

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (GAN)

مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛  
شبکه های توجه گرافی  
(Graph Attention Networks)



آموزش استفاده از وب آو ساینس

کارگاه آنلاین آموزش استفاده از  
وب آو ساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی

## ژئوشیمی عناصر نادر خاکی زون‌های کائولینیزه در منطقه عربشاه، جنوب شرق تکاب، استان آذربایجان غربی، شمال غرب ایران

فاطمه طریقی\*، علی عابدینی و عباس اروجی  
گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، کد پستی ۵۷۱۵۳  
Tarighiayda@yahoo.com

### چکیده

زون‌های کائولینیزه در منطقه عربشاه در فاصله ۲۷ کیلومتری جنوب شرق شهرستان تکاب، جنوب استان آذربایجان غربی، شمال‌غرب ایران واقع می‌باشند. شواهد صحرایی و مطالعات سنگ‌نگاری نشان می‌دهند که این زون‌ها محصول دگرسانی سنگ‌های آذرین دیوریتی به سن میوسن می‌باشند. بر اساس سیماهای فیزیکی نظیر رنگ و سختی، سه نوع کائولن شامل (۱) سفید نرم، (۲) سفید سخت و (۳) خاکستری در این زون‌ها قابل تشخیص هستند. یافته‌های کانی‌شناسی آشکار می‌کنند که کانی‌های سنگ‌ساز اصلی زون‌های کائولینیزه شامل کوارتز، موسکویت-ایلیت، پیروفیلیت و کائولینیت بوده که در مقادیر کمتر توسط روتیل، کلریت، آناتاز، آلبیت، ژپس و پیریت همراهی می‌شوند. الگوی توزیع REE‌های به‌هنجار شده به ترکیب کندریت دلالت بر تفریق و غنی‌شدگی LREE‌ها از HREE‌ها و رخداد بی‌هنجاری منفی متوسط تا ضعیف Eu در طی کائولینیتی‌شدن دارند. ملاحظات ژئوشیمیایی بیشتر نشان می‌دهند که عواملی نظیر تغییر در شیمی محلول‌های دگرسان‌کننده، همپوشی فرایندهای هیپوژن توسط فرایندهای سوپرژن، تغییرات دمایی، جذب ترحیجی توسط اکسیدهای فلزی، روبش و تمرکز، اختلاف در میزان پایداری کانی‌های اولیه در برابر دگرسانی، و میزان دسترسی به لیگندهای کمپلکس‌ساز نقش مهمی در توزیع عناصر نادر خاکی در این زون‌های کائولینیزه ایفا نموده‌اند. ضرایب همبستگی بین عناصر پیشنهاد می‌کنند که کانی‌های فرعی نظیر فازهای آهن‌دار، زینوتایم، آناتاز و روتیل میزبانان اصلی عناصر نادر خاکی در این زون کائولینیزه هستند.

### **Geochemistry of rare earth elements of kaolinized zones in the Arabshah area, southeast of Takab, West- Azarbaidjan province, NW Iran**

Tarighi, Fatemeh\* Abedini, Ali and Oruji, Abbas  
Geology department, Faculty of Sciences, Urmia University, 57153

### Abstract

Kaolinized zones in the Arabshah area are located in about 27 km southeast of Takab town, south of West-Azarbaidjan province, NW Iran. Field evidence and petrographical investigations indicate that these zones are products of alteration of diorite igneous rocks to age of Miocene. Based on physical features such as color and hardness is distinguished 3 type kaolins, (1) soft

white, (2) hard white, and (3) grey in these zones. Mineralogical data revealed that major rock-forming minerals of kaolinized zones contain quartz, muscovite-illite, pyrophyllite, and kaolinite which that accompanied by minerals such as rutile, chlorite, anatase, albite, gypsum, and pyrite in trace amounts. Distribution pattern of rare earth elements normalized to chondrite composition show differentiation and enrichment LREEs relative to HREEs and occurrence of Eu negative anomalies of weak to moderate during kaolinization. Further geochemical considerations indicate that factors such as change in chemistry of alteration solutions, overprint of supergene processes on the hypogene processes, temperature changes, preferential sorption by metallic oxides, scavenging and concentration, difference in amounts of stability of primary minerals versus alteration, and availability values to complexing ligands have played the important role in distribution of rare earth elements in these kaolinized zones. Correlation coefficients among the elements suggest that accessory minerals such as Fe-phases, zirconite, anatase and rutile are potential hosts in these kaolinized zones.

### مقدمه

منطقه عربشاه، به مختصات جغرافیایی  $47^{\circ}16'02''$  تا  $47^{\circ}21'05''$  طول شرقی و  $36^{\circ}20'57''$  تا  $36^{\circ}23'53''$  عرض شمالی، در فاصله ۲۷ کیلومتری جنوب شرق شهرستان تکاب، جنوب استان آذربایجان غربی، شمال غرب ایران واقع می‌باشد. عملکرد فرآیندهای دگرسانی بر روی سنگهای آذرین دیوریتی به سن میوسن در این منطقه با تشکیل و توسعه زون‌های کائولینیزه همراه شده است. مطالعات زمین شناسی ناحیه‌ای در منطقه عربشاه در قالب تهیه نقشه‌های زمین شناسی به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ تکاب و ۱:۱۰۰۰۰۰ شاهین‌دژ به ترتیب توسط Alavi-Naei et al. (1982) و خلقی خسرقی و همکاران (۱۳۷۳) انجام شده است. افزون بر این، حیدری (۱۳۷۶) به بررسی توان معدنی محدوده عربشاه - آی قلعه‌سی (تکاب) پرداخته و این محدوده را به لحاظ کانی‌سازی طلا و عناصر همراه و فلزات پایه مستعد و عالی ارزیابی نموده است. تا سال ۱۳۹۲، علیرغم بررسی ویژگی‌های ژئوشیمیایی برخی از ذخایر کائولن در شمال غرب ایران نظیر زون و کجل توسط پژوهشگرانی نظیر علیپور و عابدینی (۱۳۹۰) و عابدینی و همکاران (۱۳۹۰)، مطالعات جامعی بر روی مسائل ژئوشیمیایی زون‌های کائولینیزه در این منطقه انجام نشده بود. در این سال مطالعات به نسبت کاملی بر روی کانی‌شناسی، ژئوشیمی و منشاء زون‌های کائولینیزه توسط مولفین انجام گردید. در این پژوهش سعی شده است به تفصیل اطلاعات جامعی از ویژگی‌های پتروگرافی سنگهای درونگیر زون‌های کائولینیزه، عوامل ژئوشیمیایی مؤثر در توزیع و رفتار عناصر نادر خاکی، کانی‌های کنترل‌کننده آنها و دلایل رخداد آنومالی‌های Eu و Ce در طی پیشرفت فرایند کائولینیتی شدن ارائه شود.

### روش مطالعه

این پژوهش در دو بخش صحرایی و آزمایشگاهی انجام گردیده است. در بخش صحرایی پیمایش‌هایی جهت بررسی تشکیلات زمین شناسی موجود، آشنایی با روند توزیع زون‌های کائولینیتی و انتخاب محل‌های مناسب جهت نمونه‌گیری انجام گردید. در این بخش، تعداد ۵۰ نمونه از کارگاههای استخراجی و رخنمون‌های سنگی برداشت شد. بخش آزمایشگاهی با تهیه و مطالعه سنگ‌نگاری تعدادی مقطع نازک و صیقلی، دیفراکسیون پرتو ایکس (XRD) ۱۰ نمونه کائولینیزه در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی شمال غرب کشور و شرکت کانساران بینالود شروع گردید. متعاقب آن، جهت مطالعات ژئوشیمیایی مبادرت به انجام آنالیز ۱۲ نمونه کائولینیزه به روش‌های طیف‌سنجی انتشاری پلاسمای جفت شده القایی (ICP-ES) و طیف سنج جرمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS) به ترتیب برای تعیین مقادیر عناصر اصلی و فرعی، و عناصر جزئی و نادر خاکی توسط آزمایشگاه شرکت Acme کشورکانادا گردید. مقادیر LOI نمونه‌های یاد شده توسط شرکت یاد شده با اندازه‌گیری قبل و بعد از حرارت دادن نمونه‌ها در ۱۰۰۰

درجه سانتی گراد به مدت یک ساعت تعیین شدند. همچنین، در این پژوهش، برای تعیین روابط ژنتیکی بین عناصر و نیز روابط درون عنصری بین عناصر نادر خاکی مبادرت به محاسبه ضرایب همبستگی اسپیرمن بین عناصر مختلف گردید که نتایج حاصله از این محاسبات در جداول ۱ و ۲ آورده شده است.

جدول ۱- ضرایب همبستگی اسپیرمن بین عناصر نادر خاکی در بین نمونه های مورد مطالعه.

	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
La	1.00													
Ce	0.95	1.00												
Pr	-0.18	-0.15	1.00											
Nd	0.91	0.96	-0.24	1.00										
Sm	0.82	0.91	-0.24	0.98	1.00									
Eu	0.83	0.86	-0.21	0.95	0.97	1.00								
Gd	0.55	0.65	-0.33	0.82	0.90	0.90	1.00							
Tb	0.34	0.44	-0.35	0.65	0.76	0.78	0.97	1.00						
Dy	0.15	0.26	-0.35	0.48	0.62	0.63	0.90	0.98	1.00					
Ho	-0.02	0.10	-0.35	0.33	0.48	0.49	0.81	0.92	0.98	1.00				
Er	-0.06	0.06	-0.36	0.29	0.45	0.45	0.79	0.91	0.97	0.99	1.00			
Tm	-0.02	0.11	-0.37	0.33	0.49	0.48	0.81	0.93	0.98	0.99	1.00	1.00		
Yb	0.00	0.15	-0.37	0.36	0.52	0.49	0.82	0.93	0.97	0.98	0.99	0.99	1.00	
Lu	0.03	0.18	-0.38	0.39	0.55	0.53	0.84	0.94	0.98	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00

## بحث و نتیجه گیری

ایالت زمین شناسی تکاب، از لحاظ ساختاری در محل برخورد زونهای زمین ساختی البرز - آذربایجان و سندج - سیرجان قرار دارد. در منطقه مورد مطالعه (عربشاه)، سنگهای متنوعی از نوع رسوبی، آذرین و دگرگونی برونزد دارند که سن آنها از محدوده زمانی پرکامبرین پسین تا کواترنر متغیر می باشد. عملکرد فرایندهای دگرسانی بر روی سنگهای دیوریتی به سن میوسن در این منطقه با تشکیل زونهای کائولینیزه مختلف همراه بوده است. واحدهای سنگی این زونها دارای خصوصیات مختلف از نظر خواص ظاهری نظیر رنگ و سختی هستند. مطالعات صحرایی نشان می دهد که زونهای کائولینیزه عربشاه را می توان به سه تیپ کائولن، (۱) سفید نرم، (۲) سفید سخت و (۳) خاکستری تفکیک نمود. مشاهدات صحرایی و برداشت های زمین شناسی حکایت از آن دارند که گسلها به ویژه گسله های امتداد لغز نقش مهمی در تشکیل این زونها داشته و با ایجاد معبری برای ورود محلول های هیدروترمالی داغ و نسبتاً اسیدی نقش مهمی در تشدید فرایندهای دگرسانی ایفا نموده اند. سنگهای آذرین دیوریتی که در کنتاکت با این زونها حضور دارند، دارای رنگ روشن بوده و حاوی درشت بلورهای فلدسپار، کوارتز، آمفیبول، میکا و کلریت در نمونه های دستی می باشند. در برخی از موارد، این زونها به سمت بالا به زونهای سیلیسی تبدیل می شوند.

مطالعات سنگ نگاری نشان می دهند که سنگهای آذرین دیوریتی منطقه دارای بافت پورفیروئیدی بوده و شامل فنوکریست های فلدسپار قلیایی ( با فراوانی ۲۰ الی ۲۸ در صد و طولی حدود ۱ الی ۳ سانتیمتر) در یک زمینه متوسط تا درشت دانه از پلاژیوکلاز، کوارتز، آمفیبول و بیوتیت هستند. پلاژیوکلاز با در صد فراوانی حدود ۲۵ در صد به صورت شکل دار تا نیمه شکل دار در سنگ حضور داشته و ترکیبی در حد آلبیت تا آندزین دارند. فلدسپارهای قلیایی پرتیتی بوده و بیوتیتها حالت گینگ باند از خود نشان می دهند. از مهمترین ویژگی های میکروسکوپی هورنبلندها در این

سنگ‌ها می‌توان به وجود ماکل‌های کارلسباد، رخ‌های متقاطع و پدیده زونینگ اشاره نمود. این کانی تحت تاثیر فرایندهای دگرسانی نسبتاً "ضعیف بعضاً" به موسکویت و کلسیت تبدیل شده است. کوارتزها که در متن این سنگ‌ها پراکنده هستند، دارای خاموشی بوده و با رنگ اینترفرانس سفید - شیری قابل تشخیص هستند. زیرکن و آپاتیت نیز به صورت خیلی کمیاب و ریز دانه در متن سنگ پراکنده می‌باشند. زیرکن معمولاً در کنار آمفیبول‌ها و پلاژیوکلازها دیده می‌شود. کانی‌های اپاکدر این سنگ‌ها از نوع مگنتیت و یا ایلمینیت هستند.

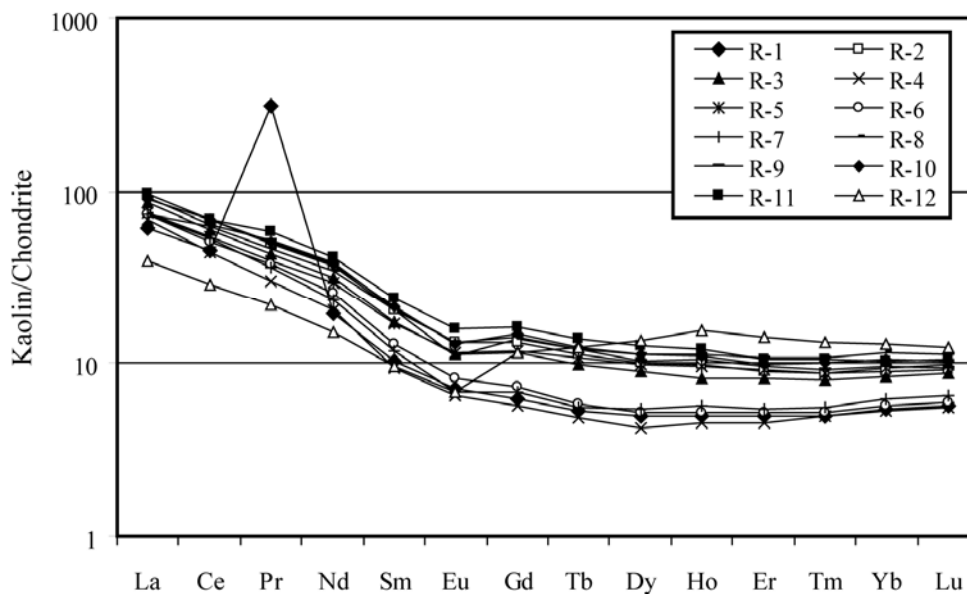
جدول ۲- ضرایب همبستگی اسپیرمن بین عناصر نادر خاکی با برخی از عناصر اصلی، فرعی و جزئی در بین نمونه‌های مورد مطالعه.

	Si	Al	Fe	Mg	Ca	Na	K	Ti	P	Mn	Zr	Y
La	-0.56	0.62	0.77	0.06	0.56	0.69	-0.24	0.56	0.64	0.38	0.05	-0.13
Ce	-0.73	0.79	0.87	0.30	0.54	0.64	-0.25	0.73	0.61	0.40	0.12	-0.02
Pr	-0.05	-0.16	-0.11	-0.28	-0.15	-0.26	0.86	-0.10	-0.53	0.20	-0.10	-0.35
Nd	-0.72	0.74	0.86	0.38	0.52	0.70	-0.42	0.74	0.54	0.46	0.13	0.21
Sm	-0.75	0.75	0.84	0.49	0.51	0.67	-0.45	0.78	0.46	0.49	0.19	0.37
Eu	-0.68	0.64	0.78	0.35	0.54	0.72	-0.40	0.68	0.41	0.55	0.17	0.39
Gd	-0.64	0.57	0.69	0.57	0.43	0.55	-0.57	0.70	0.23	0.43	0.24	0.74
Tb	-0.55	0.44	0.54	0.60	0.37	0.44	-0.58	0.60	0.09	0.36	0.23	0.88
Dy	-0.43	0.34	0.38	0.60	0.28	0.29	-0.57	0.51	-0.05	0.32	0.27	0.96
Ho	-0.32	0.21	0.26	0.58	0.20	0.15	-0.57	0.42	-0.14	0.22	0.19	0.99
Er	-0.33	0.20	0.25	0.62	0.20	0.16	-0.55	0.40	-0.12	0.16	0.18	0.99
Tm	-0.36	0.26	0.28	0.65	0.19	0.16	-0.58	0.45	-0.11	0.20	0.23	0.99
Yb	-0.42	0.31	0.34	0.70	0.20	0.18	-0.57	0.49	-0.07	0.17	0.22	0.97
Lu	-0.43	0.32	0.35	0.69	0.23	0.23	-0.57	0.48	-0.03	0.20	0.23	0.97

آنالیزهای پراش پرتو X (XRD) نشان می‌دهند که کانی‌های کوارتز، موسکویت-ایلینیت، پیروفیلیت و کائولینیت فازهای کانیایی اصلی در هر سه تیپ کائولن سفید نرم، سفید سخت و خاکستری می‌باشند. روتیل، کلریت، آناز، آلبیت، ژپس و پیریت فازهای کانیایی فرعی این زون‌ها محسوب می‌شوند. در این بین، پیریت و آلبیت فقط در کائولن‌های خاکستری شناسایی شده‌اند.

الگوی توزیع REE‌های نورمالیزه شده به ترکیب کندریت (Taylor and MacLean, 1985) در نمونه‌های کائولن مورد بررسی دلالت بر تفریق و غنی‌شدگی ضعیف LREE‌ها از HREE‌ها در طی پیشرفت فرایند کائولینیتی شدن دارند (شکل ۱). افزون بر این، آنچه که از این الگوی توزیع استنباط می‌شود این است که رخداد فرایند کائولینیتی شدن با ایجاد آنومالی‌های منفی ضعیف تا متوسط Eu و ایجاد آنومالی‌های نزدیک به یک (بدون آنومالی) برای Ce همراه بوده است. همچنین، تصور می‌شود که مقادیر REE‌ها در نمونه‌های مورد مطالعه در دامنه گسترده‌ای در تغییر هستند. رخداد آنومالی‌های منفی ضعیف تا متوسط Eu مبین دگرسانی فلدسپارهای سنگ آذرین دیوریتی و آزاد شدن بخشی این عنصر به درون محلول‌های دگرسان کننده می‌باشد (Karakaya, 2009). با توجه به اینکه کاهش مقادیر آنومالی‌های Eu به موازات کاهش مقادیر Na و Ca در زون‌های کائولینیزه رخ داده است، می‌توان ادعا نمود که درجه دگرسانی فلدسپارها مهمترین پارامتر کنترل کننده تغییر در مقادیر آنومالی‌های Eu در زون‌های کائولینیزه می‌باشد (Ece and Nakagawa, 2003). ایجاد آنومالی‌های با دامنه تغییرات کم و نزدیک به واحد برای Ce در نمونه‌های مورد مطالعه حکایت از آن دارد که شرایط اکسایش - کاهش محلول‌های مسئول کائولینیتی شدن در طی تکوین زون‌های مورد مطالعه تغییر چندانی نداشته است.

از آنجاییکه pH های پایین و بالا به ترتیب باعث شستشو و تثبیت REE ها در طی فرایندهای دگرسانی می شوند (Patino et al., 2003)، می توان استنباط نمود که تغییرات pH محلول های دگرسان کننده سنگ های دیوریتی مهمترین فاکتور کنترل کننده توزیع REE ها در زون های کائولینیزه باشند. بخشی از این تغییرات می تواند به واسطه کاهش حرارت محلول های هیپوژنی باشد که موجبات تجزیه و تخریب کانیهای حامل REE را از سیستم فراهم نموده اند. همچنین، به نظر می رسد که عملکرد فرایندهای سوپرژن و همپوشی این فرایندها بر روی فرایندهای هیپوژن باعث ایجاد تغییر در میزان تمرکز REE ها در نمونه های کائولینیزه شده است. وجود آلبیت در زون های کائولینیزه حکایت از آن دارد که میزان پایداری کانی های اولیه در برابر دگرسانی می تواند پارامتر دیگری در توزیع عناصر نادر خاکی در این زون ها باشد. بخشی از این تغییرات در میزان تمرکز عناصر نادر خاکی می تواند مرتبط با میزان دسترسی به لیگندهای کمپلکس ساز و تغییر در میزان نسبت آب به سنگ باشد. در کل از این بحث ها، چنین استنباط می شود که در نسبت های بالای آب به سنگ و در شرایط دسترسی بیشتر به لیگندهای کمپلکس ساز بخش بیشتری از REE ها از سیستم در طی فرایندهای کائولینیتی شدن خارج شده اند.



شکل ۱- الگوی توزیع REE های نورمالیزه به کندریت (Taylor and MacLenann, 1985) در نمونه های کائولن مورد مطالعه.

تاکنون کانی های متعددی به عنوان حاملان عناصر نادر خاکی در محصولات دگرسان شده توسط پژوهشگران مختلف پیشنهاد شده اند که از آن جمله می توان به کانی های رسی، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و منگنز، فازهای تیتانیوم دار و فسفات های ثانویه اشاره کرد (Ma et al., 2007). بررسی ضرایب همبستگی اسپیرمن بین عناصر نشان می دهند که همبستگی مثبت و نسبتاً خوبی بین HREE ها در نمونه های مورد مطالعه وجود دارد (جدول ۱). وجود ضرایب همبستگی منفی بین Si با REE ها (۰/۰۵- الی ۰/۷۲-) و K با اغلب REE ها (۰/۲۴- الی ۰/۵۷-) بجز Pr حکایت از آن دارد که کانی های رسی و موسکوویت- ایلیت نقشی در تمرکز REE ها در زون های کائولینیزه منطقه عربشاه نداشته اند. همبستگی های مثبت و متوسط تا قوی بین Fe با اغلب REE ها نظیر La، Ce و Nd (۰/۷۷- الی ۰/۸۷-) پیشنهاد می کند که فازهای آهن داری نظیر پیریت همراه با اکسیدهای آهن که در نمونه های دستی اغلب نمونه-

های کائولینیزه قابل تشخیص هستند، میزبان بخشی از REEها در سیستم هستند. افزون بر این، همبستگی مثبت بین LREEها با Fe می‌تواند دلیلی بر این نکته باشد که فازهای آهن‌دار موجود در زون‌های کائولینیزه در ایجاد الگوی توزیع REEها و درجه تفریق LREEها از HREEها نقش ارزنده‌ای ایفا نموده‌اند. وجود همبستگی‌های مثبت ولی ضعیف بین Mn با REEها (۰/۲۰ الی ۰/۴۹) و نیز همبستگی منفی و مثبت ضعیف بین REEها با P (۰/۵۳- الی ۰/۶۴) مبین این مسئله هستند که اکسیدهای منگنز و فسفات‌های ثانویه نقش کم‌رنگی در تمرکز و توزیع REEها در زون‌های مطالعه شده داشته‌اند. زیرکن که از جمله کانی‌های مهم و اصلی در تمرکز HREEها و Ce می‌باشد، با توجه به همبستگی‌های ضعیف Zr با HREEها (۰/۱۹ الی ۰/۲۳) و مثبت ضعیف با Ce (۰/۱۲) نقشی در تمرکز عناصر نادر خاکی در منطقه مورد مطالعه نداشته است. همبستگی‌های مثبت و خوب بین HREEها با Y (۰/۷۴ الی ۰/۹۹) و Ti با برخی از REEها (۰/۶۸ الی ۰/۷۴) نشان می‌دهند که کانی زینوتایم همراه با روتیل و آناتاز میزبانان اصلی REEها در زون‌های کائولینیزه منطقه عربشاه هستند.

## منابع

- حیدری، م.، ۱۳۷۶. بررسی توان معدنی محدوده عربشاه - آی قلعه‌سی (تکاب). گزارش وزارت صنایع و معادن استان آذربایجان غربی، ۵۶ ص.
- خلقی خسرقی، م.ح.، اقلیمی ب.، امینی آذر، ر.، علوی نائینی، م.، ۱۳۷۳. نقشه زمین شناسی شاهین‌دژ به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰. انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- عابدینی، ع.، معصومی، ر.، کلاگری، ع.ا.، ۱۳۹۰. سیمای ژئوشیمیایی ذخیره کائولن کجل، شمال غرب هشتجین، استان اردبیل. مجله زمین‌شناسی اقتصادی، جلد ۳، شماره ۲، ص ۱۶۵-۱۸۱.
- علیپور، و.، عابدینی، ع.، ۱۳۹۰. فاکتورهای کنترل کننده توزیع عناصر اصلی، فرعی، و جزئی (شامل عناصر نادر خاکی) در طی فرایندهای کائولینیتی شدن در زون، شمال شرق مرنده، استان آذربایجان شرقی. مجله زمین‌شناسی اقتصادی، جلد ۳، شماره ۲، ص ۲۳۱-۲۴۹.
- Alavi-Naini, M., Hajian, J., Amidi, A., Bolurri, H., 1982. Geology of Tekab-Saein Qale: Explanatory note of 1:250000 map of Takab guardrange. Geological Survey of Iran, Report No, 50.
- Ece O.I., Nakagawa Z.E., 2003. Alteration of volcanic rocks and genesis of kaolin deposits in the Sile Region, northern Ystanbul, Turkey. Part II: differential mobility of elements. Clay Minerals 38, 529-550.
- Karakaya N., 2009. REE and HFS element behaviour in the alteration facies of the Erenler Dagi Volcanics (Konya, Turkey) and kaolinite occurrence. Journal of Geochemical Exploration 101, 185-208.
- Ma, J., Wei, G., Xu, Y., Long, W., Sun, W., 2007. Mobilization and re-distribution of major and trace elements during extreme weathering of basalt in Hainan Island, South China. Geochimica et Cosmochimica Acta 71, 3223-3237.
- Patino, L.C., Velbel, M.A., Price, J.R., Wade, J.A., 2003. Trace element mobility during spheroidal weathering of basalts and andesites in Hawaii and Guatemala. Chemical Geology 202, 343-364.
- Taylor, S. R., MacLennan, S. M., 1985. The continental crust: its composition and evolution. Blackwell. Oxford, 312p.

# SID



سرویس های  
ویژه



سرویس ترجمه  
تخصصی



کارگاه های  
آموزشی



بلاگ  
مرکز اطلاعات علمی



عضویت در  
خبرنامه



فیلم های  
آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛  
شبکه های توجه گرافی  
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از  
وب آوساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی