



<http://ui.ac.ir/en>

Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches University of Isfahan
E-ISSN: 2423-8007
Document Type: Research Paper
Vol. 36, Issue 2, No. 79, Summer 2020, pp. 51-74
Received: 03.09.2019 Accepted: 09.05.2020

Re-examination of late Early Permian fusulinids in North Tabas, East-central Iran and their palaeotectonic, palaeoclimate and palaeobiogeographic applications

Safoora Yasbolaghi Sharahi

Ph.D. Student in Stratigraphy and Paleontology, Lorestan University, Khoramabad, Iran
sharahi.sa@fs.lu.ac.ir

Bizhan Yousefi Yeganeh

Assistant Professor, Department of Geology, Lorestan University, Khoramabad, Iran
yousefi.b@lu.ac.ir

Sakineh Arefifard*

Assistant Professor, Department of Geology, Lorestan University, Khoramabad, Iran
arefi.s@lu.ac.ir

Mohammad Mehdi Farahpour

Assistant Professor, Department of Geology, Lorestan University, Khoramabad, Iran
farahpour.m@lu.ac.ir

Daniel Vachard

Emeritus Professor, Institut de Recherche Pluridisciplinaire en Sciences de l'Environnement (IRPSE), Université des Sciences et Technologies de Lille 1, France
daniel.vachard@univ-lille.fr

Abstract

The upper Yakhtashian to Bolorian Bagh-e Vang Formation was studied in two stratigraphic sections in north Tabas, east-central Iran. The examination of fusulinids and small foraminifers of the Bagh-e Vang Formation in two studied sections led to the identification of the new fusulinid and small foraminifer genera and species which are recovered from the upper Yakhtashian and Bolorian strata of Iran for the first time. Based on identified fusulinids, three biozones including upper Yakhtashian *Pamirina darvasica*-*Sakmarella* spp., lower Bolorian *Chalaroschwagerina vulgarisiformis* and upper Bolorian *Misellina termieri* in the Bagh-e Vang section and two biozones containing lower Bolorian *Misellina* (*Brevaxina*) *dyhrenfurthi*-*Chalaroschwagerina vulgarisiformis* and upper Bolorian *Misellina* cf. *termieri* in the Shesh Angosht section were recognized. Paleomagnetic data and time of volcanic activities in Cimmerian microplates along with fusulinid appearance in Late Paleozoic reveal that the Neotethys opening in these blocks did not happen at the same time and in the northern blocks (like Iran, south and central Afghanistan and southeast Pamir) was faster than those in the southern blocks (like Qiangtang and Baoshan blocks). The reason for the occurrence of warm water subtropic to tropic palaeoequatorial fusulinid fauna of verbeekids and neoschwagerinids during the Bolorian in Cimmerian microplates is not only because of the northward drift of its blocks but also factors such as global warming in the Bolorian and warm water oceanic currents were effective.

Keywords: Bolorian fusulinids, Bagh-e Vang Formation, Central Iran, Permian palaeobiogeography, Cimmerian microplates

Introduction

The Permian platform deposits in the Shirgesht (north of Tabas) and Shotori (east and southeastern Tabas) areas are known as the Jamal Formation. This formation was first studied in the southern part of the Shotori Mountains by Stöcklin et al. (1965) and in the Shirgesht area by Ruttner et al. (1968). The lower Permian strata in the basal part of the Jamal Formation introduced as Bagh-e Vang Member (Leven and Vaziri Moghaddam 2004) and later were named Bagh-e Vang Formation of Shirgesht Group (Leven and Gorgij 2006). Several fusulinid species of the Bolorian age in the lower part

of the Jamal Formation were recognized by Kahler (1974). According to foraminiferal assemblage of the Bagh-e Vang Formation, it was assigned to Asselian-Sakmarian by Partoazar (1995). The first detailed fusulinid biostratigraphy of the Bagh-e Vang Formation at the Bagh-e Vang section was led to the identification of three fusulinid biozones including Yakhtashian-Bolorian *Pamirina-Mesoschubertella* Zone, Bolorian *Misellina-Chalaroschwagerina-Paraleeina* Zone and Kubergandian *Misellina-Armenina* Zone and recognition of the two new fusulinid genera *Iranella* and *Paraleeina* (Leven and Vaziri Moghaddam 2004). Arefifard et al.

*Corresponding author

Copyright©2020, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they can't change it in any way or use it commercially.

Doi: [10.22108/jssr.2020.118996.1118](https://doi.org/10.22108/jssr.2020.118996.1118)

(2006) distinguished *Pamirina-Chalaroschwagerina-Mesoshubertella* assemblage zone in the Bagh-e Vang Formation at the Bagh-e Vang section and assigned it to the late Yakhtashian–Bolorian. The conodont-based biostratigraphy of the Bagh-e Vang Formation at Bag-e Vang section was carried out by Leven et al. (2007) and conodont species of the Bolorian age such as *Rabeignathus binodosus*, *R. bucuramangus*, and *Mesogondolella shindyensis* were identified. Recently, conodonts were found in the lowermost portion of the Bagh-e Vang Formation both at the Bagh-e Vang and Shesh Angosht sections which include *Mesogondolella manifesta*, *M. monstra*, *Streptognathodus* aff. *lanceatus*, *S. postconstrictus*, *S. postfusus*, and *Sweetognathus* aff. *binodosus* indicating a Sakmarian age (Balini et al. 2015). The basal part of the Bagh-e Vang Formation at Shesh Angosht section is younger than its equivalent part at the Bagh-e Vang section based on the Brachiopod *Costispinifera* sp. of Early Permian in age and conodont *Sweetognathus guizhouensis* assignable to Artinskian–Kungurian (Balini et al. 2016). Tabulate corals of the Bagh-e Vang Formation show a Sakmarian to Kungurian age (Niko et al. 2018) and the identified bryozoans of this formation are dated to the Artinskian–Kungurian (Ernst et al. 2006). Therefore, given the available information, different age determination for the Bagh-e Vang Formation has been reported based on fusulinids, brachiopods, conodonts, corals, and bryozoans. foraminifera such as fusulinids are the index fossils to date Permian strata, thus fusulinid-based biostratigraphy of another upper Lower Permian section beside Bagh-e Vang section and their correlation with each other will provide more precise age determination of the Bagh-e Vang Formation. In this study, the Bagh-e Vang Formation has been measured and sampled in both Bagh-e Vang Mountain and western side of the Shesh Angosht Mountain for fusulinid biostratigraphic study. Another topic that will be discussed in this research is to review the end Lower Permian events and their influence on fusulinid palaeobiogeographic in Iran and its comparison with other Cimmerian blocks.

Materials & Methods

For fusulinid biostratigraphy, Bagh-e Vang Formation was measured and sampled in two stratigraphic sections, i.e. Bagh-e Vang and Shesh Angosht sections. To have a better age determination, sampling was done in close intervals from limestone and calcareous limestone of this formation. A total

of 46 and 53 samples were collected from Bagh-e Vang and Shesh Angosht sections, respectively. The precise study of the fusulinids was carried out by preparing 230 oriented thin sections from the specimens.

Discussion of Results & Conclusions

The fusulinid zonation of the Bagh-e Vang Formation at the Bagh-e Vang and Shesh Angosht sections revealed the late Yakhtashian to late Bolorian age for this formation. The basal part of the Bagh-e Vang Formation is younger in the Shesh Angosht section and no late Yakhtashian fusulinid was found in this section. The distribution of the fusulinid assemblages during late Early Permian in other Cimmerian blocks shows that the appearance of the warm water fusulinids in different Cimmerian blocks was not contemporaneous. In southern blocks such as Baoshan and Qiangtang, verbeekinids occurred later than those northern blocks including Iran, south Afghanistan, southeast Pamir, and Karakorum during late Early Permian. It was first speculated that the asynchronism of the warm water fusulinid occurrences in northern and southern Cimmerian blocks was only as the result of Neotethys opening at different times and the subsequent movement of these blocks toward low latitudinal belts. Therefore, the northern Cimmerian blocks became closer to the subtropical and tropical latitudes than those blocks in southern parts and warm water fusulinids appeared in northern blocks in earlier times in late Early Permian than those in southern parts. However, new finding obtained from high-resolution oxygen isotope records of upper Lower Permian conodont apatite showed that the icehouse to greenhouse transition in Late Paleozoic happened in mid-Bolorian (Chen et al. 2013) instead of previous suggested time, i.e. late Sakmarian time (Fielding et al. 2008, Zheng et al. 2012). Thus, it can be concluded that mid-Bolorian was the time of climate warming. The appearance of fusulinids in southern Cimmerian blocks and increased diversity and abundance of warm water fusulinids in northern Cimmerian blocks in the late Yakhtashian and Bolorian can be attributed to not only the northward movement of these blocks toward high latitudes but also to the global warming. Furthermore, the significance of oceanic palaeocurrent flows as another factor cannot be ignored which might have facilitated the fusulinid faunal exchanges from equatorial waters toward cool water of higher latitudes in Gondwanan margin.

بازنگری فوزولینیدهای اواخر پرمین زیرین در شمال طبرستان، شرق ایران مرکزی و کاربردهای تکتونیکی، آب‌وهوایی و جغرافیای زیستی دیرینه آنها

صفورا یاسبلاغی شراهی، دانشجوی دکتری چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

sharahi.sa@fs.lu.ac.ir

بیژن یوسفی یگانه، استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

yousefi.b@lu.ac.ir

سکینه عارفی فرد^{*}، استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

arefi.s@lu.ac.ir

محمد مهدی فرهپور، استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

farahpour.m@lu.ac.ir

دانیل وچار، استاد بازنشسته، انستیتوی تحقیقاتی چند رشته‌ای در علوم محیط زیست، دانشگاه علم و صنعت لیل

۱، فرانسه

daniel.vachard@free.fr

چکیده

سازند باغ ونگ به سن یاختاشین بالایی تا بلورین بالایی در دو برش چینه‌شناسی در شمال طبرستان در شرق ایران مرکزی مطالعه شد. بررسی فوزولینیدها و فرامینیفرهای کوچک سازند باغ ونگ در دو برش مطالعه‌شده به شناسایی جنس‌ها و گونه‌های جدید منجر شد که برای نخستین بار در رسوبات یاختاشین بالایی و بلورین ایران گزارش می‌شوند. بر اساس فوزولینیدهای شناسایی‌شده، سه بایوزون *Pamirina darvasica-Sakmarella spp.* به سن یاختاشین بالایی، *Chalaroschwagerina vulgarisiformis* به سن بلورین زیرین و *Misellina (Brevaxina) dyhrenfurthi* به سن بلورین بالایی در برش باغ ونگ و دو بایوزون *Misellina cf. termieri* به سن بلورین زیرین و *Chalaroschwagerina vulgarisiformis* به سن بلورین بالایی در برش شش انگشت شناسایی شدند. داده‌های مغناطیس دیرینه و زمان فعالیت‌های ولکانیکی در بلوک‌های سیمین همراه با شواهد ظهور فوزولینیدها در اواخر پالئوزوئیک نشان می‌دهند زمان بازشدگی نئوتتیس در این بلوک‌ها یکسان نبوده و در بلوک‌های واقع در بخش‌های شمالی مانند ایران، جنوب و مرکز افغانستان و جنوب شرق پامیر سریع‌تر از بلوک‌های جنوبی مانند کیانگ تانگ و بائوشان آن انجام شده است. ظهور فونای فوزولینیدی آب‌های گرم عرض‌های جغرافیایی دیرینه مناطق استوایی و نیمه‌استوایی مانند *verbeekiniids* و *neoschwagerinids* طی زمان بلورین در بلوک‌های سیمین تنها به علت حرکت به سمت شمال بلوک‌های سیمین نبوده، بلکه عواملی نظیر گرم‌شدن جهانی در زمان بلورین و همچنین جریان‌های اقیانوسی نیز تأثیرگذار بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: فوزولینیدهای بلورین، سازند باغ ونگ، ایران مرکزی، پالئوبیوژئوگرافی پرمین، بلوک‌های سیمین

^{*} نویسنده مسئول: ۰۹۳۷۳۴۸۲۳۶۲

مقدمه

رسوبات پلت‌فرمی پرمین در نواحی شیرگشت (شمال طبس) و شتری (شرق و جنوب شرقی طبس) با عنوان سازند جمال نامیده می‌شوند. نخستین بار، اشتوکلین و همکاران (Stocklin et al. 1965) سازند جمال را در بخش جنوبی ارتفاعات شتری و روتنر و همکاران (Ruttner et al. 1968) این سازند را در منطقه شیرگشت مطالعه کردند؛ نهشته‌های پرمین زیرین در لایه‌های قاعده‌ای سازند جمال با عنوان عضو باغ ونگ (Leven and Vaziri Moghaddam 2004) و سپس با عنوان سازند باغ ونگ (Leven and Gorgij 2006) از گروه شیرگشت نام‌گذاری شدند. کاهلر (Kahler 1974) چندین گونه فوزولینید متعلق به Misellina Zone به سن بلورین را از بخش‌های قاعده‌ای سازند جمال در کوه باغ ونگ شناسایی کرد. پرتو آذر (Partozae 1995) بر اساس مجموعه فرامینفری شناسایی شده در سازند باغ ونگ، سن آسلین-ساکارین را برای این سازند پیشنهاد کرد. لون و وزیری مقدم (Leven and Vaziri Moghaddam 2004) در مطالعه بیواستراتیگرافی سازند باغ ونگ، سه بایوزون فوزولینیدی را شناسایی کردند که عبارتند از: Pamirina-Mesoschubertella به سن یاختاشین-بلورین، Misellina-Chalaroschwagerina-Paraleeina به سن بلورین و Misellina-Armenina به سن کوبرگندین آغازی؛ همچنین مطالعه آنها به شناسایی دو جنس جدید فوزولینید Iranella و Paraleeina منجر شد. عارفی‌فرد و همکاران (Arefifard et al. 2006) سازندهای جمال و باغ ونگ در برش باغ ونگ و سازند جمال در ضلع شرقی کوه شش انگشت را که تنها دارای رخنمون‌های ناقصی از سازند جمال و بدون رسوبات سازند باغ ونگ است، از نظر بیواستراتیگرافی بررسی کردند. مطالعه کنودونت‌های سازند باغ ونگ در برش باغ ونگ به شناسایی گونه‌هایی نظیر *Rabeignathus binodosus* و *R. bucuramangus* Mesogondolella shindyensis منجر شد که معرف بلورین هستند (Leven et al. 2007). به تازگی، فونای کنودونت از پایین‌ترین بخش سازند باغ

ونگ در هر دو برش باغ ونگ و شش انگشت شناسایی شده است (Balini et al. 2015)؛ این فونا شامل *Mesogondolella Streptognathodus* aff. *M. monstra manifesta* و *S. postfusius*، *S. postconstrictus lanceatus* Sweetognathus aff. *binodosus* است و سن ساکارین آغازی را برای سازند باغ ونگ نشان می‌دهد (Balini et al. 2015). در برش شش انگشت، سن لایه‌های قاعده‌ای سازند باغ ونگ باتوجه به حضور فسیل براکیوپود *Costispinifera* sp. به سن پرمین زیرین و کنودونت *Sweetognathus guizhouensis* به سن آرتینسکین تا کونگورین، جوان‌تر به نظر می‌رسد (Balini et al. 2016). مرجان‌های تابولای موجود در سازند باغ ونگ در برش‌های باغ ونگ و شش انگشت، سن ساکارین تا کونگورین را نشان می‌دهند (Niko et al. 2018). بریوزوئرها شناسایی شده در سازند باغ ونگ به آرتنسکین تا کونگورین نسبت داده می‌شوند (Ernst et al. 2006). خلاصه یافته‌های مطالعه‌های پیشین و مطالعه جدید در شکل ۱ دیده می‌شود.

با در نظر گرفتن اطلاعات موجود، سن سازند باغ ونگ بر اساس براکیوپودها، کنودونت‌ها، بریوزوئرها و فوزولینیدها متفاوت است و سن واحدی را نشان نمی‌دهد. از آنجاکه فوزولینیدها از فسیل‌های شاخص برای تعیین سن نهشته‌های پرمین به شمار می‌آیند، مطالعه فونای فوزولینید سازند باغ ونگ و به‌ویژه تطابق آن با برش دیگری که دارای رخنمون‌های سازند باغ ونگ با فونای مشابه باشد، امکان تعیین سن دقیق‌تر این سازند را فراهم می‌کند؛ بنابراین در مطالعه حاضر، سازند باغ ونگ علاوه بر برش باغ ونگ، در برش دیگری واقع در ضلع غربی کوه شش انگشت که دارای رخنمون‌های این سازند در زیرسازند جمال است، نمونه‌برداری شد. نخستین بار، کاهلر (Kahler 1974) تعداد معدودی از فوزولینیدهای سازند باغ ونگ در ضلع غربی کوه شش انگشت را مطالعه کرد و تاکنون هیچ مطالعه دیگری روی فوزولینیدهای سازند باغ ونگ در این برش انجام نشده

است. موضوع دیگری که در این کار پژوهشی به آن پرداخته می‌شود، بررسی حوادث اواخر پرمین زیرین و تأثیر آن روی فونای فوزولینید در ایران و مقایسه آن با سایر بلوک‌های سیمین است. اهداف مطالعه حاضر عبارتند از: ۱) بررسی بیواستراتیگرافی سازند باغ ونگ در دو برش کوه باغ ونگ و ضلع غربی کوه شش انگشت برای کنترل سن سازند باغ ونگ

بر اساس فوزولینیدها؛ ۲) توصیف تاکسونومیک برخی از فوزولینیدهای شناسایی‌شده؛ ۳) بررسی تکامل پالئوبیوژئوگرافی بر اساس زمان ریفتینگ احتمالی نئوتیس و حرکت به سمت شمال ایران و سایر بلوک‌های سیمین و تغییرات آب‌وهوایی در اواخر پرمین زیرین و چگونگی تأثیر آن بر ظهور فونای فوزولینیدی آب گرم در این فاصله زمانی.

Authors	Studied sections	Findings
Leven and Vaziri Moghaddam, 2004	Bagh-e Vang	The description of two new genera (<i>Iranella</i> and <i>Paraleeina</i>), subgenus (<i>Cuniculina</i>), and 8 species (<i>Yangchicinia compressaformis</i> , <i>Paradoxiella insucta</i> , <i>Darvasites miutus</i> , <i>Skinnerella chusenellaformis</i> , <i>Iranella bella</i> , <i>I. longa</i> , <i>I. orbiculata</i> and <i>I. pauca</i>). The introduction of the 3 fusulinid assemblages including 1) Yakhtashian-lower Bolorian <i>Pamirina-Mesoschubertella</i> , 2) Bolorian <i>Misellina-Chalaroschwagerina-Paraleeina</i> and 3) very lowermost Kubergandian <i>Misellina-Armenina</i> in the Bagh-e Vang Formation.
Arefifard et al., 2006	Bagh-e Vang	The identification of <i>Pamirina-Chalaroschwagerina-Mesoschubertella</i> assemblage Zone of Late Yakhtashian to Bolorian age in the Bagh-e Vang Formation.
Ernst et al., 2006	Bagh-e Vang	Three species of bryozoans were identified in the Bagh-e Vang Formation including <i>Streblotrypa</i> (<i>Streblascopora</i>) <i>narmionensis</i> , <i>Rhabdomeson bispinosum</i> and <i>Alternifenestella kungurensis</i> suggesting Artinskian to Kungurian age.
Leven et al., 2007	Bagh-e Vang	The Conodont fauna found in the Bagh-e Vang Formation include <i>Mesogondolella</i> sp., <i>Rabeignathus binodosus</i> , <i>R. bucuramangus</i> , <i>Mesogondolella shindyensis</i> and <i>Mesogondolella</i> ex gr. <i>guizhouensis</i> were indicating Bolorian age.
Balini et al., 2016	Bagh-e Vang and Shesh Angosht	The lowermost part of the Bagh-e Vang Formation in the Bagh-e Vang section yields conodont assemblages consists of <i>Mesogondolella manifesta</i> , <i>Mesogondolella monstra</i> , <i>Streptognathodus</i> aff. <i>lanccatus</i> , <i>Streptognathodus postconstrictus</i> , <i>Streptognathodus postfusus</i> and <i>Sweetognathus</i> aff. <i>binodosus</i> which are indicative of an early Sakmarian age. The basal part of the Bagh-e Vang Formation in the Shesh Angosht section contains one small brachiopod (<i>Costispinifera</i> sp.) and a conodont species (<i>Sweetognathus guizhouensis</i>) together with transitional conodont forms <i>Sweetognathus whitei</i> to <i>S. guizhouensis</i> . The brachiopod genus is referable to the Early Permian and the conodonts are dated to Artinskian-Kungurian.
Niko et al., 2018	Bagh-e Vang	Some species of tabulate corals were identified and described from the Bagh-e Vang Formation including <i>Sutherlandia jamalensis</i> sp. nov., <i>Pseudofavosites exiguus</i> , <i>P. fusiforme</i> and <i>Thamnoptychia directa</i> which are assignable to late Early Permian.
This study	Bagh-e Vang and Shesh Angosht	The identification of new fusulinid species reported from the Bagh-e Vang Formation for the first time such as <i>Sakmarella implicate</i> , <i>S. cf. fluegeli</i> , <i>Darvasites</i> (<i>Alpites</i>) <i>sinensis</i> as lectotype species, <i>Ohtaella shiroishiensis</i> . Three fusulinid zones were recognized in the Bagh-e Vang section including lower Yakhtashian <i>Pamirina darvasica-Sakmarella</i> spp. Zone, lower Bolorian <i>Chalaroschwagerina vulgarisiformis</i> Zone and upper Bolorian <i>Misellina</i> cf. <i>termieri</i> Zone. In the Shesh Angosht section the fusulinid Zones contain lower Bolorian <i>Misellina</i> (<i>Brevaxina</i>) <i>dihrenfurthi-Chalaroschwagerina vulgarisiformis</i> Zone and upper Bolorian <i>Misellina</i> cf. <i>termieri</i> Zone.

شکل ۱- جدول نتایج مطالعه‌های پیشین و مطالعه جدید

موقعیت جغرافیایی برش‌های مطالعه‌شده و روش مطالعه
توالی رسوبی بلوک طبرستان در ایران مرکزی دارای حجم عظیمی از سنگ‌های فانروزوئیک است؛ به‌طوری‌که ضخامت ردیف‌های پالئوزوئیک آن به دو تا سه هزار متر می‌رسد و روند تکاملی پالئوزوئیک آن با مناطق اطراف متفاوت است

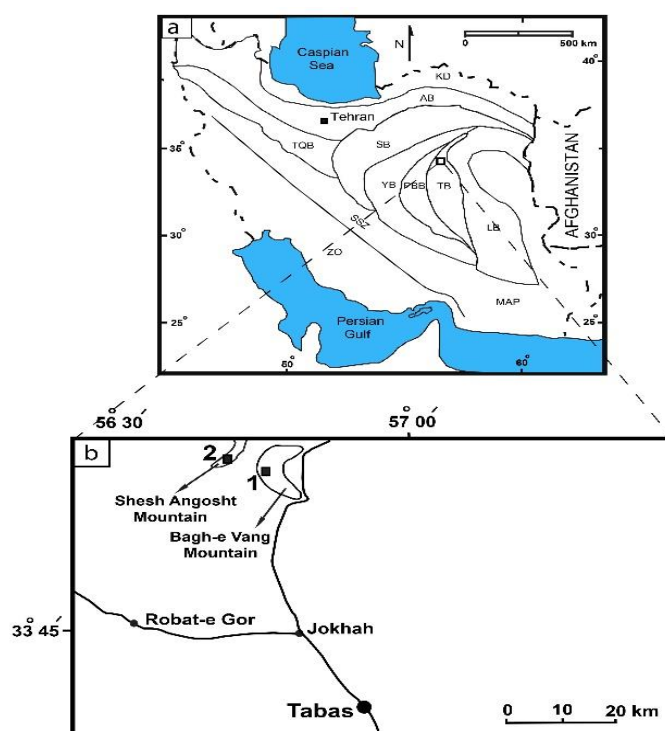
(Aghanabati 2004). علوی (Alavi 1991) بر اساس گسل‌های امتدادلغز راست‌گرد (گسل‌های نایبند، کلمرد، کوهبنان و پشت بادام)، ایران مرکزی را به چهار زیربلوک شامل بلوک لوت (LB)، بلوک طبرستان (TB)، بلوک پشت بادام (PBB) و بلوک یزد (YB) تقسیم‌بندی کرده است؛ بر اساس این تقسیم‌بندی،

ناحیه شیرگشت درون بلوک طبس قرار می‌گیرد و به واسطه گسل‌های کلمرد و کوهبنان از بلوک یزد جدا می‌شود. در مطالعه حاضر، دو برش در کوه باغ ونگ و ضلع غربی کوه شش انگشت انتخاب شدند که در شمال غرب شهرستان طبس و درون بلوک طبس واقع شده‌اند (شکل ۲).

روش مطالعه

به منظور مطالعه بیواستراتیگرافی سازند باغ ونگ در

برش‌های باغ ونگ و شش انگشت به ترتیب تعداد ۴۶ و ۵۳ نمونه آهکی و شیل‌های آهکی برداشت شدند. به منظور مطالعه دقیق فوزولینیدها، تعداد ۲۳۰ مقطع نازک جهت‌دار از نمونه‌های آهکی سازند باغ ونگ در برش‌های باغ ونگ و شش انگشت تهیه شدند. به منظور شناسایی جنس‌ها و گونه‌های فوزولینیدها در نمونه‌های مطالعه‌شده عمدتاً از برش‌های محوری و تا حدودی برش‌های مایل استفاده شد.



شکل ۲- a. نقشه تکتونیکی کلی ایران (برگرفته از Aghanabati و Alavi 1991) b. نقشه بزرگ‌شده که موقعیت مقاطع مدنظر مطالعه حاضر را نشان می‌دهد، ۱. مقطع باغ ونگ، ۲. مقطع شش انگشت (نشانه‌های اختصاری: AB: Alborz Belt, SB: Sabzevar Belt, YB: Yazd Block, ZO: Zagros Orogen, MAP: Makran Accretionary Prism, KD: Kope, LT: Lut Block, TB: Tabas Block, SSZ: Sanandaj-Sirjan Zone, TQB: Tabriz-Qom)

بیواستراتیگرافی برش‌های مطالعه‌شده

برش باغ ونگ

مختصات قاعده این برش، $56^{\circ}45'25''$ طول شرقی و $33^{\circ}56'32''$ عرض شمالی است. کل ضخامت برش ۵۸/۵ متر

است که ۳ متر از آن به سازند سردر تعلق دارد، ۴۸/۵ متر آن دربرگیرنده سازند باغ ونگ و ۷ متر باقیمانده آن شامل بخش‌های قاعده‌ای سازند جمال است. مرز زیرین سازند باغ ونگ با سازند سردر به شکل ناپیوستگی هم‌شیب و مرز بالایی

آن با سازند جمال از نوع تدریجی است (شکل ۳). هشت واحد سنگ‌شناسی در این برش شناسایی شده‌اند که مشخصات سنگ‌شناسی آنها از قاعده به سمت رأس به شرح زیر است:

۱- ۳ متر سیلتستون مایل به سبز متوسط‌لایه که به سازند سردر متعلق است؛

۲- ۲ متر سنگ‌آهک خاکستری متوسط‌لایه؛

۳- ۵/۰ متر آهک بیوکلاستیک ماسه‌دار متوسط‌لایه با چین‌بندی متقاطع؛

۴- ۳ متر کنگلومرای آهکی؛

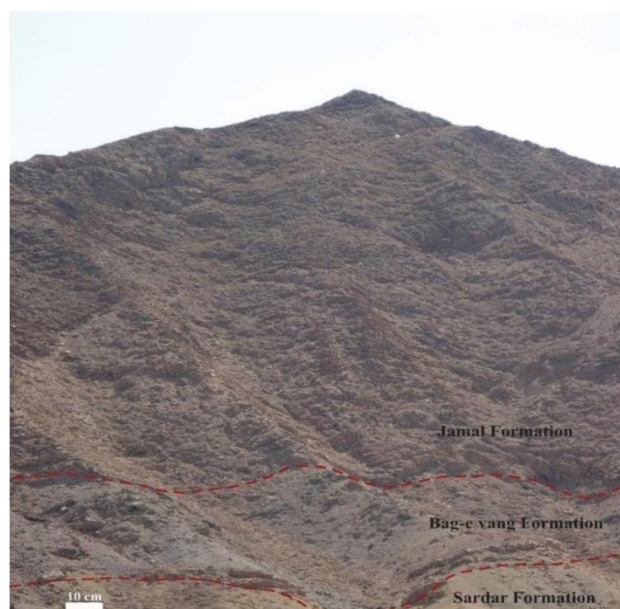
۵- ماسه‌سنگ قرمز به ضخامت ۱ متر؛

۶- آهک ماسه‌ای متوسط‌لایه به ضخامت ۱ متر؛

۷- مارن قرمز به ضخامت ۱ متر؛

۸- ۴۰ متر تناوب سنگ‌آهک مارنی متوسط تا نازک‌لایه و آهک‌های شیلی خاکستری تیره که در بخش بالایی عمدتاً آهکی شده‌اند؛

۹- ۷ متر آهک متوسط‌لایه خاکستری روشن چرت‌دار.



شکل ۳- سازند باغ ونگ، برش باغ ونگ، دید به سمت جنوب غرب

تعدادی از فوزولیندها و فرامینفرهای مطالعه‌شده در برش باغ ونگ در پلتهای ۱، ۲ و ۳ نمایش داده شده‌اند. باتوجه به مجموعه فوزولیندهای یافت‌شده در برش باغ ونگ، سه بایوزون زیر تشخیص داده شده‌اند (شکل ۴):

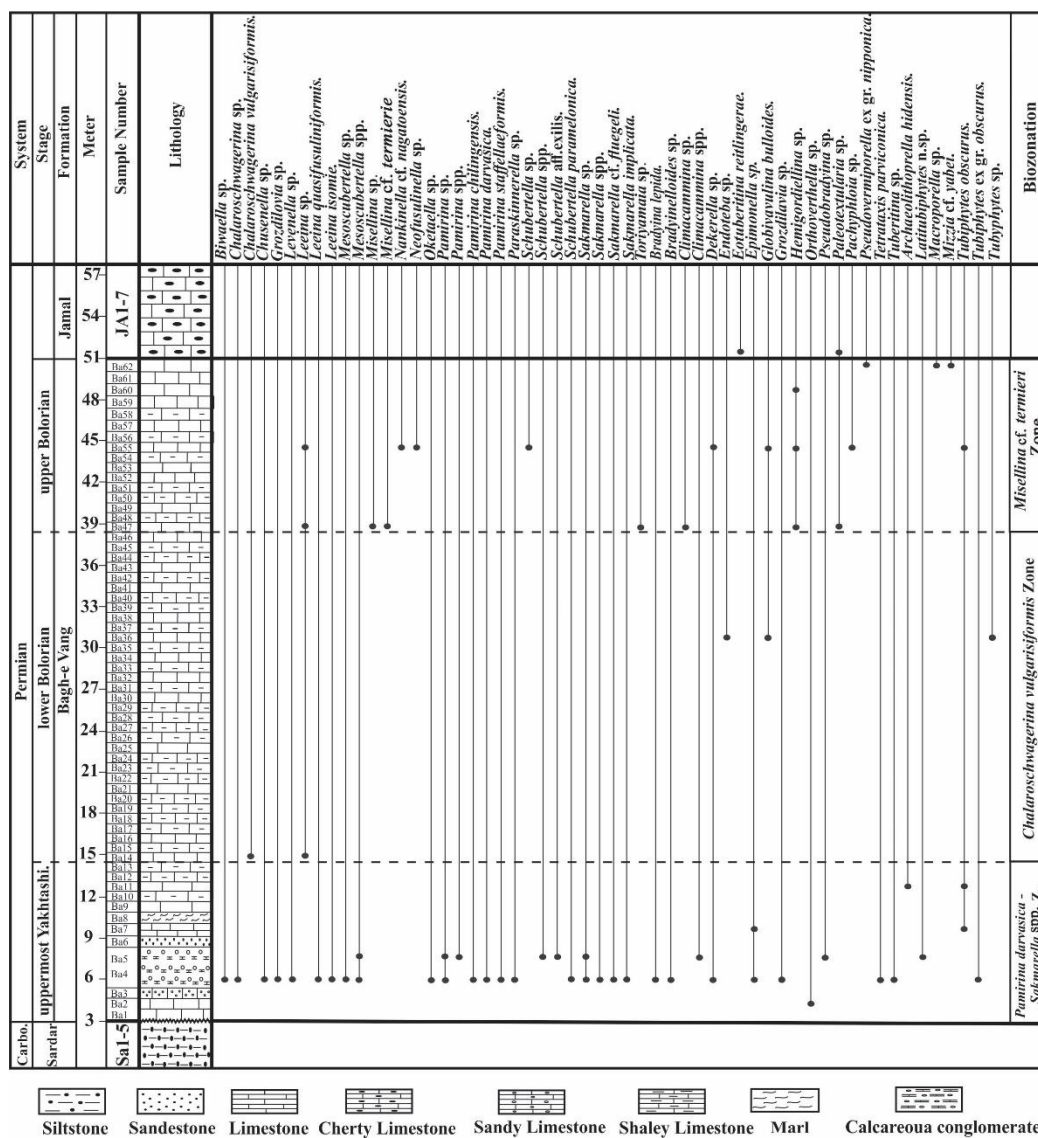
***Pamirina darvasica*-*Sakmarella* spp. Zone**

این بایوزون نمونه‌های BA4-BA13 را شامل می‌شود. قاعده این زون با نخستین ظهور گونه‌های *Pamirina darvasica* و *Sakmarella* spp. و رأس آن با نخستین ظهور گونه *Chalaroschwagerina vulgarisiformis* مشخص می‌شود.

ضخامت این بایوزون ۱۱ متر است. تنوع گونه‌ای در این زون نسبتاً خوب است و سایر گونه‌های فوزولیند موجود در این زون عبارتند از: *P. chilingensis*, *P. staffellaformis* و *Leeina quasifusuliniformis*. گونه *Pamirina darvasica* از شمال و جنوب افغانستان (Leven 1997)، دارواز (Leven et al. 1992)، کارنیک آلپ (Davydov et al. 2013) و جنوب چین (Zhou 2017) به سن یاختاشین بالا گزارش شده است. گونه‌های *Sakmarella* نظیر *Sakmarella cf. fluegeli* نخستین بار از بخش زیرین سازند Zweikofel در برش

یاختاشین بالا، سن یاختاشین بالا را برای این بایوزون نشان می‌دهد.

Zweikofel در کارنیک آلپ (Carnic Alps) به سن ساکارین بالایی شناسایی شده‌اند (Davydov et al. 2012)، ولی حضور این گونه همراه با *Pamirina darvasica* که شاخص



شکل ۴- توزیع چینه‌شناسی فرامینفرهای کوچک تر و فوزولینیدهای سازند باغ ونگ، برش باغ ونگ (نشانه اختصاری: Carb.: Carboniferous)

نمونه BA-14 در برش باغ ونگ شناسایی شده‌اند، چینه‌های واقع در بالای این نمونه تا پیش از نمونه BA-47 نیز جزو این بایوزون در نظر گرفته می‌شوند. تنوع گونه‌ای در این بایوزون بسیار کم است و علاوه بر حضور *Chalartoschwagerina vulgarisiformis*، می‌توان به حضور *Charartoschwagerina* spp. و *Leeina* sp. نیز اشاره کرد. سیلیسی شدن نمونه BA-14

Chalartoschwagerina vulgarisiformis Zone

این بایوزون نمونه‌های BA14-BA46 را شامل می‌شود و قاعده آن با نخستین ظهور گونه *Chalartoschwagerina vulgarisiformis* و رأس آن با نخستین ظهور گونه *Misellina cf. termieri* مشخص می‌شود. ضخامت این بایوزون ۲۴ متر است. اگرچه گونه‌های فوزولینید تنها در

مشخصات سنگ‌شناسی آنها از قاعده به سمت رأس به شرح زیر است:

- ۱- ۹ متر سیلتستون متوسط‌لایه سبز کم‌رنگ که به سازند سردر تعلق دارد؛
- ۲- ۱ متر سنگ آهک ماسه‌ای متوسط‌لایه به رنگ خاکستری تیره که نشان‌دهنده آغاز رسوب‌گذاری سازند باغ ونگ است؛
- ۳- ۰/۵ متر شیل سیلتی خاکستری‌رنگ؛
- ۴- ۲۳/۵ متر تناوب آهک‌های خاکستری متوسط‌لایه با شیل‌های آهکی خاکستری‌رنگ که به سمت بالا عمدتاً آهکی است؛

۵- ۸ متر آهک خاکستری متوسط‌لایه چرت‌دار که به سازند جمال متعلق است.

تعدادی از فوزولینیدهای مطالعه‌شده در ضلع غربی کوه شش انگشت در پلیت‌های ۱، ۲ و ۳ نمایش داده شده‌اند. باتوجه به مجموعه فوزولینیدهای یافت‌شده در این برش، دو بایوزون زیر برای آن تعریف می‌شوند (شکل ۶):

۱- *Misellina* (*Brevaxina*) *dyhrenfurthi* - *Chalaroschwagerina vulgarisiformis*

این بایوزون شامل نمونه‌های SHB1-52 است. آغاز این بایوزون با ظهور *Misellina* (*Brevaxina*) *dyhrenfurthi* و *Chalaroschwagerina vulgarisiformis* و رأس آن با ظهور *Misellina* cf. *termieri* مشخص می‌شود. ضخامت این بایوزون ۴۳ متر است. در این بایوزون، گونه‌های فوزولینیدی دیگری نظیر *Chalaroschwagerina vulgaris*، *C. tumida*، *Neofusulinella pseudogiraud*، *C. globosaeformis* و *Alpites sinensis* نیز وجود دارند. اگرچه بیشتر گونه‌های فوزولینید این زون از یاختاشین تا بلورین گزارش شده‌اند، حضور گونه شاخص *Misellina* (*Brevaxina*) *dyhrenfurthi* که در چینه‌های بلورین زیرین افغانستان (Leven 1997)، دارواز (Leven et al. 1992) و ژاپن (Kobayashi 2005) وجود دارد، سبب شده است سن این بایوزون نیز به بلورین زیرین نسبت داده شود.

مانع شناسایی برخی از گونه‌های *Chalaroschwagerina* شده است. *Chalaroschwagerina vulgarisiformis* از جنوب افغانستان (Leven 1997)، جنوب‌شرق پامیر (Leven 1967) و دارواز (Leven et al. 1992) از یاختاشین تا بلورین گزارش شده است. باتوجه به اینکه لایه‌های حاوی زون *Chalaroschwagerina vulgarisiformis* روی چینه‌های زون *Pamirina darvasica-Sakmarella* spp. به سن یاختاشین بالایی قرار دارند، این چینه‌ها به بلورین زیرین نسبت داده می‌شوند.

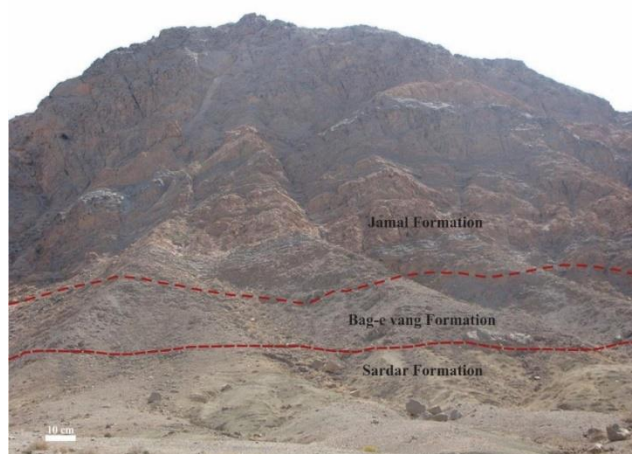
Misellina cf. termieri Zone

این بایوزون نمونه‌های BA47-BA62 را شامل و بر اساس نخستین ظهور گونه *Misellina* cf. *termieri* تعریف می‌شود؛ حد بالایی این زون با حضورداشتن گونه یادشده مشخص می‌شود. ضخامت این بایوزون ۱۳ متر است و سایر فوزولینیدهای موجود در این زون عبارتند از: *Toriyamaia*، *Nankinella nagatoensis* و *L. sp.*، *Leeina isomie* sp. گونه *Misellina termieri* از بلورین بالایی شمال افغانستان (Leven 1997)، دارواز (Leven et al. 1992)، جنوب‌شرق پامیر (Leven 1967)، ماورا قفقاز (Leven 1998) و تایلند (Toriyama 1982) گزارش شده است؛ بنابراین، سن این بایوزون نیز به بلورین بالایی نسبت داده می‌شود.

برش شش انگشت

مختصات قاعده این برش، 33° و $56^{\circ} 45' 12''$ طول شرقی و $10' 57''$ عرض شمالی است و در ضلع غربی کوه شش انگشت قرار گرفته است. کل ضخامت برش ۶۲ متر است که ۹ متر آن به سازند سردر تعلق دارد، ۴۳/۵ متر آن دربرگیرنده سازند باغ ونگ و ۸ متر باقیمانده آن شامل بخش‌های قاعده‌ای سازند جمال است. مرز زیرین سازند باغ ونگ با سازند سردر به شکل ناپیوستگی هم‌شیب و مرز بالایی آن با سازند جمال از نوع تدریجی است (شکل ۵).

پنج واحد سنگ‌شناسی در این برش شناسایی شده‌اند که



شکل ۵- سازند باغ ونگ، ضلع غربی کوه شش انگشت، دید به سمت غرب- جنوب غرب

زیرجنس *Alpites* (گونه *Darvasites (Alpites) sinensis*) که برای نخستین بار گونه لکتوتایپ (Lectotype) برای گونه *Darvasites sinensis* (Chen 1934) در جنوب چین در نظر گرفته می‌شود، *Grozdilova* sp.، *Oketaella shiroishiensis*، *Hemigordiellina regulari*، *Bradyina lepida*، *Epimonella* sp.، *Endoteba* sp.، *Orthoverella* sp.، *Pseudobradyna* sp.، *Haplophragmina* sp.، *Palaeonubecularia* sp. و *Olgaorlovella* sp. می‌شوند. در مطالعه لون و وزیری مقدم (Leven and Vaziri Moghaddam 2004)، مجموعه‌های فوزولینیدی شناسایی شده از سازند باغ ونگ به بلورین نسبت داده شده‌اند؛ درحالی‌که در مطالعه حاضر، فونای فوزولینیدی سازند باغ ونگ به مجموعه‌های یاختاشین بالایی، بلورین زیرین، بلورین میانی و بلورین بالایی تفکیک شد.

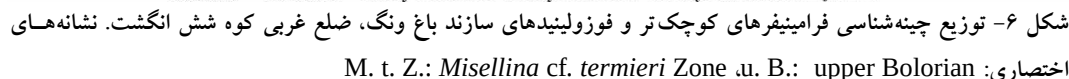
در برش شش انگشت، نهشته‌های یاختاشین بالایی رخنمون ندارند و باتوجه به فاصله کم بین دو برش، نبود این نهشته‌ها در برش شش انگشت ممکن است به علت تغییر رخنساره یا ناشی از عملکرد گسل‌ها بین دو برش باشد.

***Misellina* cf. *termieri* Zone**

این بایوزون نمونه SHB53 را در بر می‌گیرد و با نخستین ظهور گونه *Misellina* cf. *termieri* تعریف می‌شود؛ حد بالایی این زون با حضورداشتن این گونه مشخص می‌شود. ضخامت این بایوزون ۱ متر است. سن این بایوزون باتوجه به حضور *Misellina* cf. *termieri* به بلورین بالایی نسبت داده می‌شود.

در نخستین گزارش کاهلر (Kahler 1974) درباره فوزولینیدهای سازند باغ ونگ در ضلع غربی کوه شش انگشت به حضور گونه‌هایی از جنس *Pseudofusulina* و *Parafusulina* اشاره شده است. در بررسی جدید طی مطالعه حاضر مشخص شد جنس‌های فوزولینید معرفی شده کاهلر (Kahler 1974) به *Chalaroschwagerina* و *Praeskinerella* تعلق دارند.

مطالعه سیستماتیک محتویات فرامینیفری در دو برش یادشده گویای حضور فوزولینیدها و فرامینیفرهای کوچک جدیدی است که برای نخستین بار در رسوبات یاختاشین بالایی و بلورین ایران گزارش و شامل *Sakmarella* (گونه‌های *Sakmarella* cf. *fluegeli* و *Sakmarella* *implicate*).



(1934, pl. 7, fig 8) در نظر گرفته شد.

توصیف: پوسته دارای اندازه متوسط، بیضی شکل، دارای شیب‌های جانبی محدب و قطبین مدور و تعداد دورهای پیچش ۷ دور است. نخستین دورهای پیچش به هم فشرده ترند، ولی درکل دورهای پیچش به هم نزدیک و یکنواختند. طول پوسته در اولین و آخرین دور پیچش از $\frac{3}{4}$ تا ۴ میلی متر و قطر آن از $\frac{2}{4}$ تا ۲ میلی متر و نسبت قطر به طول بین $\frac{5}{6}$ تا $\frac{6}{6}$ تغییر می کند. حجره جنینی کروی با اندازه متوسط (۶۰ میکرون) است. چین خوردگی سستایی در زون‌های جانبی پیشرفته تر است و در بخش‌های مرکزی وجود ندارد، دیواره از تکتوم و کریوتکا ظریف تشکیل شده و دارای ضخامت ۳۰ میکرون در دورهای اولیه و ۷۰ میکرون در دورهای پایانی

است، کوماتا کوچک و نامتقارن است. تونل مسیر نسبتاً منظمی دارد و پرشدگی محوری وجود ندارد.

پیدایش: یاختاشین تا بلورین پالئوتیس و زون *Misellina (Brevaxina) dyhrenfurthi* به سن بلورین آغازی در سازند باغ ونگ، برش شش انگشت.

خانواده: Schwagerinidae Dunbar and Henbest 1930

جنس: *Sakmarella* Bensch and Kireeva in Bensch 1978

گونه: *Sakmarella cf. implicata* Schellwien 1908 (پلیت ۱، شکل‌های ۱ تا ۳)

توصیف: پوسته متوسط تا بزرگ، دوکی‌شکل، محدب‌الطرفین با قطبین نوک‌تیز و تعداد دورهای پیچش ۵ دور است. دو دور اول پیچش به هم نزدیکند، ولی فواصل پیچش در دورهای بعدی افزایش می‌یابند. طول پوسته از ۰/۴ تا ۴/۳ میلی‌متر و قطر آن از ۰/۳ تا ۱/۹ میلی‌متر و نسبت قطر به طول بین ۰/۳۲ تا ۰/۸ تغییر می‌کند. حجره جنینی کروی و اندازه آن بین ۲۵۰ تا ۳۰۰ میکرون متغیر است. سپتها چین‌های بلند و باریک و چین‌خوردگی شدیدی دارند. دیواره از تکتوم و کریوتکا تشکیل شده و ضخامت آن در دورهای آغازی ۳۰ میکرون و در دورهای پایانی ۵۰ میکرون است. تونل وجود ندارد و پرشدگی محوری ضعیف است.

گونه شناسایی شده در سازند باغ ونگ از نظر داشتن تعداد دورهای پیچش کمتر و چین‌خوردگی سپتایی تا اندازه‌ای کمتر با گونه تیپ معرفی شده برای *Sakmarella implicata* متفاوت است.

پیدایش: ساکارین تا کونگورین شمال غرب پاکستان (Leven 2010)، پرمین آغازی جنوب چین (Chen and Wang 1978)، کارنیک آلپ (Davydov et al. 2012) و در *Pamirina darvasica-Sakmarella cf. fluegeli* Zone سازند باغ ونگ، برش باغ ونگ به سن یاختاشین بالایی.

خانواده: Schubertellidae Miklukho-Maklay, 1958

جنس: *Oketaella* Thompson, 1954

گونه: *Oketaella shiroishiensis* Morikawa and Kobayashi 1960 (پلیت ۱، شکل ۸)

توصیف: پوسته کوچک و بیضوی تا دوکی‌شکل و تعداد دورهای پیچش ۲ دور است. قطر پوسته در اولین و دومین دور پیچش بین ۱ تا ۱/۵ میلی‌متر و طول آن بین ۱/۵ و ۲/۹ میلی‌متر و نسبت قطر به طول پوسته بین ۰/۵۱ تا ۰/۶۶ تغییر می‌کند. حجره جنینی نسبتاً بزرگ (۹۰ میکرون) است. سپتها مسطحند و در قطبین تا اندازه‌ای چین‌خورده‌اند. دیواره از تکتوم و کریوتکا تشکیل شده است و ضخامتی بین ۱۰ تا ۵۰ میکرون دارد. تونل و کوماتای نامتقارن دارد.

پیدایش: آسلین میانی تا بلورین آغازی دارواز (Leven et al. 1992)، یاختاشین افغانستان به‌عنوان *Biwaella shiroishiensis* (Leven 1997)، بلورین کرواسی (Kochansky-Devide and Milanovic 1962) و در سازند باغ ونگ، برش باغ ونگ، در زون *Pamirina darvasica-Sakmarella* spp. Zone به سن یاختاشین بالایی.

بحث

گسترش رسوبات یاختاشین و بلورین در سایر بلوک‌های سیمین

جنوب افغانستان و افغانستان مرکزی

در جنوب افغانستان، آهک‌های ماسه‌ای کم‌ضخامت در زون خوجا مراد حاوی فوزولینیدهای *Pamirina darvasica*، *Darvasites contractus*، *Darvasites wandae*، *Chalaroschwagerina vulgaris*، *C. vulgariformis*، *C. kushlini* و *Pseudofusulina krafftii* به سن یاختاشین بالایی تا بلورین هستند (Leven 1997). در زون دیگری به نام سنگ دوشو در جنوب افغانستان، سنگ‌های آهکی حاوی گونه‌های فوزولینید *Pseudofusulina postkrafftii*، *P. nishiwarensis* و *Misellina (Brevaxina) dyhrenfurthi* به سن بلورین زیرین گزارش شده‌اند (Leven 1997) (شکل ۷). در افغانستان

Pseudoendothyra mathildae و *C. vulgaris, solita* مشخص و با آهک‌های حاوی *Darvasites zulumartensis* و *Pseudofusulina norikurensis krafftiformis* دنبال می‌شوند و اگرچه به یاختاشین منتسب می‌شوند، قرارگرفتن آنها روی چینه‌های متعلق به یاختاشین سبب در نظر گرفته شدن سن بلورین برای آنها می‌شود. چینه‌های یاختاشین و بلورین در غرب کاراکوروم روی رسوباتی به سن ساکمارین قرار دارند که دارای زون فوزولینیدی - *Eoparafusulina pamirensis* - *Pseudofusulina plena* متعلق به آب‌های خنک حاشیه گندوانا است (Gaetani et al. 1995) (شکل ۷).

بلوک کیانگ‌تانگ (Qiangtang Block)

رسوبات یاختاشین در بلوک کیانگ‌تانگ در شمال تبت به طور عمده از سنگ‌آهک‌های لغزشی، سنگ‌های ولکانیکی و تورییدیت تشکیل شده‌اند، ولی فوزولیندها تنها در تورییدیت‌ها یافت شده‌اند و گونه‌های *Pseudofusulina Neodutkevitchia insignis*, *P. atetsensis pamirensis*, *Leeina krafftiformis*, *Neodutkevichia tumidiscula* و *C. solita*, *C. globosa*, *Chalaroschwagerina vulgaris* آنها شاخص حاشیه گندوانا هستند و بر اساس حضور جنس‌های *Chalaroschwagerina* و *Praeskinnerella* به یاختاشین نسبت داده می‌شوند (Zhang et al. 2012a,b, 2013a,b). در بلوک کیانگ‌تانگ، رسوبات یاختاشین روی چینه‌های آسلین بالایی تا ساکمارین زیرین قرار گرفته‌اند که متشکل از سنگ‌های دگرگونی نظیر اسلیت، شیست و کوارتزیت، دایک‌های بازالتی و مافیک و رسوبات یخچالی است. رسوبات بلورین در بلوک کیانگ‌تانگ رخنمون ندارند و رسوبات کوبرگندین که عمدتاً کربناته‌اند، روی رسوبات یاختاشین قرار گرفته‌اند (Zhang et al. 2012a,b) (شکل ۶).

بلوک بائوشان (Baoshan Block)

مرکزی، آهک‌های دولومیتی و آهک‌های حاوی ائید و انکوئید زون تزاک به یاختاشین تا بلورین زیرین تعلق دارند و با ناپیوستگی روی رسوبات ساکمارین حاوی فوزولیندهای شاخص آب‌های سرد متعلق به حاشیه گندوانا قرار می‌گیرند. مجموعه‌های فوزولینیدی یاختاشین تا بلورین زیرین در افغانستان مرکزی شامل *Darvasites ordinatus*, *D. Chalaroschwagerina wandae pseudosimplex*, *P. krafftii*, *Pseudofusulina fusiformis vulgaris*, *Praeskinnerella crassitectoria*, *P. postkrafftii jessensis* و *Misellina (Brevaxina) dyhrenfurthi* هستند (Leven 1997).

جنوب شرق پامیر

رسوبات یاختاشین زیرین در جنوب شرق پامیر حاوی رسوبات آواری با محدودی میان‌لایه‌های آهکی‌اند و تعیین سن آنها بر اساس فسیل‌های براکیوپود و بریوزوا است (Grunt and Dmitriev 1973; Gorjunova 1975; Grunt and Novikova 1994). در این ناحیه، رسوبات متعلق به بلورین از سنگ‌آهک‌های سیلتی، سیلتستون و میان‌لایه‌های نازکی از آهک‌های مارنی تشکیل شده‌اند که با نهشته‌هایی از جریان‌های گدازه بازالتی با بافت بالشی و میان‌لایه‌های آهکی دنبال می‌شوند (Lenova and Dimitriev 1989; Angiolini et al. 2015). فونای فوزولینید بلورین شناسایی شده در جنوب شرق پامیر شامل *Chalaroschwagerina*, *Pseudofusulina nishiwarensis*, *M. Misellina (Brevaxina) otakiensis*, *vulgarisiformis* *M. dyhrenfurthi* (B.), *M. parvicostata* و *M. termieri* است (Leven 1998) (شکل ۷).

کاراکوروم (Karakorum)

در غرب کاراکوروم، رسوبات یاختاشین تا بلورین شامل چینه‌های آهکی و افق‌های مارنی و شیلی با میان‌لایه‌های ماسه‌سنگی‌اند (Gaetani et al. 1995). مجموعه‌های فوزولینید به سن یاختاشین با *Chalaroschwagerina Pamirina* sp. شامل

نهشته‌های ساکمارین پسین تا یاختاشین زیرین در بلوک بائوشان عمدتاً شامل رسوبات آواری (ماسه‌سنگ، سیلتستون و مادتستون) هستند، ولی بخش قاعده‌ای آنها با رسوبات یخچالی و رأس آنها با رسوبات آهکی مشخص می‌شوند. فونای فوزولینیدی شناسایی شده در این رسوبات شامل *E. laudoni*, *Eoparafusulina pseudosimplex* و *Pseudofusulina macilenta* است که به فونای آب‌های خنک حاشیه گندوانا و عرض‌های جغرافیایی بالاتر از ۳۰ درجه جنوبی تعلق دارند (Huang et al. 2015) (شکل ۷).

زمان حرکت به سمت شمال بلوک‌های سیمرین باتوجه به شواهد ظهور فوزولینیدا

نخستین بار، سنگور (Sengör 1979) مفهوم قاره سیمرین را پیشنهاد کرد که شامل بلوک‌های تکتونیکی ایران مرکزی، جنوب افغانستان، شمال کاراکوروم (پاکستان)، کیانگ‌تانگ (شمال تبت)، غرب ایالت Yunnan چین تا میانمار، غرب تایلند و غرب شبه جزیره مالزی است (Sengör et al. 1988; Metcalf 2009). این قطعه‌های قاره‌ای با جدایش از حاشیه شرقی گندوانا در اواخر پالئوزوئیک و حرکت به سمت شمال به بازشدن نئوتتیس و بسته شدن پالئوتتیس منجر شدند؛ برخورد نهایی این قطعه‌ها با حاشیه اورازیا (Eurasia)، کوه‌زایی سیمرین را به وجود آورد (Dercourt et al. 1993; Ruben et al. 2007; Muttoni et al. 2009). برخلاف بازسازی‌های پالئوژئوگرافیک پیشین، توزیع بلوک‌های سیمرین به شکل نواری مایل از غرب به شرق نیست (Metcalf 2002; Ueno 2003)، بلکه در فرضیه جدید بر اساس شواهد ولکانیکی، پالئومغناطیس و فسیل‌شناسی (به‌ویژه

فوزولینید) بلوک‌های سیمرین به شکل سه مجموعه از قطعه‌های قاره‌ای جداگانه به موازات یکدیگر در نظر گرفته می‌شوند (Zhang et al. 2013a,b). در فرضیه جدید، بلوک‌های بائوشان و کیانگ‌تانگ در بخش‌های جنوبی‌تری نسبت به بلوک‌های دیگر نظیر ایران مرکزی، جنوب افغانستان و کاراکوروم قرار دارند و در فواصل زمانی دیرتری نسبت به بلوک‌های شمالی‌تر به سمت شمال حرکت کرده‌اند.

تاکنون مطالعه‌های متعددی درباره زمان جدایش قطعه‌های قاره‌ای سیمرین و حرکت آنها به سمت عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر انجام شده‌اند و از شواهد پالئومغناطیسی، تعیین سن رخدادهای ماگماتیک، اطلاعات بیواستراتیگرافی و سنگ‌شناسی در این مطالعه‌ها استفاده شده است (Muttoni et al. 2009; Angiolini et al. 2013; 2014, 2015, Zhang et al. 2012a,b, 2013a,b); برای نمونه، توالی‌ای از دایک‌های مافیک در توریدیت‌های یاختاشین و کربنات‌های کوبرگندین زیرین بلوک کیانگ‌تانگ نفوذ کرده و این توالی خود روی قاعده بازالتی قرار گرفته است؛ این توالی، فرایند تکتونیکی مداوم تفسیر می‌شود که با شکستگی در زمان ساکمارین آغاز و با ریفتینگ فعال در زمان یاختاشین و جدایش و حرکت به سمت شمال در زمان کوبرگندین آغازی دنبال شده است (Zhang et al. 2012a,b). در بلوک کیانگ‌تانگ، اگرچه فونای فوزولینیدی یاختاشین دارای مخلوطی از فونای آب‌های خنک حاشیه گندوانا و فونای آب‌های گرم شمال پالئوتتیس است (Zhang et al. 2013a,b)، ظهور فوزولینیدهای مناطق تروپیک و ساب‌تروپیک از گروه verbeekiniids در کربنات‌های به سن کوبرگندین نشانه‌ای از حرکت این بلوک به سمت شمال در زمان کوبرگندین در نظر گرفته شده است (شکل ۸).

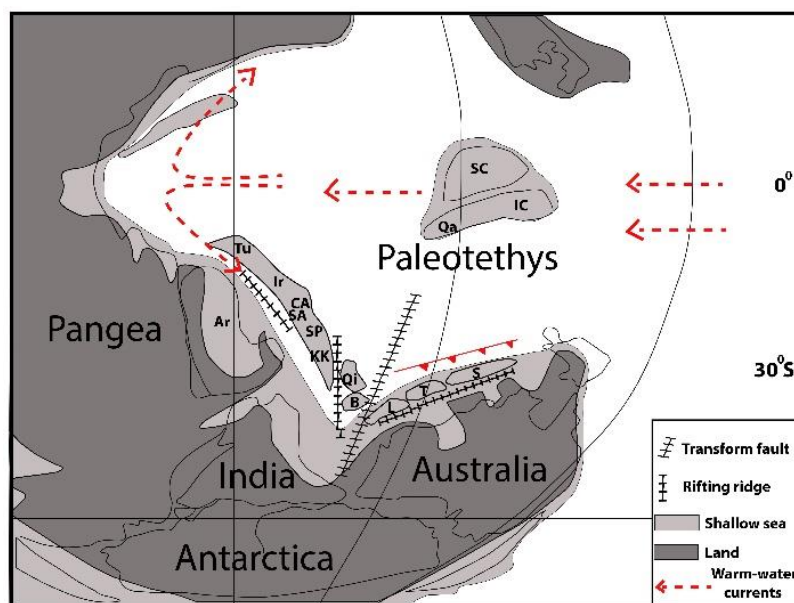
Age (Ma)	Chronostratigraphic Scales	S. and C. Afghanistan	S.E. Pamir	Karakorum	Qiangtang	Baoshan	This study
	Global	Fm	Fm	Fm	Fm	Fm	Fm
268.8	Roadian	Unnamed	Kubergandian	Unit 4			Jamal
270		<i>Armenina asiatica</i> , <i>Kuberg. insolita</i> , <i>Skinnerella gundar.</i>	<i>Parafus. dzamanta</i> , <i>Armenina sp.</i>	<i>Parafus. jarkhu.</i> , <i>Skinnerella yunnani.</i>	<i>Cancel. primigena</i> , <i>Parafus. multi.</i> , <i>Monodioxodi. katta.</i> , <i>Sphaer. hunnanica</i>		Small foraminifers
272.9							
275	Kungurian	Bolorian	Shin	Lashkargaz			Bagh-e Vang
			<i>Misellina termieri</i>				<i>Misellina termieri</i>
280		Unnamed	Kutchusu	Unit 3			
		<i>Misellina (B.) dyhr.</i> , <i>Pseudofusu. postkra.</i>	<i>Misellina parvicost.</i> , <i>Misellina dyhr.</i> , <i>Chalaro. vulgarisifo.</i> , <i>Pseudofusu. nishiwa.</i>	<i>Pseudofusu. krafti</i> , <i>Darvasites zulumar.</i>			<i>Misellina (B.) dyhr.</i> - <i>Chalaro. vulgarisifo.</i>
283.5							
285	Artinskian	Yakhtashian		Unit 2	Qudi	Woniusi	
		<i>Pamirina darvasica</i> , <i>Chalaro. vulgarisifo.</i> , <i>Darvasites ordinat.</i> , <i>Darvasites contrac.</i>		<i>Pamirina sp.</i> , <i>Chalaro. solita</i> , <i>Chalaro. vulgaris</i>	<i>Preskinner. pavlovi</i> , <i>Chalaro. solita</i> , × × × × × × × ×	× × × × × × × ×	<i>Pamirina darvasica</i> - <i>Sakmarella fluegeli</i>
290	Sakmarian	Sakmarian	Tash Kazyk	Unit 1	Zhanjin	Dinjazhai	
290.1		Unnamed					
		<i>Pseudofusu. karapet.</i> , <i>Pseudofusulina macilenta</i>	Brachiopods and Bryozoans	<i>Eoparafusulina pam.</i> , <i>Pseudofusulina plena</i>		<i>Eoparafus. pseudo.</i> , <i>Eoparafus. laudoni</i> , <i>Pseudofusu. macilenta</i>	
293.5							

شکل ۷- تطابق نهشته‌های یاکتاشین و بلورین در ایران، جنوب افغانستان و افغانستان مرکزی (Leven 1997)، جنوب شرق پامیر (Lenova and Zhang et al. 2012a,b, 2013a,b) 2012a, 2013)، کیانگ‌تانگ (Gaetani et al. 1995)، کاراکوروم (Dimitriev 1989; Angiolini et al. 2015) و بانوشان (Huang et al. 2015). علامت ضربدر برای نشان دادن فعالیت‌های ولکانیکی در نظر گرفته شده است.

نشانه‌های اختصاری: *Pseudofusu.*: *Pseudofusulina*, *karapet.*: *karapetovi*, *contract.*: *contractus*, *ordina.*: *ordinatus*, *Chalaro. gundar.*: *(B.) dyhr.*: *(Brevaxina) dyhrenfurthi*, *postkra.*: *postkrafti*, *vulgari.*: *Chalaroschwagerina vulgariformis*, *Kuber.*: *Kubergandella*, *parvicost.*: *parvicostata*, *vulgarisifo.*: *vulgarisiformis*, *nishiwa.*: *nishiwarensis*, *gundarensis*, *yunnani.*: *zulumar.*: *zulumartensis*, *pam.*: *pamirensis*, *Parafusu. dzamanta.*: *Parafusulina dzamantalensis*, *Monodioxodi.*: *S. Preskinn.*: *Preskinnerella*, *Neodutke.*: *Neodutkevitchia*, *jarkhu.*: *jarkhunensis*, *yunnanica*, *Eoparafusu. pseudo.*: *Eoparafusulina pseudosimplex*, *Cancel.*: *Cancellina*, *multi.*: *multiseptata*, *Monodioxodina*

جنوب شرق پامیر و پامیر مرکزی به علت داشتن فونای فوزولینید به سن ساکمارین بالایی تا یاکتاشین زیرین به حاشیه گندوانا و زون معتدل جنوبی (Leven 1993) تعلق دارند و از سوی دیگر، وجود بازالت‌های مربوط به ریفتینگ در این مناطق که به اواخر پرمین آغازی (بلورین) (Leven 1995) تعلق دارند، ملاک شباهت‌هایی بین جنوب شرق پامیر با بلوک کیانگ‌تانگ تلقی می‌شود؛ ولی وجود داشتن رسوبات با منشأ یخچالی به سن اوایل پرمین آغازی در جنوب شرق پامیر و پامیر مرکزی می‌تواند گواه قرار گرفتن آنها در عرض‌های جغرافیای بالاتر نسبت به بلوک‌های بانوشان و کیانگ‌تانگ در فاصله زمانی آسلین تا ساکمارین باشد (شکل ۸).

هم‌زمانی فوران‌های بازالتی بین بلوک‌های بانوشان (Ueno et al. 2002) و کیانگ‌تانگ در اواخر پرمین آغازی که از طریق فونای فوزولینید مشابه در یاکتاشین نیز تأیید می‌شود، گویای وجود شباهت‌هایی بین این دو بلوک است؛ این شواهد نشان می‌دهند باز شدن ثنوتیس در بلوک‌های بانوشان و کیانگ‌تانگ در یاکتاشین انجام شده است (Zhang et al. 2012a,b, 2013a,b)، اما اختلاف زمانی ظهور فونای فوزولینید آب‌های گرم نظیر *neoschwagerinids* و *verbeekinids* که در بلوک کیانگ‌تانگ در کورگندین زیرین و در بلوک بانوشان در مورگابین اتفاق افتاده است (Huang et al. 2015)، نشان می‌دهد احتمالاً این دو بلوک تاریخچه پالئوژئوگرافی یکسانی از زمان یاکتاشین به بعد نداشته‌اند (شکل ۸).



شکل ۸- نقشه پالئوژئوگرافی بلورین و شیوه توزیع بلوک‌های سیمین در این فاصله زمانی (برگرفته از Zhang et al. 2013a,b با اصلاحات).

نشانه‌های اختصاری: SA: South, CA: Central Afghanistan, Ir: Iran, Tu: Turkey, B: Baoshan, Qi: Qiangtang, KK: Karakorum, SP: South Pamir, Afghanistan, IC: Qa: Qamdo, SC: South China, S: Sibomasu, T: Tengchong, L: Lhasa, Indochina

(2009) نیست و نشانه‌هایی مبنی بر فازهای اولیه ریفتینگ و بازشدگی نئوتتیس طی کربنفر در ایران وجود دارند؛ تعیین سن رادیومتری به روش U-Pb از زیرکن‌های موجود در مجموعه‌های ماگمایی میشو و گوش‌چی در شمال غرب ایران گویای سن ۳۲۰ تا ۳۵۶ میلیون سال برای ریفتینگ و بازشدگی نئوتتیس در ایران است که معادل اواخر ویزئن (انتهای کربنفر زیرین) و باشکیرین (اوایل کربنفر پسین) است (Saccani et al. 2013; Dilek et al. 2014; Moghadam et al. 2014).

شواهد بیواستراتیگرافی تأییدکننده این سن برای زمان بازشدگی نئوتتیس در ایران، وجود شباهت بین مجموعه‌های فرامینیفری اواخر ویزئن تا اواخر سرپوخوین البرز با مجموعه‌های معادل خود در شمال پالئوتتیس است؛ همچنین تشابه منحصربه‌فردی بین فونای فوزولینیدی باشکیرین-کازیموین و اواخر قزلین ایران با حاشیه شمالی پالئوتتیس

در ناحیه کاراکوروم بر اساس داده‌های پالئومغناطیس محدود و وجود محیط رسوب‌گذاری عمیق‌تر به سمت شمال شرق، بازشدگی نئوتتیس در این بلوک به زمانی پس از یاختاشین نسبت داده شده است (Gaetani 1997; Muttoni et al. 2009). هیچ‌گونه داده‌های پالئومغناطیس برای تعیین موقعیت جغرافیای دیرینه افغانستان در اواخر پالئوزوئیک در دسترس نیست (Muttoni et al. 2009)؛ باوجوداین و بر اساس شواهد رخساره‌ای و محتویات فونای فوزولینیدی، به نظر می‌رسد جنوب افغانستان و افغانستان مرکزی در پرمین زیرین در عرض‌های جغرافیایی بسیار نزدیک به ایران، کاراکوروم و جنوب شرق پامیر قرار گرفته بوده‌اند (Leven 1998; Muttoni et al. 2009; Davydov and Arefifard 2007).

زمان ریفتینگ و بازشدن نئوتتیس در ایران برخلاف یافته‌های پیشین، پرمین میانی (Besse et al. 1998; Chauvet et al. 2009; Baud et al. 2012) یا پرمین آغازی (Muttoni et al.

وجود دارد (Arefifard 2017)؛ از سوی دیگر، گسل خوردگی نرمال و بلوک‌های کج شده در کمربند مرتفع زاگرس گویای تغییر شکل‌های کششی مربوط به کوه‌زایی واریسکن در کربنifer است (Tavakoli-Shirazi et al. 2013).

به تازگی، دو مجموعه ولکانیکی بازالتی در جنوب ترکیه یافت شده‌اند که موقعیت ریف قاره‌ای را نشان می‌دهند و همراهی آنها با نهشته‌های غنی از رادیولرها گویای تشکیل آنها در حوضه عمیق است؛ این فعالیت‌های ولکانیکی در دو فاصله زمانی آسلین پسین و کوبرگندین اتفاق افتاده‌اند که زمان نخستین رخداد ولکانیکی می‌تواند نشانه‌ای از بازشدگی نئوتیس در آغاز پرمین یا حتی کربنifer در جنوب ترکیه باشد (Tekin et al. 2019).

بر اساس داده‌های موجود به نظر می‌رسد بازشدگی نئوتیس در حاشیه شرقی گندوانا و تشکیل قاره‌های سیمین و حرکت بعدی آنها به سمت شمال و عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر و گرم‌تر به‌طور هم‌زمان نبوده و در فاصله‌ای زمانی کربنifer تا اواخر پرمین آغازی انجام شده است.

تغییرات آب‌وهوایی در بلورین میانی و تأثیر آن در گسترش فوزولیندهای آب‌های گرم

فونای فوزولینیدی به‌عنوان فرامینفرهای بزرگ آب‌های گرم به‌طور ویژه نسبت به تغییرات آب‌وهوایی و تغییرات عرض‌های جغرافیایی حساس بوده‌اند (Ueno 2003; Davydov and Arefifard 2013). ریفینگ نئوتیس و حرکت به سمت شمال بلوک‌های سیمین احتمالاً تنها عامل ظهور فونای فوزولینید آب‌های گرم در این بلوک‌ها محسوب نمی‌شود و تغییرات آب‌وهوایی در بلورین میانی به‌علت گرم شدن هوا و افزایش یافتن دی‌اکسیدکربن، نقش مهمی در ایجاد محیط مناسب برای گسترش فونای فوزولینیدی آب‌های گرم داشته است.

مطالعه‌های چن و همکاران (Chen et al. 2013) روی مقادیر ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ آپاتیت در پوسته کنودونت‌ها

گویای آغاز کاهش مقادیر ایزوتوپ اکسیژن به میزان ۲‰ در فاصله زمانی بلورین میانی تا کیتانین است؛ درحالی‌که مقادیر ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ در فاصله زمانی آسلین تا بلورین میانی تغییرات چندان محسوسی را نشان نمی‌دهد. کاهش تدریجی مقادیر ایزوتوپ اکسیژن با افزایش درجه حرارت آب سطحی به میزان ۸ درجه سانتی‌گراد و افزایش سطح آب دریا به میزان ۲۰۰ متر در نتیجه ذوب شدن توده‌های یخ قاره‌ای در فاصله زمانی بلورین میانی تا کیتانین مطابقت دارد (Schrage et al. 1996). در نتیجه، ترکیبی از گرم شدن آب‌وهوا و ذوب یخ‌ها در عرض‌های جغرافیایی بالاتر علت کاهش مقادیر ایزوتوپ اکسیژن است. بر اساس داده‌های یادشده، ذوب شدن اصلی یخ‌ها در اواخر عصر یخبندان در بلورین میانی تا میدین اتفاق افتاده است. این ایده برخلاف تفسیر قبلی مبنی بر در نظر گرفتن آسلین و ساکمارین آغازی برای زمان اوج یخبندان پالئوژوئیک پسین (Fielding et al. 2008; Zeng et al. 2012) و آغاز ذوب شدن ورقه‌های یخی عرض‌های جغرافیایی بالا در اواخر ساکمارین است. شواهد دیگری برای وجود یخبندان‌های پس‌از ساکمارین از شرق و غرب استرالیا (Fielding et al. 2008) و سیری (Chumakov 1994) تا میدین پسین گزارش شده‌اند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت بلورین میانی، زمان تبدیل شرایط Icehouse به Greenhouse در اواخر پالئوژوئیک و افزایش میزان دی‌اکسیدکربن اتمسفر و افزایش گرما بوده است (Montañez et al. 2007). پیدایش فوزولیندها در اواخر پرمین زیرین در بلوک‌های سیمین واقع در بخش‌های جنوبی کیانگ‌تانگ و بائوشان و تنوع و افزایش بیشتر فونای فوزولینید آب‌های گرم متعلق به گروه verbeekiniids مانند *Misellina* و *Pamirina* در بلوک‌های سیمین واقع در بخش‌های شمالی مانند پامیر، افغانستان و ایران در انتهای یاختاشین و بلورین هم می‌تواند به حرکت بلوک‌های سیمین به سمت شمال و عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر و هم می‌تواند به گرم شدن جهانی در اثر تبدیل شرایط از Icehouse به Greenhouse و ذوب یخچال‌ها مربوط باشد.

به *dyhrenfurthie-Chalaroschwagerina vulgarisiformis* سن بلورین زیرین و *Misselina cf. termieri* به سن بلورین بالایی در برش شش انگشت شناسایی شدند. بر اساس اطلاعات موجود، بازشدگی نئوتیس در بلوک‌های سیمیرین واقع در بخش شمالی مانند ایران، جنوب و مرکز افغانستان و جنوب شرق پامیر سریع‌تر از بلوک‌های موجود در بخش جنوبی نظیر بائوشان و کیانگ‌تانگ اتفاق افتاده است. ظهور فونای فوزولینیدی آب‌های گرم مناطق استوایی و نیمه‌استوایی مانند *neoschwagerinids* و *verbeekinids* در زمان بلورین در بلوک‌های سیمیرین می‌تواند در اثر ترکیبی از عوامل نظیر حرکت به سمت شمال این قاره‌ها، گرم شدن جهانی آب‌وهوا و همچنین جریان‌های آب گرم اقیانوسی باشد.

References

- Alavi M. 1991. Tectonic map of the Middle East, Geological Survey of Iran.
- Aghanabati A. 2004. Geology of Iran. Geological Survey of Iran, Tehran, Iran, 586 p. (in Persian).
- Aghanabati A. 1993. Geological Map of the Middle East, 1:5,000,000. Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.
- Angiolini L. Gaetani M. Muttoni G. Stephenson M. H. and Zanchi A., 2007. Tethyan oceanic currents and climate gradients 300 m.y. ago. *Geology*, 35: 1071-1074.
- Angiolini L. Zanchi A. Zanchetta S. Nicora A. Vuolo I. Berra F. Henderson C. Malaspina N. Rettori R. Vachard D. and Vezzoli G. 2015. From rift to drift in South Pamir (Tajikistan): Permian evolution of a Cimmerian terrane. *Journal of Asian Earth Sciences*, 102: 146-169.
- Angiolini L. Zanchi A. Zanchetta S. Nicora A. and Vezzoli G. 2013. The Cimmerian geopuzzle: new data from South Pamir. *Terra Nova*, 25: 352-360.
- Arefifard S. 2017. Foraminiferal-based paleobiogeographic reconstructions in the Carboniferous of Iran and its implications for the Neo-Tethys opening time: a synthesis, *Geologica Acta*, 15(2): 1-17.
- Arefifard S. Adabi M. H. Khosrow Tehrani K. Shemirani A. and Davydov V. I. 2006. Biostratigraphy of the Khan and Jamal formations in Kalmard, Shotori and Shirgesht areas (Central Iran) based on foraminifera (Fusulinids). *Journal of Iran Geology*, 1: 3-31 (in Persian).
- Balini M. Mandrioli R. Nicora A. Angiolini L. Vuolo I. Sohrabi Z. Bahramanesh M. 2016. First report of Upper Pennsylvanian ammonoids and Lower Permian ammonoids from the Kalmard area (Central Iran). *Journal of Asian Earth Sciences*, 102: 146-169.
- Bradyina *lepida*, *Oketaella* sp., *Grozdilova* sp., *Endoteba*, *Orthoverella* sp., *Hemigordiellina regulari*, *Haplophragmina* sp., *Epimonella* sp., *Olgaorlovella* sp., *Pseudobradyna* sp., *Palaeonubecularia* sp. است که برای نخستین بار در برش‌های مطالعه‌شده گزارش شدند. بر اساس مطالعه فونای فوزولینید در این دو برش، سه بایوزون شامل *Pamirina* *darvasica-Sakmarella* spp. به سن یاختاشین بالایی، زیرین و *Misellina termieri* به سن بلورین بالایی در برش باغ و ننگ و دو بایوزون شامل *Misellina* (*Brevaxina*)

نتیجه

در سال‌های اخیر، وجود جریان‌های آب گرم اقیانوسی در طول اقیانوس نئوتیس نیز عامل دیگری برای افزایش تبادل‌های فونای فوزولینیدی از آب‌های گرم استوایی به سمت آب‌های خنک عرض‌های جغرافیایی بالاتر حاشیه گندوانا در نظر گرفته شده است (Angiolini et al. 2007; Zhang et al. 2012a,b, 2013) (شکل ۸).

- from Bagh-e Vang (Shotori Mountains, northeast Iran). *Facies*, 52: 627-635.
- Fielding C. R. Frank T. D. Birgenheier L. P. Rygel M. C. Jones A. T. and Roberts J. 2008. Stratigraphic imprint of the Late Palaeozoic Ice Age in eastern Australia: a record of alternating glacial and nonglacial climate regime. *Journal of the Geological Society*, 165: 129-140.
- Gaetani M. 1997. The Karakorum block in central Asia, from Ordovician to Cretaceous. *Sedimentary Geology*, 109: 339-359.
- Gaetani M. Angiolini L. Garzanti E. Jadoul F. Leven E.J. Nicora A. and Sciunnach D. 1995. Permian stratigraphy in the Northern Karakorum, Pakistan. *Revista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 101(2): 112-158.
- Gorjunova R. V. 1975. Permian bryozoans from Pamirs. Moscow, Nauka, 1-126 (in Russian).
- Grunt T. A. and Dmitriev V. Y. 1973. Permian brachiopods of Pamirs. *Trans. Paleontological Inst.*, 136: 1-211 (in Russian).
- Grunt T. A. and Novikov V. P. 1994. Biostratigraphy and biogeography of the Early Permian in the southeastern Pamirs. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 2 (4): 331-339.
- Huang H. Jin X. C. Shi Y. K. and Yang X. N. 2009. Middle Permian western Tethyan fusulinids from southern Baoshan Block, western Yunnan, China. *Journal of Paleontology*, 83(6): 880-896.
- Huang H. Yukun S. and Jin X. 2015. Permian fusulinid biostratigraphy of the Baoshan Block in western Yunnan, China with constraints on paleogeography and paleoclimate. *Journal of Asian Earth Sciences*, 104: 127-144.
- Kahler F. 1974. Iranische Fusuliniden. *Jahrb. Geol. B.-A.*, bd. 117: 75-107.
- Kobayashi F. 2005. Permian foraminifers from the Itsukaichi-Ome area, west Tokyo, Japan. *Journal of Paleontology* 79:413-432.
- Leonova T. B. and Dmitriev V. Y. 1989. Early Permian ammonoids in SE Pamirs. *Transactions of Paleontological Institute*, 235: 1-298, Moscow (in Russian).
- Leven, E. J. 1967. Stratigraphy and fusulinids of Permian deposits of Pamirs. *Transaction of Geological Institute of Academy of Science of U.S.S.R.*, 167: 1-224 (in Russian).
- Leven, E. J. 1993. Early Permian fusulinids from the Central Pamir. *Revista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 104(1):3-42.
- Leven E. J. 1995. Permian and Triassic of the Rushan-Pshart Zone (Pamir). *Revista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 101: 3-16.
- Leven, E.J. 1997. Permian stratigraphy and Fusulinida of Afghanistan with their paleogeographic and paleotectonic implications. In: Stevens C. H. and Baars D. L. (Eds.), *Special Paper, Geological*
- Permian conodonts from Bagh-e-Vang area (Central Iran). *Permophiles*, 62: 25-27.
- Baud A. Richoz S. Beauchamp B. Cordey F. Grasby S. Henderson C. M. Krystyn L. and Nicora A. 2012. The Buday'ah Formation, Sultanate of Oman: A Middle Permian to Early Triassic oceanic record of the Neotethys and the late Induan microsphere bloom. *Journal of Asian Earth Sciences*, 43: 130-144.
- Besse J. Torcq F. Gallet Y. Ricou L. E. Krystyn L. and Saidi A. 1998. Late Permian to Late Triassic palaeomagnetic data from Iran: constraints on the migration of the Iranian block through the Tethyan Ocean and initial destruction of Pangaea. *Geophysical Journal International*, 135: 77-92.
- Chauvet F. Dumont T. and Basile C. 2009. Structures and timing of Permian rifting in the central Oman Mountains (Saihat Hatat). *Tectonophysics*, 475: 563-574.
- Chen B. Joachimski M. Shen S. Z., Lambert L. L. Lai X. L. Wang X. D. Chen J. and Yuan D. X., 2013. Permian ice volume and palaeoclimate history: Oxygen isotope proxies revisited. *Gondwana Research*, 24: 77-89.
- Chumakov N. M. 1994. Evidence of Late Permian glaciation in the Kolyma River Basin: a repercussion of the Gondwanan glaciations in Northeast Asia? *Stratigraphy and Geological Correlation*, 2: 130-150.
- Davydov V. I. and Arefifard S. 2007. Permian fusulinid fauna of Peri-Gondwanan affinity from the Kalmard region, east-Central Iran and its significance for tectonics and paleogeography. *Palaeontologia Electronica*, 10: 1-40.
- Davydov V. I. and Arefifard S. 2013. Middle Permian (Guadalupian) fusulinid taxonomy and biostratigraphy of the mid-latitude Dalan Basin, Zagros, Iran and their applications in paleoclimate dynamics and paleogeography. *Georabia*, 18: 17-62.
- Davydov V. I. Krainer K. and Chernykh V. 2012. Fusulinid biostratigraphy of the Lower Permian Zweikofel Formation (Rattendorf Group; Carnic Alps, Austria) and Lower Permian Tethyan chronostratigraphy. *Geological Journal*, 48: 57-100.
- Dilek Y. Azimzadeh Z. Saccani E. and Jahangiri A. 2014. Early Carboniferous magmatism and rift tectonics in the western sector of Paleotethysas, Evidenced by the Misho Mafic Complex (NW Iran). Istanbul (Turkey), American Association of Petroleum Geologists International Conference and Exhibition, 14-17.
- Dercourt J. Ricou L. E. and Vrielynck B. 1993. Atlas Tethys, palaeoenvironmental maps. Gauthier-Villars, Paris, 307 p.
- Ernst A. Senowbari-Daryan B. and Rashidi K. 2006. Lower Permian Bryozoa of the Jamal Formation

- the Shirgesht area (Tabas area, East Iran). Geological Survey of Iran, Report no. 4, 133 pp.
- Saccani E. Azimzadeh Z. Dilek Y. and Jahangiri A. 2013. Geochronology and petrology of the Early Carboniferous Misho Mafic Complex (NW Iran), and implications for the melt evolution of Paleo-Tethyan rifting in Western Cimmeria. *Lithos*, 162-163: 264-278.
- Sengör A. M. C. 1979. Mid-Mesozoic closure of Permo-Triassic Tethys and its implications. *Nature*, 279: 590-593.
- Schrag D. P. Hampt G. and Murray D. W. 1996. Pore fluid constraints on the temperature and oxygen isotopic composition of the glacial ocean. *Science*, 272: 1930-1932.
- Sengör A. M. C. Altinev D. Cin A. Ustaömer T. and Hsü K. J. 1988. Original assembly of the Tethyside orogenic collage at the expense of Gondwanaland. In: Audley-Charles M. G. Hallam A. (Eds.), *Gondwana and Tethys*. Geological Society, Special Publications. Oxford University Press, Oxford, 119-181.
- Stöcklin J. Eftekharijad J. and Hushmandzadeh A. 1965. Geology of the Shotori Range (Tabas area, East Iran). Geological Survey of Iran, Report no. 3, 69 pp.
- Tavakoli-Shirazi S. de Lamotte D. F. Wrobel-Daveau J. C. and Ringenbach J. C. 2013. Pre-Permian uplift and diffuse extensional deformation in the High Zagros Belt (Iran): integration in the geodynamic evolution of the Arabian plate. *Arabian Journal of Geosciences*, 6: 2329-2342.
- Tekin U. K. Okuyucu C. Sayit K. Yavuz Bedi Y. Noble P. J. Krystyn L. and Göncüoğlu M. C. 2019. Integrated Radiolaria, benthic foraminifera and conodont biochronology of the pelagic Permian blocks/tectonic slices and geochemistry of associated volcanic rocks from the Mersin Mélange, southern Turkey: Implications for the Permian evolution of the northern Neotethys. *Island Arc*, 28: 1-36.
- Toriyama R. 1982. Fusuline fossils from Thailand, part XV. Peculiar spirothecal structure of schwagerinid from east of Wang Saphung, Changwat Loei, central north Thailand. *Geology and Palaeontology of Southeast Asia*, 23:1-7.
- Ueno K. 2003. The Permian fusulinoidean faunas of the Sibumasu and Baoshan blocks: their implications for the paleogeographic and paleoclimatologic reconstruction of the Cimmerian Continent. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 193: 1-24.
- Ueno K. Mizuno Y. Wang X. D. and Mei S. L. 2002. Artinskian conodonts from the Dingjiazhai Formation of the Baoshan Block, west Yunnan, southwest China. *Journal of Paleontology*, 76: 741-755.
- Society of America, 316:1-135.
- Leven E. J. 1998. Permian fusulinids assemblages of the Transcaucasia. *Revista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 104(3):299-328.
- Leven E. J. and Vaziri-Moghaddam H. 2004. Carboniferous-Permian stratigraphy and fusulinids of eastern Iran, The Permian in the Bagh-e Vang section (Shirgesht area). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 110: 441-465.
- Leven E. J. and Gorgij M. 2006. Upper Carboniferous-Permian stratigraphy and fusulinids from the Anarak region, Central Iran. *Russian Journal of Earth Sciences*, 8(2): 1-25.
- Leven E. J. Leonova T. B. and Dmitriev V. Y. 1992. Perm' Darvaz-Zaalayskoy zony Pamira: fusulinidy, ammonoidei, stratigrafiya. *Rossiyskaya Akademiya Nauk, Trudy Paleontologicheskogo Instituta*, 253:1-203.
- Leven E. J. Reimers A. N. and Kozur H. W. 2007. First finds of Permian conodonts in eastern Iran and once again on the Guadalupian series base in Permian sections of the Tethyan Realm. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 15(1): 57-66.
- Metcalfe I. 2009. Late Palaeozoic and Mesozoic tectonic and palaeogeographical evolution of SE Asia. Geological Society, London, Special Publications, 315: 7-23.
- Moghadam H.S. Li X. H. Ling X. X. Stern R. J. Santos J. F. Meinhold G. Ghorbani G. and Shahabi S. 2014. Petrogenesis and tectonic implications of Late Carboniferous A-type granites and gabbro-norites in NW Iran: Geochronological and geochemical constraints. *Lithos*, 212-215: 266-279.
- Montañez I. P. Tabor N. J. Niemeier D. Dimichele W. A. Frank T. D. Fielding C. R. Isbell J. L. Birgenheier L. P. and Rygel M. C. 2007. CO₂-forced climate and vegetation instability during the late Paleozoic deglaciation. *Science*, 315: 87-91.
- Muttoni G. Gaetani M. Kent D. V. Sciunnach D. Angiolini L. Berra F. Garzanti E. Mattei M. and Zanchi A. 2009. Opening of the Neo-Tethys Ocean and the Pangea B to Pangea A transformation during the Permian. *GeoArabia*, 14: 17-48.
- Niko S. Badpa M. Ghaderi A. and Ataei M. R. 2018. Early Permian Tabulate corals from the Jamal Formation, East-Central Iran. *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series C*, 44: 19-29.
- Partoazar H. 1995. Changsingian stage in east Iran. Discovery of genus *Colaniella* and its biostratigraphic importance. *Geological Survey of Iran Geosciences Periodical*, 3: 44-53 (in Persian).
- Ruban D. A. Al-Husseini M. I. and Iwasaki Y. 2007. Review of Middle East Paleozoic plate tectonics. *GeoArabia*, 12(3): 35-56.
- Rutner A. Nabavi M. and Hajian J. 1968. Geology of

- palaeoclimatic and palaeobiogeographic implications. *Alcheringa*, 37: 529-546.
- Zhang Y. C. Shi G. R. and Shen S.-Z. 2013b. A review of Permian stratigraphy, palaeobiogeography and palaeogeography of the Qinghai-Tibet Plateau. *Gondwana Research*, 24: 55-76.
- Zeng J. Cao C. Q. Davydov V. I. and Shen S. Z. 2012. Carbon isotope chemostratigraphy and implications of palaeoclimatic changes during the Cisuralian (Early Permian) in the southern Urals, Russia. *Gondwana Research*, 21: 601-610.
- Zhou Z. R. 2017. Permian basinal ammonoid sequence in Nanpanjiang area of South China-possible overlap between basinal Guadalupian and platform-based Lopingian. *Journal of Paleontology*, 91 (Memoir 74):1-95.
- 750.
- Zhang Y. C. Wang Y. Zhang Y. J. and Yuan D. X. 2012a. Kungurian (Late Cisuralian) fusuline fauna from the Cuozheqiangma area, northern Tibet and its palaeobiogeographical implications. *Palaeoworld*, 21: 139-152.
- Zhang Y. C. Shen S. Z. Shi G. R. Wang Y. Yuan D. X. and Zhang Y. J. 2012b. Tectonic evolution of the Qiangtang Block, northern Tibet during Late Cisuralian (Late Early Permian): evidence from fusuline fossil records. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 350-352: 139-148.
- Zhang Y. C. Wang Y. Zhang Y. J. and Yuan D. X., 2013a. Artinskian (Early Permian) fusuline fauna from the Rongma area in northern Tibet:

Plate 1

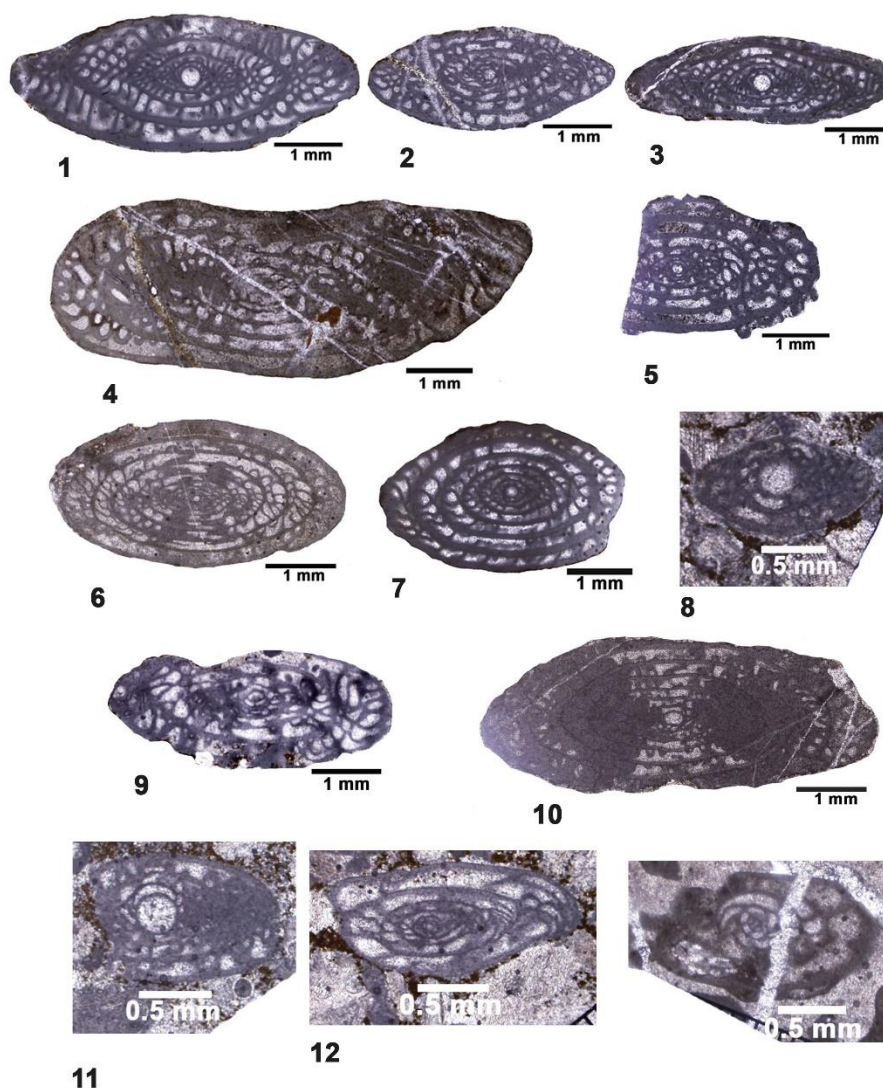


Plate 1

- 1-3. *Sakmarella implicata* (Schellwien 1908). 1. Axial section, Sample BA-5-37-1. 2. Axial section, Sample BA-5-19-3. 3. Axial section, BA-5-20-1.
- 4,5. *Sakmarella* cf. *fluegeli* Davydo in Davydo, Kranier and Chernyk 2012. 3. Subaxial section, Sample BA-12-2-1. 4. Axial section, Sample BA-5-12-1.
6. *Darvisites (Alpites) sinensis* (Chen 1934). Axial section, Sample SHB-1-7-4.
7. *Grozdilovia* ex gr. *sulcata* (Kurzhenevskiy 1940). Oblique section, Sample BA-4-17.
8. *Oketaella shiroishiensis* Morikawa and Kobayashi 1960. Axial section, Sample BA-4-42-1.
9. *Grozdilovia* sp., subaxial section, Sample BA-4-2-2.
10. *Leeina isomie* (Igo 1965). Axial section, Sample BA-61-1.
11. *Leeina quasifusuliniformis* (Leven 1967). Axial section, Sample BA-4-38-1.
12. *Biwaella* sp., Axial section, Sample BA-4-57.
13. *Toriyamaia* sp., Axial section, Sample BA-47-11.

Plate 2

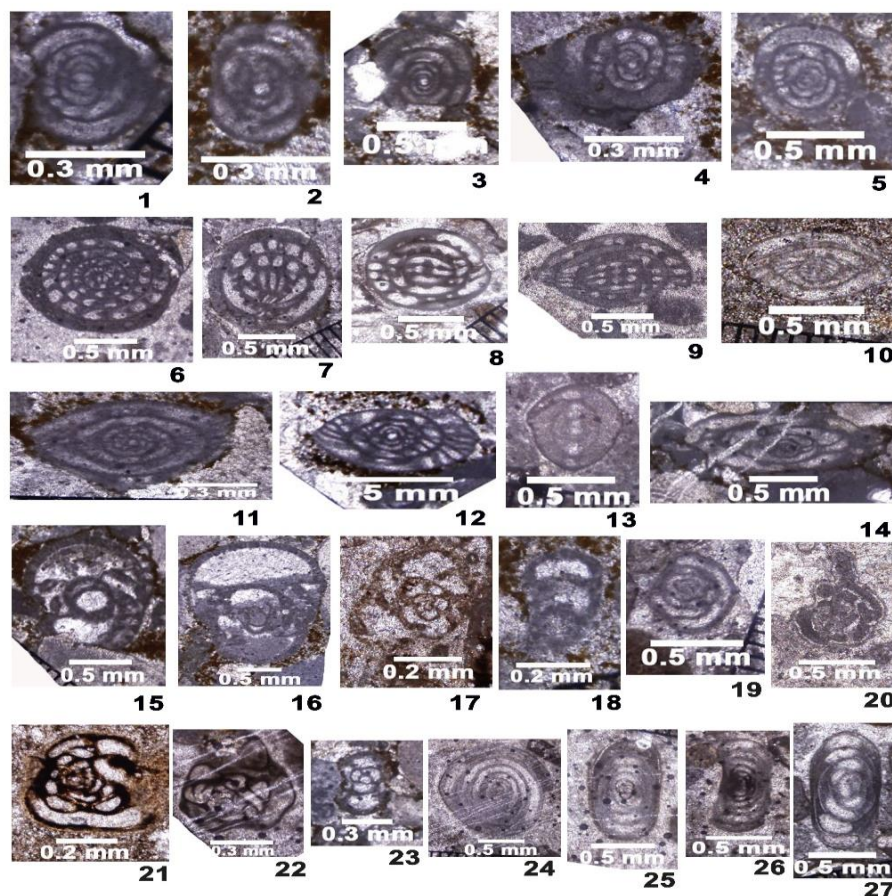


Plate 2

- 1, 2. *Pamirina chillingensis* (Wang and Sun 1973). 1. Axial section, Sample BA-4-8-2. 2. Axial section, Sample BA-2-15-3.
- 3, 4. *Pamirina darvasica* Leven 1970. 3. Axial section, Sample BA-4-56-2. 4. Oblique section, Sample BA-4-57-2.
5. *Pamirina staffellaformis* Zhou, Sheng and Wang 1987. Axial section, Sample BA-4-42-2.
- 6, 9. *Misellina* (*Misellina*) cf. *termieri* (Deprat 1915). 6. Subaxial sections, Sample BA-47-12-4. 9. Sample SHB-53-4
- 7, 8. *Misellina* (*Brevaxina*) *dyrenfurthi* (Dutkevich 1939). 7. Oblique section, Sample SHB-1-8-3. 8. Suaxial section, Sample SHB-1-12-5.
10. *Neofusulinella pseudogiraudi* (Sheng 1963). Subaxial section, Sample SHB-7-1.
- 11, 12. *Mesoschubertella* sp. 11. Axial section, Sample BA-4-21-4. 12. Oblique section, Sample BA-4-23-7.
13. *Nankinella* cf. *nagatoensis* Toriyama, 1958. Axial section, Sample BA-55-15-1.
14. *Schubertella* aff. *exilis* Suleimanov 1949. Subaxial section, Sample BA-5-9-3.
- 15, 16. *Bradyina lepida* Reitlinger 1950. 15. Subaxial section, Sample BA-4-16. 16. Axial section, Sample BA-4-26.
17. *Endoteba* sp., Axial section, Sample BA-36-4.
18. *Haplophragmina* sp., Subaxial section, Sample BA-4-12.
19. *Hemigordiellina regularis* (Lipina 1949). Transverse section, Sample SHB-1-8-1.
20. *Olgaorlovella* sp., Oblique section, Sample SHB-12-7-1.
21. *Paleonubecularia* sp., Oblique section, Sample SHB-6-1.
22. *Pseudobradyna* sp., Transverse section, Sample BA-5-2.
- 23, 24. *Uralogordiopsis longus* (Grozdilova 1956). 23. Subtransverse section, Sample SHB-6-4-2. 24. Axial section, Sample SHB-6-5-4.
- 25, 26. *Uralogordiopsis permicus* (Grozdilova 1956). 25. Axial section, Sample SHB-6-37-1. 26. Subaxial section, Sample SHB-8-2-3.

Plate 3

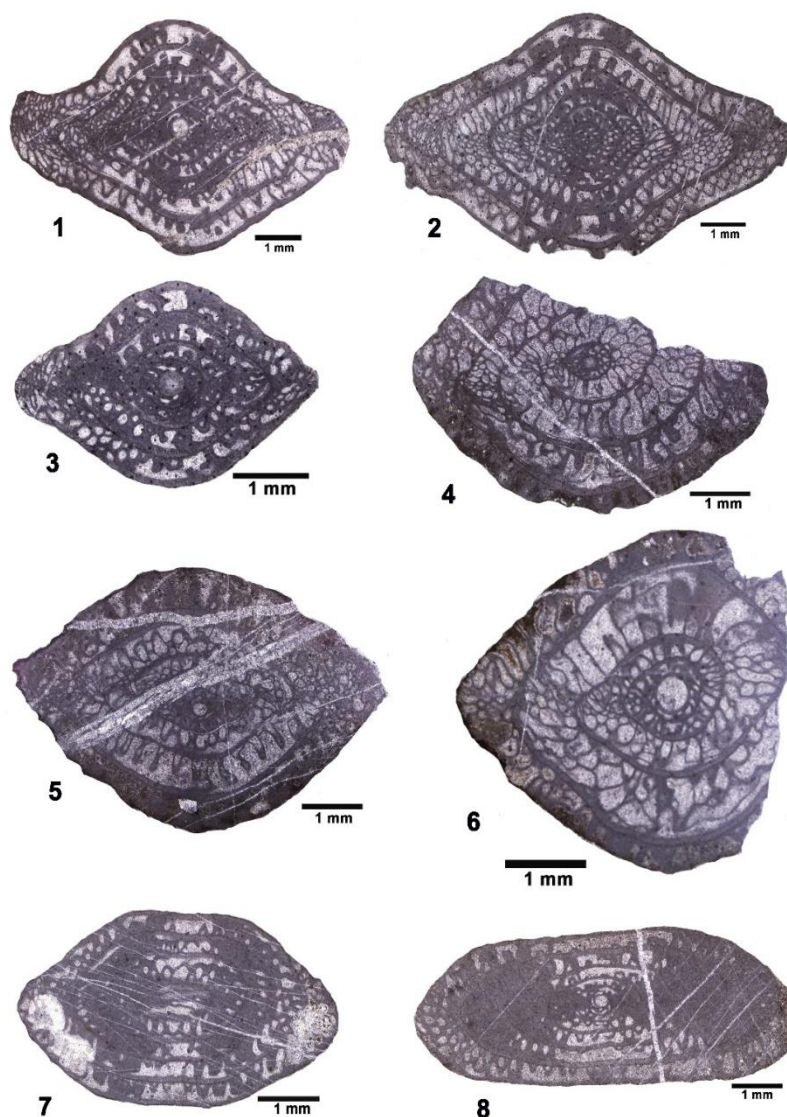


Plate 3

1. *Chalaroschwagerina hawkinsiformis* (Igo 1965). Axial section, Sample SHB-6-2-2.
2. *Chalaroschwagerina vulgarisiformis* (Morikawa 1952). Axial section, Sample SHB-6-34-2.
3. *Chalaroschwagerina tumida* Skinner and Wilde 1965. 12. Axial section, Sample SHB-8-12-2.
4. *Chalaroschwagerina globosa* (Schellwien 1908). 4. Axial section, Sample SHB-8-6-2.
5. *Chalaroschwagerina vulgaris* (Schellwien and Dyhrenfurth 1909). Axial section, Sample SHB-9-3-1.
6. *Chalaroschwagerina globosaeformis* (Leven 1967). Oblique axial section, Sample SHB-9-17-1.
7. *Praeskinnerella* sp. Subaxial section, Sample SHB-6-32-3.
8. *Chalaroschwagerina* ? *vulgaris* (Schellwien and Dyhrenfurth 1909). Subaxial section, Sample SHB-9-22-1.