysis. Springer-Verlag, 616p.
- Millson, J. A., Mercadier, C. G. L., Livera, S. E. & Peters, J. M., 1996- The Lower Palaeozoic of Oman and its context in the evolution of a continental margin. *J. Geol. Soc. Lond.*, 153: 213-230.
- Palmer, A. R., 1981- Subdivision of the Sauk sequence. In: M. E., Taylor (ed.), 2nd International symposium on the Cambrian system. U.S.Geol. Surv. Open file Rep. 81- 743, 160- 162.
- Pemberton, S. G., James, N. P. & Kobluk, D. R., 1979- Ichnology of Labrador Group (Lower Cambrian) in Southern Labrador. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 63, p. 508.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E. & Siever, R., 1987- Sand and Sandstone. Springer Verlag, New York, 553p.
- Prave, A. R., 1992- Depositional and sequence stratigraphic framework of the Lower Cambrian Zabriskie Quartzite: Implications for regional correlations and the Early Cambrian paleogeography of the Death Valley region of California and Nevada: Geological Society of America Bulletin, 104: 505-515.
- Rowland, S. M. & Gangloff, R. A., 1988- Structure and paleogeology of Lower Cambrian reefs. *Palaios*, 3: 111-135.
- Seslavinsky, K. B. & Maidanskaya, I. D., 2001- Global Facies Distributions from Late Vendian to Mid-Ordovician. In: *The Ecology of the Cambrian Radiation*. New York, Columbia University Press.
- Soudry, D. & Weissbrod, T., 1995- Morphogenesis and facies relationships of thrombolites and siliciclastic stromatolites in Cambrian tidal sequence (Elat Area). *Palaeogeogr. Palaeoclimato. Palaeoeco.*, 114: 339- 355.



- Stocklin, J. Ruttner, A. & Nabavi, M. H., 1964 - New data on the lower Paleozoic and Pre-Cambrian of North Iran. G. S. Iran, Rep. no. 1, 29p.
- Zhuravlev, A. Yu., 2001- Paleocology of Cambrian reef ecosystems. In: G. D. Stanley (ed.), The history and sedimentology of ancient reef systems. Academic/Plenum Pub., 121-155.
- Zhuravlev, A. Yu. & Wood, R. A., 1995- Lower Cambrian reefal cryptic communities. *Palaeontology*, 38:443-470
- Zhuravlev, A. Yu. & Wood, R. A., 1996- Anoxia as the cause of the mid-Early Cambrian (Botomian) extinction event. *Geology*, 24: 311-314.

*گروه زمین‌شناسی دانشگاه تربیت معلم تهران

* Department of Geology of Tarbiat Moallem University