

Vol. 17, No. 4, Winter 1388/2010



Petrology of Eocene volcanic rocks in NE of Ordib (NE of Isfahan Province)

Gh. Torabi^{*}, N. Shirdashtzadeh

Department of Geology, Faculty of Scinces University of Isfahan

(Received: 20/2/2009, in revised form: 9/6/2009)

Abstract: Eocene volcanic rocks in NE of Ordib, have a very good exposures near and along the Turkmeni-Ordib fault. These rocks, that are situated in the inner part of the Central Iran and margin of the Yazd block, comprise trachyte, trachy-andesite and basaltic trachy-andesite. Trachy-andesite is the pervasive rock unit. Rock forming minerals of these rocks are chloritized olivine, plagioclase, pyroxene, mica, amphibole, K-feldspar, quartz, ilmenite, magnetite and calcite. The most important mineralogical characteristics of the studied trachy-andesites are wide range of minerals in one rock sample, including two types of clinopyroxene, mica, plagioclase, sanidine, formation of reactionic clinopyroxene and calcite around the quartz, and oscillatory zoning of feldspars and amphiboles. Chemistry of clinopyroxenes and biotites with whole rock geochemical analyses, reveal that these rocks are similar to the continental volcanic arc rocks. Petrography and mineral chemistry demonstrate the magma mixing occurrence in formation of these rocks.

Keywords: Petrology, Eocene volcanic rocks, magma mixing, Ordib.

*Corresponding author, Tel.: +98 (0311) 7932165, Fax:+98 (0311) 7932152, E-mail: Torabighodrat@yahoo.com





سال هفدهم، شمارهٔ ۴، زمستان ۸۸، از صفحهٔ ۵۱۹ تا ۵۳۴

سنگ شناختی سنگهای آتشفشانی ائوسن شمال غرب اوردیب (شمال شرق استان اصفهان) قدرت ترابی*، نرگس شیردشت زاده دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم، بخش زمین شناسی.

(دریافت مقاله: ۸۷/۱۱/۱ ، نسخه نهایی: ۸۸/۳/۲۰)

چکیده: در شمال غرب روستای اوردیب سنگهای آتشفشانی ائوسن در راستا و نزدیک به گسل ترکمنی – اوردیب دارای برونزدهای بسیار خوبی هستند. این سنگها که در بخشهای درونی ایران مرکزی و حاشیه بلوک یزد قرار دارنـد، بیـشتر شـامل تراکی آنـدزیت بازالتی، تراکی آندزیت و تراکیت هستند. تراکی آندزیتها بیشترین فراوانی را دارند. بیـشتر کانیهای تـشکیل دهنـدهٔ ایـن سـنگها الیوینهای کلریتی، پلاژیوکلاز، پیروکسن، میکا، آمفیبول، فلدسپار پتاسیم، کـوارتز، ایلمنیت، مگنتیت و کلـسیت است. از مهمترین ویژگیهای کانیشناسی تراکی آندزیتهای مورد بررسی میتوان به وجود طیف گستردهای از کانیها در یـک سـنگ، وجـود دو نـوع کلینوپیروکسن، دو نوع میکا، دو نوع پلاژیوکلاز، دو نوع سانیدین، تشکیل کلسیت و کلینوپیروکسنهای واکنـشی پیرامـون کوارتزها، و منطقه بندی نوسانی در فلدسپارها و آمفیبولها اشاره کرد. بررسی شیمی کلینوپیروکسنها و بیوتیتها همراه با آنالیز سنگ کل، نـشان از شباهت این سنگها به سنگهای قوسهای آتشفشانی قارهای داشته و شواهد سـنگ شـناختی و کـانیشناسی نیـز بیـانگر رخـداد

واژههای کلیدی: سنگ شناسی، آتشفشانی های ائوسن، آمیختن ماگمایی، اور دیب.

مقدمه

بی شک گستردهترین فعالیتهای آتشفشانی سرزمین ایران در زمان ائوسن رخ داده و آثار این تکاپوها را میتوان در تمام بخشهای ایران جز زاگرس و کپه داغ مشاهده کرد (شکل ۱). سنگهای آتشفشانی ائوسن دارای طیف گستردهٔ ترکیبی از تحت اشباع تا ابر اشباع بوده و بیشتر به سریهای ماگمایی آهکی- قلیایی تا شوشونیتی وابستهاند. در این میان به سنگ-های موجود در زون ارومیه – دختر و البرز توجه بیشتری شده و جنبههای مختلف آنها توسط افراد بسیار زیادی مورد

بررسیهای سنگشناسی قرار گرفتهاند. ولی سنگهای موجود در بخشهای میانی و شرقی ایران مرکزی کمتر بررسی شدهاند. عبور ماگماهای بازالتی برگرفته از گوشته، از درون پوستهٔ ضخیم قارهای، ذوب سنگهای پوستهٔ قارهای و رخداد آناتکسی، تشکیل ماگماهای اسیدی، و آلایش و آمیزش ماگمایی حین صعود ماگماها نیز در سنگهای آتشفشانی بخشهای مختلفی از سرزمین ایران مورد کنکاش قرار گرفته است. در بخشهای شال شرقی روستای اوردیب و شمال مهرجان (شمال شرق استان اصفهان) و در راستا و حاشیهٔ گسل

* نویسنده مسئول، تلفن: ۷۹۳۲۱۶۵ (۰۳۱۱) ۹۸+، نمابر: ۷۹۳۲۱۵۲ (۰۳۱۱) ۹۸+، پست الکترونیکیTorabighodrat@yahoo.com

ترکمنی – اوردیب سنگهای آتشفشانی ائوسن با ترکیب بسیار گستردهٔ تراکی آندزیت بازالتی، تراکی آندزیت و تراکیت دارای رخنمونهای بسیار خوبی هستند (شکل ۲) [۱]. در این میان سنگهای تراکی آندزیتی بیشترین فراوانی را دارند. این منطقه در تقسیمات زمینشناسی ایران جزیی از ایران مرکزی بوده و در حاشیهٔ شرقی بلوک یزد قرار دارد. تعیین سن سنگهای مورد بررسی در این منطقه با استفاده از روش K-Ar توسط زمینشناسان روسی سنی معادل ۵۳ میلیون سال را به دست داده است که بیانگر تعلق این سنگها به ائوسن پایینی است داده شدهاند.

به دلیل موقعیت ویژهٔ زمینشناسی، در ناحیهٔ مورد بررسی گسلهای متعدد و متنوعی قابل مشاهده است که نقـش بـسیار مهمی در فرایند آتشفـشانی، دگرسـانیهـای بعـدی، و تـشکیل معادن بنتونیت در شمال مهرجان و کوه متنگ داشتهاند. مهـم-معادن بنتونیت در شمال مهرجان و کوه متنگ داشتهاند. مهـم-نترین گسل موجود در منطقه مـورد بررسـی گـسل ترکمنی – اوردیب بوده و گسلهای بیاضه و چاپدونی در بخشهای جنوبی منطقهٔ قرار دارنـد. طـول گـسل ترکمنـی – اوردیب در ناحیـهٔ انارک – خور در حدود ۱۶۰ کیلـومتر و راسـتای آن تقریبا بـه موازات گسل کویر بـزرگ (N65) است. بررسـیهـای زمـین-شناسی ساختاری نشان میدهد که به احتمال زیاد ایـن گـسل به سوی شمال شرق در طول صدها کیلومتر ادامـه یافتـه و بـه زون گسلهای ازبک کـوه و نواحـی جنـوبی کاشـمر و تربـت مدیریه می پیوندد [۳]. مجموع طول بخش یاد شـده در حـدود ۶۶۰ کیلومتر است که به دلیل پوشـش کـواترنر، ردیـابی آن در

بخشهای جنوبی دشت کویر مشکل است. این گسل را میتوان به عنوان یک گسلهٔ ژرف در نظر گرفت. در بخش جنوب غربی این گسل زون برشی ترکمنی مشاهده میشود. این زون برشی در دگرگونههای انارک (به ویژه گروه چاه گربه) رخداده است و به لحاظ شدت و چگونگی دگر شکلی، بسیار با اهمیت است. این گسل مرز جنوبی و شرقی ماسیو انارک – خور است و آن را از زون چاہ یلنگ – بیاضہ جدا می کند. پھنای زون گسلی از چند صد متر، در برخی نقاط به دو یا چند کیلومتر تغییر میکند [۳]. یهن ترین بخشهای زون گسلی، بخشهای شمال شرق (منطقه مورد بررسی) و جنوب غربی است. در بخش های جنوب غربی، در منطقهٔ کانسار ترکمنی، زون گسلی به صورت سیستمی پیچیده از بلوکها و ساختهای فلسی که ترکیبی از سنگهای پروتروزوئیک بالایی تا پالئوژن است، در میآید. در بخشهای شمال شرقی، سطح لغزش گسل کاهش یافته و به صورت رشتهای از شکافها و گسلهای معمولی کوچک که از یکدیگر دور می شوند در می آید [۳].

از مهمترین بررسیهای زمینشناسی که تا کنون در منطقهٔ انارک تا خور صورت گرفته است میتوان به بررسیهای [۱-۴] اشاره کرد که طی آن به ترتیب گزارش نهایی زمینشناسی، نقشههای زمینشناسی منطقه، زمینساختی ناحیه و بازسازی گذشته زمینشناسی آن به انجام رسیده است.

در این کار پژوهشی به بررسی سنگهای آتشفشانی ائوسن موجود در بخشهای شـمال شـرقی اوردیـب و پیرامـون گـسل ترکمنی – اوردیب پرداخته شده است.



شکل ۱ مهم ترین رخنمونهای سنگهای آتشفشانی ائوسن ایران و موقعیت منطقهٔ مورد بررسی. گسل ترکمنی – اوردیب (TOF)، و گسل کویر بزرگ (درونه) (GKF) نیز در شکل مشخص شدهاند.



شکل ۲ نقشهٔ زمینشناسی ساده شدهٔ منطقه شمال شرق اوردیب (شمال شرق استان اصفهان) (برگرفته از [۱]، با تغییرات).



شکل ۳ تصاویر صحرایی سنگ های آتشفشانی مورد بررسی. تصویرهای D و E معدن بنتونیت مهرجان را نشان می دهند.

روش کار

به منظور بررسی سنگهای آتشفشانی مورد نظر، بررسیهای زمین شناسی صحرایی و نمونه برداری از واحدهای آتشفشانی یاد شده صورت گرفت و پس از تهیه مقاطع نازک، سنگ شناختی و کانی شناسی آنها انجام شد. پس از بررسیهای سنگ شناختی، از نمونههای مناسب مقطع نازک صیقلی تهیه شده و کانیهای موجود در آنها با استفاده از ریز پردازندهٔ الکترونی کانیهای موجود در آنها با استفاده از ریز پردازندهٔ الکترونی دهندهٔ Cameca SX-100 دانشگاه لیبنیز هانوور آلمان با ولتاژ شتاب دهندهٔ ۲۰ kV، شدت جریان ۸۵ ما، زمان شمارش ۵۰ ثانیه، و شعاع الکترونی ۳μm مورد بررسی قرار گرفتند. در محاسبهٔ فرمول ساختاری و تعیین عضوهای پایانی کانیها و نیز جدایش

Fe²⁺ و Fe³⁺ آنها از نسبتهای حاصل از عنصر سنجی [۵] و نرم افزار Minpet استفاده شد. نتایج آنالیز نقطهای و محاسبهٔ فرمول ساختاری کانیهای موجود در سنگهای مورد بررسی در جدولهای ۱ تا ۷ آورده شده است. ۶ نمونه از سنگهای مورد بررسی نیز در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه اصفهان با استفاده از دستگاه XRF مدل S4 PIONEER ساخت شرکت استفاده از دستگاه آنالیز شدند. آنالیز شیمیایی ۷ نمونه از سنگ-های آتشفشانی بررسی شده توسط زمین شناسان روسی در تورژهٔ تکنواکسپورت نیز مورد استفاده قرار گرفت. در نمایش تساویر میکروسکوپی و خلاصهٔ نام کانیها نیز از منبع [۶] استفاده شد.

آن.	ساختارى	فرمول	محاسبة	ئسن و	كلينوپيروك	نقطهای	آناليز	نتايج	جدول ۱
-----	---------	-------	--------	-------	------------	--------	--------	-------	--------

Sample	Point	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
٨٠۶	١	۵۳٬۸۶	•/11	٠٫٢۵	٠٬٠١	۷٫۸۴	• ۲٫۰	۱۵/۰۱	۲۲/۵۲	۴ ۵۲ •	۰,۰۲	۲۶,۰۰۶
Reactionic	٢	۵۳/۷۲	۰٬۰۹	• ۲۷	۰,۰۲	۶/۹۳	۰٬۲۵	10,78	۲۲/۰۸	۰٬۴۵	۰,۰۲	٩٩/١١
Clinopyroxenes	۶	۵۳٬۶۲	•,1۴	۶۳۶,	•,•۴	٨,۶۴	•,1۴	۱۵,۲۰	51,88	۰٬۵۲	•,••	۲۳,۰۰۱
	11	۵۲/۷۷	۸۲٫۰	۱٬۹۰	•,••	۶,۶۸	٠٫١٧	۱۵/۹۱	۲۱,۶۹	•,۴۲	٣٠٬٠	٩٩٫٨۴
	.۲۰	54,40	• ۳٫۰	۲/۹۴	•,1•	۵٬۱۹	•,•A	۱۵٫۸۰	۲۲/۴۰	•,87	۰,۰۱	٩٩/٩١
	۲۱	۵۲٬۳۳	۸۲٫۰	۲٫۹۱	۰٬۱۳	۵٬۰۴	۰,۰۲	۱۵/۵۶	22/21	۰,۵۷	•,••	٩٩,٠۵
	77	۵۲٬۴۵	۸۲٬۰	۲٬۹۷	۰,۲۵	۴٫۸۳	۰,۱۵	۱۶٬۰۳	۲۱,۶۸	۰,۶۹	•,••	٩٩٫٣٣
٨٠۶	۲۹	۵۱/۹۹	۴۳۹ ر	٣,٣٧	۲۱,۰	۵٬۲۹	•/\•	18/18	۲۲/۰۲	۰٫۵۱	• / •)	۱۰۰٬۰۰
Clinopyroxene	۳۰	۵۱/۱۱	۳۴٫۰	۴,۲۸	•,•A	۶٫۳۵	•/11	14,89	21/62	۰٬۸۶	•,••	٩٩٫٣٣
phenoeryst	۳۱	۵۲٬۸۴	۵۲٬۰	۲,۶۸	۰٬۰۳	۵٬۸۸	۰,۱۶	18/14	۲۱/۲۰	•,84	•,••	٩٩٫٨٣
	77	۵۲٬۵۳	۵۲٬۰	۲,۷۱	•,•A	۶,۰۴	•,•A	۱۶٬۰۵	۲۱/۹۱	۰٫۵۹	•,••	1,74
	74	۵۱٬۸۱	۴۳۹ ر	۳٫۳۸	۰,۱۷	۵٫۵۹	۳۱٫۰	10/94	۱۵/۳۵	+ /۵۲	•,••	٣٣
	۳۵	۵۲٬۹۵	۳۳٫۰	۲/۱۴	۰٬۰۵	۵٬۹۹	٠/١٩	۱۶/۱۸	۲۱,۶۲	۳۳,۰	۰,۰۱	ঀঀ ,γঀ
CPX zoning $(\Lambda \cdot Y)$	Point	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
CPX-Core	۴۵	481.02	۱٫۲۵	٨,٢۶	•,••	1.78	•/11	۱۰/۳۸	22/22	۰٫۷۳	•/•)	٩٩٫٣٣
CPX-Rim	49	۵۱/۴۱	•,48	۳/۷۰	۰,۱۳	۵/۹۴	•,• A	۱۵,۷۶	۲۲/۰۷	۴۵، •	•,• ٣	111

Structural formula based on the 6 Oxygens

Sample	Point	Si	AlIV	AlVI	Ti	Cr	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn	Mg	Ca	Na	Κ	Total	WO	EN	FS
٨٠۶	١	۱,۹۹	۰,۰۱	•,• •	•,••	•,••	٠,١٩	۰٬۰۵	۰,۰۱	۰٫۸۳	• ,A	•,•۴	•,••	۴,۰۰	۴۵٫۳۳	47,04	17,84
Reactionic	٢	١/٩٨	• /• ٢	•,• •	•,••	•,••	•/71	۰٬۰۵	•,••	۰٫۸۴	۰٫۸۶	•,•۴	•,••	۴,۰۰	97.47	۴۲,۵۸	۱۳٬۸۰
Clinopyroxenes	۶	۲,۰۰	•,••	•,• ١	•,••	•,••	• / ٢ •	۰,۰۲	• /•)	٥٨, •	۰,۸۸	۰,۰۳	•,••	۴,۰۰	40/14	47/4.	11,49
	11	1,94	•,•۶	۰,۰۲	•,• ١	•,••	۰٬۱۵	۵ • ٫ • ۵	۰,۰۱	۰٫۸۷	۰٫٨۶	۰,۰۳	•,••	۴,۰۰	44/11	40,02	۱۰٬۸۸
	۲۰	1/97	• , • A	۵ • ٫ •	•,• \	•,••	• / \ •	•,•۶	•,••	۰٬۸۶	۰,۸۸	•,•۴	•,••	۴,۰۰	48,19	۴۵/۳۳	٨/۴٨
	۲۱	۱/۹۳	•,•Y	•,•۶	•,• \	•,••	•/17	۳ ۰٫۰	•,••	۰٫۸۶	۰,۸۸	•,•۴	•,••	۴,۰۰	¥9,49	۴۵٬۲۸	٨,٢۶
	77	1,97	•,•A	۰٬۰۵	•,• 1	•,••	۰,۰۱	۰٬۰۵	۰,۰۱	۰,۸۸	۰٫۸۵	۰٬۰۵	•,••	۴,۰۰	40,18	۴۶,۷۵	٨,١٠
٨٠۶	۲۹	۱٬۹۰	• , ۱۰	•,•۴	•,• 1	۰,۰۱	۰,۰۹	•,•Y	•,••	۰,۸۸	۰٬۸۶	•,•۴	•,••	۴,۰۰	۴۵٬۲۶	48,10	٨,۶۵
clinopyroxene	۳۰	۱/۸۸	•/17	•,•V	•,• \	• /•)	•/11	۰,۰۸	•,••	۰٫۸۱	۰٫۸۵	•,•۶	•,••	۴,۰۰	40/02	۴۳٬۷۵	۲۷٫۰۱
phenoeryst	۳۱	1,9٣	•,•Y	۰٬۰۵	•,• 1	•,••	•,1٣	۰٬۰۵	۰,۰۱	۰,۸۸	۰٫۸۳	۰٬۰۵	•,••	۴,۰۰	۴۳ _/ ۸۳	48,48	۹٫۷۵
	۳۲	1,97	•,•A	۰٬۰۳	•,• 1	•,••	•,11	• , • A	•,••	۰,۸۷	۰٬۸۶	•,•۴	•,••	۴,۰۰	۴۴,۷۰	۴۵٬۵۶	۹٫۷۵
	74	۱٫۸۹	•/11	۳ • ر	•,• \	•,••	•,•A	۰٬۰۹	•,••	۰٫۸۷	٠٫٨٧	•,•۴	•,••	۴,۰۰	40,82	۴۵,۲۷	٩,١٢
	۳۵	۱٬۹۵	۰٬۰۵	•,•۴	•,• \	• / •)	•,18	۰,۰۲	• /•)	۰٫۸۹	۰٫۸۵	۰,۰۲	•,••	۴,۰۰	44,18	۴۵/۹۸	۹٬۸۶
CPX Zoning (A·Y)	Point	Si	AlIV	AlVI	Ti	Cr	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn	Mg	Ca	Na	Κ	Total	WO	EN	FS
CPX-Core	۴۵	۱/۷۳	• ۲۷	• / ١ •	•,•۴	•,••	۰/۱۸	۰٬۱۵	•,••	۰٬۵۸	۰٬۹۰	۰٬۰۵	•,••	۴,۰۰	49,79	۳۲/۲۰	۱۸٬۰۵
CPX-Rim	49	۱/۸۸	•/17	•,•۴	•,• \	•,••	٠,٠٩	۰٬۰۹	•,••	۰٬۸۶	۰٫۸۶	۴,۰۴	•,••	۴,۰۰	۴۵٫۳۲	۴۵٬۰۳	٩,۶۵

			00	/	0, ,	•	, 0,	/· 0	2	<u>.</u>	. 0)	•			
	Sample	Point	SiO ₂	TiO	D_2 Al	l_2O_3	Cr ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	Ca	O N	a ₂ O	K ₂ O	Total
	٨٠۶	78	45.149	1/5	Y 11	۳۵۳	• \) •	٨٧٢	۰,۰۵	10,79	115	- 7	178	1.81	97/99
	٨٠۶	۲۷	۴۳ <i>,</i> ۶۸	1/5	7 11	1,41	• (•)	٨,۶۵	•01	18/11	115	-7 7	14	1,81	٩٨,٠٠
	٨٠۶	۲۸	۴۳/۳۳	۱,۵	• 11	1,1,4		٨/٩٩	.14	18/11	11/2	18 1	1	1.81	91.01
	Sample	Point	SiO ₂	TiO	D_2 Al	l_2O_3	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	Ca	O N	a ₂ O	K ₂ O	Total
		-Core ۳۷	47,47	1.7	1 11	۳,۳۶	• .• •	9,51	۴	10,07	1.1	17 17	60	1/11	٩٨,٠٠
		۳۸	45,77	۱,۵	۸ ۱۱	77	۰.۰۶	1.19	۰,۰۶	10,.1	1.6	18 1	148	1/18	97,98
	٨٠٧	٣٩	۴· ۵۲	1.4	8 11	F/A·	• • • ٣	۱۳٬۸۰	• /• Y	11/87	114	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	107	1.77	91.01
	Zoning of an	۴.	39,51	1,9	8 10	3,89	• .• •	18,48	•	9,85	1.6	17 1	F7	1,44	٩٨,٠٠
	amphibole from	n 141	18/81	۱,۸	. 11	~/YY	• . • •	۱۵٬۸۰	٠,٢٨	1.74	1.1	17 7	٣٩	1/11	٩٨,٠٠
	core to rim	47	47.17	1.7	7 17	ĩ/\A	• . • •	٦٢،٨٣	• 77	١٢٨٠	115	۶ <u>۸</u> ۲	XΥ	1/14	91.01
		47	47,97	1.7	9 11	1.74	• .• ٢	9,67	.14	10,47	150	9 7	XΥ	1/19	٩٨,٠٠
		-Rim۴۴	47,40	1/9	Y 11	1.1.	• • • •	1.87	• . ٣٢	10,47	110	۲ ۸۱	.~~	1,14	٩٨,٠۶
r	al formula bas	ed on the 2	3 Oxyge	ens											
	Sample	Point	Si	Ti	Al IV	Al VI	í Cr	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn	Mg	Ca	Na	K	Total
	٨٠۶	78	۶,۲۸	•,18	1,87	•/۴•	• .• ١	٠٬۵٧	۰ <i>٬</i> ۴۸	•,•)	٣/٣٨	١,٧٩	• ,87	• 1771	10/77

جدول ۲ نتایج آنالیز نقطهای آمفیبولها و محاسبهٔ فرمول ساختاری آنها.

Structur

arai iorinuta ba	seu on me 2	5 Oxyg	ciis											
Sample	Point	Si	Ti	Al IV	Al VI	Cr	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn	Mg	Ca	Na	K	Total
٨٠۶	78	۶,۲۸	•,18	1,72	•,*•	• /• ١	۰٬۵۷	۰ ٬۴۸	• /•)	۳/۳۸	١,٧٩	• ,87	۱۳۸	10,77
٨٠۶	۲۷	۶,۲۵	۰,۱۵	۱٫۲۵	۰,۳۵	•,••	•,49	۰٬۵۸	۰,۰۱	۳,۴۵	۱,۷۸	۶۷ ·	• ۳۰	10,74
٨٠۶	۲۸	8,14	•,18	۳۸٫۱	•,٣٣	• /• ١	• , ٣٣	۵۸٬۰	• ,• ٢	5,47	١,٧٢	۰,۵۸	• ۳۰	10,80
Sample	Point	Si	Ti	Al IV	Al VI	Cr	Fe 2+	Fe 3+	Mn	Mg	Ca	Na	K	Total
	-Core۳Y	۶/۱۸	۰/۱۸	۱٬۸۲	•,47	•,••	•,٣۴	۰,۷۶	• /•)	٣,٢٩	1,88	۰,۷۳	۲۲/۰	10,81
	۳۸	۶,۱۷	۰,۱۷	۳۸٫۱	۰٫٣٩	۰,۰۱	• ،۳۷	۰٫۸۵	۰,۰۱	۳٫۲۱	۱,۶۸	۶۸ .	۰ ۲ /	۱۵,۵۷
٨٠٧	۳۹	۵/۹۷	۰٫۲۱	۲٬۰۳	۳۵/۰	•,••	1/10	۵۵/ •	• /•)	۲/۵۶	١,٧٩	• ، ۲۲	۰,۲۵	۱۵,۷۶
Zoning of an	4.	۵,۸۳	• ، ۳ ۳	۲/۱۷	٠٬۵٨	•,••	۱/۳۶	· 181	۰٬۰۳	۲/۱۳	۱٫۷۵	• ۲٫۷۰	۰,۲۸	10/27
amphibole from	41	8,.8	• ۲٫۰	۱/۹۴	۰٬۴۵	•,••	۱,۱۸	۰,۷۶	•,• ۴	۲٫۳۷	١,٧١	۶۸ .	۳۳,۰	10,87
core to rim	47	8,18	٠/١٩	۱,۸۴	•,۴۳	•,• •	۱٬۰۵	۰٬۵۲	٣	۲٫۷۹	۳۸٫۱	• ,84	۲۲/۰	10,89
	۴۳	8,88	•/19	1,84	•,74	•,••	•،٧٠	• ,40	• /• ٢	۳/۴۰	١,٨٧	• ,84	• , ٣٣	10,77
	Rimff	8.TV		1.72	. 18		. 54	. 54		٣.٣٢	1.47		. 71	10.81

جدول ۳ نتایج آنالیز نقطهای فلدسپاتها و محاسبهٔ فرمول ساختاری آنها. وجود دو نوع پلاژیوکلاز و دو نوع سانیدین در این سنگها به خوبی مشخص است. چنانکه در متن مقاله نیز آورده شده است در تراکی آندزیتهای آنالیز شده، فلدسپاتهای پتاسیم و پلاژیوکلازها محدود بـه زمینـهٔ سنگ هستند.

Sample	Point	Mineral	SiO2	TiO ₂	Al ₂ O ₂	FeO*	MnO	ΜσΟ	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
۸.۶	17	Plagioclase	81.91	•.••	77.78	. 160			۸۳۶	V.A.Y		99.90
1.8	14	Plagioclase	81.79	•.••	77.97		· · · v		0.78	V.80	1	99.19
٨.۶	۲V	Plagioclase	51.91	• .• •	77.49	• .¥A	• .• •	• . • •	0.79	٧.٨٠	• .9.1	99,99
,		U	, ,,,,,,	1		,	1	1	<i>w</i> / <i>i i</i>	.,	7	,
٨٠۶	١٢	Plagioclase	54,84	• • • ٢	7A,7Y	• . (Å)	• . • •	• .• ٢	1.08	۵,۰۴	٥٣٨٠	99,44
٨٠۶	74	Plagioclase	DD/TY		TY/11	• /87	• / • •	• /• Y	1	0,79	. 88	99/17
٨٠۶	۲۵	Plagioclase	00,71	• · · Y	۲٧,٠	. 87	• · · ۵	• /• ٣	9,90	0,40	. 80	99,00
٨٠۶	۴	Plagioclase	۵۵,۳۹		21/12	· ,V۵	•,••	۰,۰۳	۹,۵۱	۵,۷۳	• ,41	99,09
٨٠٧	41	Plagioclase	58,89	• .• ٣	19,44	· /YY	• • ٢		٨٨۶	۵٬۸۵	· ,08	99,04
٨٠۶	۱.	Sanidine	84,11	• 11	19,78	• 8•	۰,۰۳	۰,۰۲	1,88	D/YA	8,98	۹٩,•۴
٨٠۶	14	Sanidine	۶۴,۸۳	• / • Y	19,89	ι ۵۱ -	• /•)	•,••	1,88	0/40	V/AY	٩٩,٧۴
٨٠۶	٣٣	Sanidine	84,00	• /) •	۱۹٬۸۶	۰٬۵۶	۰,۰۳	•,••	1,44	0/47	٧,۴٧	99,48
٨٠۶	۱۵	Sanidine	84,70	۰٬۰۹	۱۹٫۳۳	• /۴۱	•,• ۴	•,••	۸,۰۸	۴٫۷۵	٨,٩٠	۹۹٫۳۵
٨٠۶	18	Sanidine	۶۴٬۵۹	•1•8	۱۹٫۳۳	+۴۴	•,• ۵	۰,۰۱	1/11	۴,۸۷	A/DY	٩٩,٠٣
٨٠۶	١٧	Sanidine	۶۵٬۳۳	• , • A	۱۹٬۰۳	• / \ •	• / • •	• / • •	•/9۴	۴,۸۸	$\Lambda_{i}\Lambda\Upsilon$	٩٩,۵ ٨
٨٠۶	۲۳	Sanidine	84,41	•/11	۱۸/۹۶	• /97	•,••	•,• ٣	• 198	4/41	٩/٣٩	۹۹٬۰۱
Sample	Point	Mineral	Si	Ti	Al	Fe ²⁺	Fe ₃₊	Mn	Mg	Ca	Na	K
٨٠۶	١٣	Plagioclase	۲,٧۶	• , • •	۳۳,۱	۰,۰۲	•,• •	•,••	•,••	•,78	۶۸, ۰	•,•۶
٨٠۶	۱۸	Plagioclase	۲,۷۵	•,••	۱,۲۵	۰,۰۱	•,• •	•,••	•,••	۰,۲۵	64، •	۰,۰۶
٨٠۶	۲۷	Plagioclase	۲,٧۶	•,••	۳۳.۱	۰,۰۲	•,• •	•,••	•,••	۰,۲۵	۶۷ ·	•,•۶
٨٠۶	١٢	Plagioclase	۲/۴۷	• , • •	۱۵۱	۰,۰۳	•,• •	•,••	•,••	•,۵۲	•,۴۴	۰,۰۲
٨٠۶	24	Plagioclase	۲/۵۲	• / • •	1,48	۰,۰۲	• , • •	• , • •	• /• 1	•/۴٩	•,۴٧	•,•۴
٨٠۶	۲۵	Plagioclase	۲,۵۲	• , • •	1,40	۰,۰۲	• / • •	•,••	•,• •	•,۴٩	۰,۴۸	•,•۴
٨٠۶	۴	Plagioclase	۲,۵۲	• , • •	1,48	۰,۰۳	• / • •	•,••	• / • •	•,۴۶	۰٫۵۱	۰,۰۲
٨٠٧	۴۷	Plagioclase	۲/۵۶	• , • •	1/47	۰,۰۳	•,• •	• , • •	• ,• •	• /47	۰,۵۱	۰,۰۳
٨٠۶	۱.	Sanidine	۲/۹۲	•,••	۶ ۱٬۰۶	۰,۰۲	•1••	•,••	• , • •	• / • A	ι ۵۱ -	•,*•
٨٠۶	14	Sanidine	۲٬۹۳	• , • •	۵.۰۵	۰,۰۲	•,• •	•,••	• / • •	• / • Y	• /47	۰,۴۵
٨٠۶	٣٣	Sanidine	۲/۹۳	• / • •	۶ ۱٬۰۶	۰,۰۲	•,• •	•,••	•,••	•,•Y	•,۴٨	•,4٣
		~										
٨٠۶	۱۵	Sanidine	۲/۹۵	•,••	۴، ۱	۰,۰۲	•,• •	•,••	•,• •	•,• ۵	•,۴۲	۰٬۵۲
٨٠۶	18	Sanidine	۲/۹۵	• , • •	1,.4	۰,۰۲	•,• •	•,••	• , • •	•,• ۵	•,۴۳	• , ۵ •
٨٠۶	١٧	Sanidine	۲/۹۷	•,••	۲ • ۱	۰,۰۲	•,• •	•,••	•,••	۵ • ٫	•,۴۳	ι ۵۱.
٨٠۶	۲۳	Sanidine	٢,٩۶	•,••	١،٠٢	۰٬۰۳	•,••	•,••	• .• •	۰٬۰۵	۰٫۳۹	۵۵٬۰

جلد۱۷، شماره۴، زمستان ۱۳۸۸ سنگ شناختی سنگهای آتشفشانی ائوسن شمال غرب اوردیب . . .

۵۲۵

				0 0,	0,		,	. 0			U	· ·	
Sample	Point	SiO_2	${\rm TiO}_2$	Al_2O_3	Cr_2O_3	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K_2O	Total	Туре
٨٠٧	۵۲	366/10	۳,۵۲	۱۵,۱۱	۰,۰۳	۱۵٬۸۷	٠٫١٣	14,78	۰٬۰۴	۰,۵۰	٩,٠٢	۹۴,9۵	Biotite
٨٠٧	۵۳	۳۵,۹۲	۳٬۵۶	۱۵٬۰۴	•,•۴	۱۵٫۷۹	•,14	14,31	۰,۰۴	• ،۵۲	٩,٠٧	94,47	Biotite
٨٠٧	۴۸	۳۸,۱۰	۲,۰۱	۱۵٬۷۷	•,89	۶/۹۲	•,••	۲۰,۷۰	• ,• Y	۰,۵۵	۹٫۰۳	٩٣٫٨١	Phlogopite
٨٠٧	49	۳۸,۴۶	۲,••	1Δ/ΔΥ	•/۴١	•,•Y	٠,•٢	۲۰,۷۲	۰٬۱۳	•,*Y	٩,٠٢	٩٣٫٨٧	Phlogopite
٨٠٧	۵۰	$\nabla \Lambda / \Delta V$	۲٬۰۷	1Δ,ΔΥ	•،۵۲	۶,۹۳	•,•۴	۲۰,۷۴	۰,۰۲	۰,۵۵	٩,۴٢	۹۴,۳۸	Phlogopite
٨٠۶	٧	۳۸٬۴۵	۲,•۶	۱۵,۶۲	۰,۰۳	۶/۷۹	۰٬۰۱	۲·,۴۹	٠٬٠١	•,88	٩/٢٢	۹۳,۶۳	Phlogopite
٨٠۶	٨	۳۸٬۶۷	۲٬۰۸	۱۵,۶۰	•/YY	۶٫۸۱	•,•۶	۲۰,۶۲	• /• A	۶۸	٩,•۶	٩٣٬٩٣	Phlogopite
٨٠۶	٩	$\mathbf{TA}_{i}\mathbf{\Delta T}$	۲/۱۱	۱۵٬۳۹	۰٬۵۷	$V_{/}\Delta\Delta$	•,•۴	۲۰,۲۷	٠٬٠١	٠/٧۴	۹٫۱۵	۹۴,۳۵	Phlogopite

جدول ۴ نتایج آنالیز نقطهای میکاها و محاسبهٔ فرمول ساختاری آنها.

Structural formula based on the 22 Oxygens

Sample	Point	Si	Ti	Al	Cr	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn	Mg	Ca	Na	Κ	Cations	Fe#	Mg#
٨٠٧	۵۲	۵٫۲۵	۸۳٫۰	۲٬۵۶	•,••	۱٬۹۱	•,••	۰,۰۲	۳٬۰۶	۰٬۰۱	•,1۴	۱ <i>"</i> ۶۶	14,98	۸۳٫۰	•,87
٨٠٧	۵۳	۵٬۲۱	٠٫٣٩	r,av	۰,۰۱	١/٩٢	•,••	•,•٢	۳٬۰۹	•،• ١	۰٬۱۵	۱,۶۸	۱۵,۰۲	۸۳٫	• ,87
٨٠٧	۴۸	۵٫۳۰	٠٫٢١	۲٬۵۸	•,•Y	۰٫۸۱	•,••	•,••	۴,۲۹	•,•)	۰٬۱۵	۱,۶۰	۱۵,۰۳	•,18	٠٫٨۴
٨٠٧	49	۵٫۳۵	٠٫٢١	۲,۵۵	۰٬۰۵	۰٫۸۲	•,••	•,••	۴,۲۹	۰,۰۲	٠٫١٣	۱,۶۰	۱۵/۰۱	۰,۱۶	٠٫٨۴
٨٠٧	۵۰	۵,۳۴	•,٣٣	۲,۵۴	•,•۶	• , A •	•,••	٠٬٠١	۴,۲۸	•,••	۰,۱۵	١,۶٧	۱۵,۰۶	۰,۱۶	٠٫٨۴
٨٠۶	۷	۵٫۳۵	•,٣٣	۲,Δ٧	۰ ٬۰۳	٠٫٧٩	•,••	•,••	۴,۲۵	•,••	٠,١٧	1,84	۱۵٬۰۳	۰,۱۶	٠٫٨۴
٨٠۶	٨	۵٫۳۶	•,٣٣	۲,۵۵	۰ ٬۰۳	٠٫٧٩	•,••	٠٬٠١	۴,۲۶	۰,۰۱	٠٫١٨	۱,۶۰	۱۵/۰۲	۰,۱۶	٠٫٨۴
٨٠۶	٩	۵٫۳۵	•,٣٢	۲,۵۲	•,•۶	۰ ٫۸۸	•,••	٠٬٠١	۴,۲۰	•,••	• ۲٫	1,88	۱۵,•۵	•،۱۲	۰٫۸۳

جدول ۵ نتایج آنالیز نقطه ای کوارتزها و محاسبهٔ فرمول ساختاری آنها. نقاط ۳ و ۵ کوارتزهای وابسته به سنگ دیواره بوده که با ماگما هنگام

صعود حمل شدهاند، ولى نقطة ١٩ نتيجه آناليز يك كوارتز متبلور شده توسط ماكما است.

						-					0,	-
Sample	Point	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
٨٠۶	٣	٩٨٫٣۶	۳.,۰	۳۳,۰	۰, · ۵	۰,۰۳	۰,۰۲	۰,۰۱	۳.,۰	۰,۱۳	۰,۰۵	۹۹ /۰۰
٨٠۶	۵	٩٧,٧٧	• / • A	٠٬۴٨	• / • ١	• / • A	۰,۰۲	•,••	۰,۰۴	• 7,•	• / \ •	٩٨٫٧٩
٨٠۶	۱۹	٩٩,٩٨	۰,۱۳	• /٢ •	• / •)	• /٣٢	۰,۰۲	٠,•٢	۰,۲۵	•,••	۳	١٠٠/٩٧

Structural formula based on the 2 Oxygens

Sample	Point	Si	Ti	Al	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn	Mg	Ca	Na	K	Total
٨٠۶	٣	٠,٩٩	•,••	•,••	•,••	•,••	•,••	•,••	•,••	•,••	•,••	۱,۰۰
٨٠۶	۵	٠,٩٩	•,••	۰,۰۱	•,••	•,••	•,••	•,••	•,••	•,••	•,••	۱,۰۰
٨٠۶	۱۹	٠,٩٩	•,••	•,••	•,••	۰,۰۱	•,••	•,••	•,••	•,• •	•,••	۱,۰۰

جدول ۶ نتایج آنالیز نقطهای کلسیتهای پیرامون کوارتزهای در حال واکنش و محاسبهٔ فرمول ساختاری آنها.

Sample	Point	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
٨٠٧	۵١	•,••	•,• ٢	۰,۰۲	• / •)	• / ۲ ۱	١/٢٧	۰٬۰۹	۵۹٬۰۵	۰,۰۲	• / •)	۶۰,۷۰

Structural formula based on the 3 Oxygens

		••										
Sample	Point	Si	Ti	Al	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn	Mg	Ca	Na	K	Total
٨٠٧	۵١	•,••	•,••	•,••	•,••	•,• •	•,• ٢	•,••	٠,٩٨	•,••	•,••	۱,۰۰

جدول ۷ نتایج آنالیز نقطهای کانیهای کدر و محاسبهٔ فرمول ساختاری آنها.												
Sample	Point	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
٨.۶	۳۶	•,••	۱۸٬۰۸	۰,۳۶	•,••	۷۲٬۰۵	۰,۰۵	١,٢٠	۰,۰۲	•,••	•,••	۹۱٫۷۶
٨٠٧	۵۳	• ,88	۵٫۶۵	۳٬۵۰	•,•۴	۷۸٬۸۵	۱,۱۸	۲,۲۹	• , • Y	۰٬۰۳	•,•A	٩٢٫٣٧

Structural formula based on the 32 Oxygens

Sample	Point	Si	Ti	Al	Cr	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn	Mg	Ca	Na	K	Total
٨٠۶	۳۶	•/••	4,49	۰,۱۳	•,••	۱۱/۷۰	٧,٢٩	•,•)	۰,۵۶	•,• ١	•,••	•,••	۲۴,۰۰
٨٠٧	۵۳	• ، ۲ •	١/٢٨	١/٢۵	•/• ١	٨,١٣	λΥ, Ι Ι	•,٣•	۳۰۱	۰,۰۲	•,••	•,••	74

چنانکه اشاره شد، سـنگهای آتشفـشانی ایـن منطقـه بیـشتر

سنگ شناختی

شامل تراکی آندزیت بازالتی، تراکی آندزیت، تراکیت و توف بوده، ولی سنگهای تراکی آندزیتی در مقایـسه بـا سـنگهـای

سنگ شناختی و شیمی کانیها قرار گرفتهاند. تصاویر میکروسکوپی سنگهای آتشف شانی مورد بررسی در شکل ۴ آورده شدهاند.

> دیگر دارای فراوانی قابل توجهی بوده و بیشتر مورد بررسیهای Fld Cal Qtz. Amp

1 mm

شکل ۴ تصاویر میکروسکوپی سنگ های آتشفشانی مورد بررسی. A و B: نمای کلی در زیر میکروسکوپ، C و D: وجود دو نـوع میکـا (بیوتیـت و فلوگوپیت) (Phl و Phl) با ویژگیهای کاملا متفاوت در بررسی های میکروسکوپی، E: درشت بلور های کلینوپیروکسن اولیه، G،F و H: تـشکیل کلینوپیروکسن و کلسیت های واکنشی پیرامون کوارتزهای نامتعادل با زمینهٔ سنگ به خوبی مشخص است. تـصویر H بخـشی از تـصویر G را بـا بزرگنمایی بیشتر نشان می دهد.

سنگهای تراکی آندزیتی موجود در منطقه دارای سـاخت

تودهای و در برخی موارد آمیگدالوئیدال هستند. این سنگها در

578



نمونهٔ دستی دارای رنگهای روشن، صورتی تا سرخ بوده و بافتهای پورفیری و جریانی در آنها بخوبی مشخص است. کانیهای تشکیل دهندهٔ این سنگها پلاژیوکلاز، آمفیبول، الیوین کلریتی، میکا، کلینوپیروکسن، فلدسپار پتاسیم، آپاتیت، ایلمنیت، مگنتیت و کوارتزند. وجود الیوینهای کلریتی و کوارتز در درون یک سنگ از شواهد عدم تعادل است. کانیهای ثانویه کلریت، کلسیت، سریسیت، آلبیت و اپیدوت نیز قابل مشاهده-اند. در بخشهایی از این سنگها تجدید تبلور شیشهها به خوبی دیده میشود.

در تراکی آندزیتها که سنگ غالب آتشفشانیهای منطقه محـسوب مـیشود، درشت بلورها از جـنس آمفیبول، كلينوپيروكسن، بيوتيت و اليوينهاي كلريتي هـستند. زمينه سنگ نیز بیشتر از میکرولیتهای پلاژیوکلاز و سانیدین و مقادیر کمی کلریت، کوارتز، کلسیت و کانی های اپاک تشکیل شده است. در این سنگها فنوکریستها ۲۵ تا ۵۰ درصد سنگ را به خود اختصاص دادهاند. در بررسیهای پتروگرافی فراوانی فلدسپارها نسبت به کانیهای مافیک به خوبی مشخص است. برخی از آمفیبولها و بیوتیتها اپاسیتی شدهاند. فلدسیارها فقط محدود به زمینه سنگ بوده و بین کانی های موجود در زمينهٔ سنگ دارای اندازهٔ بزرگتری هـستند. کلینوپیروکـسن و آمفیبولها در برخی موارد با مجموعهای از کربنات و کدر جایگزین شدهاند. وجود کلریت در قالب الیوین از ویژگیهای این سنگهاست. وجود منطقهبندی در برخی از درشت بلورهای آمفیبول و فلدسپارهای موجود در زمینه به خوبی مشخص است.

بررسی کلینوپیروکسنها نشان میدهد که این کانی به دو صورت وجود دارد:

نوع ۱- کلینوپیروکسنهای اولیه که هم به صورت درشت بلور و هم در زمینهٔ سنگ دیده میشوند.

نوع ۲- کلینوپیروکسنهایی که به صورت انباشتی از بلورهای کشیده در پیرامون کوارتزهای با حاشیه خورده دیده می شوند. بررسیهای سنگ شناختی نشان میدهد که این کوارتزها با زمینهٔ سنگ در تعادل نیستند.

آمفیبولها نیز به دو صورت دارای منطقهبندی و در تعادل با زمینهٔ سنگ، و آمفیبولهای دارای حاشیهٔ سوخته و بدون منطقهبندی قابل مشاهدهاند.

میکاها به دو صورت درشت بلورهای قهوهای رنگ با ادخال-های کلینوپیروکسن، کلسیت، کوارتز و پلاژیوکلاز (میکاهای نوع اول)، و درشت بلورهای دارای نفوذیهایی از کانیهای کدر (میکاهای نوع دوم) دیده میشوند.

کوار تز در سنگهای مورد بررسی نیز به صورت قطعات درشت (با حاشیه کلسیت و کلینوپیروکسن) و هم به صورت بلورهایی در زمینهٔ سنگ قابل مشاهده است.

شیمی کانیها

بررسی شیمی کانیهای موجود در سنگهای تراکی آندزیتی نشان میهد که کلینوپیروکسنهای نوع اول (کلینوپیروکسن-های اولیه) از نوع دیوپسید و اوژیت بوده و دارای ترکیب شیمیایی بسیار نزدیک به هم هستند. بخش مرکزی یکی از درشت بلورهای کلینوپیروکسنهای اولیه دارای ترکیبی بسیار متفاوت با دیگر پیروکسنها بوده و در مثلث تقسیمبندی پیروکسنها با نماد مثلث در گسترهٔ دیوپسید نمایش داده شده است. کانیهای کدر موجود در کلینوپیروکسنهای اولیه دارای ترکیب ایلمنیت هستند. کلینوپیروکسنهای اولیه دارای (کلینوپیروکسنهای حاصل واکنش) نیز دارای ترکیب دیوپسید و اوژیتاند (شکل ۵).

آمفیبولهای دارای منطقهبندی و در تعادل با زمینهٔ سنگ، از نوع هاستینگسیت غنی از منیزیم، مگنزیوهاستینگسیت و هورنبلند مگنزیوهاستینگسیتی هستند. در صورتی که آمفیبولهای دارای حاشیهٔ سوخته و بدون منطقهبندی، در گسترهٔ مگنزیوهاستینگسیت و هورنبلند مگنزیوهاستینگسیتی قرار دارند (شکل ۵). منطقهبندی نوسانی آمفیبولهایی که در تعادل با زمینه هستند در شکل ۶ به خوبی دیده می شود.

آنالیز نقطهای فلدسپارهای پتاسیم این سنگها وجود دو نوع سانیدین در زمینهٔ سنگ را نشان داده و بررسی شیمی پلاژیوکلازها نیز دلالت بر وجود دو گونه پلاژیوکلاز با ترکیب-های لابرادوریت-آندزین و الیگوکلاز دارد (شکل ۵).

درشت بلورهای میکای نوع اول که دارای خوردگی خلیجی نیز هستند از نوع فلوگوپیت بوده و میکاهای نوع دوم که دارای

نفوذیهایی از کانیهای کدر هستند، از نوع بیوتیتانـد (شـکل ۵). کانیهای کدر موجود در بیوتیتها دارای ترکیب مگنتیـت-اند. مقدار TiO₂ در بیوتیتهـا حـدود ۳٫۵٪ و در فلوگوپیـتهـا حدود ۲٪ است.

آنالیز نقطهای کوارتزهای این سنگها (جدول ۵) نشان می

دهد که کوارتزهای موجود در زمینهٔ (نقطه ۱۹)، از نظر ترکیب شیمیایی با قطعات درشت کوارتز که دارای حاشیهٔ واکنشی کلینوپیروکسن و کلسیت هستند (نقاط ۳ و ۵)، متفاوت بوده و دارای مقادیر بیشتر*TiO₂, FeO و مقادیر کمتر Al₂O₃ و O2O است. کوارتزهای موجود در زمینهٔ سنگهای مورد بررسی از نوع آذرین بوده و از تبلور ماگما به دست آمده-اند، ولی قطعات درشت کوارتز، به سنگ دیواره وابسته بوده و هنگام صعود ماگما، درون آن قرار گرفته و حمل شدهاند.



شکل ۵ موقعیت ترکیبی کلینوپیروکسن، آمفیبول، فلدسپار و میکا در نمودارهای تقسیم بندی مربوطه. A: کلینوپیروکسن های اولیه به صورت دایره و کلینوپیروکسن های واکنشی به صورت مربع نمایش داده شده اند (نمودار برگرفته از [۷]). B: آمفیبول های دارای منطقه بندی و در تعادل با زمینهٔ سنگ با علامت مربع و آمفیبول های دارای حاشیهٔ سوخته و بدون منطقه بندی با علامت دایره نشان داده شده اند (نمودار برگرفته از [۸]). C: وجود دو نوع پلاژیوکلاز و دو نوع سانیدین در این سنگ ها به خوبی مشخص است (نمودار برگرفته از [۹]). D: صیکاهای دارای خوردگی خلیجی از نوع فلوگوپیت و میکاهای دارای نفوذیهای از کانی های کدر از نوع بیوتیت هستند (نمودار برگرفته از [۹]).



شکل ۶ منطقه بندی نوسانی آمفیبول هایی که در تعادل با زمینه هستند بیانگر عدم وجود یک تبلور ساده و برقراری تعادل است.

 $\begin{array}{l} (0.0087 \ * \ MgO) \ - \ (0.0128 \ * \ CaO) \ - \ (0.0419 \ * \ Na_2O) \\ F2 = - \ (0.0469 \ * \ SiO_2) \ - \ (0.0818 \ * \ TiO_2) \ + \ (0.0212 \\ * \ Al_2O_3) \ - \ (0.0041 \ * \ FeO_t) \ - \ (0.1435 \ * \ MnO) \ + \\ (0.0029 \ * \ MgO) \ - \ (0.0085 \ * \ CaO) \ - \ (0.016 \ * \ Na_2O) \end{array}$

زمین دماسنجی فلدسپارهای پتاسیم موجود در سنگهای مورد بررسی نشان میدهد که برخی از آنها در دمای ۶۷۵ و برخی دیگر در دمایی نزدیک به ۶۴۰ درجه سانتی گراد بوجود آمدهاند (شکل ۷ نمودار F). در شکل ۷۴ منحنی O بیانگر تغییرات ترکیب فلدسپارهای قلیایی نسبت به دما در فشار ۲ کیلوبار بوده و منحنی S نیز براساس بررسیهای [۱۶] برای فشار ۱۰ کیلوبار ترسیم شده است. منحنی B هم نشاندهندهٔ منحنی سولوس است.

علاوه بر کلینوپیروکسنها، از دیگر کانیهای پتروژنیک موجود در این سنگها میتوان به بیوتیتها اشاره کرد. بررسی شیمی بیوتیتها نشان میدهد که ماگمای سازندهٔ بیوتیتها از نوع آهکی- قلیایی بوده و به نواحی کوهزایی وابستهاند (شکل ۸). سنگ زایی

به منظور بررسی دقیقتر این سنگها از نتایج آنالیزهای شیمیایی کانیها و سنگها در تبیین سنگ زایی آنها استفاده شد. بررسی شیمی کلینوییروکسنهای نوع اول و استفاده از آن در زمین فشارسنجی نشان میدهد که این کلینوییروکسن.های آنالیز شده در طیف گستردهای از فشار متوسط متبلور شدهاند. به عقيدة نويسندگان مقاله، كلينوييروكسنهاى نوع اول حين صعود (نه در یک اتاق ماگمایی و فشار ثابت) که فـشار رو بـه کاهش بوده و پیش از فوران به وجود آمدهاند. همچنین ترکیب کلینوییروکسنها نشان میدهد که ماگمای سازندهٔ آنها دارای مقدار قابل ملاحظهای (حدود ۱۰٪) آب بوده است (شکل ۷B). بالا بودن فوگاسیته اکسیژن در ماگمای اولیه (شکل ۷C)، تعلق سنگهای مورد بررسی به محیط زمینساختی جهانی کمان-های آتشفشانی و سری ماگمایی آهکی- قلیایی از دیگر نتایجی است که می توان با بررسی ژئوشیمی کلینوپیروکسن ها به آن یی برد (شکل ۷). برای تعیین مقدار فاکتورهای F1 و F2 در شکل VD از روابط زیر استفاده شد:

 $\begin{array}{l} F1{=}-(0.012\,*\,SiO_2)-(0.0807\,*\,TiO_2)+(0.0026\,*\\ Al_2O_3)\,-\,(0.0012\,\;*\,FeO_t)\,-\,(0.0026\,\;*\,MnO)\,\,+ \end{array}$



شکل ۲ نمودارهای مربوط به استفاده از شیمی کانی ها در بررسی های سنگ زایی. برآورد کلی فشار تبلور کلینوپیروکسن ها (A) (نمودار برگرفته از از [۱۰])، بررسی مقدار آب موجود در ماگما (B) (نمودار برگرفته از [۱۱])، بررسی چگونگی فوگاسیته اکسیژن ماگما (C) (نمودار برگرفته از [۱۲])، نوع محیط زمین ساختی جهانی (D) (نمودار برگرفته از [۱۳])، و نوع سری ماگمایی (E) (نمودار برگرفته از [۱۴]) با استفاده از ترکیب شیمیایی کلینوپیروکسن ها. نمودار (F) مربوط به دماسنجی فلدسپار های پتاسیم بوده که بیانگر وجود دو نوع سانیدین در این سنگ ها است (نمودار برگرفته از [10]).

www.SID.ir



شکل ۸ نمودارهای تعیین سری ماگمایی (A)، و محیط زمین ساختی جهانی (B, C) با استفاده از ترکیب شیمایی بیوتیت ها (نمودارها برگرفته از [۱۷]). در این شکل ها بیوتیت ها با علامت دایره و فلوگوپیت ها به صورت مربع نشان داده شده اند.

محاسبات دما- فشارسنجی درشت بلورهای کلینوپیرو کسن اولیه، میانگین دما را ۹۰۰ درجه سانتی گراد و میانگین فشار را ۱۱ کیلوبار نشان میدهد [۱۸].

دماسنجی بیوتیتها دمایی در حدود ۷۳۱ و دماسنجی فلوگوپیتها نیز دمایی در حدود ۷۳۵ درجه سانتی گراد را به دست داده است [۲۰،۱۹].

بررسیهای سنگشناختی و شیمی کانیها نشان میدهد که این سنگها از تبلور ساده و تعادلی یک ماگمای اولیه به وجود نیامدهاند و در تشکیل آنها آمیزش دو ماگما دخالت داشتهاند. از مهم ترین شواهد آن می توان به موارد زیر اشاره کرد: ۱- تنوع کانیهای موجود در این سنگها، که با در نظر گرفتن

اختلاف ترکیب کانیها تعداد آنها به ۱۷ نوع کانی آذریـن در

یک سنگ میرسد. ۲- وجود دو نوع سانیدین، پلاژیوکلاز، میکا، آمفیبول، و کانی کدر در سنگهای مورد بررسی. ۳- حرکت نوسانی در آمفیبولهای با منطقهبندی و در تعادل با زمینهٔ سنگ، و نیز فلدسپارهای پتاسیم که از شواهد آمیزش دو ماگماست. ۴- خوردگی خلیجی پیرامون کوارتزها و فلوگوپیتها. ۵- تشکیل هالهای از کلینوپیروکسن و کلسیتهای واکنشی پیرامون کوارتزها که از ویژگیهای بسیار مهم آلایش و آمیزش ماگمایی است [۲۱].

۷- وجود نفوذیهای متفاوت در کانیها و فراوانی بافت یویکیلیتیک.

۸- وجود الیوینهای کلریتی، کلینوپیروکسن و کوارتز در مقاطع نازک سنگهای حاصل از یک فوران.

با وجود دلایل یادشده و در نظر گرفتن سنگ شناختی و شیمی کانیهای سنگهای مورد بررسی، میتوان گفت که دو ماگمای آمیخته، بخش قابل تـوجهی از تبلـور خـود را یـیش از آمیزش انجام دادهاند. یکی از ماگماها دارای کانی های الیوین، کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز (لابرادوریت و آندزین)، سانیدین، فلوگوییت، آمفیبول و ایلمنیت بوده و دیگری شامل کانی های پلاژيوكلاز (اليگوكلاز)، سانيدين، بيوتيت، آمفيبول، كوارتز و آپاتیت بوده است. با توجه به آنچه که گفته شد به نظر میرسد که بتوان گفت یک ماگمای پتاسیک بازی (آبساروکیت) با یک ماگمای تراکیتی تا تراکی آندزیتی آمیخته شده و با در نظر گرفتن اختلاف حجم ماگماهای آمیزش یابنده، ترکیب ماگمای حاصل از آمیزش آنها، تراکی آندزیت شده است. وجود سنگ-های سری شوشونیتی در مناطق انارک تا خور همراه با سنگ-های سری آهکی- قلیایی قبلا توسط [۲] گزارش شده است. على رغم اطمينان نويسندگان مقاله به اينكه سنگهاي مورد بررسی حاصل از تبلور یک ماگمای واحد نبوده و آنالیز ژئوشیمیایی سنگ کل آن ها بیانگر مجموع سرشتی های دو ماگمای اولیه خواهد بود، اقدام به آنالیز نمونه های سنگ های مورد بررسی کردند که نتایج آن در جدول ۸ آورده شدهانـد. در

بندهای اولیهٔ سنگزایی گفته شد که ترکیب کلینوپیروکسنها، بیوتیتها و فلوگوپیتهای آنالیز شده بیانگر آهکی- قلیایی بودن و وابستگی ماگماهای سازنده این سنگها به مناطق کوهزایی است. هیچ کدام از نمودارهای بکار رفته قادر به جدایش کانیهای سری آهکی- قلیایی از کانیهای سری شوشونیتی نیستند. بررسی ژئوشیمی نمونههای سنگ کل بیانگر وابستگی سنگهای حاصل از آمیزش ماگمایی به سری آهکی- قلیایی، بالا بودن پتاسیم در آنها، و تراکی آندزیت بودن اغلب آنهاست (شکل ۹).

با در نظر گرفتن نتایج حاصل از بررسی های صحرایی، سنگ شناختی، شیمی کانی و سنگ ها، و موقعیت زمین شناسی منطقهٔ مورد بررسی، باید گفت که این دو ماگمای آمیخته دارای خاستگاه یکسانی نبوده و سنگ های مورد بررسی حاصل آمیزش دو ماگما یکی با ویژگی های آهکی – قلیایی و دیگری با ویژگی های آبساروکیتی (شوشونیتی) هستند. علت رخداد این آشفشانی در مدل زمین ساختی صفحه ای را نیز می توان به فرورانش اقیانوس نئوتتیس در راستای رو رانش زاگرس، و یا فرورانش صفحهٔ اقیانوسی پیرامون خرد قارهٔ شرق – ایران مرکزی، به زیر صفحه ایران مرکزی نسبت داد که با در نظر گرفتن زمان و موقعیت منطقهٔ مورد بررسی که به حاشیهٔ این خرد قاره بسیار نزدیک است، حالت دوم دارای احتمال بیشتری است. وجود ماگماهای شوشونیتی در مناطق نزدیک به نواحی فرورانش پدیدهای شناخته شده است.

		های زمین سناسان روسی در پروزه Technoexport است ۲۲].										
Sample	SiO ₂	TiO ₂	Al_2O_3	Fe ₂ O ₃ *	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P_2O_5	LOI	Total
C-4201	۵۸٬۰۰	• ۲۷۱	14,90	۵٫۸۹	۰,۱۱	۴,۳۰	4,87	4,80	۳,۰۴	۰,۲۸	۳,۵۳	٩٩ , ٩ ٨
C-7	۵۸,۲۰	• ,	۱۵٫۵۱	۴٫٨۰	۰,۰۹	۲,۶۵	۴٫۸۰	۴,۳۵	۳,٧۶	•,٣•	۴٬۵۰	۹۹,۵۶
C-4011	۵۸٬۷۷	۰٫۵۱	۱۵٬۹۰	۴,۴۰	• , • A	۲٫۸۵	۴,۱۳	۴٬۵۰	۳٫۸۰	•,٣٢	۴,۲۷	۹۹,۵۳
C-4749	۵۹٬۰۰	• , YY	۱۶,۰۰	۵,۵۰	• , ۱۰	۲٫۷۰	٣٫۵٠	۴٫٩۰	۴,۱۸	•,٣٢	۲٫۸۷	٩٩٫٨۴
С-л9.т	۵۹٫۹۰	۰٫۵۹	۱۷,۲۰	4,18	• , • A	۲,۰۰	9 ₁ 99	٣٫٧٣	۳/۵۷	•,٣٢	۱٬۹۵	۱۰۰٫۱۶
С-47.5	۶۲٬۰۰	۰ _/ ۵ ۰	۱۵,۳۰	4,74	۰,·۹	۲,۲۱	4,.8	۵٫۷۶	۳,۴۰	•,٢٣	۲٫۳۳	۱۰۰٬۱۲
C-7541	۶۳٫۸۱	• , Y •	۱۳٫۶۰	۵٫۵۰	•,•۶	۲,۱۵	۳٫۷۰	۴,۱۶	۳,۳۸	• ،۵۲	۱٬۹۸	۹۹ _/ ۵۶
H۵۰	۵۶٫۶۹	• ,	14/10	۴٫۸۳	•,•۶	۳,۲۸	۶,۱۹	۴٫۵۱	4,74	۰٫۴۷	۸۲٫۲	१ ९, १ •
H۵۱	۵۶٬۵۲	۰٫۵۹	14/18	۴٫۷۳	۵ • ٫	۳٫۳۳	۶,•۶	۴٫۷۷	۴,۳۳	•,۴٧	۲٫۳۶	٩٩,٣۴
Н۵۴	۵۶٬۹۷	۰ _/ ۵۹	۱۷٬۰۸	۴,٧۶	• , • A	۳۸٫۲	۶٬۵۸	4,48	۴,۱۸	۰٬۵۲	۱٫۳۵	१ ९, १ •
H۵۵	۵۵٫۶۴	۰ _/ ۵۹	۷۰،۱۶	۴٬۵۰	۵ • ، •	٣,٧٣	۶,۱۳	۴٫۱۸	۴,۵۹	•,47	۲,۴۷	٩٩,
Н۵۶	۵۵٬۲۴	۰ _/ ۵۹	18,40	۴٬۵۵	۵ • ، •	۳٫۸۹	8,78	۴,۲۸	۴,۴۵	•,141	۲ _/ ۶۲	٩٨٫٧۴
H۵۹	۵۳٬۰۸	۵۲٫۱	۱۷٫۶۰	٨,٢٠	• , ۱۰	•,۴۳	٨,٢٠	۴٫۹۵	۲٫۳۰	•,٣٣	٣٫٣١	٩٩٫٧۵
		•							•			

جدول ۸ نتایج آنالیز شیمایی سنگ های ولکانیک شمال شرق اوردیب. نتایج آنالیز ۷ نمونه اول که با حرف C شروع شده اند بر گرفته از بررسی های زمین شناسان روسی در یروژه Technoexport است [۲].

۵۳۳



شکل ۹ نمودارهای ژئوشیمایی تعیین سری ماگمایی و نامگذاری سنگ های ولکانیک مورد بررسی، بیانگر تعلق آنها به سری کالک آلکالن (A, B) (نمودارها برگرفته از [۲۲]) و سری های با پتاسیم بالا (C) بوده و اینکه از نوع تراکیت، تراکی آندزیت و تراکی آندزیت بازالتی هستند (D) (نمودارها برگرفته از [۳۳]). تمامی خصوصیات فوق مربوط به ماگمای حاصل از اختلاط بوده و اطلاعاتی درخصوص تک تک ماگماهای مخلوط شده به دست نمی دهد.

برداشت

مراجع

[1] Technoexport, "*Geological map of Khur area*", scale 1/250000, No.H7, 1984.

[2] Technoexport, "Geology of the Khur area", Ministry of Mines and Metals, TE\No.20, 1984, 132 p.

[3] Almasian M., *"Tectonics of the Anarak area (Central Iran)"*, PhD thesis of Islamic Azad University, Iran, Science and Research Unit, 1997, 164 p.

[4] Bagheri S., "The exotic Paleo-tethys terrane in Central Iran: new geological data from Anarak, Jandaq and Posht-e-Badam areas", PhD thesis, Faculty of Geosciences and Environment, University of Leusanne, Switzerland, 2007, 208 p. [5] Droop G.T.R., "A general equation for estimating Fe^{3+} concentrations in ferromagnesian بررسی سنگشناختی و ژئوشیمیایی سنگهای آتشفشانی ائوسن پایینی شمال شرق روستای اوردیب نشان میدهد که در تشکیل آنها آمیزش دو ماگما سهم به سزایی داشته است. با در نظر گرفتن سنگشناختی، شیمی کانیها، و تنوع سنگ-شناسی در بررسیهای صحرایی میتوان گفت که پیش از آتشفشانی در ائوسن پایینی، یک ماگمای تراکیتی تا تراکی آندزیتی با یک ماگمای آبساروکیتی آمیزش یافته و ماگمای زئوشیمی کانیها، و سنگهای حاصل از آمیزش ماگمایی نیز بیانگر وابستگی آنها به سری ماگمایی آهکی- قلیایی و شباهت آنها به ماگماهای قوسهای آتشفشانی است. [14] Le Bas M.J., "The role of aluminum in igneous clinopyroxenes with relation to their parentage", American Journal of Science 260 (1962) 267–288.

[15] Kretz R., "Metamorphic Crystallization", John Wiley & Sons, Chichester, U.K., 1994, 530 p.

[16] Seck H.A., "The influence of pressure on the alkali-feldspar. solvus from peraluminous and persilicic materials", Fortschrifte Mineralogie 49 (1972) 31-49.

[17] Abdel – Rahman A.M., "Nature of biotites from alkaline, Calc-alkaline and peraluminous magmas", Journal of Petrology 35 (1994) 525–541.
[18] Nimis P. and Taylor W.R., "Single pyroxene thermobarometry for garnet peridotites", Part I. Calibration and evaluation of the Cr-in-pyroxene barometer and enstatite solvus thermometer", Contributions to Mineralogy and Petrology 139 (2000) 541-554.

[19] Henry D.J., Guidotti C.V., and Thomson J.A., "The Ti-saturation surface for low- to- medium pressure metapelitic biotite: Implications for geothermometry and Ti- substitution mechanisms", American Mineralogist 90 (2005) 316-328.

[20] Patino D.A.E., "Titanium substitution in biotite: an empirical model with applications to thermometry, O_2 and H_2O barometries, and consequences for biotite stability", Chemical Geology 108 (1993) 133-162.

[21] Sato H., "Diffusion Coronas around Quartz Xenocrysts in Andesite and Basalt from Tertiary Volcanic Region in Northeastern Shikoku, Japan", Contributions to Mineralogy and Petrology 50 (1975) 49-64.

[22] Miyashiro A., "Volcanic rock series in island arcs and active continental margins". American

Journal of Science 274 (1974) 321-355.

[23] Le Maitre R.W., *"Igneous rocks: a classification and glossary of terms"*, 2nd Edition, Cambridge University press, Cambridge, 2002, 236 p.

silicates and oxides from microprobe analyses, using stoichiometric criteria", Mineralogical Magazine 51 (1987) 431-435.

[6] Kretz R., "Symbols for rock-forming minerals", American Mineralogist 68 (1983) 277-279.

[7] Morimoto N., Fabrise J., Ferguson A., Ginzburg I. V., Ross M., Seifert F. A., Zussman J., Aoki K., Gottardi G., *"Nomenclature of pyroxene"*, Mineralogical Magazine 52 (1988) 535–555.

[8] Leake B.E., Wolley A.R., Arps C.E.S., Birch W.D., Gilbert M.C., Grice J.D., Hawthorne F.C., Kato A., Kisch H.J., Krivovichev V.G., Linthout K., Laird J., Mandarino J., Maresch W.V., Nickel E.H., Rock N.M.S., Schumacher J.C., Smith D.C., Stephenson N.C.N., Ungaretti L., whittaker E.J.W.& Youzhi G., "Nomenclature of Amphiboles , Report of the subcommittee on Amphiboles of the international Mineralogical Association commission on new minerals and mineral names", Europian Journal of Mineralogy 9 (1997) 623-651. [9] Deer W.A., Howie R.A. and Zussman J., "An Introduction to the Rock – forming minerals", Longman, London, (1991) 528p.

[10] Aoki K. and Shiba I., "Pyroxenes from *lherzolite inclusions of Itinom e-Gata, Japan*", Lithos 6 (1973) 41-51.

[11] Helz R.T., "Phase relations of basalts in their melting range at $P_{H2O} = 5$ kb. Part Π Melt compositions", Journal of Petrology 17 (1976) 139 – 193.

[12] Schweitzer E.L., Papike J.J., Bence A.E., "Statistical analisis of clinopyroxene from deep sea basalts", American Mineralogist 64 (1979) 501–513.

[13] Nisbet E.G., Pearce J.A., "Clinopyroxene composition in mafic lavas from different tectonic settings", Contributions to Mineralogy and Petrology 63 (1977) 149–160.