



Mineralogical studies of metasomatic minerals within volcanic rocks of High Zagros salt domes

S. Taghipour^{1*}, B. Taghipour²

1. School of Geology, University-College of science, University of Tehran.

2. Department of earth sciences, faculty of sciences, Shiraz University

(Received: 7/12/2008, in revised form: 17/7/2009)

Abstract: Kaj-Rostam Abad, Dashtak and Do Ab salt domes are located around Ardal and Farsoun village. This area is situated in High Zagros range (Chaharmahal and Bakhtiary Province). The study area is composed of Lower Cambrian volcano sedimentary complex including basalt, basaltic andesite, andesite, trachyte, pyroclastics, evaporite rocks and Precambrian sedimentary units. According to the mineralogical and petrographic studies of High Zagros igneous rocks and related salt domes, they have complex mineralogical composition. The mineral assemblages in these rocks are formed during three stages, 1- Magmatic stage (plagioclase, clinopyroxene, and apatite), 2- Late magmatic stage (amphibole, biotite, quartz, albite, calcite and sphene) and 3- Vein mineralization stage (quartz, albite, epidote, amphibole, calcite and garnet). Based on amphibole crystal chemistry, actinolite ($Si = 7.87-7.93$, $CaB > 1.5$, $CaA < 0.5$, $(Na + K)A < 0.5$) have been distinguished, which is stable in wide range of temperature (320-520°C) and total pressure 2 k bar. Studies of fluid inclusions in quartz veinlet, from altered volcanic rocks, were shown the high salinity of hydrothermal fluids. Fluid inclusions studies show three phases included liquid, vapour and solid. Also quartz crystals have a lot of inclusion of actinolite needles. The thermal range, 310 to 330 °C in 42.93% salinity is distinguished for the formation of these quartz veins. The composition of chlorite, epidote and garnet are determined picnochlorite; pistazit and grossular-andradite respected and also the composition of plagioclases are mainly albite. On the base of thermometric studies, those metasomatic mineral are stable in thermal range of 300-500°C.

Keywords: Mineralogy, vein mineralization stage, fluid inclusion, salt domes, High Zagros range.

*Corresponding author, Telefax: +98 (021) 66491623, Email: taghipour.sedigheh@gmail.com



کانی‌شناسی کانی‌های دگرنهادی در سنگ‌های آتشفشانی گنبد‌های نمکی زاگرس بلند

صدیقه تقی‌پور^{۱*}، بتول تقی‌پور^۲

۱- دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران

۲- بخش علوم زمین، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز

(دریافت مقاله: ۸۷/۹/۱۷، نسخه نهایی: ۸۸/۳/۲۲)

چکیده: گنبد‌های نمکی کاج-رستم آباد، دشتک و دو آب در نزدیکی روستای اردل و دهکده فارسون قرار دارد. این منطقه در تقسیم‌بندی زمین‌شناسی ایران در بلندی‌های زاگرس بلند (استان چهار محال و بختیاری) قرار دارد. منطقه مورد بررسی از مجموعه‌های آذرین-تبخیری با ترکیب بازالت، آندزیت بازالتی، تراکیت، قطعات پیروکلاستیک، سنگ‌های تبخیری و واحدهای ته‌نشستی به سن کامبرین زیرین تشکیل شده است. سنگ‌های آذرین به صورت آتشفشانی و نیمه عمیق با ترکیب کانی‌شناسی پیچیده رخنمون دارند. بر پایه بررسی‌های کانی‌شناسی و سنگ‌شناختی سنگ‌های آذرین گنبد‌های نمکی زاگرس بلند ترکیب کانی‌شناسی پیچیده‌ای دارند. کانی‌های تشکیل دهنده این سنگ‌ها به ترتیب در سه مرحله زیر تشکیل شده‌اند: ۱- مرحله ماگمایی (پلاژیوکلاز، کلینوپیرکسن، آپاتیت و کرسوتیت)، ۲- مرحله تاخیری (اکتینولیت، بیوتیت، کوارتز، آلبیت، کلسیت و اسفن) و ۳- مرحله کانی‌زایی رگچه‌ای (اکتینولیت، کوارتز، آلبیت، کلسیت و گارنت). آمفیبول در سنگ‌های یادشده با ویژگی‌های $CaA < 0.5$, $(Na + K)A < 0.5$, $CaB > 1.5$, $Si = 7.87-7.93$ ، از نوع اکتینولیت است. کانی یادشده در گستره دمایی $(220^{\circ}C - 520^{\circ}C)$ و در فشار کل ۲ کیلو بار پایدار است. بررسی‌های شاره‌های درگیر بر روی رگچه‌های کوارتز گرمایی گنبد‌های نمکی حاکی از شوری بالای شاره-هاست. بلورهای کوارتز دارای نفوذی‌های از سوزنی‌های اکتینولیت است، و نفوذی‌های شاره آن دارای سه فاز جامد (هالیت)، آبگون و گازند. بر پایه بررسی‌های ریز داماسنجی انجام شده، این کانی در گستره دمایی $330^{\circ}C - 310^{\circ}C$ و در شوری ۴۲/۹۳٪ تشکیل شده است. کلریت‌های مورد بررسی از نوع پیکنوکلریت، اپیدوت‌ها از نوع پیستازیت، گارنت‌ها دارای ترکیب گروسولار-آندرادیت و ترکیب غالب پلاژیوکلازها از نوع آلبیت است. بر پایه داماسنجی‌های انجام شده بر روی کانی‌های دگرنهاد، این کانی‌ها در گستره دمایی $300^{\circ}C - 500^{\circ}C$ پایدارند.

واژه‌های کلیدی: زاگرس بلند، کانی‌های دگرنهاد، داماسنجی، کانی‌زایی رگچه‌ای، گنبد نمکی.

مقدمه

بر تاثیر یک فاز گرمایی پس از انجماد سنگ‌های آذرین سازند هرمز بوده‌اند، که مورد توجه پژوهشگران مختلف قرار گرفته

از مدت‌ها پیش پیدایش کانی‌هایی نظیر آلبیت، اژیرین، هدنبرژیت، آمفیبول‌های آبی، اپیدوت، کلریت و کوارتز، شاهدهی

نمکدار پنجاب پاکستان (Salt Range) و نمک جنوب عمان هم ارز باشد [۶، ۷]. آنچه به نام سازند هرمز خوانده می‌شود، ته نشست‌هایی به ضخامت ۱۵۰۰ متر شامل شیل‌های سرخ - قهوه‌ای، دولومیت، مقداری گچ و نمک و مقدار کمتر سنگ‌های آذرینند که با اندازه‌های مختلف روی گنبد‌های نمکی و گاه درون آن‌ها دیده می‌شوند [۸]. سنگ‌های آذرین یادشده متنوع بوده و شامل بازالت، دولریت، ریولیت، کراتوفیر، تراکیت، ایگنمبریت، توف‌های اسید و کمتر اسپیلیت است [۹، ۱۰].

سازند هرمز در منطقه مورد بررسی با رخنمون ۱۶ گنبد نمکی برونزد دارد، تمامی این گنبد‌ها در تماس مستقیم با گسل‌های مهم منطقه هستند (شکل ۱).

مهم‌ترین سنگ‌های آذرین سازند هرمز در گنبد‌های کاج-رستم آباد، دشتک و گنجان را گدازه‌ها تشکیل می‌دهند که با توده‌های نفوذی کوچک و نیمه عمیق نظیر دایک‌ها و سیل‌ها همراه می‌باشند. همچنین سنگ‌های آذرآواری که در واحدهای هرمز ۲ و ۴ در تناوب با دیگر سازه‌های آن واحدها قرار دارند. بررسی صحرایی گنبد‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که فعالیت آتشفشانی در یک محیط در حال ته نشینی رخ داده است.

در واقع سازند هرمز را باید یک سازند ته‌نشینی - آتشفشانی دانست که حرکت گنبدگونه مجموعه یاد شده پس از زمان تشکیل موجب بهم ریختگی کمابیش شدید دنباله‌های آذرین-ته‌نشستی شده است. پیدایش کانی‌های غنی از سدیم نظیر آلبیت، منیزبوریکیت، اژیرین همراه با کوارتز، اپیدوت و الیژیست در میان درز و شکاف‌های دیابازها و تمامی سنگ‌های سازند هرمز نشان دهنده تاثیر فازهای تاخیری هستند [۴، ۵]. سنگ‌های دگرنهادی در گنبد‌های نمکی به صورت گسترده رخنمون دارند. آثار این پدیده با حضور رگچه‌های آمفیبول‌های آبی‌رنگ، کوارتز، کلریت و دانه‌های گارنت حنایی، اکسید آهن ورقه‌ای، آلبیت رگه‌ای، اپیدوت و قطعاتی از برونوم‌های آهنکی سیلیکاتی درون توف‌های آتشفشانی مشخص می‌شود. رگچه‌های کوارتز و کلریت به طول بیش از ۵۰ cm و عرض ۱۰ cm در بسیاری از سنگ‌های آتشفشانی این منطقه رخنمون دارند (شکل ۲).

است [۱-۵]. آثار دگرنهادی در سنگ‌های پرکامبرین ایران و عربستان به صورت رگه‌های آپاتیت، آلبیت، آهن، فلوگوپیت و ریپیکیت و ایجاد کانسارهای اورانیوم، قلع و عناصر نادر خاکی مشاهده می‌شوند [۱، ۲]. در رابطه با دگرنهادی و ایجاد کانی‌های غنی از عناصر قلیایی نظیر آلبیت، اوژیت - اژیرین و ریپیکیت توسط پژوهشگران مختلف بررسی‌های در سنگ‌های آذرین گنبد‌های نمکی زاگرس بلند صورت گرفته است [۳-۵]. برخی از پژوهشگران ضمن نامگذاری و اثبات وجود منیزبوریکیت در گنبد‌های جنوب ایران معتقداند، که خاستگاه منیزبوریکیت و اژیرین در اثر دگرگونی گرمایی حاصل از فاز ماگماتیسیم غنی از NaCl تشکیل شده است [۳، ۵]. آزیست ریپیکیت به صورت گسترده در شکاف‌ها و شکستگی‌های بازالت‌ها به ویژه دیابازها و نیز به مقدار کمتر در توفیت‌ها و حتی در ماسه سنگ‌ها و دولومیت‌ها [۳] و گابروها تشکیل شده‌اند [۵].

در این مقاله سعی شده است تا با بررسی شیمی کانی‌های دگرنهادی در مناطق مختلف گنبد‌های نمکی زاگرس بلندی، ترکیب دقیق و شرایط تشکیل آن‌ها برای اولین بار تعیین شود. بدین منظور نمونه‌های مورد بررسی از سه گنبد کاج، دشتک و گنجان (دوآب) انتخاب شدند. این مناطق در گستره‌ای به طول جغرافیایی $31^{\circ} 40' 00''$ و عرض جغرافیایی $50^{\circ} 50' 00''$ شمالی قرار گرفته‌اند.

روش کار

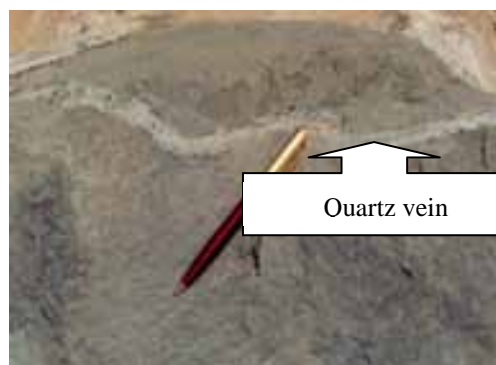
در نخست بررسی‌های صحرایی گسترده و نمونه برداری سیستماتیک انجام گرفت. ضمن بررسی‌های میکروسکوپی بر روی نمونه‌ها، در راستای تعیین دقیق ترکیب کانی‌های دگرنهادی در دانشگاه اکلاهاماسیتی (نورمن) آمریکا بررسی‌های ریز پردازش الکترونی (EMPA) روی کانی‌های آمفیبول، کلریت، گارنت، پلاژیوکلاز و اپیدوت با دستگاه مدل SX-50 انجام شد. ضمناً بررسی‌های روی اثر نفوذی‌های شاره‌ای بر کانی کوارتز در آزمایشگاه شاره‌های درگیر دانشگاه اصفهان صورت گرفته است.

بررسی‌های زمین‌شناسی و صحرایی

دوران پرکامبرین در شمال کرمان، شمال طبس و زاگرس بلند به طور جانبی به تشکیلات نمک دیپیری ختم می‌شود، که تصور می‌شود با تشکیلات سری هرمز در جنوب ایران و گستره



شکل ۱ نمای عمومی گنبد نمکی دشتک که در اثر گسل از گستره جنوبی جدا شده است.



شکل ۲ رگچه‌های کوارتز و کلریت به طول بیش از ۵۰ cm و عرض ۱۰ cm درون سنگ‌های آتشفشانی منطقه تشکیل شده‌اند.

بحث

بررسی‌های سنگ شناختی سنگ‌های آذرین سازند هرمز در منطقه زاگرس بلند مرتفع نشان می‌دهد، که این سنگ‌ها دارای بافت‌های ریزدانه‌ای، میان دانه‌ای، پورفیری، هیالوپورفیری، جریان‌ی و بادامکی هستند. درشت بلورهای پلاژیوکلاز، آمفیبول، کلینوپیروکسن و میکروولیت‌های سازنده زمینه اصلی این سنگ‌ها هستند. بیوتیت به صورت اولیه و ثانویه مشاهده می‌شوند (تشکیل بیوتیت‌های ثانویه شاهدهی بر هجوم آبگون‌های سرشار از پتاسیم تاخیری است). کانی‌های کلسیت، کلریت، کوارتز و کدر پرکننده‌های اصلی حفرها هستند. آمفیبول به صورت اولیه و ثانویه در نمونه‌های مورد بررسی مشاهده می‌شود. آمفیبول‌های اولیه به صورت میکروفونوکریست و کانی زمینه ظاهر می‌شوند و کاملاً سالم‌اند و به ندرت از حاشیه به کلریت، آمفیبول و اپیدوت مبدل شده‌اند (شکل ۳) که در زیر به شرح هر یک از کانی‌های تشکیل شده طی دگر نهادی سنگ‌های آتشفشانی

اشاره می‌شود.

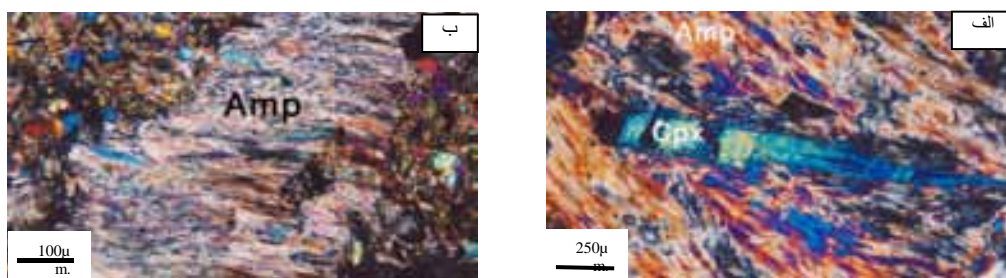
آمفیبول‌های آزبستی

بلورهای سوزنی و آبی رنگ آمفیبول‌های آزبستی به فراوانی در سنگ‌های دگرنهادی گنبد‌های نمکی یافت می‌شوند. از دیدگاه میکروسکوپیکی این کانی ویژگی انواع قلیایی (ریبکیت) را نشان می‌دهد (شکل ۴-الف) سوزنی‌های اکتینولیت عمود بر دیواره رگه‌ها رشد کرده است و گواه بر وجود تنش کششی در محیط تشکیل این کانی است (شکل ۴-ب). برخی از پژوهشگران نیز در بررسی‌های خود بوجود ریبکیت در سنگ‌های آذرین این منطقه اشاره کرده‌اند [۴، ۶]. از آنجا که برای نامگذاری آمفیبول‌ها بهترین روش استفاده از شیمی کانی است، لذا برای تعیین دقیق ترکیب شیمیایی این کانی از داده‌های ریز پردازشی شیمیایی استفاده شده است. بر اساس آنالیزهای یادشده (جدول ۱) و با توجه به مقدار کم Na_2O و فراوانی CaO ، به کار بردن واژه ریبکیت برای این کانی درست نیست [۱۱].

کانی ها	Magmatic Stage (I)	Late Magmatic Stage(II)	Vein Mineralization (III)
پلاژیوکلاز	_____		
کلینوپیروکسن	_____		
کرسوتیت	_____		
بیوتیت		_____	
کوارتز			_____
کلریت			_____
آپاتیت	_____		
آلیت			_____
کلسیت			_____
سفن		-----	
گارنت			_____
پیدوت			_____
پاک (پیریت و...)	_____		
ژیپس*			_____
کتینولیت			_____

*ژیپس از فرآورده های دگرسانی پیریت (اکسایشی) است.

شکل ۳ روابط پاراژنتیکی کانی‌ها در سنگ‌های آذرین گنبدی‌های نمکی زاگرس بلند.



شکل ۴ الف اکتینولیت (Amp) به بهای کلینوپیروکسن (Cpx) در گابروهای پیروکسن‌دار تشکیل شده است، ب- سوزنی‌های اکتینولیت عمود بر دیواره رگه‌ها رشد کرده‌اند.

جدول ۱ آنالیز ریز پردازشی آمفیبول‌های آزیستی گنبدی‌های نمکی زاگرس بلند.

Label	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
۱	۵۴,۳۴	۰	۰,۹۳۷	۱۳,۳۸	۰,۲۱۷	۱۵,۷	۱۱,۸۹	۰,۵۷۵	۰,۰۷۲	۹۷,۲۲
۲	۵۵,۶۹	۰	۰,۹۴۱	۱۳,۸۲	۰,۲۵	۱۵,۲۱	۱۲,۰۶	۰,۵۳۶	۰,۰۴۴	۹۸,۷۸
۳	۵۴,۴	۰,۰۰۲	۰,۹۳۷	۱۴,۶	۰,۳۲۷	۱۴,۹۸	۱۱,۷۶	۰,۵۹	۰,۰۵۲	۹۷,۷
۴	۵۴,۳۹	۰	۰,۹۴۹	۱۴,۶۲	۰,۲۸۷	۱۵,۲۸	۱۱,۷۷	۰,۶۳۷	۰,۰۵۶	۹۸,۰۳
۵	۵۳,۷۲	۰,۰۰۳	۱,۱۹۱	۱۴,۸۳	۰,۱۹۵	۱۴,۷۹	۱۲,۴	۰,۲۰۶	۰,۰۲۸	۹۷,۳۸
۶	۵۴,۳۷	۰,۰۲۵	۱,۰۸۴	۱۳,۰۵	۰,۲۵۷	۱۵,۷۶	۱۲,۰۴	۰,۴۱۳	۰,۰۵۷	۹۷,۰۸
۷	۵۵,۸۱	۰,۰۳۶	۰,۷۴۱	۱۱,۰۶	۰,۱۷۷	۱۷,۶۹	۱۲,۳۴	۰,۳۱۷	۰,۰۴۹	۹۸,۲۴
۸	۵۵,۲۴	۰	۱,۰۵۱	۱۳,۲۳	۰,۲۸	۱۵,۶۷	۱۲,۰۳	۰,۷۴۱	۰,۰۷۳	۹۸,۰۶
۹	۵۵,۵۱	۰	۰,۹۸۷	۱۱,۹۸	۰,۲۳۲	۱۶,۴۴	۱۲,۰۴	۰,۴۸۲	۰,۰۵۴	۹۷,۷۶
۱۰	۵۴,۸۷	۰,۰۵۹	۱,۳۰۶	۱۳,۸۵	۰,۲۱۱	۱۶,۱۱	۱۲,۰۱	۰,۵۱۷	۰,۰۵۸	۹۷,۸۹
۱۱	۵۵,۶۵	۰,۰۱۳	۰,۹۴۴	۱۱,۸۲	۰,۲۱۹	۱۶,۹۵	۱۲,۱	۰,۴۲۴	۰,۰۴۷	۹۸,۱۸
۱۲	۵۴,۴۴	۰,۰۱۱	۱	۱۲,۹	۰,۲۶۳	۱۵,۶۳	۱۲,۰۵	۰,۴۴۲	۰,۰۵	۹۶,۷۹
۱۳	۵۴,۴۵	۰,۰۳۷	۱,۳۷۲	۱۲,۵۶	۰,۲۱۱	۱۶,۱۴	۱۱,۴۸	۰,۹۳۸	۰,۰۹۷	۹۷,۴۹
۱۴	۵۴,۷۳	۰,۰۲۷	۱,۱۸۹	۱۲,۸۸	۰,۲۲۸	۱۵,۹۲	۱۱,۴۷	۰,۸۹۶	۰,۰۹۶	۹۷,۶
۱۵	۵۴,۴۶	۰,۰۲۸	۱,۱۳۶	۱۱,۸۲	۰,۲۰۵	۱۶,۵۸	۱۱,۷۷	۰,۸۱	۰,۰۸۵	۹۷,۱۸
۱۶	۵۴,۲۹	۰,۰۵	۱,۴۷۹	۱۲,۵۶	۰,۲۱۸	۱۵,۸۶	۱۱,۳	۱,۰۳۱	۰,۱۳	۹۷,۱۱
۱۷	۸۵,۵۳	۰,۰۵۳	۱,۵۷۱	۱۲,۶۵	۰,۲۱۲	۱۶,۰۴	۱۱,۵۸	۰,۸۷۹	۰,۱۲۱	۹۷,۱۸
۱۸	۵۵	۰,۰۵۴	۰,۸۵۶	۱۱,۴۶	۰,۲۱۲	۱۷,۱۷	۱۱,۷۲	۰,۸۰۳	۰,۰۷۲	۹۷,۵
۱۹	۵۴,۴۸	۰,۰۱۷	۲,۱۸۶	۱۳,۲۳	۰,۱۸۹	۱۵,۱۲	۱۱,۲۶	۱,۳۹۲	۰,۱۵۴	۹۸,۱
۲۰	۵۵,۹	۰,۰۲۴	۰,۵۵۷	۹,۹۵۱	۰,۱۸۳	۱۷,۵۹	۱۱,۸۶	۰,۸۱۷	۰,۰۶	۹۷,۰۱

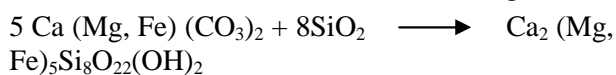
$(\text{Si}, \text{Al}^{4+})_8 (\text{Fe}^{3+}, \text{Al}^{6+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Ti}, \text{Mg}, \text{Mn})_{5.08} (\text{Ca}, \text{Na}, \text{K})_{1.999} (\text{OH}, \text{F})_2$

آمفیبول‌های ثانویه در سنگ‌های بزی به‌صورت زیر تشکیل شده‌اند:

۱- در هورنبلند گابروها، اکتینولیت به‌بهای هورنبلندهای قهوه-ای تشکیل می‌شود.

۲- در گابروهای پیروکسن‌دار، اکتینولیت به‌بهای کلینوپيروكسن‌ها و همراه با بیوتیت، گارنت و کدر تشکیل شده است (شکل ۴-الف).

۳- اکتینولیت به‌صورت سوزنی‌های عمود بر دیواره رگه‌ها رشد کرده است، که گواه بر تشکیل این کانی به دنبال دگرنهادی است (شکل ۴-ب).



۴- سوزنی‌های اکتینولیت همراه با دولومیت، کلسیت در زون کریست‌های آهکی-سیلیکاتی یافت می‌شوند.

۵- تشکیل رگچه‌هایی از آمفیبول، آلبیت، کلسیت و کوارتز مبین تاثیر آبگون‌های غنی از عناصر قلیایی است. در اثر این فرایند اکتینولیت به کلسیت تبدیل شده است، حتی در برخی موارد آمفیبول‌های آزیستی به طور کامل کربناتی شده، منجر به ایجاد رگه کلسیتی شده‌اند.

در ادامه از نمودار شکل ۵ [۱۲] برای نامگذاری آمفیبول‌ها استفاده شد. چنانکه ملاحظه می‌شود، آمفیبول‌ها از نوع اکتینولیت‌اند (شکل ۵). کانی‌های مورد بررسی در سیستم Fe-Ca-Si-CaO-H₂O قرار می‌گیرند. لذا از نمودار شکل ۶ استفاده شده است. با توجه به بافت سنگ آذرین، درونی و نیمه عمیق بودن آن‌ها به‌نظر می‌رسد که فشار 2kb برای تشکیل آمفیبول‌ها ضروری است. در شرایط T-XCO₂ برگشت هدنبرژیت به اکتینولیت، کلسیت و کوارتز [۱۳] نیز دیده می‌شود. بر اساس این نمودار، اکتینولیت در گستره دمایی (۳۲۰°C-۵۲۰°C) و در فشار کل ۲ کیلو بار پایدار است. لذا دمای بیشینه تشکیل این کانی در سنگ‌های منطقه زیر ۵۲۰°C است (شکل ۶).

فرمول عمومی آمفیبول‌ها بر اساس ترکیب شیمیایی آمفیبول‌ها به‌صورت زیر است [۱۴]:

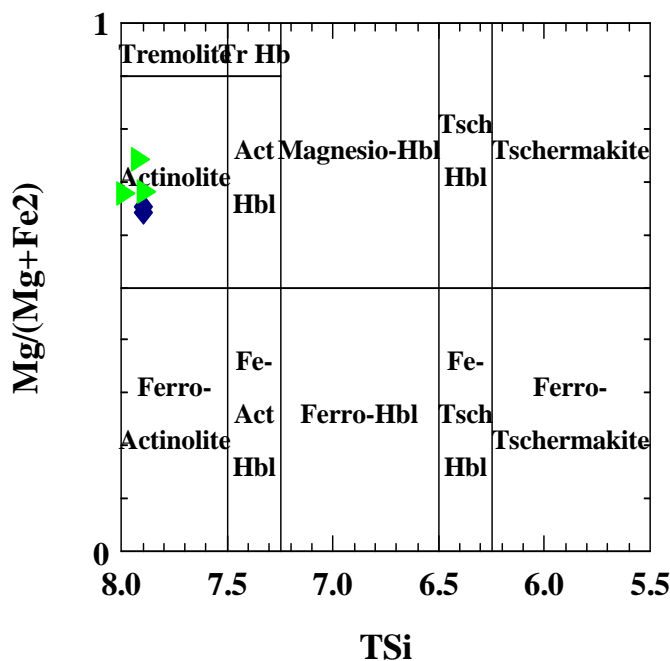


محاسبه فرمول ساختاری رگچه‌های آبی آمفیبول گنبد‌های نمکی زاگرس بلند به‌صورت زیر است:

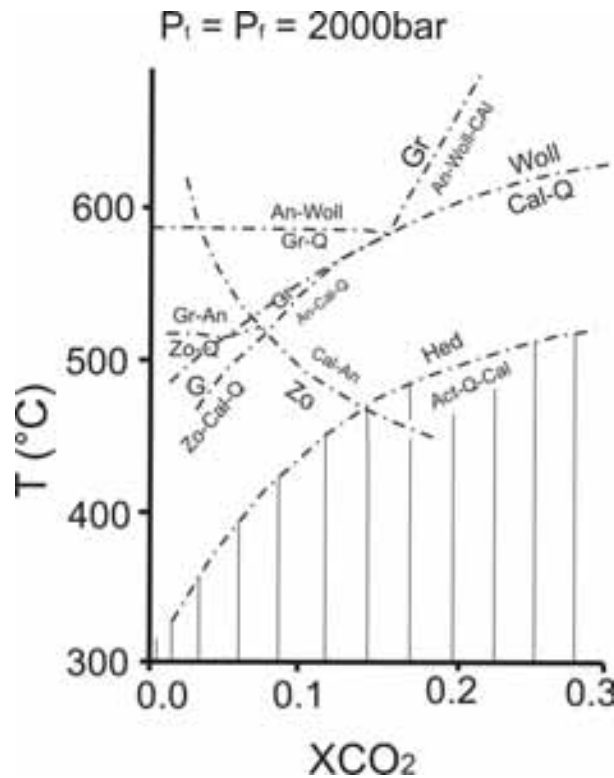
$(\text{Fe}^{2+}, \text{Al}^{6+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Ti}, \text{Mg}, \text{Mn}) (\text{Ca}, \text{Na}, \text{K}) (\text{Si}, \text{Al}^{4+})\text{O}_{22} (\text{OH}, \text{F})_2$

$$\text{Si} + \text{Al} = 8.075 \longrightarrow (\text{Al}^{4+}, \text{Si}) = 7.906 + 0.94 = 8$$

$$\begin{cases} \text{Al}^{4+} = 0.094 \\ \text{Al}^{6+} = 0.075 \end{cases}$$



شکل ۵ بر اساس این نمودار آمفیبول‌های آبی در گستره اکتینولیت قرار گرفته است [۱۲].



اکتینولیت در گستره دمائی

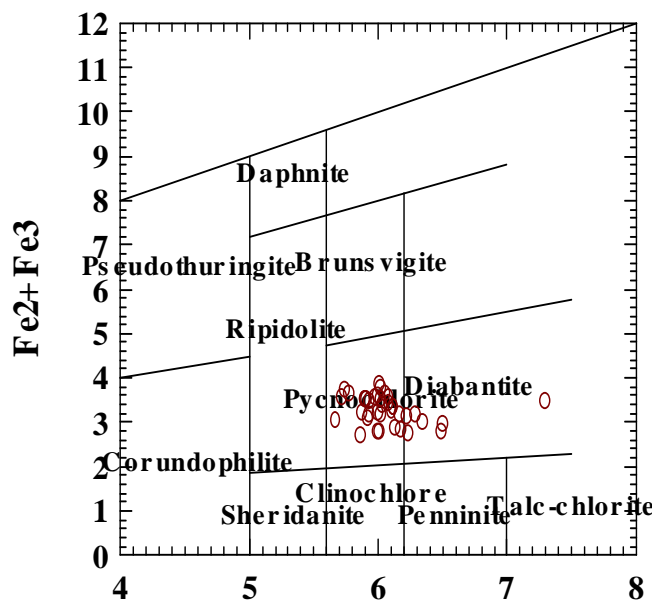
شکل ۶ با توجه به نمودار مقابل

(۳۲۰°C-۵۲۰°C) و در فشار کل ۲ کیلو بار پایدار است [۱۳].

تداخلی سری خاکستری است. بررسی شیمی کانی کلریت (جدول ۲ و شکل ۷) نشان می‌دهد که کلریت از نوع پیکنوکلریت است.

رنگه‌های کلریتی

کلریت یکی دیگر از کانی‌های دگرنهادی است. از دیدگاه میکروسکوپی این کانی دارای برجستگی پائین و رنگ



شکل ۷ کلریت‌های مورد بررسی روی نمودار تقسیم بندی کلریت‌ها در گستره پیکنوکلریت قرار گرفته‌اند [۱۵].

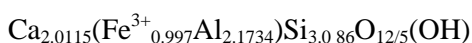
جدول ۲ آنالیز ریز پردازشی کلریت‌های رگه‌ای گنبد‌های نمکی زاگرس بلند.

Label	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	K ₂ O	F	Total
۱	۳۰٫۱	۱۶٫۷	۱۸٫۷	۰٫۲۶	۲۱٫۳	۰٫۰۲	۰٫۲۴	۸۷٫۳
۲	۲۹٫۶	۱۷	۱۹٫۵	۰٫۲۲	۲۱	۰٫۰۲	۰٫۱۱	۸۷٫۵
۳	۳۰	۱۷٫۴	۱۸٫۶	۰٫۲۱	۲۲	۰٫۰۳	۰٫۲۴	۸۸٫۴
۴	۲۹	۱۷٫۷	۱۹٫۷	۰٫۳۶	۲۰٫۳	۰	۰٫۱۲	۸۷٫۲
۵	۲۸٫۵	۱۷٫۷	۱۹٫۸	۰٫۳۷	۲۰٫۴	۰	۰٫۲۶	۸۷٫۱
۶	۲۸٫۲	۱۸٫۹	۲۱٫۳	۰٫۴۶	۱۹٫۴	۰	۰	۸۳٫۳
۷	۲۸٫۱	۱۸٫۸	۲۰٫۴	۰٫۳۸	۲۰٫۳	۰	۰٫۰۲	۸۸٫۱
۸	۲۸٫۱	۱۸٫۳	۲۰٫۸	۰٫۳۹	۱۹٫۷	۰٫۰۱	۰٫۲۱	۸۷٫۶
۹	۳۱٫۱	۱۶٫۴	۱۸٫۲	۰٫۳۲	۲۰٫۸	۰٫۱۱	۰٫۳۵	۸۷٫۳
۱۰	۳۰٫۸	۱۷	۱۸٫۳	۰٫۳۴	۲۱٫۳	۰٫۰۱	۰٫۳۸	۸۸٫۴
۱۱	۲۹٫۷	۱۶٫۶	۱۸٫۹	۰٫۳۳	۲۰٫۴	۰٫۰۸	۰٫۵۷	۸۶٫۵
۱۲	۳۰٫۷	۱۶٫۴	۱۸	۰٫۳	۲۱٫۲	۰٫۱۳	۰٫۵	۸۷٫۳
۱۳	۳۶٫۱	۱۴٫۷	۲۰٫۱	۰٫۲۷	۱۱٫۵	۷٫۸۷	۰٫۸۲	۹۵٫۷
۱۴	۳۰	۱۶٫۱	۲۰٫۲	۰٫۲۸	۲۰٫۹	۰٫۰۱	۰٫۱۱	۸۷٫۵
۱۵	۲۹٫۶	۱۶٫۸	۲۰٫۷	۰٫۳۱	۲۰٫۸	۰٫۰۱	۰٫۰۹	۸۸٫۳

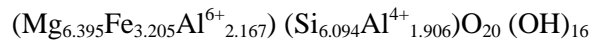
اپیدوت

این کانی با رنگ تداخلی بالا به فراوانی در کنار کانی‌های دگرنهادی یافت می‌شود. تشکیل گستره این کانی در درز و شکاف سنگ‌های آذرین مبین تاثیر فاز گرمایی غنی از CaO و O₂ بر سنگ‌های این منطقه است. به نحوی که برخی نمونه‌ها کاملاً تحت تاثیر دگرنهادی قرار گرفته است و سنگی به نام اپیدوزیت تشکیل شده است. سنگ‌های آذرین این منطقه در رخساره شیست سبز دگرگون شده‌اند [۴]. فراوانی اپیدوت از نوع پیستازیت (جدول ۴) به عنوان یکی از کانی‌های سیلیکاتی آبدار نمایانگر فوگاسیته بالای اکسیژن گرمایی‌ها در محیط زمین‌شناسی است (شکل ۸-الف). آنگونه که در نمودار شکل ۸-الف دیده می‌شود، میدان پایداری اپیدوت به سوی دماهای پائین با افزایش فوگاسیته اکسیژن افزوده می‌شود. در فوگاسیته کم اکسیژن مجموعه کوارتز + اپیدوت جانشین مجموعه آنورتیت + هیدنبرژیت می‌شود [۲۰، ۲۱]. روابط پاراژنتیکی مجموعه اپیدوت دار را می‌توان روی نمودار (شکل ۸-ب) نشان داد. مجموعه کلسیت + گارنت + کلریت + اپیدوت منجر به پیدایش رخساره شیست سبز شده است.

فرمول ساختاری اپیدوت‌های دگرنهادی گنبد‌های نمکی زاگرس بلند به صورت زیر است:



محاسبه فرمول ساختاری کلریت‌های رگه‌ای گنبد‌های نمکی زاگرس بلند به صورت زیر است:



با استفاده از معادله ارائه شده توسط برخی پژوهشگران [۱۶-۱۸] می‌توان دمای دگرسانی را به دست آورد. معادلات پیشنهاد شده به شرح زیرند [۱۹].

$$(1) T (^{\circ}\text{C}) = 319\text{AlIV} - 69$$

$$\text{AlIV} = \text{AlIV} + 0.1(\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg}))$$

دمای به دست آمده بر اساس این معادله در 420°C آورده شده است [۱۶]. بر اساس معادله زیر نیز نتایج تقریباً مشابهی به دست آمده است. معادله به صورت زیر است [۱۷].

$$(2) T (^{\circ}\text{C}) = -61.92 + 321.98\text{AlIV}$$

دمای به دست آمده از این معادله 535°C است [۱۷]. از طرف دیگر بر پایه معادله ۳، دمای 620°C محاسبه شده است [۱۸].

$$(3) T (^{\circ}\text{C}) = 213.3\text{AlIV} + 17.5$$

با استفاده از نتایج دماسنجی کلریت‌ها (جدول ۳) و با استفاده از ۳ معادله یاد شده، این نتیجه به دست می‌آید که دمای گرمایی‌هایی که بر سنگ اثر گذاشته‌اند و باعث ایجاد کلریت‌های نوع پیکنوکلریت (کلریت‌های ناشی از تجزیه آمفیبول و بیوتیت) شده‌اند، در گستره $420^{\circ}\text{C} - 520^{\circ}\text{C}$ تغییر می‌کند.

پلاژیوکلاز

در سنگ‌های دگرنهاد پلاژیوکلاز در زمینه‌ای از میکروولیت، کانی‌های کدر، کلسیت و شیشه قرار گرفته است. درشت بلورهای پلاژیوکلاز وابسته به دو نسل هستند که دلیلی بر نقش دگرنهادی در تشکیل آلپیت‌های نو ظهور است. از طرف دیگر

پیدایش آلپیت‌های رگچه‌ای گواه بر ازدیاد عناصر قلیایی در فاز تاخیری است (جدول ۵، شکل ۹). فرمول ساختاری آلپیت‌های رگه‌ای گنبدیهای نمکی زاگرس بلند به صورت زیر آورده شده است:

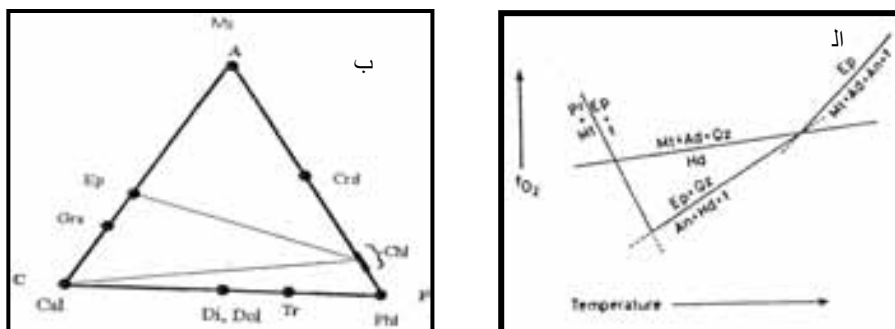


جدول ۳ دمای حاصل از دماسنجی کلریت‌های رگچه‌ای سازند هرمز در زاگرس بلند.

Sample	T1	T2	T3
۱	۱۶,۱۵۷	۵۳۹,۸۶۰	۶۰۶,۷۵۱
۲	۴۳۳,۲۲۱	۵۶۵,۶۱۹	۶۳۲,۶۵۲
۳	۴۱۳,۳۸۴	۵۳۵,۶۷۵	۶۰۲,۹۸۲
۴	۴۱۳,۳۸۴	۵۳۵,۶۷۵	۶۰۲,۹۸۲
۵	۳۹۲,۲۶۸	۵۰۳,۷۹۹	۵۷۰,۷۷۳
۶	۱۶۲,۷۵۷	۱۵۷,۳۴۹	۲۳۳,۰۳۴
۷	۴۲۱,۲۷۶	۵۴۷,۵۸۸	۶۱۵,۰۷۹
۸	۴۳۹,۶۲۰	۵۷۵,۲۷۸	۶۴۲,۷۱۴
۹	۴۲۷,۲۴۹	۵۵۶,۶۰۳	۶۲۴,۵۰۴
۱۰	۴۳۷,۷۰۱	۵۷۲,۳۸۰	۶۴۰,۶۵۰
۱۱	۴۳۳,۸۶۱	۵۶۶,۵۸۵	۶۳۴,۶۶۱
۱۲	۴۴۳,۲۴۷	۵۸۰,۷۵۲	۶۴۸,۳۱۰
۱۳	۴۳۸,۵۵۴	۵۷۳,۶۶۸	۶۳۹,۹۴۹
۱۴	۴۵۹,۲۴۴	۶۰۴,۹۰۰	۶۷۱,۹۱۷
۱۵	۴۶۰,۹۵۰	۶۰۷,۴۷۶	۶۷۴,۴۲۵

جدول ۴ نتایج آنالیز ریز پردازشی اپیدوت‌های گرمایی گنبدیهای نمکی زاگرس بلند.

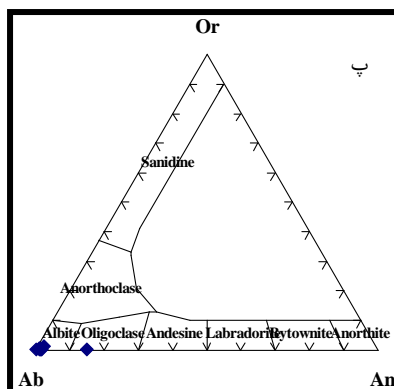
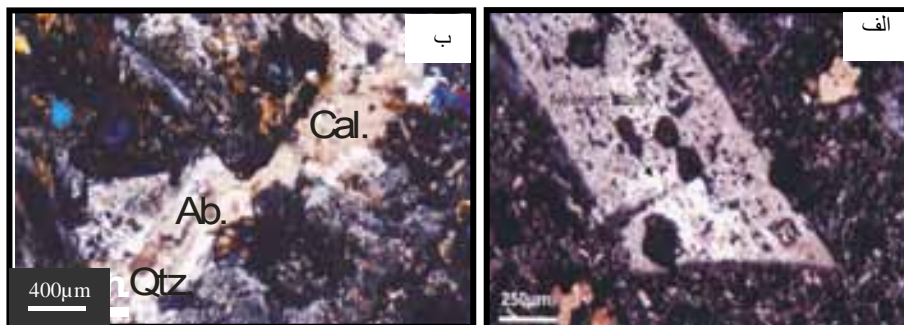
Label	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO*	CaO	Total
۱	۳۶,۸۲	۰	۲۱,۰۲	۱۶,۱۱	۲۲,۹۵	۹۷,۱۶
۲	۳۷,۱۸	۰,۰۲۴	۲۲,۴۳	۱۴,۶۷	۲۲,۷۹	۹۷,۷۴
۳	۳۷,۴۲	۰,۰۱۷	۲۳,۹۷	۱۲,۵۶	۲۲,۹۲	۹۷,۵۲
۴	۳۶,۹	۰,۰۰۷	۲۱,۸۳	۱۵,۱۶	۲۲,۶۲	۹۷,۱۱
۵	۳۷,۰۲	۰,۰۰۸	۲۲,۸۱	۱۴,۱۶	۲۳,۱۳	۹۷,۴
۶	۳۷,۱۱	۰,۰۴۴	۲۳,۸۲	۱۲,۸۸	۲۲,۵۳	۹۷,۷۳
۷	۳۶,۸۴	۰,۰۱۱	۲۲,۲۹	۱۴,۶	۲۲,۳۲	۹۶,۹۱
۸	۳۷,۱۷	۰,۰۱۱	۱۳,۲۵	۱۰,۹۵	۲۳,۰۴	۹۷
۹	۳۶,۷۷	۰	۱۹,۵۷	۱۷,۱۴	۲۱,۹۴	۹۶,۸۸
۱۰	۳۷,۰۹	۰,۰۲۴	۲۰,۴۵	۱۶,۵۶	۲۲,۴۷	۹۷,۲۶
۱۱	۳۶,۷۹	۰	۱۹,۹۳	۱۶,۸	۲۲,۲۴	۹۷,۰۹
۱۲	۳۶,۹۴	۰,۰۳۱	۲۰,۳۵	۱۶,۳۲	۲۲,۱۲	۹۶,۸۶
۱۳	۳۷,۵۸	۰	۲۵,۳۴	۱۰,۳۸	۲۲,۶۴	۹۷,۵۵
۱۴	۳۸,۰۵	۰,۰۱۵	۲۵,۰۹	۱۰,۶۱	۲۲,۲۷	۹۷,۸۱
۱۵	۳۷,۲۰	۰,۰۲۵	۲۴,۸۵	۱۱,۱۲	۲۲,۳۴	۹۷,۲۲



شکل ۸ الف. نمودار نمادین T=FO₂ برای اپیدوت [۲۰، ۲۱]، ب. نمودار ترکیب-پاراژنز برای مجموعه Chl + Ep. + Gr + Cal

جدول ۵ نتایج آنالیز ریز پردازشی آلبیت‌های رگه‌ای گنبد‌های نمکی زاگرس بلند.

Label	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	Total
۱	۶۸٫۸۶	۲۰٫۲۳	۰٫۲۷۵	۱۱٫۹۷	۱۰۱٫۶۵
۲	۶۸٫۳۹	۲۰٫۰۳	۰٫۲۴۷	۱۱٫۹۶۰	۱۰۱٫۱۶
۳	۶۸٫۱۸	۱۹٫۸۴	۰٫۲۴۹	۱۲٫۰۶	۱۰۰٫۹
۴	۶۷٫۸۴	۲۰٫۴۷	۰٫۳۸	۱۱٫۵۰	۱۰۰٫۹۲
۵	۶۸٫۷۸	۲۰٫۱۱	۰٫۳۲۵	۱۲٫۰۸	۱۰۱٫۶۰
۶	۶۴٫۴۲	۲۱٫۶۵	۳٫۵۰	۱۰٫۹۹	۱۰۱٫۶۶۱
۷	۶۸٫۸۷	۲۰٫۰۲	۰٫۰۷۵	۱۲٫۱۵	۱۰۱٫۵۰
۸	۶۶٫۶۹	۱۹٫۷۹	۰٫۳۹	۱۱٫۷۶	۹۹٫۰۳۵



شکل ۹ الف. آلبیت‌های نوظهور در اثر دگرنهادی نمک در سنگ‌های آتشفشانی گنبد نمکی دوآب تشکیل شده است، ب. تشکیل رگچه‌های کوارتز، کلسیت و آلبیت در سنگ‌های آتشفشانی گواہ بر تاثیر دگرنهادی در مراحل پایانی تبلور ماگماست (نور قطبیده)، پ. اغلب فلدسپات‌های مورد بررسی روی نمودار تقسیم‌بندی فلدسپات‌ها در گستره آلبیت قرار گرفته‌اند.

کوارتز تشکیل شده است (شکل ۱۳-الف و ب). میانبرهای شماره که مورد بررسی قرار گرفته‌اند دارای سه فاز آبگون، جامد (هالیت، با توجه به ریخت‌شناختی و ویژگی‌های نوری) و بخار هستند (روی ۱۵ شماره میانبار) (شکل ۱۳-ب)، محاسبه میزان CIPW [۲۷] نیز وجود هالیت در این سنگ‌ها را تایید کرده است.

کوارتز، ترمولیت، اکتینولیت در حفره‌ها نشان دهنده دگرنهادی Na_2O , SiO_2 , CaO است.

بررسی‌های انجام شده روی بلورهای کوارتز رگچه‌ای گنبد نمکی دشتک نشان می‌دهد که بلورهای یادشده حاوی نفوذی-هایی از کانی سوزنی اکتینولیت است (در نمونه دستی نیز به رنگ آبی-خاکستری قابل مشاهده‌اند) که همزمان با رشد

Oxide	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
Wt%	2.29	52.6	15.6	2.89	8.31	0.28	4.91	4.98	5.51	1.61	0.38
Mineral	Qtz.	Cor.	Zir.	Orth.	An.	Ab.	Ne.	Ha(Halite)			
Wt%	24.3	5.42	0.02	9.6	22.76	1.17	0.25	2.55			

به دست آمد. با توجه به معادله زیر و با احتساب دمای ذوب پایانی، شوری فاز شماره ۴۲/۹۳٪ تعیین شد [۲۸].

بر پایه بررسی‌های آزمایشی و گرمایشی بر روی این کانی، فاز گاز و آبگون در گستره دمایی (۲۷/۱-) تا (۲۶/۸-) درجه سانتی‌گراد یخ زدند. دمای همگن شدن فاز گاز، آبگون ۳۲۰°C

$$\text{Salinity (\% Wt NaCl)} = 26.242 + 0.9428X + 1.42X^2 - 0.223X^3 + 0.04129X^4 + 6.295 * 10^{-3}X^5$$

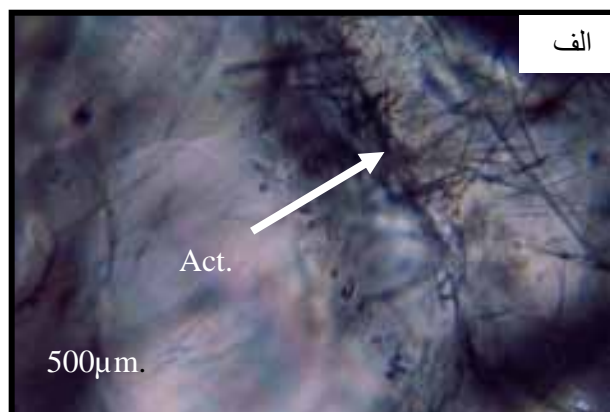
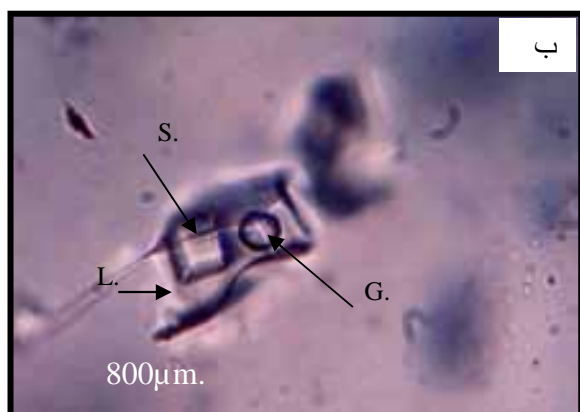
X=دمای انحلال هالیت/۱۰۰ [۲۶]

$$320^\circ\text{C} = \text{دمای انحلال هالیت}$$

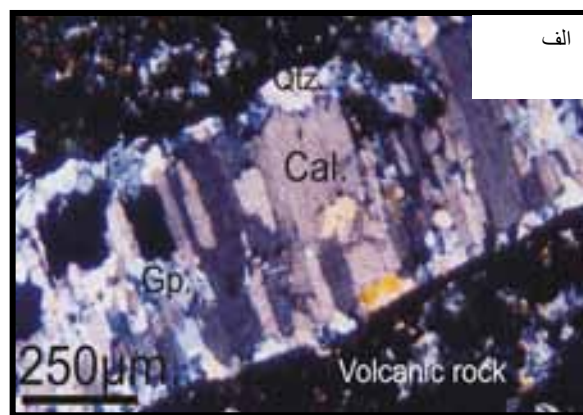
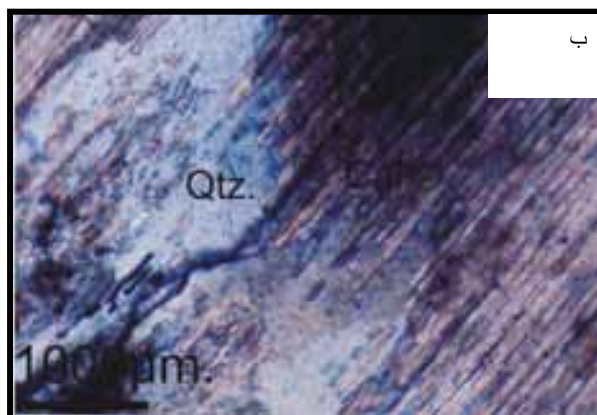
$$X = 3.20 \quad \longrightarrow \quad \text{Salinity} = 42.932\%$$

$2\text{FeS}_2 + 2\text{CaO} + 9/2\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CaSO}_4 + \text{Fe}_2\text{O}_3$
pyrite gypsum
نکته جالب آنکه در اثر دگرسانی، ژپس به کلسیت و کلسیت با کوارتز جانشین شده است (شکل ۱۴).
سنگ‌های منطقه مورد نظر سنگ شناسی دارای ترکیب پیوسته‌ای از بازالت تا تراکیت هستند. به طور کلی از یک طرف دارای سرشت قلیایی (با توجه به شواهد سنگ‌شناختی و غنی‌شدگی نمونه‌ها از تیتان (برای مثال وجود کرسوتیت و تیتان اوژیت) و از طرف دیگر سرشت تولییتی (با توجه به غنی‌شدگی از آهن) دارند. در مجموع برپایه نمودارهای تعیین‌کننده سری ماگمایی، آتشفشانی‌های منطقه ویژگی سری تحولی از خود نشان می‌دهند [۲۷].

از شواهد دیگر دگرنهادی در این سنگ‌ها، تشکیل پاراژنز ژپس، کلسیت و کوارتز است. در نمونه دستی ژپس‌های نواری به ضخامت ۱-۴ سانتی‌متر در شکستگی‌های سنگ‌های آتشفشانی به وجود آمده است. رنگ رگچه‌های ژپس سفید تا سفید شیری است، همچنین سوزن‌های ژپس عمود بر دیواره رگه رشد کرده است، که موید وجود تنش (از نوع کششی) در محیط تشکیل این مجموعه است. از دیدگاه میکروسکوپیکی ژپس در میانه رگه و کوارتز در حاشیه رگچه‌ها قرار گرفته است (شکل ۱۴-الف). به احتمال قوی ژپس‌های مورد بحث در اثر دگرسانی پیریت و طی واکنش زیر حاصل شده‌اند:



شکل ۱۳ الف. سوزنی‌های اکتینولیت به صورت نفوذی در کوارتزهای گرمابی گنبد دشتک تشکیل شده است، ب. شاره‌های درگیر دارای سه فاز جامد (S.)، آبگون (L.) و گاز (G.) هستند (نور قطب‌بنده).



شکل ۱۴ الف تشکیل ژئیس و کلسیت در میانه و کوارتز در حاشیه رگچه، ب تشکیل کوارتزهای ثانویه بین کلسیت با بافت مرجانی (atoll texture) (نور قطب‌بنده).

برداشت

صورت گرفته روی کانی کلریت. گستره دمایی $350^{\circ}\text{C} - 510^{\circ}\text{C}$ برای تشکیل این کانی پیشنهاد می‌شود. همچنین آمفیبول‌های آزبستی در گستره دمایی $320^{\circ}\text{C} - 520^{\circ}\text{C}$ ، فشار ۲ کیلو بار و آندرادیت‌ها در گستره دمایی $300^{\circ}\text{C} - 520^{\circ}\text{C}$ و فشار ۰٫۵ کیلو بار و بر پایه بررسی‌های نفوذی‌های شاره کوارتزهای رگچه‌ای در گستره دمایی $310^{\circ}\text{C} - 330^{\circ}\text{C}$ پایدارند.

در آخرین مرحله تشکیل کانی‌ها سیستم گرمابی از خاستگاه سنگ‌های تبخیری میزبان تشکیل می‌شود و با تاثیر بر درون سنگ‌های آذرین رگچه‌های کوارتز، کلریت، اکتینولیت و بلورهای گارنت، آلبیت و اپیدوت به وجود آمده است.

سنگ‌های آذرین گنبد‌های نمکی مورد بررسی دارای مجموعه کانی‌های کلینوپیروکسن، اکتینولیت، پلاژیوکلاز، بیوتیت، پیکنوکلریت، کلسیت، کوارتز، پیستازیت، گروسولار-آندرادیت و کوارتزند. این سنگ‌ها دارای طیف پیوسته‌ای از بازالت تا تراکیت هستند. بر پایه بررسی‌های صحرایی، سنگ‌شناختی و آنالیزهای ریز پردازشی تشکیل کانی‌های اپیدوت، آلبیت، کلریت، گارنت اکتینولیت و کوارتز در بین سنگ‌های آتشفشانی گنبد‌های نمکی زاگرس بلند نشان دهنده تاثیر فاز تاخیری غنی از Na_2O ، K_2O ، Fe_2O_3 ، CaO ، H_2O ، CO_2 ، O_2 است. بر پایه داده‌های ژئوشیمیایی و محاسبات زمین-دماسنجی

مراجع

- Report of the subcommittee on amphiboles of the international mineralogical association", commission on new minerals and mineral names, Can. Mineral., 35 (1997) 219-237.
- [13] Shoji T., "The stability of clinopyroxene of the diopside-hedenbergite series in H_2O-CO_2 mixtures" Jour. Of the Japanese Association of mineralogists, Petrology and Economic Geologists, 75 (1980) 221-229.
- [14] Schmacher J., "The estimation of proportion of ferric iron in the electronmicroprobe analysis of amphiboles", Can. Mineral., 35 (1997) 237-246.
- [15] Rock N. M. S., "Iamprophyres, Blackie and son", Glasgow, London, New York (1991) 285.
- [16] Jowett E. C., "Fitting iron and magnesium in the hydrothermal chlorite geothermometr", Geol. Assoc. Cana. Mineral. Assoc. Canada/Soc. Eco. Geol. Joint. Annual Meeting, Toronto, Program with Abstracts (1991) 16, A 62.
- [17] Cathelineu M., "Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature" Clay Miner. (1988) 23, 471-485.
- [18] Cathelineu M., Nieva D., "A chlorite solution geothermometr, The los Azufers (Mexico) geothermal system" Contrib. Mineral. Petrol. (1985) 91, 235-244.
- [19] Zhang Y., Muchez Ph., Hein U. F., "Chlorite geothermometry and temperature condition at the Variscan thrust front in eastern Belgium" Geolo. Mijnbouw (1997) 76, 267-270.
- [20] Shimazaki K., Gotow K., Kondo N., "Photosynthetic properties of guard cell protoplasts from *Vicia Fabal. L.*", plat Physiol. Plant. Mol. Biol. (1982) 52, 627-658.
- [21] Liou J., "Synthesis and stability relations of epidote, $Ca_2Al_2FeSi_3O_{12}(OH)$ " Jour. Petrol. (1973) 14, 381-413.
- [۲۲] مکی زاده م.ع.، "کانی‌شناسی و ژئوشیمی اسکارن‌های استان یزد"، دانشگاه شهیدبهشتی، پایان‌نامه دکتری، (۱۳۸۷) ۱۹۸ص.
- [23] Harriss N. B., Einaudi M. I., "Skarn deposits in the Yerington district, Nevada, metasomatic skarn evolution near Ludwing", Econ. Geol. (1982) 77, 877-898.
- [۱] درویش زاده ع.، "ویژگی‌های زمین‌شناسی نمک‌های اینفراکامبرین خلیج فارس"، مجموعه مقالات سمپوزیوم دی‌پایریسم، استانداری هرمزگان، جلد ۱ (۱۳۶۹) ص ۸۱-۱۰۹.
- [۲] هروی م.، "مفاهیم جدیدی از چینه‌شناسی سازند هرمز و مسئله دی‌پایریسم در گنبد‌های نمکی جنوب ایران"، مجموعه مقالات سمپوزیوم دی‌پایریسم، استانداری هرمزگان، جلد ۱ (۱۳۶۹) ص ۱-۲۲.
- [۳] سبزه ئی م.، "گزارش بررسی‌های زمین‌شناختی و سنگ-شناختی گنبد‌های نمکی کاکان، کمهر، کوه گون در منطقه یاسوج"، اداره کل معادن و فلزات استان کهگیلویه و بویراحمد، گزارش داخلی، (۱۳۶۸) ۷۰ص.
- [۴] دلال اصفهانی ف.، "پترولوژی سنگ‌های آذرین و دگرگونی گنبد‌های نمکی جنوب استان چهارمحال و بختیاری"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان (۱۳۷۲) ۱۲۰ص.
- [۵] حجتی ح.، "بررسی پترولوژی و ژئوشیمی گنبد‌های نمکی استان چهارمحال و بختیاری (کاج، گنجان، دشتک و نازی)"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان (۱۳۷۷) ۲۰۷ص.
- [6] Zarkov M.A., "Paleozoic salt bearing formation of the world", Spring Verlag Berlin Heidelberg Germany (1984) 427.
- [7] Hussein M.I., "The Arabian infracambrian extensional system", Tectonophysics, 148 (1988) 93-103.
- [8] Stocklin J., "Iran Central, septentrional et Oriental. Lexique stratigraphique International", III, Fascicule, Centre National de recherche Scientifique, Paris 9b, Iran (1972) 1-283.
- [9] Harrison J. V., "The geology of some salt plugs in Laritsan, South Persia", Geol. Soc. London, Quart. Jour., 86 (1930) 465-522.
- [10] Oberin C.A., "Salt diapirism in South Persia", Geologie eu mijnbouw, 1 (1957) 212-238.
- [11] Deer W., A., et all, "An introduction to the rock forming minerals", Longman Group, seventeen impression (1991) 528.
- [12] Leake B. E., Wolley A. R., Arps C. E. S., Birch W. D., et all., "Nomenclature of amphiboles:

"Roddingites in serpentinized ultramafic rocks of the Abitibi green stone belt" Ontario, Canadian Mineral. (1989) 27, 579-591.

[۲۷] تقی پور ص.، خلیلی م.، نقره‌ئیان م.، ترابی ق.، مکی زاده م. ا.، تقی پور ب.، "کانی‌شناسی و پتروولوژی سنگ‌های ماگمایی سازند هرمز (گنبد‌های نمکی کاج و دوآب)"، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، (۱۳۸۷) ۱۶، ۳، ۳۷۷-۳۸۸.

[28] Shephard T. J., "A practical guide to fluid inclusion studies" Blackie, London (1985) 235.

[24] Yardly B. W., Rochelle C. A., Barnicoat A. C., "Oscillatory zoning in metamorphic minerals, An indicator of infiltration metasomatism" Miner. Mag. (1991) 55, 357-365.

[25] Taghipour S., Khalili M., Noghreyan M.,

Torabi Gh., Mackizadeh M. A., "Genesis of andradite garnets in altered igneous rocks" Jour. Ultra Chemistry (2007) 3, 2, 127-138 .

[26] Shandl E. S., Ohanley D. S., Wicks F. J.,