رشد
زمین‌شناسی
۵۹

فصلنامه‌ی آموزشی، تحلیلی و اطلاع‌رسانی
دوره‌ی پانزدهم/ شماره‌ی ۲/ زمستان ۱۳۸۸
ISSN: 1735-4838

سخن سردبیر ۲
رخدادهای زمین‌ساختی ایران/ سیدعلی آقانباتی ۴
طلا و کانسارهای آن در ایران / پرویز عباس‌زاده ـ گلناز شکوه زنگنه ۱۰
زمین‌شناسی و توان معدنی استان هرمزگان/ سیدعلی آقانباتی ۱۸
آشنایی و اهمیت یخچال‌ها در زمین شناسی/ جهانبخش دانشیان- لیلا رمضانی دانا ۲۹
مکان ظاهری خورشید درآسمان/ همت‌اله رورده ۳۸
فسیل اثری کروزیانا/جهانبخش دانشیان ـ نیما نظام‌وفا و ندا نوروزی ۴۲
پرسش های دومین المپیاد علوم زمین/ مسعود کیمیاگری ۴۸
مقاطع نازک، مقاطع صیقلی/ زینب تسلیمی ۵۳
معرفی نرم‌افزار (۱/۴۰) World wind/ پرویز باغبانی ۵۷
گفت و گو / مریم عابدینی ۶۰

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش وبرنامه‌ریزی
دفتر انتشارات کمک‌آموزشی

• مدیر مسئول:محمد ناصری
• سردبیر: مصطفی شهرابی
• مدیر داخلی: مریم عابدینی
• هیئت تحریریه(به ترتیب حروف الفبا):
سید علی آقانباتی، محمد حسن بازوبندی، فرخ برزگر، سهیلا بوذری، مریم پیش بین، جهانبخش دانشیان ، مریم عابدینی، مازیار نظری
• ویراستار: بهروز راستانی
• طراح گرافیک: میترا چرخیان

• نشانی دفتر مجله: تهران - ایرانشهر شمالی - پلاک ۲۶۶، صندوق پستی ۶۵۸۵-۱۵۸۷۵
• تلفن: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱ (داخلی ۳۷۴) • نمابر: ۸۸۳۰۱۴۷۸
• پایگاه اینترنتی: www.roshdmag.ir • رایانامه: info@roshdmog.ir
• کدمدیر مسئول: ۱۰۲ • کد دفتر مجله: ۱۱۳ • تلفن پیام گیر نشریات رشد: ۸۸۳۰۱۴۸۲
• نشانی امور مشترکین: تهران-صندوق پستی: ۱۶۵۹۵/۱۱۱ • کد مشترکین: ۱۱۴
• تلفن امور مشترکین: ۷۷۳۳۶۶۵۶ - ۷۷۳۳۶۶۵۵
• چاپ: شرکت افست (سهامی عام) • شمارگان: ۷۰۰۰ نسخه

• مجله‌ی رشدآموزش زمین‌شناسی، پذیرای مقالات پژوهشی- کاربردی استادان محترم دانشگاه‌ها و دانشکده‌های زمین‌شناسی، زمین‌شناسان، مدرسان، دبیران گرامی و صاحب‌نظران علوم زمین است. • مقالات ارسالی باید در راستای هدف‌های مجله و مرتبط با ساختار برنامه‌ی آموزش و پدیده‌های زمین‌شناسی ایران و به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در جهت رفع نیازهای آموزشی زمین‌شناسی در نظام آموزشی کشور باشد. به مقالاتی که در مورد زمین‌شناسی ایران باشند، اولویت داده می‌شود. • مقالات ارسالی باید با معیارهای تحقیق و پژوهش‌های مطرح‌شده در کتاب‌های درسی وزارت آموزش‌وپرورش هماهنگی داشته باشند (ارجاع دقیق، استفاده از منابع دست اول، رعایت اصول تحقیق و پژوهش و...). • مقالات باید حروف‌چینی شده و یا با خط خوانا روی کاغذ A4 و با فاصله‌ی مناسب بین سطرها و بدون خط‌خوردگی، با رعایت حاشیه‌بندی مناسب نوشته شوند. • حجم مقالات حداکثر ۱۰ صفحه دست‌نویس باشد. • تصویر، عکس، نمودار یا جدول موردنیاز مقاله به آن ضمیمه و جایگاه هر کدام در متن مشخص شود و نوشته‌ها حتماً فارسی باشد. • کلمات حاوی مفاهیم پایه «واژه‌های کلیدی» از متن استخراج و روی صفحه‌ای جداگانه نوشته شوند. • به مقالات ترجمه شده، نسخه‌ای از متن اصلی نیز ضمیمه شود. • مقاله باید دارای چکیده باشد و در آن هدف‌ها و پیام نوشتار در چند سطر تنظیم شود. • معرفی‌نامه‌ی کوتاهی از نویسنده یا مترجم همراه یک قطعه عکس، عناوین و آثار وی پیوست باشد. • آرای مندرج در مقالات، بیانگر نظر مجله نیست و نویسنده مسئول هرگونه پاسخگویی به آن است. • فصلنامه‌ی رشد آموزش زمین‌شناسی در رد یا قبول مقالات، ویرایش علمی و فنی و ادبی، و افزایش یا کاهش حجم آن‌ها مختار است. • مقالات دریافتی بازگردانده نمی‌شوند. • مقالاتی مورد بررسی قرار می‌گیرند که اصل آن‌ها همراه با نسخه‌ی اصل تصویرها و نمودارها تحویل مجله شود. لطفاً از ارسال کپی خودداری فرمائید.

شرح عکس روی جلد:
چین خوردگی درسازند (هم ارز) پادها در جاده خوش ییلاق

بیم و امید در روزگار پریشانی و خواب‌های پریشان

روزنامه‌ی همشهری در صفحه‌ی آخر روز چهارشنبه بیست و هشتم مرداد ماه سال جاری، عکسی زیبا از یک کوه یخی قطب شمال را چاپ کرده و زیر آن نوشته بود: «دانشمندان برای بررسی پیامدهای گرم شدن زمین و تأثیر آن بر محیط زیست قطب شمال، به مدت سه ماه در این منطقه به تحقیق خواهند پرداخت.»

در همین روزنامه، در صفحه‌ی ۷ روز پنجشنبه ۲۹ مرداد ماه، در مقاله‌ای با عنوان «خواب پریشان» در روزگار ویرانی، دو عکس مستند به چاپ رسیده و زیر آن‌ها نوشته شده بود: «پیامدهای خشک شدن دریاچه‌ی پریشان کم‌کم در حال آشکارشدن است.»

درواقع، صاحب‌نظرانی که زمانی فریاد می‌زدند، چاه‌های متعدد اطراف دریاچه را مسدود کنید یا زمانی که از مسئولین می‌خواستند مانع احداث جاده شوند، فاجعه‌ی امروز را پیش‌بینی کرده بودند. نتیجه‌ی صدور اجازه‌ی حفر چاه‌های متعدد در اطراف این دریاچه و نیز جاده‌سازی در حاشیه‌ی آن، وضعیت رقت‌انگیزی است که امروز دریاچه‌ی پریشان به آن مبتلا شده است؛ یعنی گندزاری متعفن با انبوه حشرات.

شاید بین دوستان عزیزمان، باشند کسانی که ندانند نام دیگر دریاچه‌ی پریشان دریاچه‌ی «فامور» است که تقریباً در ۱۵ کیلومتری جنوب خاوری شهرستان کازرون قرار دارد. بد نیست برای آشنایی بیشتر، کمی از ویژگی‌های این دریاچه‌ی زیبای بین کوهستانی را در این‌جا نقل کنیم.

دریاچه‌ی پریشان (فامور) در فرونشستی کم ژرفا قرار گرفته که از سطح دریاهای آزاد، حدود ۸۲۰ متر بلندتر است و پیرامون آن را کوه‌های نسبتاً بلندی با نام‌های «فامور» و «سربالش» فراگرفته‌اند. بیشینه‌ی درازای این دریاچه حدود ۱۵ کیلومتر و میانگین پهنای آن کمی کمتر از ۳ کیلومتر و مساحت آن حدود ۴۳ کیلومتر مربع است. آبگیر آن حدود ۱۵۰ تا ۱۷۰ کیلومتر مربع گستره دارد. منابع آبی تغذیه‌کننده‌ی آن ظاهراً چشمه‌سارانی چون «چشمه بید زرد»، «چشمه سوسامک» و غیره هستند که از کوه‌های پیرامون آن سرچشمه می‌گیرند. به عبارت دیگر، این دریاچه از کوه‌های اطراف آن و منابع زیرزمینی تغذیه می‌شود. نام دریاچه‌ی فامور از کوهی به همین نام (کوه فامور) واقع در شمال و خاور دریاچه گرفته شده است که چکاد آن ۱۶۵۰ متر بلندی دارد.

با تشریحی که از وضعیت این دریاچه از قول صاحب‌نظران محلی و غیر محلی در روزنامه‌ی همشهری شده بود، به نظر می‌رسد که خواب‌های پریشانی که برای دریاچه‌ی پریشان دیده شده بود، دارند تعبیر می‌شوند. حفر چاه‌های متعدد در اطراف دریاچه و پایین رفتن تدریجی سطح آب‌های

ما داریم زیست محیط خودمان را با سرعت هرچه تمامتر از دست می‌دهیم

زیرزمینی، احداث جاده بدون رعایت استانداردهای لازم و از همه مهم‌تر، عدم رعایت مسائل زیست محیطی مانند بر جای گذاشتن انواع پسماندها و زباله‌ها توسط گردشگران یا افراد بومی پیرامون دریاچه یا آبراهه‌های منتهی به آن، همگی می‌روند فاجعه‌ی زیست محیطی دیگری بر سر یکی از زیباترین دریاچه‌های این کشور نازل کنند. لاجرم باید با پریشانی «دریاچه‌ی پریشان» همنوا شد و متأسف بود.

این روزها، هر روزنامه یا هفته نامه‌ای را که ورق می‌زنی، پر است از این قبیل اخبار و اطلاع‌رسانی‌های زیست محیطی متأثرکننده. مثلاً در همین شماره و همین صفحه‌ی روزنامه‌ی همشهری (صفحه‌ی ۷ روز ۲۹ مرداد) شرح نابسامانی‌های «غار دربند» سمنان آمده که به واقع یکی از زیباترین غارهای آهکی جهان است و در مورد عدم به‌کارگیری استانداردهای لازم، مانند تأمین سیستم روشنایی داخل غار و رعایت نکردن نکات ضروری برای حفظ و نگه‌داری آن، مانند فعالیت‌های معدنی اطراف غار که واقعاً درخور تعمق و تأسف است، بحث شده است.

از سوی دیگر، همان‌گونه که ابتدا اشاره شد، دانشمندان برای بررسی اثر گازهای گل‌خانه‌ای در گرم شدن زمین و روی توده‌های یخی قطب شمال، به پژوهشی سه ماهه در منطقه دست زده‌اند تا بتوانند از آن‌چه با کلمه‌ی «نابودی» از آن در مورد کره‌ی زمین یاد شده است، با ارایه‌ی راهکارهای علمی و پژوهشی جلوگیری کنند و امیدها را در دل مردمانی که در این تنها زیست کره زندگی می‌کنند، زنده کنند. **ملاحظه می‌کنید که میان ماه ما تا ماه گردون آن‌ها چه‌قدر فاصله است؟!**

ما داریم زیست محیط خودمان را با سرعت هرچه تمامتر از دست می‌دهیم، آن‌ها دارند آن‌چه را که به هر دلیلی از دست داده‌اند، دوباره زنده می‌کنند و به دست می‌آورند. اگر یادتان باشد در گذشته در همین صفحات سخن سردبیر اشاره داشتم که به معنی واقعی، یک رودخانه، یک دریاچه، یک دریا، یک تفرجگاه و... نداریم که از گزند آلودگی‌های زیست محیطی در امان مانده باشد. در گذشته مثال رودخانه‌ی کارون را برایتان نوشته بودم. این بار اگر فرصت کردید، سری به سفیدرود (قزل‌اوزن) بزنید و آن‌را تا دریای خزر دنبال کنید قدمی هم در کرانه‌ی دریای زیبای خزر بزنید و ببینید چه زیست‌محیطی بر آن حاکم است. راستی تا کی باید خواب‌های پریشان برای «پریشان‌ها» ببینیم و کی این خواب‌های پریشان به پایان می‌رسند؟

والسلام

رخدادهای زمین‌ساختی ایران

سیدعلی آقانباتی*

پیش‌گفتار

تکامل ساختاری برای شکل‌گیری سیمای امروزی پوسته‌ی ایران، طی زمان و مکان، مدیون رخدادهای زمین‌ساختی گوناگونی است که از کهن‌ترین ایام (پرکامبرین) تا به امروز بر پوسته‌ی ایران اثرگذار بوده‌اند. پیامد پاره‌ای از این رخدادها از نوع چین‌خوردگی، پیدایی سنگ‌های آتش‌فشانی، جای‌گیری توده‌های نفوذی، و دگرگون و دگرجنس‌کردن سنگ‌ها بوده است که به چنین رخدادهایی «کوه‌زایی»[1] گفته می‌شود. انواعی دیگر از رخدادها که «زمین‌زا»[2] نام دارند، فقط موجب حرکت‌های رو به بالا و یا رو به پایین زمین می‌شوند که حاصل آن‌ها، پیش‌روی و پس‌روی دریاها، برقراری دوره‌های فرسایشی و توقف در رسوب‌گذاری و یا تشکیل حوضه‌های رسوبی جدید بوده است. بدین‌سان، رخدادهای زمین‌ساختی ایران ممکن است یکی از دو نوع کوه‌زایی و یا زمین‌زایی باشد.

در خور اشاره است که برخی از پیامدهای رخدادهای زمین‌ساختی نتیجه‌ی حرکت قاره‌ها، خردقاره‌ها و یا بلوک‌هاست. برای نمونه، در نتیجه‌ی باز شدن دریای سرخ، شبه‌جزیره‌ی عربستان از آفریقا جدا و ضمن حرکت به سمت ورق ایران، موجب چین‌خوردگی و کوتاه‌شدگی بخش باختری ایران شد که حاصل آن، پیدایی کوه‌های زاگرس است. گفتنی است که تنش‌های اثرگذاری بر پوسته‌ی ایران‌زمین پایان نیافته‌اند و هم‌چنان گستره‌های وسیعی از ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند. زمین‌لرزه‌های امروزی، ایجاد گسل در رسوب‌های کواترنری، کوتاه‌شدگی کوه‌های زاگرس به میزان ۳/۵ تا ۴/۸ سانتی‌متر در سال، تداوم فرورانش پوسته‌ی اقیانوسی دریای عمان به زیر مکران و... نشانه‌هایی از آن‌ها هستند.

کلیدواژه‌ها: پوسته‌ی ایران، پرکامبرین، حوضه‌های رسوبی، کوه‌زایی، زمین‌زایی، حرکت قاره، فرورانش کاتانگایی و ذخایر معدنی ایران.

رخدادهای زمین‌ساختی عمده‌ی ایران

با توجه به اصول پذیرفته شده در علوم زمین، به‌طور معمول حوادث و وقایعی که در ویژگی‌های یک کشور و یا یک منطقه نقش‌آفرین بوده‌اند، به ترتیب قدمت رویداد و از کهن به جوان مورد بررسی قرار می‌گیرند. بر همین اساس، رخدادهای عمده‌ی زمین‌ساختی ایران را از پرکامبرین تا زمان حال، به شرح زیر مورد بررسی قرار می‌دهیم:

الف) رخدادهای پرکامبرین

کهن‌ترین رویداد زمین‌ساختی شناخته شده و مستند ایران، در حدود ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ میلیون سال پیش روی داده است. نداشتن داده‌های مستند از زمان رویداد و هم‌چنین تفاوت در پیامدها سبب شد که در دهه‌ی ۱۳۴۰ از این رخداد با نام «آسنتیک»[3] و بعدها از واژه‌هایی هم‌چون «بایکالین»، «ایرانین» [نبوی، ۱۳۵۵]، «کاتانگایی»، «حجازین» و یا «پان

آفریکن» یاد شود. در حال حاضر واژه‌ی کاتانگایی کاربرد بیش‌تری دارد. گفتنی است که کاتانگایی تنها رخداد زمین‌ساختی پرکامبرین ایران نیست. داده‌های موجود سبب شده‌اند، **حقی‌پور** (۱۹۷۴) به یک کوه‌زایی به نام «چناپدونین» و یک زمین‌زایی به نام «تاشکیین» باور داشته باشد که هر دو کهن‌تر از کاتانگایی‌اند (شکل ۱). موارد زیر برخی از پیامدهای کوه‌زایی کاتانگایی در ایران هستند:

- تحکیم و تبلور پی‌سنگ پرکامبرین ایران؛
- شکل دادن سنگ‌های ماگمایی درونی و بیرونی پرکامبرین؛
- ایجاد دو فاز دگرگونی و دگرشکلی و تغییر جنس سنگ‌های رسوبی نواحی کم‌ژرفا به دگرگونی‌هایی نظیر گنایس، میکاشیست و حتی میگماتیت و گرانیت آناتکسی؛
- ایجاد چین‌ها و گسل‌های شمالی ـ جنوبی و یا گسل شمال باختری ـ جنوب خاوری (روند کاتانگایی)؛
- تشکیل پاره‌ای از ذخایر معدنی عمده‌ی ایران، نظیر ذخایر سنگ آهن، سرب و روی، فسفات آذرین و...؛
- ایجاد کافت‌های درون قاره‌ای نارس به سن پروتروزوییک پایانی، به ویژه در منطقه‌ی کرمان و جنوب خاوری زاگرس.

کوه‌زایی کاتانگایی، نه تنها بر زمین‌شناسی پرکامبرین ایران، که این رخداد بر سرنوشت زمین‌شناسی پس از پرکامبرین، اثرات در خور توجهی داشته است. به گونه‌ای که بسیاری از زمین‌شناسان روندهای ساختاری کلی ایران و ایجاد حوضه‌های رسوبی بعدی (مانند زاگرس) را، از جمله پیامدهای کوه‌زایی کاتانگایی می‌دانند. حتی **بربریان** (۱۹۸۱) چارچوب ساختاری آلپی امروز ایران را، به ارث رسیده از امتدادهای پی‌سنگ کاتانگایی دانسته است.

ب) رخدادهای پالئوزوییک

حدود ۳۴۰ میلیون سال از تاریخ کره‌ی زمین، از آن «پالئوزوییک» است. طی این زمان طولانی، پوسته‌ی تحکیم‌یافته‌ی ایران، شرایط زمین‌شناسی نسبتاً آرامی را پشت سر گذاشت. به گونه‌ای که پالئوزوییک دوران آرامش نسبی پوسته‌ی ایران‌زمین دانسته می‌شود. با وجود این باید دانست، وقفه‌های رسوبی و دوره‌های فرسایشی که گاه به بزرگی ۴۰ و حتی ۷۰ میلیون سال‌اند، شناساگر رویدادهای زمین‌شناختی متعدد، ولی از نوع زمین‌زا هستند. به سخن دیگر، کوه‌زایی‌های پراهمیتی هم‌چون «کالدونین» و یا «هرسی‌نین» که در زمان پالئوزوییک، اثرهای در خور توجهی بر گستره‌های وسیعی از اروپا و آسیا داشته‌اند، در ایران به دو دلیل از نوع زمین‌زا بوده‌اند: یکی وجود پی‌سنگ تحکیم‌یافته‌ی کامبرین در زیر پلاتفرم پالئوزوییک، و دیگری دور بودن ایران از کمربندهای کوه‌زایی کالدونین و هرسی‌نین. درخور اشاره است که در نقاط محدودی از ایران، دو رویداد یادشده نشانه‌های کوه‌زایی دارند که از میان آن‌ها، نشانه‌های کالدونین بارزترند.

در یک نگاه کلی، در پالئوزوییک ایران می‌توان به چهار رویداد اشاره داشت:

۱. رویداد زرینگانین: این رویداد که به سن کامبرین پیشین است، سراسری نیست و تاکنون فقط در نواحی زریگان، پشت بادام، کوه‌های سلطانیه (زنجان) و شمال باختری کرمان گزارش شده‌اند. شناخت نخستین‌بار این رویداد در ناحیه‌ی زریگان (شمال بافق یزد) سبب شد که حقی‌پور (۱۹۷۴) به آن «زریگانین» نام دهد که به یک وقفه‌ی رسوبی در حد فاصل دو سازند «زاگون» (در زیر) و «لالون» (در بالا) اشاره دارد.

۲. رویداد میلایین: در همه جای ایران، بین سنگ‌های کامبرین پایینی (سازند لالون) و سنگ‌های کامبرین میانی ـ بالایی (سازند میلا)، ناپیوستگی رسوبی آشکاری وجود دارد که با حضور افقی بارز از کوارتزیتی سفیدرنگ، موسوم به کوارتزیت رأسی[۴] مشخص می‌شود. این رخداد فرسایشی سراسری، نه تنها در ایران که در بسیاری از نقاط جهان قابل شناسایی است که تا چند سال پیش بی‌نام بود. نظر به این‌که حادثه‌ی مذکور نخستین‌بار در «میلاکوه» دامغان شناسایی شد و به لحاظ این‌که سازند میلا واحد سنگ‌چینه‌ای شناخته‌شده‌ای در ایران است، **آقانباتی** (۱۳۸۳) برای این رخداد نام «میلایین» را برگزید.

۳. رخدادهای وابسته به رویداد کالدونین: ناپیوستگی و

کوه‌زایی‌های پراهمیتی هم‌چون «کالدونین» و یا «هرسی‌نین» که در زمان پالئوزوییک، اثرهای درخور توجهی بر گستره‌های وسیعی از اروپا و آسیا داشته‌اند، در ایران از نوع زمین‌زا بوده‌اند

در نتیجه‌ی باز شدن دریای سرخ، شبه‌جزیره‌ی عربستان از آفریقا جدا و ضمن حرکت به سمت ورق ایران، موجب چین‌خوردگی و کوتاه‌شدگی بخش باختری ایران شد که حاصل آن، پیدایی کوه‌های زاگرس است

دوره‌های فرسایشی که از اواخر اردویسین آغاز و تا زمان دونین ادامه داشته است، پیامد فازهای رویداد کالدونین دانسته می‌شود که عموماً از نوع زمین‌زاست. با وجود این، در کوه‌های تالش، شمال باختری کرمان، شمال شهمیرزاد سمنان، ناحیه‌ی ماکو و شمال شاهرود، نشانه‌هایی از دگرگونی و دگرشیبی وجود دارند که به پیامدهای کوه‌زایی این رخداد (کالدونین) اشاره دارند.

۴. رخدادهای وابسته به رویداد هرسی‌نین: در گستره‌های وسیعی از البرز و ایران مرکزی، بین سنگ‌های کربنیفر پایینی، متعلق به آشکوب ویزئن میانی، می‌توان به شواهدی از پس‌روی دریا و دوره‌های فرسایشی دست یافت. مهم این است که به جز در ناحیه‌ی طبس و احتمالاً خاور گرگان (ناحیه قشلاق)، سنگ‌های کربنیفر بالا وجود ندارند. اگرچه پس‌روی و پیش‌روی چندباره‌ی دریای کربنیفر ممکن است بیش‌تر پیامدهای دوره‌های یخبندان این زمان (کربنیفر) باشند، ولی در زمین‌شناسی ایران، وقفه‌های رسوبی یاد شده دستاورد حرکت‌های زمین‌زای هرسی‌نین دانسته می‌شوند. باوجوداین، ضروری است که اشاره کنیم، در نواحی گلپایگان، محلات، تکاب آذربایجان مرند ـ جلفا، خاور تهران، شمال باختری دریاچه‌ی ارومیه، ماسوله و... هرسی‌نین نشانه‌های کوه‌زایی دارد. ولی کوه‌زا بودن ـ حتی محلی ـ هرسی‌نین مورد پذیرش همگان نیست و حتی نبوی (۱۳۵۵) شواهد نسبت داده شده به هرسی‌نین را از آن کالدونین می‌داند.

ج) رخدادهای زمین‌ساختی آلپی (مزوزوییک ـ سنوزوییک)

در همه جای ایران، حرکت‌های زمین‌زای پالئوزوییک (به جز موارد استثنایی) تا اواخر تریاس میانی ادامه یافته‌اند، ولی از تریاس پسین به بعد، فازهای گوناگون وابسته به کوه‌زایی آلپی آغاز شده‌اند و کم و بیش تا زمان حال ادامه دارند. به رخدادهای زمان‌های تریاس ـ کرتاسه که پدید آمده از حوادثی به نام سیمرین پیشین، سیمرین میانی، سیمرین پسین و لارامید هستند، با نام «آلپ آغازی» اشاره می‌شود. رخدادهای پیرنئن به سن ائوسن ـ الیگوسن «آلپ میانی» و بالاخره رویدادهای زمین‌شناختی اواخر ترشیاری، «آلپ پایانی» نام دارند. نام، پیامد و زمان رویداد فازهای گوناگون کوه‌زایی آلپی را می‌توان به گونه‌ای که در ادامه می‌آید، خلاصه کرد.

گفتنی است که مزوزوئیک ایران به «پویایی پوسته» شهره است که با اشتقاق‌های درون قاره‌ای، هم‌گرایی و واگرایی ورق‌ها و تصادم آن‌ها همراه بوده است. این‌گونه حوادث، به‌ویژه اشتقاق‌های درون قاره‌ای مربوط به رویداد سیمرین پیشین و هم‌گرایی ورق‌ها، نتیجه‌ی تنش‌های فشارشی وابسته به رویداد لارامید است.

۱. کوهزایی سیمرین پیشین (تریاس پیشین): به جز دو ناحیه‌ی باختر دریاچه‌ی ارومیه (جلفا) و آباده که از پرمین به تریاس تدریجی و یا با وقفه‌های رسوبی بسیار کوتاه زمان، دانسته شده‌اند، در سایر نقاط ایران شرایط سکویی زمان پالئوزوییک تا اواخر تریاس میانی و به عبارت بهتر، تا اوایل تریاس پسین ادامه یافته است. ولی در این زمان (نزدیک به آشکوب نورین)، شرایط دریایی کم‌ژرفای TR^1 و TR^2 دستخوش تغییرات زیادشده که با تشکیل حوضه‌های کولابی ـ مردابی نزدیک به دریا، چین‌خوردگی، پیدایی ارتفاعات، تکاپوهای آتش‌فشانی و جای‌گیری توده‌هاین نفوذی همراه بوده است. نشانه‌های یاد شده که دستاورد نوعی کوه‌زایی سراسری هستند، با فاز کوه‌زایی سیمرین پیشین سایر نواحی جهان در خور قیاس و نام‌گذاری دانسته شده‌اند. در ایران، نشانه‌های زیر را می‌توان بخشی از پیامدهای این کوه‌زایی دانست:

- تکوین و تکامل اشتقاق تتیس جوان در محل تقریبی راندگی اصلی زاگرس.
- جدایش ورق ایران از ورق زاگرس و هم‌گرایی آن به سوی قاره‌ی اورازیا با هدف بستن اشتقاق تتیس کهن.
- تشکیل حوضه‌های رسوبی کم‌ژرفا از نوع باتلاقی ـ دریاچه‌ای در گستره‌های وسیعی از البرز، ایران مرکزی و کپه‌داغ (به جز زاگرس)، مساعد برای رشد گیاهان و انباشت شیل و سنگ‌ماسه‌های حاوی بقایای فراوان گیاهی برای تشکیل رسوب‌های زغال‌دار ایران.

● پیدایی بخشی از سنگ‌های آتش‌فشانی بازیک و قلیایی ایران که گاهی در اثر دگرسانی تأخیری به زون‌ها و یا عدسی‌های بوکسیت و لاتریت با ارزش اقتصادی تبدیل شده‌اند.

● جای‌گیری پاره‌ای از توده‌های نفوذی ایران نظیر بخشی از گرانیت‌های مشهد، گرانیت لاهیجان و ماسوله و...

● دگرگون و دگرشکل کردن سنگ‌های تریاس میانی و کهن که از بارزترین نشانه‌های کوه‌زا بودن فاز سیمرین پیشین است و به‌ویژه در جنوب خاوری زون سنندج ـ سیرجان، مشهد و... نشانه‌های بیش‌تری دارد.

● همزاد و وابسته به ماگماتیسم ناشی از رخداد سیمیرین پیشین بودن پاره‌ای ذخایر سرب، روی و باریت، به‌ویژه فلوریت‌های ایران.

۲. کوه‌زایی سیمرین میانی (ژوراسیک میانی): این رخداد که در اواسط ژوراسیک میانی روی داده، دارای شواهد و نشانه‌های زیر است:

● ایجاد فرازمین در گستره‌ی وسیعی از ایران حتی زاگرس، همراه با پس‌نشست دریا و سرانجام، گرفتن حوضه‌های رسوبی قدیمه و برقراری دوره‌های فرسایشی به گونه‌ای که نهشته‌های رسوبی نیمه‌ی دوم ژوراسیک میانی و بالایی، با سنگ‌های کهن‌تر ارتباط ناپیوسته و گاه دگرشیب دارند.

● سن رادیومتری بسیاری از توده‌های گرانیتی ایران نظیر گرانیت شیرکوه یزد، گرانیت کلاه‌قاضی اصفهان، و گرانیت شاه‌کوه لوت، چیزی در حدود ۱۷۰ میلیون سال است که به زمان ژوراسیک میانی و وابستگی توده‌های یاد شده و یا مشابه، به کوه‌زایی سیمرین میانی اشاره دارد.

● یکی از شواهد کوه‌زایی سیمرین میانی، پیدایی سنگ‌های آتش‌فشانی بازیک است که به‌ویژه در ناحیه‌ی «ترود» رخنمون دارد. اگرچه گسترش این سنگ‌ها در ایران چندان فراوان نیست، ولی در پاره‌ای نواحی (قفقاز)، ولکانیک‌های وابسته به رخداد سیمرین میانی پرحجم و بسیار گسترده‌اند.

● بخش بزرگی از دگرگونه‌ی نیمه‌ی شمال باختری زون سنندج ـ سیرجان، به‌ویژه در نواحی گلپایگان، ازنا، همدان و... وابستگی نزدیکی به کوه‌زایی سیمرین میانی دارند. در ضمن، نتیجه‌ی سن‌سنجی بیوتیت، میکاشیست‌های گارنت‌دار ۶۰ کیلومتری جنوب باختری نهبندان (بلوک لوت) به روش روبیدیم ـ استرونسیم، ۱۰±۱۶۵ میلیون سال تعیین شده است [کرافورد، ۱۹۷۷] که با فاز سیمرین میانی هماهنگی دارد.

● کانی‌زایی قلع در گرانیت شاه‌کوه، تنگستن در چاه کلب و چاه‌پلنگی، طلا در گرانیت زرین و... از پیامدهای سیمرین میانی است.

۳. رخداد سیمرین پسین (ژوراسیک پسین): جدا از رخداد فرسایشی در مرز تقریبی ژوراسیک میانی و ژوراسیک بالایی (رویداد طبسین)، از دیدگاه بسیاری از زمین‌شناسان در ایران، مرز ژوراسیک ـ کرتاسه با رویداد کوه‌زایی سیمرین پسین رقم زده می‌شود. ولی باید دانست، این رویداد کوه‌زایی نیست و ماهیت زمین‌زا دارد. دیگر آن‌که این رویداد مشخص کننده‌ی مرز ژوراسیک ـ کرتاسه نیست. به سخن دیگر، این حادثه‌ی زمین‌شناسی در اوایل کرتاسه و پیش از آشکوب بارمین، بر پالئوژئوگرافی و حوضه‌های رسوبی ایران اثر گذاشته است که مهم‌ترین پیامد آن، پس نشست دریا از فلات ایران است. از همین‌رو، در گستره‌ی وسیعی هم‌چون زاگرس، کپه‌داغ، البرز و ایران مرکزی، ترادف‌های ستبری از نهشته‌های تبخیری، معرف پایان پذیری دریایی ژوراسیک پایانی، به ویژه نهشته‌های آواری سرخ‌رنگ، معرف محیط‌های قاره‌ای اکسیدان و سن کرتاسه‌ی پیشین وجود دارد.

گفتنی است، پاره‌ای از شواهد کوه‌زایی منسوب به رخداد سیمرین پسین، نظیر جای‌گیری توده‌های نفوذی و یا پدیده‌های دگرگونی و... وابسته به رخدادهای کهن‌تر است که امروزه برای آن از واژه‌ی سیمرین میانی استفاده می‌شود.

۴. کوهزایی لارامین (کرتاسه پسین ـ ترشیری آغازی): در مرز کرتاسه‌ی پایین و کرتاسه‌ی بالا و نیز در ترادف‌های کرتاسه‌ی بالای ایران، نشانه‌هایی از ناپیوستگی رسوبی و بیش‌تر از نوع موازی وجود دارد که از آن‌ها به نام‌های «اتریشی» (مرز کرتاسه‌ی پایین و بالا) و یا «ساب‌هرسی‌نین» (ناپیوستگی‌های درون سازندی کرتاسه‌ی بالا) یاد می‌شود که تأثیر چندانی بر زمین‌شناسی ایران نداشته‌اند. ولی در پایان کرتاسه و به عبارت درست‌تر، در اوایل ترشیری، برخی تغییرات زمین‌شناسی حادث شده‌اند که پیامد یک کوه‌زایی هستند و در خور قیاس با کوه‌زایی لارامید دانشته می‌شوند و عمده‌ترین دستاوردهای آن عبارت‌اند از:

● چین‌خوردگی و ایجاد دگرشیبی بین ترادف‌های آغازین

در گستره‌ی وسیعی هم‌چون زاگرس، کپه‌داغ، البرز و ایران مرکزی، ترادف‌های ستبری از نهشته‌های تبخیری، معرف پایان‌پذیری دریایی ژوراسیک پایانی، به ویژه نهشته‌های آواری سرخ‌رنگ، معرف محیط‌های قاره‌ای اکسیدان و سن کرتاسه‌ی پیشین وجود دارد

ترشیری و سنگ‌های کهن‌تر در بیش‌تر نواحی ایران.

● ایجاد فرازمین در البرز شمالی و محدود شدن رسوب‌گذاری ترشیری به دامنه‌ی جنوبی.

● هم‌گرایی و برخورد ورق‌های جدامانده، ناشی از اشتقاق‌های درون‌قاره‌ای که به زمین‌درز تتیس جوان و هم‌خانواده‌های آن مشهورند. پیدایی مجموعه‌های افیولیتی ایران و فرارانش آن‌ها روی پوسته‌ی قاره‌ای، بخشی از این پیامد است.

● جای‌گیری توده‌های نفوذی معروفی هم‌چون گرانیت الوند همدان و همزادهای آن در نواحی بروجرد، ملایر و... از زون سنندج ـ سیرجان و یا باتولیت بزمان در جنوب بلوک لوت.

● ایجاد دگرگونی در سنگ‌های کرتاسه‌ی بالایی و کهن‌تر، به‌ویژه در پایانه‌ی شمال باختر زون سنندج ـ سیرجان و یا در کافت‌های درون‌قاره‌ای مزوتتیس.

● جدا از تنش‌های فشاری، فازهای رهایی کوه‌زایی لارامین در پیدایی سنگ‌های آتشفشانی و یا پیروکلاستیک‌های ائوسن (میانی) نقش پراهمیت داشته‌اند.

۵. کوه‌زایی پیرنئن (ائوسن ـ الیگوسن): این رخداد که در مرز ائوسن ـ الیگوسن عمل کرده، از نوع کوه‌زایی است که پیامدهای در خور توجهی، به‌ویژه در جغرافیای دیرینه‌ی ایران داشته است. بخشی از مهم‌ترین پیامدهای این رویداد عبارت‌اند از:

● بازپسین پس نشست دریا را در گستره‌هایی هم‌چون البرز جنوبی، کپه‌داغ و کوه‌های خاور ایران سبب شده است.

● بسیاری از توده‌های نفوذی ایران در البرز، سنندج ـ سیرجان و خاور ایران، هم‌چون گرانیت‌های زاهدان، نفوذی‌های بازیک اطراف تهران و... حاصل عملکرد این رویداد هستند.

● سنگ‌های آتشفشانی وابسته به رخداد پیرنئن را به‌ویژه در کمان ماگمایی ارومیه ـ بزمان و نیز در نواحی وسیعی از بلوک لوت و حتی در پهنه‌ی فلیشی خاور ایران می‌توان دید.

● دگرگونی وابسته به کوه زایی پیرنئن چندان گسترده نیست. با وجود این، سخت شدن و تبلور دوباره‌ی گدازه‌ها و آذرآواری‌های ائوسن که همراه با پیدایی کانی‌های ثانوی مانند زئولیت، آنالسیم و آلبیت است، نشانه‌هایی از دگرگونی پیرنئن هستند.

● فلززایی، به ویژه مس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و ذخایر اصلی مس ایران، نظیر مس سرچشمه و همزادهای آن در این فاز تشکیل شده‌اند. وجود کانسارهای مس، سرب ـ روی و آنتیموان در سنگ‌های آتشفشانی و نیمه‌عمیق بخش شمالی لوت سبب شده است که لطفی (۱۳۶۴) فاز پیرنئن را عصر فلززایی در ناحیه‌ی شمالی لوت بداند.

۶. کوه‌زایی پاسادنین: جدا از رویدادهای موسوم به ساویین (مرز الیگوسن ـ میوسن)، استیریین (میوسن میانی) و آتیکن (مرز میوسن ـ پلیوسن) که پیامدهای سراسری نداشته‌اند، مهم‌ترین رخداد آلپ پایانی که بر جغرافیای دیرینه، ساختار و مورفوتکتونیک ایران اثرهایی درخور توجه داشته است، از پلیوسن پایانی آغاز شده و تا کواترنری آغازی ادامه داشته است و نام «پاسادنین» دارد که پاره‌ای از مهم‌ترین پیامدهای آن عبارت‌اند از:

● چین‌خوردگی پیشرفته در کوه‌های زاگرس و کپه‌داغ و به پایان بردن دوره‌ی تکاملی این دو پهنه.

● کوتاه و ستبرشدگی همراه با چین‌خوردگی و گسلش فشاری و شکل‌گیری سیمای ریخت زمین‌شناسی امروزی ایران.

● تکرار تکاپوهای آتشفشانی در کوه‌های سهند، سبلان و بزمان و آغاز فعالیت در آتشفشان دماوند و تفتان.

● جای‌گیری توده‌های نفوذی جوان ایران، مانند گرانیت علم‌کوه، آکاپل، قهرود کاشان و...

● فعالیت دوباره‌ی گسل‌های کهن در البرز، همراه با جابه‌جایی صفحه از پس خشکی (NE) و پیش خشکی (SW).

نکته‌ی پایانی

رخداد پاسادنین، پایان حرکت‌های زمین‌ساختی ایران نیست. موارد زیر نشان می‌دهند که فلات ایران هم‌چنان تحت تأثیر نیروهای زمین‌ساختی قرار دارد:

● چین‌خوردگی دوباره‌ی نهشت‌های کنگلومرایی پس از کوه‌زایی آلپ پایانی.

● کج شدن پادگانه‌های آبرفتی کواترنری.

● فعالیت دوباره‌ی آتشفشان‌های دماوند و تفتان.

● ایجاد گسل‌های زمین‌لرزه‌ای جوان در رسوبات کواترنری.

● پیوستگی فرورانش پوسته‌ی اقیانوسی عمان به زیر صفحه‌ی

قاره‌ای مکران به میزان حدود پنج سانتی‌متر در سال.

● تداوم کوتاه‌شدگی امروزی زاگرس به میزان ۳/۵ تا ۴/۸ سانتی‌متر در سال.

بین موارد یاد شده، تداوم فشارهای ناشی از باز شدن دریای سرخ و حرکت صفحه‌ی عربستان به سوی زاگرس، فرورانش پوسته‌ی اقیانوسی عمان به زیر مکران، فشارهای وارده از ورق توران به بخش‌های شمال خاوری ایران، و دگرشیبی‌های ناشی از حرکت پوسته‌ی قاره‌ای آناتولی (ترکیه) در امتداد گسل امتداد لغز خاور ترکیه، عواملی هستند که از جهان گوناگون در دگرشیبی امروز ایران مؤثرند.

* کارشناس ارشد و عضو هیئت علمی پژوهشکده‌ی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

پی نوشت

1. Orogeny
2. Epirogeny
3. Assyntic
4. Top Quartzite

منابع

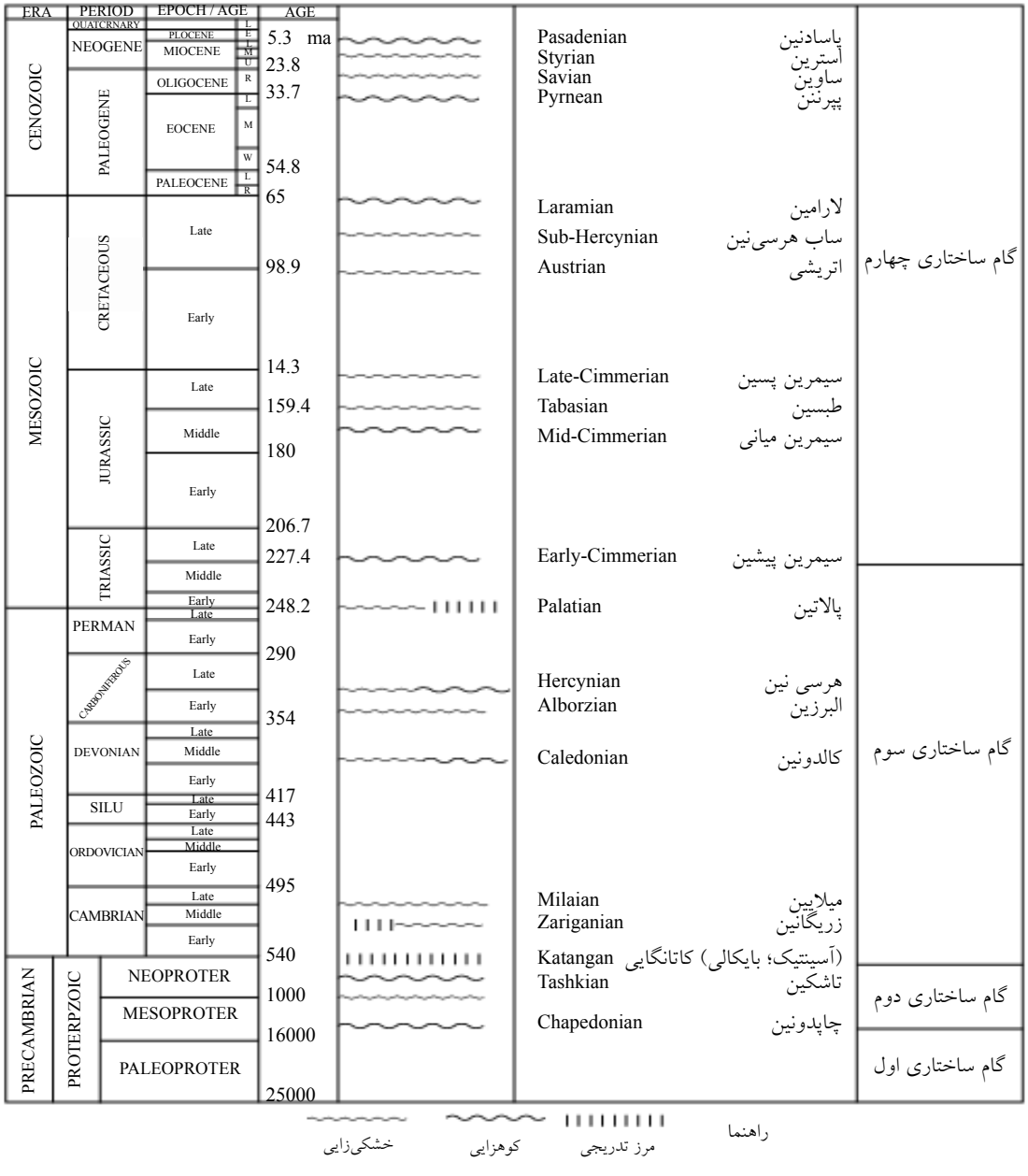
۱. آقانباتی، ع (۱۳۸۳). زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی کشور.

۲. بربریان، م (۱۹۸۱). نگاهی به پالئوژئوگرافی و تحول ساختاری ایران. مجله‌ی علوم زمین کانادا (انگلیسی).

۳. حقی‌پور، ع (۱۹۷٤). بررسی زمین‌شناسی ناحیه‌ی بیابانک ـ بافق (فرانسه).

٤. لطفی، م (۱۳٦٤). خلاصه‌ی مطالعه‌ی فاز متالوژنی پیرنه‌ای. چهارمین گردهمایی علوم زمین.

۵. نبوی، م. ج (۱۳۵۵)، دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران.



شکل ۱. رخدادهای زمین‌ساختی عمده‌ی اثرگذار بر زمین‌شناسی ایران

طلا و کانسارهای آن در ایران

پرویز عباس‌زاده*
گلناز شکوه زنگنه*

درآمد

طلا از گذشته‌های بسیار دور، به‌دلیل جلای زیبا، مقاومت بالا در مقابل اکسیداسیون و دیگر عوامل شیمیایی، شکل‌پذیری خوب و کمیابی، همواره مورد توجه بشر بوده و هنوز دارای اهمیت ویژه‌ای است. طلا به‌عنوان استاندارد پولی جهان مطرح و بیش‌ترین مصرف آن در ساخت سکه و شمش طلا، به‌عنوان ذخایر پولی بین‌المللی است. از این فلز زیبا و مقاوم، به‌صورت زیورآلات و کارهای هنری هم استفاده می‌شود. هم‌چنین، در ساخت لوازم الکتریکی دقیق نیز کاربرد دارد و این زمینه در آینده، رده‌ی اول مصرف طلا را به خود اختصاص خواهد داد. فلز طلا، سرمایه‌ی ملی و پشتوانه‌ی اقتصادی هر کشور است.

کلیدواژه‌ها: کانسار طلا، تاریخچه‌ی طلا، کانی‌شناسی طلا، سنگ آذرین، پرکامبرین، پلاسر و حوزه‌های طلادار ایران.

تاریخچه

«Gold» (طلا) از اسم گوتیک «Gult» گرفته شده است.این فلز از قدیمی‌ترین فلزات شناخته شده است، زیرا به سادگی شکل می‌پذیرد. هندی‌ها اولین‌بار در کتاب مقدسشان (۴۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح) به طلا اشاره کرده‌اند. قدیمی‌ترین معدن طلا (۴۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح) در بین‌النهرین در خاورمیانه، به سومریان تعلق داشته است. یافته‌ها نشان می‌دهند، بین سال‌های ۲۶۸۵ تا ۲۶۵۴ قبل از میلاد، در «آبیدوس»[1] و «نگده»[2] مصر، زرگری مرسوم بوده است. این زمان به پیش از تاریخ استفاده از نقره برمی‌گردد. در آن زمان، استفاده از طلا در جواهرسازی و تزئینات، به جز برای فرعونیان، خانواده آن‌ها، کاهنین و مقامات بلندپایه، ممنوع بود. براساس اطلاعات محلی در مصر، وجود طلا برای اولین‌بار در نیل آبی گزارش شده است که به سال ۲۲۰۰ قبل از میلاد برمی‌گردد.

خواص فیزیکی طلا

طلای خالص بدون شک زیباترین فلزات است. جلای فلزی و رنگ زرد دارد. چکش‌خوارترین و رساناترین فلز بعد از نقره و مس محسوب می‌شود. فقط یک ایزوتوپ پایدار طلا وجود دارد و آن هم ایزوتوپ ۷۹ آن است. طلا دارای ۲۴ ایزوتوپ رادیواکتیو است. سختی این فلز برحسب مقیاس موس برابر با ۳ـ۲/۵ و در مقایسه با دیگر فلزات، از خاصیت ورقه و مفتول شدن زیادتری برخوردار است. طلا را می‌توان به‌صورت ورقه‌ای با ضخامت ۰/۰۰۰۰۱ میلی‌متر و مفتولی به جرم ۰/۰۰۰۵ گرم در هر متر درآورد. آلیاژ آن با مس، قرمزتر، سخت‌تر و قابلیت گداخته‌شدن بیش‌تری نسبت به طلای خالص دارد. به‌وسیله‌ی الکترولیز، می‌توان صفحاتی به ضخامت ۰/۰۰۰۰۱ میلی‌متر، و با کشش می‌توان مفتولی به قطر ۰/۰۰۶ میلی‌متر از طلا به‌وجود آورد. یک گرم طلا تا طول سه کیلومتر قابل کشش است.

کانی‌شناسی

قدیمی‌ترین معدن طلا (۴۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح) در بین‌النهرین در خاورمیانه، به سومریان تعلق داشته است

طلا در طبقه‌بندی عناصر طبیعی در گروه مس قرار می‌گیرد و در سیستم «کوبیک» متبلور می‌شود، ولی بلورهای مکعبی آن نادرند. این فلز در اثر آلیاژ شدن با مس و دیگر فلزات، سخت می‌شود. طلا در طبیعت بیش‌تر با مقداری نقره همراه است. طلای خالص چگالی بالایی دارد و وزن مخصوص آن ۱۹/۳ است که وقتی نقره‌ی همراه آن بیش‌تر باشد، تا ۱۵/۶ کاهش می‌یابد و دارای سطح شکست تیز و کدر، جلای فلزی به رنگ زرد، رنگه خاکه‌ی زرد و بسیار چکش‌خوار و مفتولی‌شدن است. طلا به واسطه‌ی خاصیت چکش‌خواری و وزن مخصوص زیاد، از پیریت، کالکوپیریت و میکاهای تجزیه‌شده‌ی زردرنگ مشخص می‌شود. این فلز گران‌بها معمولاً به‌صورت دانه‌های پراکنده در رگه‌های کوارتز با پیریت و دیگر سولفورها، یا به‌صورت دانه‌های گرد یا گاه تکه‌های درشت‌تر در رسوبات رودخانه‌ای یافت می‌شود.

تصویر ۱. طلای کوبیک با سطوح اکتاهدری

تصویر ۲. طلای خالص همراه سیلیس

کانسارهای طلا

بیش‌تر طلای جهان از معادنی تأمین می‌شود که در آن‌ها طلا محصول اصلی است. اما مقادیر مهمی نیز در حین تصفیه‌ی فلزات دیگر، به ویژه مس، بازیابی می‌شوند. در ایالات‌متحده‌ی آمریکا، در طول سال ۱۹۸۳، حدود ۲۰ درصد کل تولید طلا، محصول فرعی استخراج فلزات پایه به‌ویژه مس بود. طلا در چندین کشور، از کانی‌های مس بازیابی می‌شود. برای مثال، این فلز از کانی‌های نیکل در کانادا و از کانی‌های پلاتین در آفریقای جنوبی بازیابی می‌شود. سایر کشورهایی که در آن‌ها طلا به‌عنوان یک محصول فرعی مهم بازیابی می‌شود، عبارت‌اند از: فیلیپین، استرالیا، گینه‌ی جدید، مکزیک و شوروی سابق. در ایران نیز از معدن مس سرچشمه‌ی کرمان، طلا به‌عنوان یک محصول فرعی به‌دست می‌آید. نقره به خاطر همراهی و ارتباط آن با طلا در کانی‌ها، به‌عنوان یک محصول، همراه تمامی عملیات استخراج طلا وجود دارد. در ایالات‌متحده، در تصفیه‌ی نهایی طلا به‌عنوان یک محصول فرعی، مقادیر مهمی از فلزات خانواده‌ی پلاتین (به‌ویژه پالادیم) نیز بازیابی می‌شوند.

طلا، با سولفیدهای فلزی غیرآهنی و کانی‌های وابسته به آن، ارتباط بسیار نزدیکی دارد و غالباً با این سولفیدها و یا محصولات ناشی از اکسیدشدگی آن‌ها همراه است. این همراهان طلا عبارت‌اند از: کالکوپیریت، اسفالریت، گالن، آرسنوپیریت، پیریت، آنتیمونیت، لیمونیت و کوارتز.

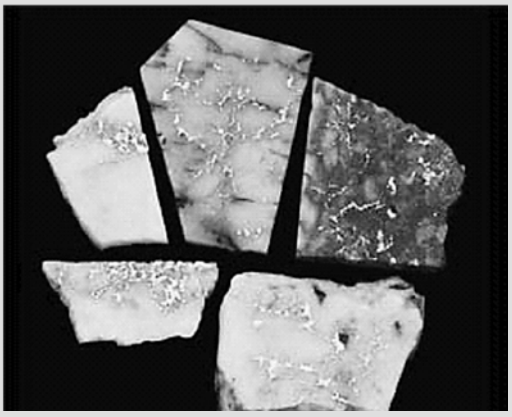
کانی «باطله»[۳]ی همراه طلا، معمولاً کوارتز است، اما کربنات‌ها، تورمالین، فلوئوراسپار، فلوریت و مقدار کمی از کانی‌های غیرفلزی نیز ممکن است به‌عنوان باطله‌ی طلا وجود داشته باشند. طلا معمولاً در سولفیدهای «فلزات پایه»[۴] و کانی‌های وابسته‌ی آن‌ها، جای می‌گیرد. به‌طور کلی کانسارهای طلا را به دو نوع تقسیم‌بندی می‌کنند:

الف) کانسارهای برجا

در کانسارهای برجا، طلا همراه سنگ‌های آذرین اسیدی عمیق و نیمه‌عمیق و به ندرت در سنگ‌های آذرین خروجی پیدا می‌شود. در هر صورت، همراه کوارتز در رگه‌های کوارتز، همراه کانی‌های کلسیت، باریت، فلورین، آلاباندین

و هم‌چنین همراه کانی‌های فلزی مانند: پیریت، بلند، کالکوپیریت، کانی‌های نقره و کانی‌های تلور (Te)، و خیلی به ندرت همراه سلنیم (Se) می‌توان آن را یافت.

تصویر۳.رگه‌های بزرگ طلا در معدنی واقع در استرالیا



تصویر٤.وجود طلا در سنگ‌های کوارتزی

ب) کانسارهای آبرفتی

کانسارهای آبرفتی از تخریب کانسارهای برجا و حمل آن‌ها به‌وسیله‌ی عوامل طبیعی، تشکیل می‌شوند و تجمع طلای ناب در این‌صورت در بستر رودخانه‌ها و دریاچه‌های بسته انجام می‌گیرد. در این شرایط، طلا همراه سایر کانی‌های سنگین مانند کرندوم، زیرکن، منازیت، کاسیتریت، گارنت و بالاخره مگنتیت (به شکل ماسه‌ی سیاه) مشاهده می‌شود. سنگ‌های رسوبی به‌ویژه ماسه‌سنگ‌ها، از درصد بیش‌تری طلا برخوردارند. تمرکزهای مکانیکی، ذخایر عظیم پلاسری را به‌وجود می‌آورند که امروزه، این پلاسرهای طلادار برای استخراج طلا بسیار اهمیت دارند و بین ماسه‌ها و شن‌ها به همراه سایر فلزات سنگین، طلا هم دیده می‌شود. حتی اگر مقدار طلا در پلاسرها تا چند دهم گرم در تن باشد نیز، استخراج آن از نظر اقتصادی باصرفه است.

کانسارهای طلای پرکامبرین

کانسارهای مهم طلای دنیا در سپرهای گرینستون آرکئن و رسوبات آواری پروتروزوئیک کشف شده‌اند. کمربندهای گرینستون آرکئن در بیش‌تر سپرهای قدیمی مشاهده می‌شوند. برای مثال می‌توان کمربند «باربرتن»[۶] آفریقای جنوبی، کمربند «رودزیا»، کمربند «کالگورلی»[۷] غرب استرالیا و کمربند «هاروار»[۸] را ذکر کرد. کانی‌سازی در این کمربندها تا حدود زیادی مشابه است. فراوانی طلا در این کمربندها به قدری است که در گذشته به نام کمربندهای طلا معروف بودند. امروزه حدود ۶۵ درصد طلای دنیا از معادن واقع در سپرهای گرینستون آفریقا، استرالیا، کانادا، برزیل، هندوستان و آمریکا استخراج می‌شود.

تصویر۵. معدن طلای هیکرافت (Hycroft) در نوادای آمریکا

تصویر ٦. معدن طلای کالگورلی واقع در غرب استرالیا

کانسارهای طلای پرکامبرین به حالت‌های متفاوت زیر یافت می‌شوند:

کانسارهای مهم طلای دنیا در سپرهای گرینستون آرکئن و رسوبات آواری پروتروزوئیک کشف شده‌اند

۱. طلا همراه با رسوبات شیمیایی آهن‌دار

درسری سنگ‌های گرینستون آرکئن، در افق‌هایی که رسوبات شیمیایی دریایی از جمله چرت، کربنات و آهن به همراه توف تشکیل شده‌اند، طلا یافت می‌شود. این نوع کانسارها در سپر برزیل، آفریقا، هندوستان و آمریکا کشف شده و در حال بهره‌برداری‌اند. کانی‌های مهم این کانسارها عبارت‌اند از: پیروتیت، پیریت، آرسنو پیریت و کالکوپیریت که طلا در اطراف و داخل سولفید قرار دارد. مقدار ذخیره‌ی هر کانسار به‌طور متوسط ۱۰ میلیون تن با عیار متوسط ۸ گرم طلا در تن است.

۲. طلا همراه ماسیو سولفیدهای Cu-Zn-Au

کانسارهای ماسیو سولفید، مهم‌ترین کانسارهای آرکئن را تشکیل می‌دهند که به‌طور عمده از مس و روی تشکیل شده‌اند و در سپرهای گرینستون دنیا، به‌خصوص کانادا کشف شده‌اند. سپرهای آرکئن که ضخامت سنگ‌های آتشفشانی آن گاهی به ۱۲ کیلومتر می‌رسد، از بازالت، داسیت، آندزیت و ریولیت تشکیل شده‌اند. ماسیو سولفیدهای Cu-Zn-Au در بخش فوقانی این سری سنگ‌های آتشفشانی زیردریایی کشف شده‌اند. ذخیره‌ی ماده‌ی معدنی، در توف‌های اسیدی زیر رسوبات نرم دریایی واقع می‌شود. شکل ذخیره‌ی مربوطه، عدسی مانند و کشیده است که در بخش فوقانی حاوی پیریت، اسفالریت، کالکوپیریت و در قسمت تحتانی حاوی کالکوپیریت و پیریت (با یا بدون پیروتیت) است. طلا در زون غنی از اسفالریت یافت می‌شود. مقدار ذخیره‌ی این کانسارها از حدود چند صد تن تا ۵۰ میلیون تن در نوسان است. این کانسارها حاوی ۰/۱ تا ۵ گرم در تن طلا، ۱۵ تا ۱۰۰ گرم در تن نقره، ۰/۵ تا ۵ درصد مس و ۰/۵ تا ۱۲ درصد روی هستند.

۳. رگه‌های طلا

این کانسارها در شیست‌های سبز آرکئن یافت می‌شوند. سنگ اولیه شامل سنگ‌های مافیکی، اولترامافیکی، ولکانیکی و رسوبات شیمیایی می‌شود. طلا را می‌توان به‌صورت آزاد و در داخل پیریت، آرسنوپیریت و دیگر سولفیدها یافت. مقدار ذخیره در بیش‌تر موارد کمتر از یک میلیون تن و عیار طلا بین ۱۵ تا ۱۰۰ گرم در تن در نوسان است. این ذخایر در سپرهای آرکئن کانادا، رودزیا و استرالیا کشف شده‌اند.

۴. طلا به صورت پلاسر

بخش عمده‌ی این نوع کانسارها در اواخر آرکئن و اوایل پروتروزوئیک تشکیل شده است. حدود ۵ درصد طلای دنیا از پلاسرهای آرکئن و پروتروزوئیک به‌دست می‌آید. بزرگ‌ترین معادن طلای پلاسر پرکامبرین، در آفریقای جنوبی واقع شده‌اند؛ نظیر ناحیه‌ی «ویت واترزراند»[۹] که طلای آن داخل کنگلومرایی یافت می‌شود که قطعات آن را کوارتز رگه‌ای، چرت، ماسه‌سنگ، قطعات سنگ‌های آتشفشانی و پلوتونیکی و سنگ‌های دگرگونی تشکیل داده‌اند. این پلاسر تنها در سال ۱۹۶۱، تولیدی متجاوز از ۲۰ میلیون اونس طلا داشته است. این ذخیره که از سال ۱۸۸۶ مورد بهره‌برداری قرار گرفته، در محدوده‌ی بیضی شکلی به وسعت بیش از ۶۰ هزار کیلومتر مربع در جنوب و جنوب غربی ژوهانسبورگ گسترده شده است.

تصویر۷. لاوک

تصویر۸. طلای پلاسری شسته‌شده‌ی درون لاوک

این کانسارها شامل ذخایر اپی ترمال، ماسیو سولفید، مس پورفیری و پلاسرها می‌شوند. طلای تولیدی اکثر کشورها نظیر فیلیپین، زلاندنو، ژاپن، گینه‌ی جدید، اندونزی، شیلی، پرو، مکزیک و غیره از کانسارهای فانروزوئیک استخراج می‌شود.

۱. کانسارهای طلای اپی‌نرمال

این نوع کانسارها به‌دلیل ذخیره‌ی نسبتاً زیاد، امکان بهره‌برداری به روش روباز و مینرالوژی ساده که روش تغلیظ آن را آسان‌تر می‌سازد، مورد توجه زیادی قرار دارند. ذخایر طلای اپی‌ترمال، بیش‌تر به همراه سنگ‌های پیروکلاستیک اسیدی و حد واسط نوع کالک آلکالن دوران سوم که در خارج از آب تشکیل شده‌اند، یافت می‌شوند. آب‌های سطحی نقش مهمی در تشکیل ذخایر اپی‌ترمال دارند. حرارت تشکیل این ذخایر در حدود ۵۰ تا ۲۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد گزارش شده است. بافت ذخیره، اکثراً از نوع پرکننده‌ی فضای خالی، استوک ورک، برشی، افشان و جانشینی است. با در نظر گرفتن درجه‌ی حرارت، بافت و محیط تشکیل، این ذخایر از سطح تا عمق حداکثر ۸۰۰ متری تشکیل شده‌اند. تحقیقات **هنلی**[10] (۱۹۸۶) و **کراپ**[11] (۱۹۸۷) نشان می‌دهد که شباهت نزدیکی بین زون‌های ژئوشیمیایی و آلتراسیون ذخایر طلای اپی‌ترمال و چشمه‌های آب گرم وجود دارد.

۲. کانسارهای ماسیوسولفید

این کانسارها در مراحل نهایی فعالیت آتشفشان‌های زیردریایی تشکیل می‌شوند. خصوصیات مهم آن‌ها عبارت‌اند از: داشتن ۲۰ تا ۶۰ درصد سولفید، هم‌زمانی با سنگ‌های آتشفشانی زیردریایی، ذخیره‌ی عدسی‌شکل با بافت‌های توده‌ای و کانی‌شناسی ساده‌ی پیریت، کالکوپیریت و اسفالریت (با یا بدون گالن و پیروتیت). این ذخایر حاوی ۰/۱ تا ۱/۵ گرم در تن طلا و ۵ تا ۸/۵ درصد روی هستند .

۳. کانسارهای مس پورفیری طلادار

عیار طلا در برخی کانسارهای مس پورفیری قابل توجه است. لذا به‌عنوان محصول جانبی در این کانسارها اهمیت دارد. کانسارهای مس پورفیری همراه سنگ‌های مونزونیتی، دیوریتی و گرانودیوریتی کالک آلکن کشف می‌شوند. اصطلاح پورفیری، از بافت پورفیری سنگ‌های همراه، بافت استوک‌ورک و پراکنده، ذخیره و ابعاد زیاد ذخیره اخذ شده است. کانسارهای مس پورفیری، در کمربندهای تکتونیکی زون فرورانش حاشیه‌ی قاره‌ها و جزایر قوسی کشف شده‌اند. این کانسارها را براساس موقعیت تکتونیکی و سنگ‌های همراه آن‌ها، به دو گروه نوع مونزونیتی و نوع دیوریتی تقسیم می‌کنند. عیار طلا در کانسارهای دیوریتی نسبت به نوع مونزونیتی بیش‌تر است و محصول جانبی این کانسارها طلاست. در صورتی که در نوع مونزونیتی، محصول جانبی مولیبدن است.

مطالعات نشان می‌دهند که عیار بالای طلا در مرکز سیستم و بر زون پتاسیک منطبق است. در این زون، رابطه‌ی مستقیمی بین عیار طلا و مس دیده می‌شود. عیار طلا در نوع دیوریتی به‌طور متوسط ۰/۵ گرم در تن است. در صورتی که در نوع مونزونیتی به ندرت به ۰/۲ گرم در تن می‌رسد. طلا در این نوع ذخایر همراه کالکوپیریت و به‌ندرت به‌صورت خالص یافته شده است. عیار طلا در اسکارن‌های مس‌دار که بیش‌تر در مجاورت ذخایر مس پورفیری در سنگ‌های کربناته تشکیل می‌شوند، ۰/۸ تا ۰/۸۵ گرم در تن است که بیش‌تر از عیار طلای مس پورفیری است.

عیار و میزان ذخیره‌ی کانسارهای طلای فانروزوئیک

عیار طلای ذخایر رگه‌ای از سایر ذخایر بیش‌تر است. لیکن میزان ذخیره‌ی کم و هزینه‌های بهره‌برداری و کانه‌آرایی آن‌ها به نسبت زیاد است. کانسارهای اپی‌ترمال از نوع پراکنده در سنگ‌های کربناته و آتشفشانی، هرچند دارای عیار

بزرگ‌ترین معادن طلای پلاسر پرکامبرین، در آفریقای جنوبی واقع شده‌اند؛ نظیرناحیه‌ی «ویت واترزراند»[9] که طلای آن داخل کنگلومرایی یافت می‌شود

کانسارهای مس پورفیری، در کمربندهای تکتونیکی زون فرورانش حاشیه‌ی قاره‌ها و جزایر قوسی کشف شده‌اند

اندیس‌های عمده در ناحیه‌ی طلادار موته عبارت‌اند از: معادن طلای چاه خاتون، سنجده، دره اشکی، تنگه زر، چشمه گوهر، قرم‌قرم، چاه باغ، چاه علامه و سه کلپ

پایین هستند، اما به‌دلیل بالا بودن مقدار ذخیره و پایین بودن هزینه‌های بهره‌برداری، تغلیظ و تصفیه، بیش از سایر کانسارهای فانروزوئیک ارزش اقتصادی دارند. کانسارهای مس پورفیری حداقل عیار طلا را دارند و فقط به‌عنوان محصول جانبی مورد توجه هستند. بنابراین از بین کانسارهای طلای فانروزوئیک که در آن‌ها طلا محصول اصلی است، فقط کانسارهای اپی‌ترمال و پلاسر اهمیت دارند که از این مجموعه، کانسارهای نوع پراکنده در سنگ‌های کربناته و نوع چشمه‌های آبگرم بیش‌ترین ارزش اقتصادی را دارند.

حوزه‌های طلادار ایران

در کشور ما دو نوار و ایالت با پراکندگی قانونمند طلا را می‌توان نام برد:

الف) نوار ولکانیکی ـ رسوبی ترشیری سراسر ایران

این قسمت در طول یک محور شمال‌غرب ـ جنوب‌شرقی، از مرز ارس در آذربایجان شروع می‌شود و سراسر ایران را می‌پیماید و از بلوچستان به پاکستان می‌رود. شاخه‌ی فرعی آن به موازات البرز و از جنوب آن، به افغانستان می‌رود. مجموعه سنگ‌های آذرین ـ رسوبی، با ترکیب خیلی بازیک تا خیلی اسیدی، غالباً شامل توف و پیروکلاستیک و گدازه با توده‌های اسیدی تا متوسط و رسوبات مارنی و کربناتی مربوط به اواخر کرتاسه تا اواخر ترشیاری، این نوارها را تشکیل می‌دهند. بخش وسیعی از آذربایجان شرقی، همدان، زنجان، قزوین، تهران، قم، ساوه، کاشان، نطنز، انارک، شهر بابک، رفسنجان، سیرجان، راین و جیرفت روی محور اصلی و سمنان، شاهرود، عباس‌آباد، کاشمر و تایباد روی شاخه‌ی فرعی این محور قرار دارند. طلا در بسیاری از نقاط روی این محور، چه به‌صورت مستقل و چه همراه مس، مولیبدن، آرسنیک، آنتیموان و غیره شناخته می‌شود و تعداد زیادی نقاط مستعد وجود دارند که قابل مطالعه هستند.

ب) مجموعه سنگ‌های دگرگونی قدیمی و توده‌ای آذرین درون آن‌ها

در این سنگ‌ها دو نوارو یک ناحیه‌ی طلادار مربوط به این مجموعه که ادامه‌ی آن‌ها از مرزهای کشور نیز بیرون می‌رود، قرار می‌گیرند:

۱. نوار متالوژنی شمال‌غرب: این نوار از کردستان در ناحیه‌ی مریوان شروع می‌شود و از باختران، همدان، بروجرد، ازنا و الیگودرز می‌گذرد. در حقیقت، محوری به موازات نوار ولکانیکی ـ رسوبی ترشیاری را در ضلع جنوبی آن تشکیل می‌دهد. کانسارهای موته و آستانه را می‌توان به این محور منتسب کرد.

۲. محور مشهد: در امتداد شمال‌غرب ـ جنوب‌شرق، از جنوب‌شرقی قوچان شروع می‌شود و از شمال تربت‌جام می‌گذرد و به افغانستان می‌رود. کانسار باستانی طلای طرقبه و آثار معدنی طلای تاریک دره و اولنگ فیروزکوه، منسوب به این محور هستند.

۳. جنوب خراسان، سیستان و ایران مرکزی: آثار طلادار در این نواحی، به‌صورت پراکنده با مقادیری قلع و تنگستن، در مجموعه‌های سنگ‌های دگرگونی وجود دارند. شاخه‌ای از این بیرون‌زدگی‌ها در مناطق تکاب و آذربایجان نیز دارای طلاست.

سه کانسار بزرگ طلا در ایران

۱. طلای ساری گونای (داشکسن سابق)

کانسارطلای ساری گونای، تقریباً در ۶۰ کیلومتری شمال‌غرب شهر همدان، در گوشه‌ی جنوب‌شرقی استان کردستان در شمال‌غرب ایران واقع است. اولین مطالعات شناسایی در تیر و مرداد ۱۳۷۸، به کشف یک سیستم هیدروترمال مهم به وسعت ۱۶ کیلومتر مربع همراه با کانی‌زایی طلا، آنیتموان و آرسنیک به سن الیگومیوسن در داخل داسیت و آندزیت پورفیری و توف‌های آتشفشانی انجامید. از این کارهای مقدماتی دانسته شد که نشانه‌هایی از سیستم طلای اپی‌ترمال غنی از سولفید وجود دارد. کانی‌زایی طلا، همراه با پیریت ریزدانه‌ی تیره تا خاکستری است و رالگار و اورپیمان و سیلیسی شدن متوسط تا شدید با آن همراه است. دگرسانی شدید ایلیتی نیز معمولاً به خوبی در پهنه‌ی کانی‌زایی توسعه یافته است. ذخیره‌ی کانسار در نوامبر و دسامبر ۲۰۰۳، با استفاده از داده‌های حفاری و نمونه‌های ترانشه‌ای موجود در آن زمان، شناسایی شد (شامل داده‌های حفاری با فاصله‌ی ۳۳ متر) که تقریباً ۱۳۰ـ۱۲۰ میلیون تن سنگ معدن با عیار طلای دو گرم بر تن است.

تصویر۹. موقعیت کانسار طلای ساری گونای در ایران

واحدهای زمین‌شناسی در محدوده‌ی کانسارو مناطق مجاور، شامل واحدهای ائوسن، میوسن، پلیوسن و کواترنری است

تصویر۱۰. کانی‌زایی در کانسار داشکسن (ساری گونای)

۲. معدن طلای موته

معدن طلای موته در ۲۷۰ کیلومتری جنوب‌غرب تهران، در رشته‌کوه‌های واقع در جنوب دلیجان ـ شمالی‌غربی میمه و شمال‌شرقی گلپایگان قرار دارد. فاصله‌ی مجتمع معدنی موته از روستای موته که در کنار جاده‌ی آسفالته‌ی گلپایگان قرار دارد، ۸ تا ۱۰ کیلومتری است. شایان ذکر است از معدن موته، حدود ۴۰۰۰ سال قبل بهره‌برداری سطحی و محدود شده است. کاوش‌های باستان‌شناسی در منطقه، با کشف ابزارهای قدیمی استخراج، این حقیقت را ثابت کرده‌اند. اندیس‌های عمده در ناحیه‌ی طلادار موته عبارت‌اند از: معادن طلای چاه خاتون، سنجده، دره اشکی، تنگه زر، چشمه گوهر، قرمقرم، چاه باغ، چاه علامه و سه کلپ.

ذخایر طلای مذکور اغلب در امتداد شکستگی‌ها در مناطق دگرسان به‌وجود آمده‌اند و تماماً همراه کانی‌های فلزی طلادار از قبیل پیریت و کالکوپیریت‌ها هستند. لذا غالباً گسترش عمقی و عرضی زیادی ندارند و گسترش طولی آن‌ها نیز به طول گسل‌های مذکور بستگی دارد. کانسارهای شناخته شده در ناحیه‌ی طلای موته در مجموعه‌ای از سنگ‌های دگرگون شده و در دوران اول تشکیل شده‌اند. نهشته‌های مذکور به‌صورت تپه‌های ماهورهای رنگی در شمال روستای موته گسترش یافته‌اند. ذخایر طلا به شکل رگه‌ای و رگچه‌ای، داخل درزها و شکستگی‌های شیست‌ها مربوط به تشکیلات، به‌صورت کانی‌های طلادار یافت می‌شود. مشخصات کانی‌زایی طلای مذکور با مشخصاتی از کیفیت سیلیسی شدن و سریسیتی شدن سنگ‌های دربرگیرنده، همراه با برشی شدن رگه‌های کوارتز و کانی پیریت توأم است.

مساحت ناحیه‌ی طلای موته بالغ بر ۲۵ کیلومتر مربع و ذخیره‌ی آن در حدود دو میلیون تن سنگ طلادار است. استخراج طلا در هر سال ۴۰۰ تا ۵۰۰ کیلوگرم است.

تصویر ۱۱.نمای ماده‌ی معدنی سینه کار پیشروی معدن موته

تصویر ۱۲. نمایی از کارخانه‌ی فراوری موته

۳. کانسار ارغش

ناحیه‌ی معدنی ارغش ـ چشمه زرد به وسعت ۲۵ کیلومترمربع، در نیمه‌ی شمالی استان خراسان رضوی و در ۴۵کیلومتری جنوب‌غرب نیشابور واقع شده است. این ناحیه در تقسیمات زمین‌شناسی ایران در زون ایران مرکزی و در واحد ژئوتکتونیکی سبزوار قرار دارد. بخشی از زون سبزوار را افیولیت‌های نابرجای کرتاسه و بخشی دیگر را نوار آتشفشانی بعد از کرتاسه تشکیل می‌دهند که به موازات مجموعه‌ی افیولیتی کشیده شده‌اند. ناحیه‌ی ارغش نیز جزئی از این نوار آتشفشانی به‌شمار می‌رود. علاوه بر سنگ‌های آتشفشانی، تعدادی توده‌های نفوذی نیز به‌طور پراکنده داخل این واحد تزریق شده‌اند. واحدهای زمین‌شناسی در محدوده‌ی کانسارو مناطق مجاور، شامل واحدهای ائوسن، میوسن، پلیوسن و کواترنری است. کانی‌زایی طلا احتمالاً ناشی از جای‌گزینی سیالات دارای عناصر کانی‌ساز حاصل از پیشرفت فرایند تفریق ماگمایی در شکستگی‌ها و تشکیل رگه‌های سیلیسی طلادار و کلسیت است.

در ناحیه‌ی معدنی ارغش، گسل‌های متعددی مشاهده می‌شوند که به‌طور عمده دارای دو روند اصلی تقریباً خاوری ـ باختری و شمال خاوری ـ جنوب باختری هستند. این روندها از روند گسل‌های درونه در جنوب ناحیه‌ی ارغش با روند خاوری ـ باختری و تکنار با روند شمالی ـ جنوبی تبعیت می‌کنند. رگه‌های سیلیس، کلسیت و آنتیموان در امتداد گسل‌ها در این ناحیه هستند. بنابراین، شکل‌گیری رگه‌های موجود در ارتباط نزدیک با فعالیت گسل‌هاست. ارغش بخشی از نوار آتشفشانی حاشیه‌ی کمپلکس افیولیتی سبزوار است. در این ناحیه، نفوذ توده‌های گرانیتوئیدی به درون سنگ‌های آتشفشانی ائوسن و سیالات ماگمایی و گرمای حاصل از آن، باعث دگرسانی در سنگ‌های گرانیتوئیدی و سنگ‌های میزبان شده است.

براساس مطالعات پتروگرافی و شواهد صحرایی، آلتراسیون‌های سریسیتی، آرژلیتی، سیلیسی، پروپیلیتی و نیز سرپانتینی و کلریتی شدن در منطقه قابل مشاهده است. هم‌چنین، به‌دلیل وجود درزه و شکستگی‌های فراوان، سیالات هیدروترمالی حاصل از تفریق ماگمایی که غنی از مواد معدنی بوده‌اند، به درون شکستگی‌های مذکور تزریق شده‌اند و ضمن تشکیل رگه‌های سیلیسی و کلسیتی طلادار، باعث دگرسانی در سنگ‌های میزبان نیز شده‌اند.

* کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، شرکت مهندسی کانی‌کاوان شرق
* کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، شرکت مهندسین مشاور زرناب اکتشاف

پی‌نوشت

1. Abydos 2. Nagada 3. Gangue 4. Base metals 5. Metamorphic 6. Barberten 7. Kalgoorlie 8. Dharwar 9. Witwatersrand 10. Henly 11. Krupp

منابع

۱. ژیلبرت، جان، م و پارک، چارلز اف. زمین‌شناسی کانسارها. ترجمه‌ی سعید علیرضایی. نشر امروز و انتشارات امیرکبیر. تهران. ۱۳۷۸.
۲. پایگاه ملی داده‌های علوم زمین (www.ngdir.ir)
۳. سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا (www.usgs.gov).
٤. Ore geology-Atkinoson.k(۱۹۸٦). Cambridge university press.

زمین‌شناسی و توان معدنی استان هرمزگان

سیدعلی آقانباتی*

۱. موقعیت جغرافیایی

استان هرمزگان با حدود ۶۸۴۷۲ کیلومتر مربع وسعت، بین استان‌های فارس، کرمان و سیستان ـ بلوچستان قرار دارد. حد جنوبی استان به حاشیه‌ی شمالی خلیج فارس و دریای عمان محدود است. مرکز استان شهرستان بندرعباس است که تا تهران ۱۰۷۹ کیلومتر فاصله دارد.

استان هرمزگان از مناطق گرم و خشک ایران است و از همین‌رو، آب و هوای بیابانی و نیمه‌بیابانی دارد. در نواحی ساحلی، رطوبت موجود از تغییرات دمای شب و روز می‌کاهد، ولی در بخش بلند و کوهستانی شمال استان، به لحاظ کاهش نسبی رطوبت، تغییرات دمای شب و روز زیاد است. در این استان چند رود شور (کل و مهران) و چندین رود شیرین (گنج، جگین، میناب، جلایی و رود شیرین) جریان دارند که تمام آن‌ها هرز آب‌های سطحی ارتفاعات شمالی استان را در خلیج‌فارس و دریای عمان تخلیه می‌کنند.

استان هرمزگان پنج شهرستان (بندرعباس، بندر لنگه، میناب، قشم و ابوموسی)، ۱۸ بخش و ۴۵ دهستان دارد. زبان اکثر مردم فارسی است، ولی در بعضی از مناطق استان اهالی با گویش محلی و یا زبان عربی گفت‌وگو می‌کنند.

کلید واژه‌ها: استان هرمزگان، پهنه‌ی زاگرس، پهنه‌ی مکران، پهنه‌ی ایران مرکزی، توان معدنی استان هرمزگان، زمین‌شناسی:... استان هرمزگان

۲. جایگاه و ویژگی‌های زمین‌شناسی

استان هرمزگان در جنوب ایران و در شمال تنگه‌ی هرمز قرار دارد. جایگاه جغرافیایی این استان و قرارگیری آن در فصل مشترک سه پهنه‌ی ساختاری ـ رسوبی زاگرس، مکران و ایران مرکزی سبب شده است که استان هرمزگان جایگاه زمین‌شناسی و خاصه‌های ساختاری ویژه‌ای داشته باشد. به همین لحاظ، از نگاه زمین‌شناسی می‌توان استان هرمزگان را به سه پهنه‌ی جداگانه‌ی زیر تقسیم کرد (راهنمای ۱):

الف) پهنه‌ی زاگرس که گستره‌های واقع در شمال بندرعباس تا باختر بندرلنگه را زیر پوشش دارد.

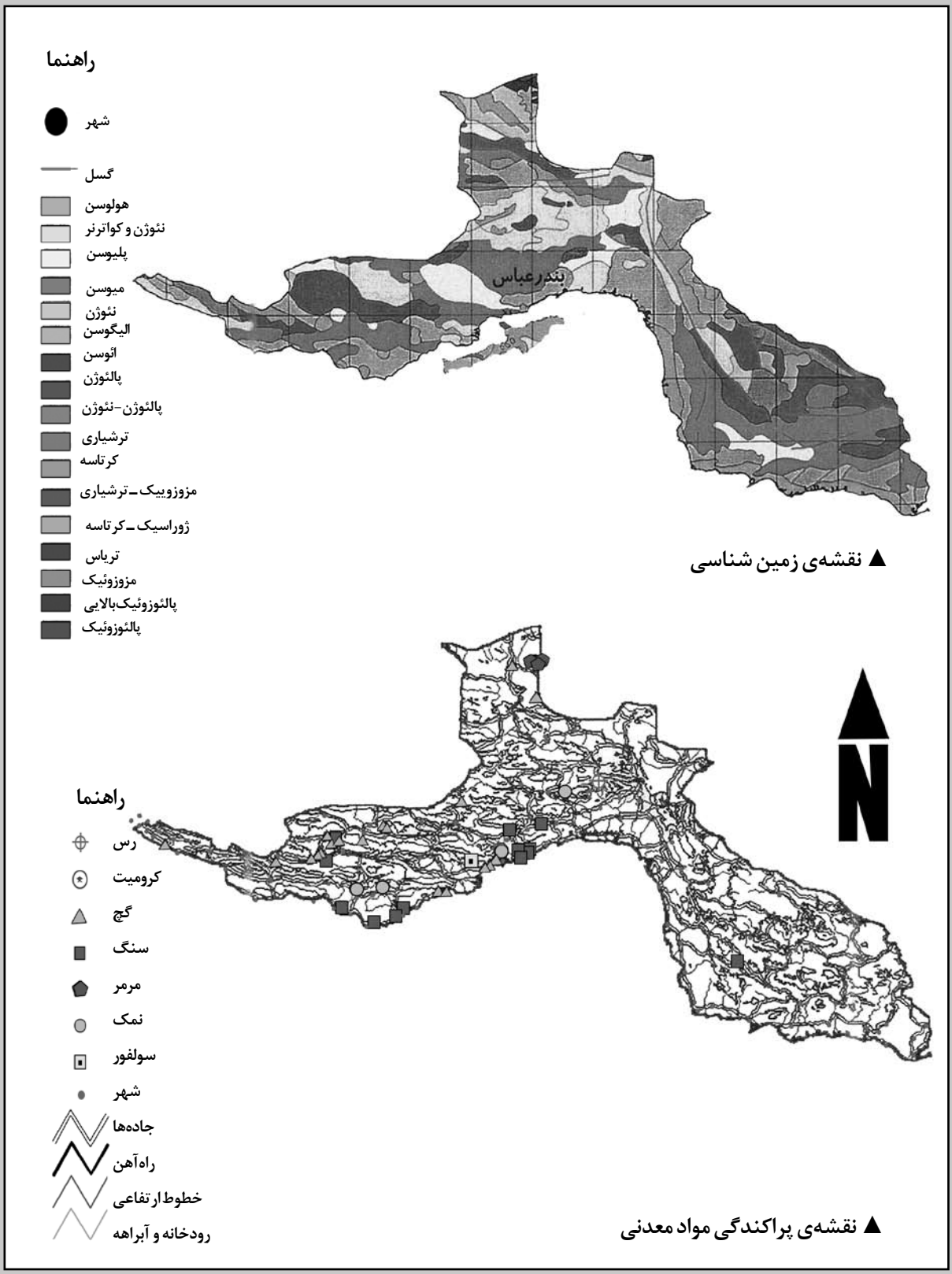
ب) پهنه‌ی مکران که شامل نواحی واقع در خاور میناب تا خاور جاسک است.

ج) پهنه‌ی ایران مرکزی که در پایانه‌ی شمالی استان هرمزگان قرار دارد.

ویژگی‌های زمین‌شناسی عمومی و ساختاری سه پهنه‌ی مذکور را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

الف) پهنه‌ی زاگرس

نواحی واقع در شمال و خاور بندرعباس، پایانه‌ی جنوب خاوری کوه‌های زاگرس است که از دو زیر پهنه‌ی زاگرس مرتفع و زاگرس چین خورده تشکیل شده که به بخش چین خورده‌ی آن، «هینترلند بندرعباس» نام داده شده است. تفاوت‌های عمده‌ی این دو زیر پهنه در بخش مربوط به استان هرمزگان، عمدتاً در راستای


راهنما
شهر
گسل
هولوسن
نئوژن و کواترنر
پلیوسن
میوسن
نئوژن
الیگوسن
ائوسن
پالئوژن
پالئوژن-نئوژن
ترشیاری
کرتاسه
مزوزوییک ـ ترشیاری
ژوراسیک ـ کرتاسه
تریاس
مزوزوئیک
پالئوزوئیک بالایی
پالئوزوئیک
بندرعباس
▲ نقشه‌ی زمین شناسی
N
راهنما
رس
کرومیت
گچ
سنگ
مرمر
نمک
سولفور
شهر
جاده‌ها
راه‌آهن
خطوط ارتفاعی
رودخانه و آبراهه
▲ نقشه‌ی پراکندگی مواد معدنی

راهنمای ۱

پوسته‌ی اقیانوسی پی‌سنگ مکران شامل مجموعه‌ای از سنگ‌های اولترامافیک دگرگونه نظیر پریدوتیت، گابرو، دیاباز به همراه رسوب‌های رادیولاریتی و کربناتی پلاژیک است که به شدت با یکدیگر مخلوط شده‌اند و با «آمیزه‌های رنگین» سایر نواحی ایران قابل مقایسه هستند

تفاوت‌های ساختاری است، ولی از نظر توالی‌های سنگی تفاوت چندانی ندارند. در هر دو زیر پهنه، واحدهای تکتونواستراتیگرافیک زیر را می‌توان شناسایی کرد:

● اول، توالی‌های پلاتفرمی پرکامبرین پسین ـ تریاس میانی. ردیف‌های نمکی این مجموعه (سری نمکی هرمز) را می‌توان به‌صورت تعداد زیادی گنبد نمکی در شمال و باختر بندرعباس دید، ولی واحدهای مربوط به پالئوزوئیک، عمدتاً در ۴۰ کیلومتری شمال بندرعباس و در کوه‌های گهکم و فراقون برونزد دارند. در این برونزدها، توالی‌های پالئوزوئیک کامل نیست و داشتن ایست‌های رسوبی بزرگ بین شیل‌های گراپتولیت‌دار سیلورین (سازند سرچاهان) و سنگ ماسه‌های سفیدرنگ دونین (سازند فراقون)، و هم‌چنین وقفه‌ی رسوبی بین سنگ‌های دونین بالا و آواری‌های قاعده‌ی سازند کربناتی دالان به سن پرمین و به بزرگی حدود ۷۰ میلیون سال، از ویژگی‌های آن است.

● دوم، ردیف‌های کربناتی ژوراسیک کرتاسه بالایی که در سکوی قاره‌ای اقیانوس «تتیس جوان انباشته شده‌اند و امروزه، به ویژه بخش کرتاسه‌ی آن‌ها، در هسته‌ی تاقدیس برونزد دارند.

● سوم، توالی‌های هم‌زمان کوه‌زایی سنوزوئیک که ممکن است دریایی یا غیردریایی باشند.

بخش پایینی این توالی را کربنات‌های پلاتفرمی ائوسن و اولیگو ـ میوسن (سازندهای جهرم و آسماری) تشکیل می‌دهند که هسته‌ی پاره‌ای از تاقدیس‌های بلند استان را می‌سازند. سنگ‌های میوسن بیشتر سکانس‌های آواری هم‌زمان با کوه‌زایی هستند که در محیط‌های دریایی پسرونده، به سمت جنوب رسوب کرده‌اند و در فرهنگ چینه‌شناسی، «زاگرس گروه فارس» نام دارند. گروه فارس با انباشته‌های گچی «سازند گچساران» و یا هم‌ارزهای آواری آن (سازند رازک) آغاز می‌شود و در پی آن، مارن‌های دریایی سازند میشان و بالاخره انباشته‌های آواری قرمز رنگ سازند آغاجاری قرار دارد. جوان‌ترین سنگ‌های این مجموعه، انباشته‌های کنگلومرایی سازند بختیاری هستند که در نواحی کم‌ارتفاع تاقدیس‌ها و یا در هسته‌ی ناودیس‌ها رخنمون دارند.

از نگاه تکتونیکی، ساختارهای ناحیه بیشتر تناوبی از تاقدیس‌ها و ناودیس‌های موازی‌اند که روند عمومی آن‌ها کم‌وبیش خاوری ـ باختری است. با این حال در مجاورت با گنبدهای نمکی سری هرمز، تغییراتی در روند چین‌ها دیده می‌شود. بیشترین تغییر در مجاورت گسل شمالی ـ جنوبی میناب دیده می‌شود که حرکت‌های امتداد لغز و شیب‌لغز آن، تغییرات قابل توجهی در روند چین‌ها ایجاد کرده است. در نواحی شمال ـ شمال باختری و باختر استان هرمزگان، عوامل مؤثر در چین‌خوردگی کماکان پویا هستند. به همین دلیل، زمین حرکت‌های روبه‌بالا دارد که با فشردگی و کوتاه‌شدگی پوسته و در نتیجه تمرکز انرژی همراه است. رها شدن انرژی تقریباً دائمی است. به همین لحاظ تکان‌های زمین به‌صورت زمین‌لرزه زیاد است که گاهی با ویرانی زیاد و تلفات انسانی همراه می‌شود.

ب) پهنه‌ی مکران

در نواحی واقع در خاور شهرستان و گسل میناب، به‌عنوان بخشی از پهنه‌ی ساختاری رسوبی مکران، ویژگی‌های پی‌سنگی و الگوی ساختاری ویژه‌ای حاکم است که با سایر نواحی استان هرمزگان تفاوت‌های آشکار دارد. در این بخش، بر خلاف بخش مربوط به زاگرس، پی‌سنگ از نوع پوسته‌های اقیانوسی است که با توالی نسبتاً ضخیمی (حدود ۱۰۰۰۰متر) از نهشته‌های فلیشی و مولاسی کرتاسه‌ی پسین ـ پلیوسن پوشیده شده‌اند. بخش افیولیتی پی‌سنگ در حاشیه‌ی شمالی و رسوب‌های فلیشی ـ مولاسی در قسمت‌های میانی و جنوبی رخنمون دارد.

پوسته‌ی اقیانوسی پی‌سنگ مکران شامل مجموعه‌ای از سنگ‌های اولترامافیک دگرگونه نظیر پریدوتیت، گابرو، دیاباز به همراه رسوب‌های رادیولاریتی و کربناتی پلاژیک است که به شدت با یکدیگر مخلوط شده‌اند و با «آمیزه‌های رنگین» سایر نواحی ایران قابل مقایسه هستند. این پوسته با وجود نداشتن رخنمون گسترده به لحاظ داشتن کرومیت، کانی‌های گروه پلاتین و... می‌تواند در

خور توجه باشد. فلیش‌ها و مولاس‌های ترشیاری که پوشش رویی پی‌سنگ را تشکیل می‌دهند، نواحی واقع بین حاشیه‌ی شمالی استان تا سواحل دریای عمان را زیر پوشش دارند. این سنگ‌ها، در یک روند شمال به جنوب سن کمتری دارند. جوان‌ترین آن‌ها، توالی‌های سست و کم‌سیمان آواری‌های پلیوسن هستند که به‌ویژه نواحی نزدیک به ساحل مکران را پوشانده‌اند.

زون گسلی میناب، در یک روند شمالی ـ جنوبی، سبب شده است که در حد خاوری بخش مکران استان هرمزگان، ساختارها دگرشکلی قابل توجه داشته باشند. ولی در سایر نواحی، ساختارهای تکتونیکی روند خاوری ـ باختری دارند که در نتیجه، عملکرد گسل‌های تراستی به‌صورت منشورهای فزاینده‌ی نابرجا به سمت جنوب حرکت کرده‌اند. به‌همین دلیل در بیشتر نواحی حدهای زمین‌شناسی از نوع گسل‌های طولی است که روند آن‌ها با چین‌های ناحیه، هم‌خوان و موازی است.

ج) پهنه‌ی ایران مرکزی

نواحی واقع در حاشیه‌ی شمالی استان هرمزگان (شمال حاجی‌آباد)، ویژگی‌های زمین‌شناسی کاملاً متفاوت با سایر بخش‌های استان دارد. به گفته‌ی دیگر، نواحی مورد نظر به‌عنوان پایانه‌ی جنوب خاوری زون سنندج ـ سیرجان، نوعی گودی ژرف میان بلوک است که به‌وسیله‌ی زون راندگی اصلی زاگرس از سایر قسمت‌های استان هرمزگان (زاگرس و مکران) جدا شده است. دگرگون و دگرشکل بودن سنگ‌ها از خاصه‌های این بخش است که فراوانی سنگ‌های آتشفشانی و توده‌های نفوذی به سن‌های گوناگون، بر این ویژگی آن می‌افزایند.

پی سنگ این ناحیه ممکن است از نوع اولترامافیک‌های دگرگونه باشد. سنگ‌های پالئوزوئیک، بیشتر دگرگونه‌های انباشته شده روی پلاتفرم‌های ناپایدارند و به همین لحاظ، عموماً ساخت‌های آشفته دارند. سنگ‌های مزوزوئیک پایینی (تریاس پسین ـ ژوراسیک میانی) انباشته‌های شپلی گودهای پویا هستند که سنگ‌های آتشفشانی فراوان دارند. در این بخش مجموعه‌ای از افیولیت و رادیو لاریت‌های نابرجا، مربوط به نواحی خاکی وجود دارد که بیشتر به سن کرتاسه پسین هستند.

الگوی ساختاری حاکم بر این ناحیه از نوع ساختمان‌های دوبلکس و راندگی‌های هم‌آغوشی بزرگ مقیاس است که در اثر آن، ورق‌های دگرگون شده و نادگرگونه به مقدار متفاوتی به سمت

در بخش خاوری، اکتشافات ناحیه‌ای از نوع ژئوشیمیایی هستند که گاه در مقیاس نیمه‌تفصیلی یا تفصیلی اجرا شده‌اند

جنوب باختر جابه‌جا و رانده شده‌اند فرایندهای دگرگونی ماگماتیسم سبب شده است، توان معدنی این بخش از استان هرمزگان در خور توجه باشد. به همین علت است که بخش بیشتر معادن استان در این قسمت پراکنده‌اند.

۳. توان معدنی

در استان هرمزگان، تاریخچه‌ی تکوین زمین‌شناسی نشانگر عملکرد، حوادث و فرایندهای متفاوت زمین‌شناسی است که موجب افزایش توان معدنی استان شده است. در غرب استان، وجود کمربند چین‌خورده‌ی زاگرس و شرایط خاص زمین‌شناسی حاکم بر آن، موجب تجمع ذخایر هیدروکربوری قابل توجه شده است. افزون بر آن، ناحیه‌ی مورد نظر از حیث ذخایر معدنی غیرفلزی، توانایی کافی دارد.

در خاور استان، کمربندهای افیولیتی، فعالیت ماگماتیسم و فرایندهای گرمایی، ظرفیت‌های معدنی متنوعی از ذخایر فلزی و غیرفلزی فراهم آورده‌اند. اطلاعات موجود حاکی از آن است که استان هرمزگان، از نظر کرومیت، تیتان، مس، منگنز و سنگ‌های تزئینی و نما، به ویژه ذخایر نفتی و گازی قابل بازیافت، ظرفیت خوبی دارد که در صورت شناسایی، اکتشافی و بهره‌برداری، در توسعه‌ی اقتصادی استان نقش اساسی خواهد داشت.

با توجه به پهنه‌های ساختاری، قلمروهای معدنی استان هرمزگان عبارت‌اند از:

الف) ناحیه‌ی زاگرس

ناحیه‌ی زاگرس، غرب و شمال غرب استان را شامل می‌شود. در این ناحیه، رسوبات دوران‌های اول، دوم و سوم به‌طور هم‌شیب روی هم قرار دارند که در پلیوسن چین خورده‌اند. به علاوه بیش از ۸۰ عدد گنبد نمکی وجود دارد و سنگ‌های ماگمایی و آتشفشانی در گنبدهای نمکی گزارش شده است. جزایر خلیج‌فارس دنباله‌ی ارتفاعات زاگرس هستند که به دریا کشیده شده و قسمت‌های مرتفع آن از آب بیرون آمده است. به‌جز قشم، کیش، لاوان و هندورابی،

بقیه‌ی جزایر استان غالباً به‌صورت گنبد نمکی (سازند هرمز) هستند که شامل مجموعه‌ای از سنگ‌های ماگمایی و دگرگونی‌اند و توسط توده‌های نمکی به سطح زمین رسیده‌اند. مواد معدنی ناحیه‌ی زاگرس عبارت‌اند از:

سنگ گچ: که به‌طور عمده در مصالح ساختمانی به مصرف می‌رسد و سایر مصارف جنبی آن در ساخت سیمان، کودهای شیمیایی و پرکننده‌هاست. در حال حاضر، ۱۷ معدن سنگ گچ با ذخیره‌ای بالغ بر میلیون‌ها تن در غرب استان وجود دارد که محصولات نهایی آن‌ها به‌صورت پودر گچ و ماکادام روانه‌ی بازارهای داخلی و خارجی می‌شوند. ماکادام تولید شده از معادن مذکور، به علت کیفیت مطلوب و پایین بودن هزینه‌ی حمل و نقل دریایی، مورد استقبال بازار کشورهای خلیج فارس قرار گرفته است که از این طریق ارز قابل توجهی وارد کشور می‌شود. در این راستا طی سال گذشته بالغ بر ۸۰ هزار تن سنگ گچ به کشورهای مذکور صادر شده است. لذا با توجه به تأثیر این موضوع در توسعه‌ی اقتصادی کشور، باید نسبت به توسعه و بهبود معادن گچ و وضعیت معدنکاران اقدامات مناسبی صورت پذیرد.

سنگ نمک: بالغ بر ۸۰ گنبد نمکی در استان با ده‌ها میلیون تن ذخیره وجود دارد که عمدتاً در نیمه‌ی غربی استان قرار دارند. این ماده‌ی معدنی دارای مصارف متفاوتی از جمله مصارف خوراکی و صنعتی (صید و صیادی)، و تهیه کودهای شیمیایی است. با توجه به‌ذخایر بالای این ماده‌ی معدنی، می‌طلبد که بازار مناسبی برای صادرات و بهره‌گیری از این ذخایر معدنی صورت پذیرد.

سنگ آهک: این ماده معدنی عمدتاً در مصالح ساختمانی، سیمان، پرکننده‌ها، کودهای شیمیایی و کمک ذوب‌ها به مصرف می‌رسد. در حال حاضر، شرکت سیمان هرمزگان برای تأمین سنگ‌آهک مورد نیاز کارخانه، به اکتشاف و شناسایی اندیس‌های قابل توجهی از این ماده‌ی معدنی اقدام کرده است. از ذخایر سنگ آهک موجود در استان به‌عنوان سنگ‌های لاشه و تزئینی، و هم‌چنین برای پخت در کوره استفاده می‌شود. نظر به مقاومت بالای سنگ آهک در مقابل قلیایی‌ها، می‌توان در پروژه‌های ساحلی و بندرگاهی به نحو مطلوب از آن استفاده کرد.

خاک سرخ: این ماده‌ی معدنی در گنبدهای نمکی و برخی از جزایر خلیج‌فارس یافت می‌شود. در حال حاضر چهار معدن خاک سرخ در استان وجود دارد که مهم‌ترین و بزرگ‌ترین آن‌ها، «معدن خاک سرخ هرمز» با ذخیره‌ای بالغ بر ۳۹۰هزار تن، در جزیره‌ی هرمز واقع است. خاک سرخ معدن مذکور ازنوع درجه یک و در دنیا بی‌نظیر است که طی سال‌های گذشته به کشورهایی از قبیل پاکستان، هند، عمان، امارات متحده عربی، فرانسه، انگلیس و پرتغال صادر می‌شده است. این ماده‌ی معدنی در رنگ‌سازی و لعاب‌ها، لاستیک‌سازی، رنگ‌آمیزی بتن و مصالح ساختمانی، سرامیک، کاغذسازی، لوازم آرایشی، کودها و شیشه‌سازی مصرف دارد. مصرف عمده‌ی خاک سرخ، در رنگ‌سازی برای تهیه و تولید ضدزنگ اخرایی است.

گل‌سرشوی (بنتونیت): مصارف انواع خاص آن در صنعت حفاری، بی‌رنگ کننده‌ها، جذب کننده‌ها و تصفیه است. ذخایر این ماده‌ی معدنی در مناطق غربی و شمال غرب استان شناسایی شده است.

سنگ آهن: مصرف عمده‌ی آن در صنایع فولاد است. ذخایر آهنی استان (هماتیت) در جزیره‌ی لارک، فارور، تنگ زاغ و بخش فین (مناطق آردان، تشکن و کوران) شناخته شده است. در حال حاضر «معدن تنگ زاغ» در فاصله‌ی ۱۱۰کیلومتری شمال بندرعباس با ذخیره‌ای بالغ بر ۱۲ میلیون‌تن، توسط شرکت راه‌آهن شهری تهران و حومه (مترو) مراحل اکتشافی را به پایان رسانده و هم‌اکنون در مرحله‌ی آماده‌سازی برای بهره‌برداری است.

سنگ‌های ساختمانی: شامل سنگ‌های آذرین و آهکی که عمدتاً به‌صورت سنگ لاشه و نما هستند. با توجه به این‌که اکثر معادن سنگ لاشه نزدیک شهر بندرعباس واقع شده‌اند، از سنگ‌های حاصله در پروژه‌های بزرگ ملی از قبیل طرح احیای اراضی ساحلی شهر بندرعباس، ساخت موج‌شکن، نصب تأسیسات آب شیرین کن «مجتمع آلومینیوم المهدی» (عج)،ایجاد محوطه و اسکله‌سازی «شرکت بین‌المللی صدرا» در مجاورت کشتی‌سازی و... استفاده می‌شود. معادن سنگ لاشه‌ی دیگری در مناطق بندر لنگه و جاسک وجود دارد که سنگ‌های استخراج شده از آن، در ساخت و اجرای پروژه‌های متفاوت به مصرف می‌رسند.

ب)ناحیه‌ی‌فلش‌های‌مکران‌وآمیزه‌های‌رنگین

این نواحی که شرق و جنوب شرق استان را شامل می‌شوند، از سمت غرب به گسل میناب محدودند. این ناحیه شامل رسوبات حاصل از جریان‌های آشفته و سنگ‌های آتشفشانی و رسوبات نواحی عمیق (پلاژیک) دریایی، قطعات بزرگ تکتونیکی، سنگ‌های

جدول۱. نقشه‌های ۲۵۰۰۰۰: ۱ بررسی شده‌ی هرمزگان

ردیف	بررسی کننده	نام نقشه‌ها	تعداد
۱	سازمان زمین شناسی	پیوشک، جاسک، طاهروئی، میناب، سبزواران، حاجی‌آباد	٦
۲	شرکت ملی نفت	بندرعباس، لار، بندرلنگه، بایرام	٤

الترابازیک و ریف‌های آهکی مرجانی، و به‌طور کلی جزئی از کمربند افیولیتی آلپ ـ هیمالیا است. اندیس‌های موجود معدنی شناخته شده عبارت‌اند از:

نسوزها: شامل کرومیت، آزبست و منیزیت است که ذخایر عمده‌ی کرومیت در منطقه‌ی رودان و بشاگرد قرار دارد. ذخایر منیزیت قابل توجهی شناسایی نشده است. معادن کرومیت فاریاب در استان هرمزگان، درون سنگ‌های اولترابازیک (افیولیت‌ها) قرار دارند و دارای توده‌های بزرگ‌تر و ذخیره‌ی بیشتری نسبت به کرومیت‌های سایر نقاط ایران هستند. با احداث پالایشگاه فروکروم آبادان، میزان استخراج کرومیت از معادن مذکور افزایش چشم‌گیری داشته است که علاوه بر تأمین مواد اولیه‌ی پالایشگاه، سالانه حدود ۳۰۰-۲۵۰ هزار تن نیز به کشورهای چین و ژاپن صادر می‌شود و از این طریق، ارز قابل توجهی به کشور می‌آید. در شمال شرق میناب، راهدار و بشاگرد نیز ظرفیت‌هایی از کرومیت شناسایی شده‌اند.

منگنز: اندیس‌هایی از آن در مناطق کوه شاه احمدی و بشاگرد کشف شده است. طی سال ۱۳۷۴، «شرکت معادن فاریاب»، برای تأمین بخشی از خوراک پالایشگاه آبادان، به پی‌جویی، اکتشاف و اخذ ۱۰ فقره موافقت‌نامه‌ی اصولی به منظور اکتشاف منگنز در این مناطق دست زد.

تالک: مصرف عمده‌ی آن در صنعت، پرکننده‌ها و لوازم بهداشتی است. اندیس‌هایی از آن تاکنون در منطقه‌ی بشاگرد (در پهن) شناسایی شده‌اند.

اسمکتیت: منابع آن در بشاگرد غربی شناسایی شده‌اند. مصرف عمده‌ی آن در صنعت نفت، لوازم بهداشتی، تصفیه‌ی آب، مصارف دارویی، پرکننده‌ها، بی‌رنگ کننده‌ها و جذب کننده‌هاست.

سنگ‌های تزئینی و نما: اندیس‌های شناخته شده‌ی آن‌ها در خمینی شهر بشاگرد و منطقه‌ی کوه شاه‌احمدی و رودان قرار دارند. طی سال ۱۳۷۴، در منطقه‌ی خیرآباد طرح اکتشاف مقدماتی سنگ‌های تزئینی به اجرا درآمده است.

ج) زون سنندج ـ سیرجان

این ناحیه که مراحل دگرگونی و ماگماتیسم فراوانی را پشت‌سر گذاشته است و فعال‌ترین ناحیه‌ی ساختمانی ایران محسوب می‌شود، دارای سنگ‌های آتشفشانی، ماگمایی و رسوبی تخریبی بین لایه‌ای، آهک گلوبی ژرین و سنگ‌های دگرگونی از قبیل گنایس، گارنت، شیست، آمفیبولیت، کالک شیست، میکاشیست، گرین شیست و سنگ چینی است. مواد معدنی این ناحیه عبارت‌اند از:

سنگ‌های تزئینی و نما: که عمدتاً سنگ چینی هستند، با ذخیره‌ی ده‌ها میلیون تن که اکثر آن‌ها، مجوزهای اکتشاف اداره‌ی کل مربوط به سنگ‌های چینی این منطقه را دارند. ذخایر آن از شمال حاجی‌آباد به‌طرف کوه شاه احمدی تمرکز دارد. «معدن سنگ چینی قدمگاه» که یکی از مهم‌ترین معادن منطقه است، در باغات حاجی‌آباد قرار دارد، از سال ۱۳۷۱ به‌صورت مکانیزه در آمده است. امتیاز بهره‌برداری این معدن به شرکت سهامی کل معادن تعلق دارد که با شش کارگاه، به پیمانکاران واگذار شده است و عمده سنگ‌های استخراج شده از آن، به سنگ‌بری‌های استان‌های کرمان، اصفهان، فارس و تهران ارسال می‌شود.

هم‌چنین در این منطقه محدوده‌های دیگری از سنگ تزئینی (معدن دهنه‌ی خشک و آق‌شتیل) وجود دارند که مراحل اکتشافی را به پایان رسانده‌اند و پس از آماده‌سازی و تجهیز، بهره‌برداری از آن‌ها شروع شده است.

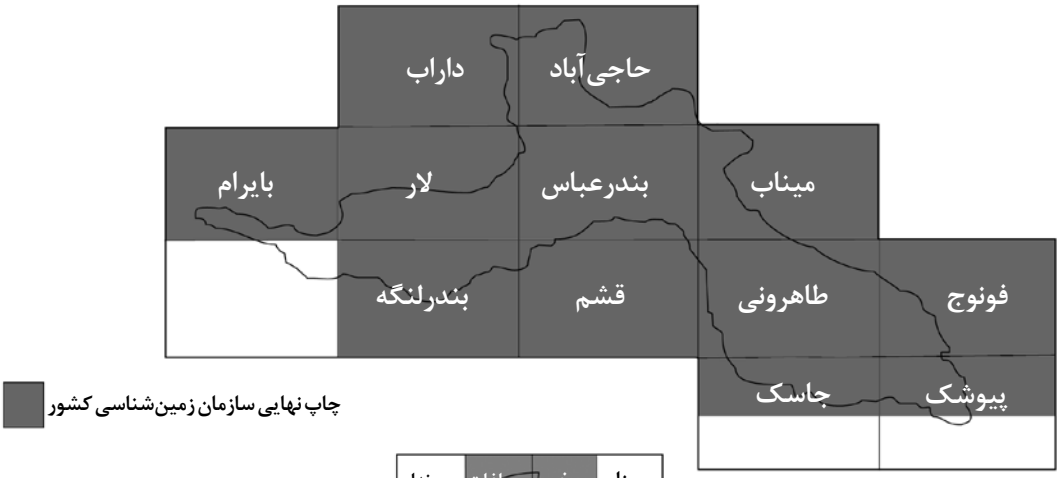
کانی‌های خانواده‌ی گرونا و آندالوزیت: که مصارف عمده‌ی آن‌ها در صنایع ساب و دیرگدازه‌هاست.

سیلیس: مصارف عمده‌ی آن در کارخانه‌ی سیمان، ریخته‌گری، شیشه‌گری و... است. اندیس‌هایی از آن در شمال استان (حاجی‌آباد) شناسایی شده است.

۴. فعالیت‌های زمین‌شناسی و اکتشافی

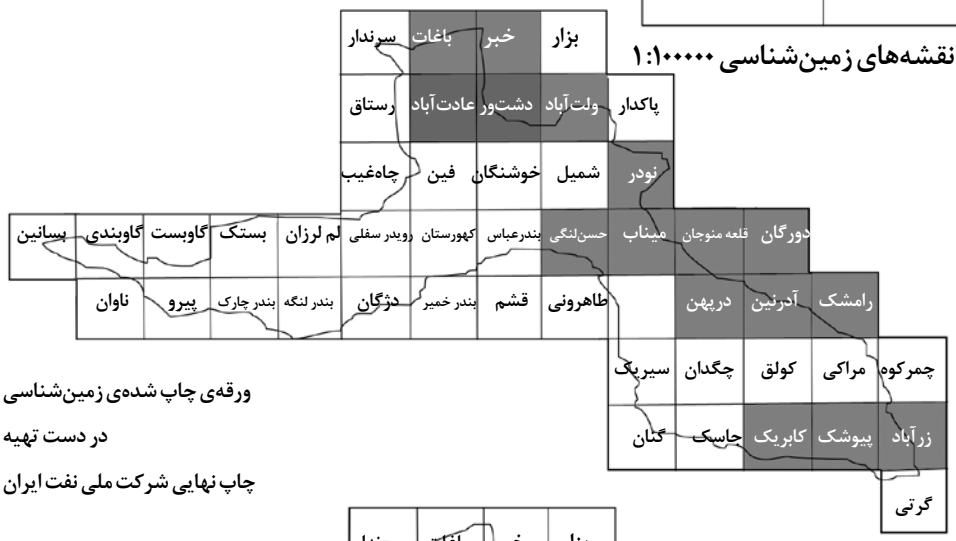
استان هرمزگان از جمله استان‌های استثنایی کشور است که

راهنمای نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ▼



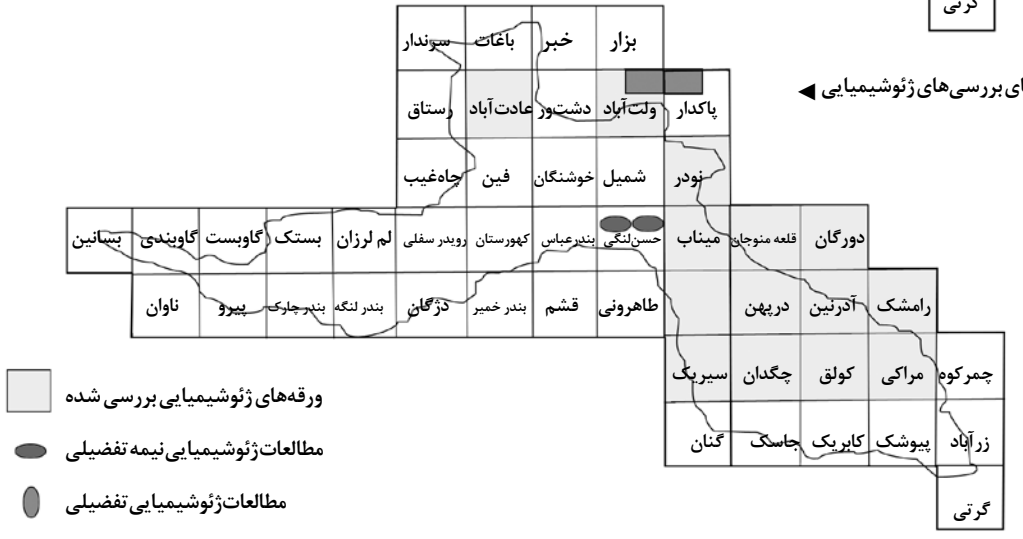
چاپ نهایی سازمان زمین‌شناسی کشور

راهنمای نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰



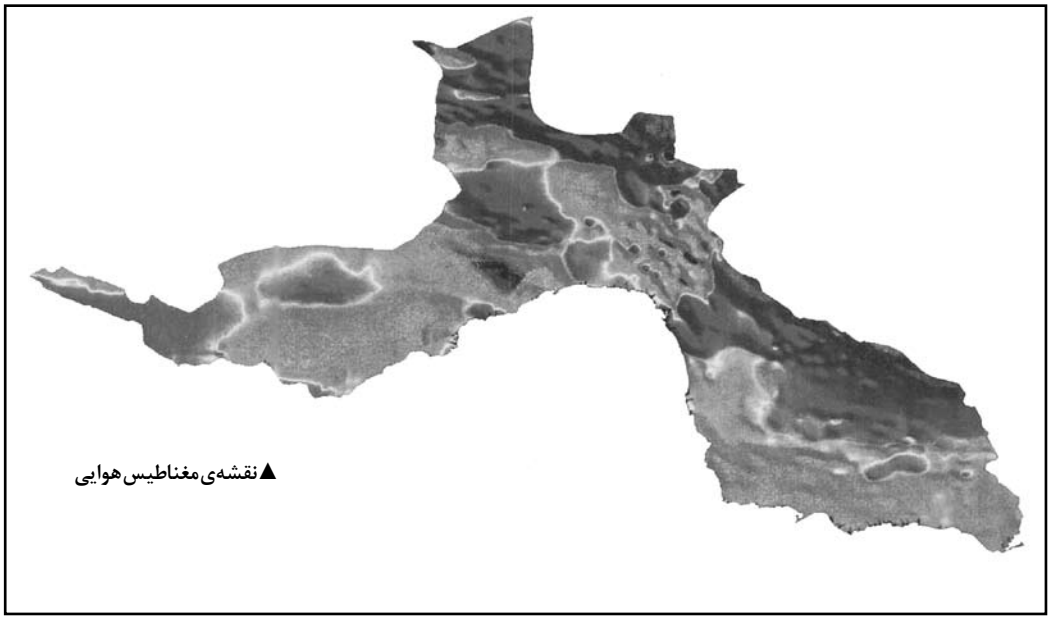
ورقه‌ی چاپ شده‌ی زمین‌شناسی
در دست تهیه
چاپ نهایی شرکت ملی نفت ایران

راهنمای بررسی‌های ژئوشیمیایی ◀

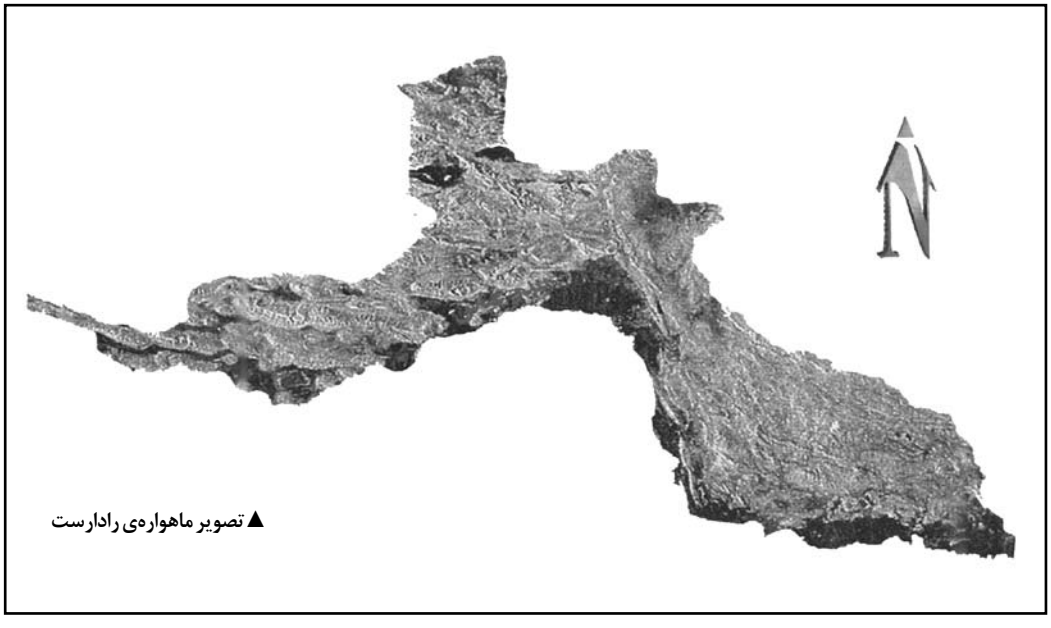


ورقه‌های ژئوشیمیایی بررسی شده
مطالعات ژئوشیمیایی نیمه تفضیلی
مطالعات ژئوشیمیایی تفضیلی

راهنمای ۲



▲نقشه‌ی مغناطیس هوایی



▲تصویر ماهواره‌ی رادارست

راهنمای ۳

باید از گوشه‌ی شمال خاوری استان هرمزگان یاد کرد که از نوع محیط‌های حاشیه‌ی قاره است و عملکرد توأم فعالیت دینامیکی و فعالیت‌های حرارتی سبب افزایش ظرفیت معدنی آن، نظیر طلای کوارتز رگه‌ای، کانسارهای نوع اسکارن و... شده است

فعالیت‌های انجام شده‌ی زمین‌شناسی و اکتشافی آن در خور توجه است.

نیمه‌ی باختری استان، به عنوان بخشی از ارتفاعات و پهنه‌ی ساختاری ـ رسوبی زاگرس، از جمله مناطق نفت‌خیز کشور است که بررسی‌های وابسته به آن توسط «شرکت ملی نفت ایران»، در مقیاس‌های گوناگون صورت گرفته‌است. لذا به‌منظور صرفه‌جویی‌های لازم، از تکرار مطالعات توسط «سازمان زمین‌شناسی» خودداری شده است. نیمه‌ی خاوری استان هرمزگان، به‌عنوان بخشی از ارتفاعات و پهنه‌ی ساختاری ـ رسوبی مکران، از جمله مناطق کوه‌زایی ایران است که از نظر زمین‌شناسی و معدنی مورد توجه سازمان زمین‌شناسی بوده است. به همین دلیل، مطالعات زمین‌شناسی ـ اکتشافی گسترده‌ای در این بخش (خاور) استان هرمزگان صورت گرفته است.

در حاشیه‌ی شمالی استان، به عنوان بخشی از پهنه‌ی ساختاری ـ رسوبی سنندج ـ سیرجان، پدیده‌های کوه‌زایی نقش مؤثر داشته‌اند. به همین لحاظ، به صورت‌های ناحیه‌ای، موضوعی و موضعی، توسط شرکت‌های دولتی و بخش خصوصی، به‌ویژه سازمان زمین‌شناسی مورد پی‌گیری و بررسی قرار گرفته است.

بررسی‌های عمومی انجام شده در استان هرمزگان از دو نوع زمین‌شناسی و اکتشافی هستند که کلیات آن‌ها بدین شرح است:

۴ـ۱. بررسی‌های زمین‌شناسی

در بخش باختری استان هرمزگان، بررسی‌های زمین‌شناسی انجام شده عمدتاً با اهداف اکتشاف نفت صورت گرفته‌اند. ولی در بخش خاوری (مکران) و شمالی استان (شمال حاجی‌آباد)، اکتشاف ذخایر معدنی فلزی و غیرفلزی در اولویت بوده است. با توجه به اهداف گفته شده، روش و مقیاس مطالعات زمین‌شناسی یکسان نیست، اما دو مقیاس عمومی زیر در تمام استان عمومیت دارند.

الف) بررسی‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰

همانند سایر نواحی ایران، بررسی‌های اولیه‌ی زمین‌شناسی استان هرمزگان در مقیاس ۱: ۲۵۰۰۰۰ بوده است. هدف از این مطالعات شناخت ویژگی‌های ساختاری و اقتصادی ناحیه‌ای به وسعت تقریبی ۱۵هزار کیلومتر مربع بوده است که در محدوده‌ی یک نقشه‌ی توپوگرافی به همان مقیاس، واقع‌بین یک درجه‌ی عرض و ۱/۵ درجه‌ی طول جغرافیایی قرار دارد. بررسی‌های زمین‌شناسی ۱: ۲۵۰۰۰۰ استان هرمزگان توسط سازمان زمین‌شناسی و شرکت ملی نفت ایران صورت گرفته‌اند. با توجه به راهنمای ۲، نام و تعداد نقشه‌های ۱: ۲۵۰۰۰۰ بررسی‌شده‌ی استان به‌شرح جدول ۱ است.

گفتنی است که نقشه‌های شرکت نفت با استاندارد جغرافیایی گفته شده متفاوت است. ضمناً نقشه‌های پیوشک و جاسک به مقیاس ۱: ۱۰۰۰۰۰ هستند که تلفیق اطلاعات و چاپ آن‌ها در مقیاس ۱: ۲۵۰۰۰۰ ضرورتی نداشته است.

ب) بررسی‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰

یکی از منابع اطلاعاتی پایه برای انجام عملیات اجرایی اکتشاف در مقیاس ناحیه‌ای، نقشه‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱: ۱۰۰۰۰۰:

ردیف	عنوان طرح	اعتبار مصوب و یا هزینه شده	محل تأمین اعتبار
۱	مطالعه‌ی خاک سرخ مناطق سرخا ـ آردان ـ ماشاری	۱۰	استانی
۲	طرح پی‌جویی مواد معدنی خاص در میناب	ـ	استانی
۳	اکتشاف مقدماتی سنگ‌های تزئینی و نما ـ استان هرمزگان	۳۵	استانی
٤	اکتشاف مقدماتی خاک سرخ در گنبدهای نمکی استان هرمزگان	ـ	استانی
۵	پی‌جویی سنگ‌های تزئینی و نما در میناب رودان، جاسک	۸۹	ملی
٦	طرح اکتشاف منطقه‌ای مواد معدنی در جزایر جنوب کشور	۱۵۵	ملی
۷	پی‌جویی مواد معدنی کانی‌های فلزی در سطح استان هرمزگان	۱۵۷	استانی
۸	شناسایی عناصر گروه پلاتین در نواحی اسفندقه، نیریز و فاریاب	۲۲٤/۳	درامد هزینه
۹	اکتشاف تفصیلی مس شیخ‌عالی ـ احمد آباد	۲۵۰۰	
۱۰	اکتشاف پتاس سنگی	۹۸۳/۲	

جدول۲. پروژه‌ها و طرح‌های اکتشافی موضوعی انجام شده و یا در دست انجام استان هرمزگان

استان هرمزگان، از نظر کرومیت، تیتان، مس، منگنز و سنگ‌های تزئینی و نما، به ویژه ذخایر نفتی و گازی قابل بازیافت، ظرفیت خوبی دارد که در صورت شناسایی، اکتشافی و بهره‌برداری، در توسعه‌ی اقتصادی استان نقش اساسی خواهد داشت

۱ هستند. این‌گونه نقشه‌های بیشتر برای نواحی پرتوان معدنی تهیه می‌شوند و تهیه‌ی آن‌ها به‌طور معمول، برای نواحی کم‌توان، بیابانی و کویری ضروری نیست. هر نقشه‌ی ۱۰۰۰۰۰: ۱ گستره‌ای با وسعت حدود ۲۵۰۰ کیلومتر را پوشش می‌دهد که بین نیم درجه‌ی طول و عرض جغرافیایی قرار دارد.

بررسی‌های زمین‌شناسی ۱۰۰۰۰۰: ۱ قسمت غربی استان توسط وزارت نفت صورت گرفته، ولی تاکنون نتایج آن منتشر نشده است. گستره‌های پرتوان بخش خاوری استان هرمزگان توسط سازمان زمین‌شناسی مورد پژوهش‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱۰۰۰۰۰: ۱ قرار گرفته است که نتایج پایانی آن‌ها منتشر شده‌است. برای بخش‌های کم‌ظرفیت نیمه‌ی خاوری، تهیه‌ی نقشه‌ی ۱۰۰۰۰۰: ۱ ضرورتی نداشته‌است.

سال اجرا	نحوه‌ی اجرا	
	امانی	پیمانی
۱۳۶۷	*	-
۱۳۷۱	*	-
۱۳۷۳	*	-
۱۳۷۳	*	
۱۳۷۸		*
۱۳۷۸		*
۱۳۷۶	*	
۱۳۷۹	*	*
۱۳۷۹	*	*
۱۳۷۹		*

راهنمای ۲ نشانگر نقشه‌های یکصد هزارم استان و بیانگر میزان پیشرفت مطالعات انجام شده است.

ج) بررسی‌های زمین‌شناسی موضوعی

جدا از نقشه‌های زمین‌شناسی سیستماتیک ۲۵۰۰۰۰: ۱ و ۱۰۰۰۰۰: ۱، به منظور شناخت ساختار کلی استان و نیز تفکیک پهنه‌های متالوژنیک و کانه‌دار، چند نقشه‌ی زمین‌شناسی موضوعی نیز از تمام و یا بخشی از استان تهیه شده‌اند که عبارت‌اند از:

- نقشه‌ی زمین شناسی ۵۰۰۰۰۰: ۱ استان (تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی و آماده‌ی چاپ).
- نقشه‌ی ساختاری و زمین‌شناسی سنگ‌های سخت بخش خاوری استان به مقیاس ۵۰۰۰۰۰: ۱.
- نقشه‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱۰۰۰۰۰۰: ۱ (تهیه و چاپ توسط شرکت نفت).

۴ـ۲. بررسی‌های اکتشافی

از نگاه زمین‌شناسی و زمین‌شناسی ساختمانی، استان هرمزگان چند پهنه‌ی ساختاری ـ رسوبی کاملاً متفاوت را در بر دارد.

نیمه‌ی باختری استان ادامه‌ی جنوب خاوری بلندی‌های زاگرس و دارای انباشته‌هایی از ذخایر هیدروکربوری است. در حالی که نیمه‌ی خاوری (مکران)، به لحاظ داشتن پی سنگ اقیانوسی (مجموعه‌های افیولیتی) که به‌طور عموم بخش برآمده و رانده شده‌ی گوشته روی پوسته است، مواد معدنی خاصی از نوع مس توده‌ای، کرومیت پلاتین و تیتان دارد. و بالاخره باید از گوشه‌ی شمال خاوری استان هرمزگان یاد کرد که از نوع محیط‌های حاشیه‌ی قاره است و عملکرد توأم فعالیت دینامیکی و فعالیت‌های حرارتی سبب افزایش ظرفیت معدنی آن، نظیر طلای کوارتز رگه‌ای، کانسارهای نوع اسکارن و... شده است. در این بخش (شمال حاجی‌آباد)، تصادم ورق‌ها و به ویژه جای‌گیری توده‌های گرم موجب شده که جدا از دگرشکلی‌های پیچیده، سنگ‌ها عموماً دگرگونه و متبلور باشند. از همین‌رو، سنگ‌های ساختمانی و تزئینی کیفیت بسیار خوبی دارند.

فعالیت‌های اکتشافی انجام شده در استان هرمزگان را می‌توان به دو مقیاس ناحیه‌ای و موضوعی و بدین شرح بیان داشت:

الف) بررسی‌های اکتشافی ناحیه‌ای

در بخش باختری استان هرمزگان فعالیت‌های اکتشافی ناحیه‌ای عمدتاً در راستای اکتشاف انباشته‌های نفتی بوده است.

جایگاه جغرافیایی استان هرمزگان و قرارگیری آن در فصل مشترک بر پهنه ساختاری ـ رسوبی زاگرس، مکران و ایران مرکزی سبب شده است که این استان جایگاه زمین‌شناسی و خاصه‌های ساختاری ویژه‌ای داشته باشد.

در بخش خاوری، اکتشافات ناحیه‌ای از نوع ژئوشیمیایی هستند که گاه در مقیاس نیمه‌تفضیلی یا تفضیلی اجرا شده‌اند. اکتشافات مورد نظر (ژئوشیمیایی) با استانداردهای مطالعاتی جهانی هماهنگ بوده و به سه روش اکتشافات چکشی، نمونه‌برداری از آبراهه‌ها و بالاخره مطالعات رادیومتری زمینی صورت گرفته‌اند که حاصل آن‌ها، حذف مناطق فاقد مواد معدنی و انتخاب و معرفی مناطق کانه‌دار بوده است، در مراحل بعدی، اکتشافات نیمه‌تفصیلی و تفصیلی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

راهنمای ۲ مناطقی از استان هرمزگان را نشان می‌دهد که به روش ژئوشیمیایی، در مقیاس ناحیه‌ای، مورد مطالعه قرار گرفته‌اند و نتایج آن در راهنمای ۳ پردازش شده است.

ب) بررسی‌های اکتشافی موضوعی

اکتشافات موضوعی به مواد معدنی ویژه‌ای اختصاص دارند که توان اقتصادی آن‌ها در خور توجه است و می‌توان با اکتشاف و بهره‌برداری، آن‌ها را جای‌گزین مواد معدنی وارداتی ساخت. به لحاظ نیاز فوری صنایع و به‌منظور جلوگیری از صرف هزینه‌های ارزی، این‌گونه مواد معدنی به طریق موضوعی و در چارچوب طرح‌های اکتشافی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

ج) ژئوفیزیک هوایی

به‌منظور دست‌یابی به اطلاعات جامع‌تر زمین‌شناسی و زمین‌ساخت منطقه‌ای، و هم‌چنین شناخت پهنه‌های مناسب برای اکتشاف ذخایر معدنی پنهان سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه‌های ژئوفیزیک هوایی سراسری را در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ تهیه کرده است. در حال حاضر از تلفیق آن نتایج، نقشه‌ی مغناطیس هوایی ایران به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰ به چاپ رسیده است که بخش مربوط به استان هرمزگان در راهنمای ۴ دیده می‌شود.

د) گزارش‌های اکتشافی

۱. گزارش اکتشافات خاک رُس برای آجر در مناطق بندرعباس، میناب، بندرلنگه (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۵۷).

۲. گزارش عملکرد اکتشاف مقدماتی پتاس در گنبد نمکی چهل (وزارت معادن و فلزات، ۱۳۷۲).

۳. گزارش پی‌جویی پتاس در گنبدهای نمکی جنوب (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۷۱).

۴. گزارش پی‌جویی طرح سرتاسری منگنز در مناطق بافت و جنوب حاجی‌آباد (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۷۰).

۵. گزارش پی‌گردی فسفات در گنبدهای نمکی منطقه‌ی بندرعباس ـ لار ـ حاجی‌آباد (طرح اکتشافات معدنی فسفات، ۱۳۶۶).

۶. گزارش مقدماتی پی‌جویی مواد معدنی در کوهستان‌های بشاگرد و منطقه‌ی شرق میناب (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۶۶).

۷. پروژه‌ی پی‌جویی ذخایر متامورفیک‌های ایران، گزارش مطالعات پی‌جویی در منطقه‌ی میناب (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۶۶).

۸ پی‌جویی سنگ‌های تزئینی و نما در شهرستان میناب، رودان و جاسک (شرکت مهندسین مشاور تحقیقات معدنی خاک خوب، ۱۳۷۸).

۹. گزارش عملیات ژئوفیزیکی در ساختگاه مجتمع فولاد منطقه‌ی آزاد قشم (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۷۰).

پی‌نوشت

* کارشناس ارشد و عضو هیئت علمی پژوهشکده‌ی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

منابع

۱. نقشه‌ها و گزارش‌های زمین‌شناسی و معدنی استان هرمزگان
۲. قربانی، م (۱۳۸۱). دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی اقتصادی ایران. پایگاه داده‌های علوم زمین.
۳. نقشه‌های ژئوشیمیایی مقیاس ۱۰۰۰۰۰: ۱ استان هرمزگان. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

آشنایی و اهمیت یخچال‌ها در زمین شناسی

جهانبخش دانشیان- لیلا رمضانی دانا*

اشاره

از آن‌جایی که در کتاب زمین‌شناسی سال سوم تجربی مطالب کتاب شرح کامل داده نشده و همواره سؤالاتی در این زمینه برای دانش‌آموزان و همکاران وجود دارد بر آن شدیم با انتخاب این مطلب پاسخ‌گوی مخاطبین‌باشد.

چکیده

یخچال‌ها و نحوه‌ی شکل‌گیری آن‌ها یکی از پدیده‌هایی است که در طول تاریخ همواره ذهن بشر را به خود مشغول ساخته‌اند. یخچال‌ها همراه فواید و اهمیتی که در زندگی بشر داشته، آثار مخربی نیز برجا گذاشته‌اند و زندگی او را تهدید کرده‌اند. برای مثال، می‌توان به زمانی که این توده‌های یخی ذوب و سیلاب‌ها را پدید می‌آورند، اشاره کرد. از این‌رو لازم است که ویژگی‌های یخچال‌ها و تأثیر آن‌ها بر زندگی انسان‌ها مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد. در مقاله‌ی حاضر، پس از معرفی ویژگی‌های عمومی یخچال‌ها، به اهمیت آن‌ها در زمین‌شناسی اشاره شده است.

کلیدواژه‌ها: پلیئستوسن، یخچال آلپی، یخچال قطبی و یخچال‌های ایران.

درآمد

یخچال‌ها را می‌توان رودخانه‌های بزرگی از یخ تصور کرد که از فشرده و متراکم شدن لایه‌های برفی که به آرامی تغییرشکل یافته‌اند، به‌وجود آمده‌اند و در اثر وزن خود و فشار زیاد و در پاسخ به نیروی جاذبه حرکت می‌کنند [۲۰ و ۱۵]. نام یخچال اولین‌بار در زبان فرانسه از کلمه‌ی لاتین «Galacia» و سپس از کلمه‌ی «Galacies» به معنای یخ گرفته شده [۱۵]. امروزه از این نام به‌عنوان مهم‌ترین ذخیره‌ی آب شیرین کره‌ی زمین و بعد از اقیانوس‌ها، بزرگ‌ترین ذخیره‌ی آب کره‌ی زمین یاد می‌شود که محدوده‌ی وسیعی از نواحی قطبی و بخش‌هایی از کوهستان‌های بلند را پوشانده‌اند. این توده‌های یخ در حال حاضر ۱۰ درصد سطح قاره‌ها را می‌پوشانند، ولی در پلیئستوسن، ۳۲ درصد سطح قاره‌ها را می‌پوشاندند [۱۵ و ۲].

بدین‌ترتیب شناخت یخچال‌ها بسیار مهم است و این اهمیت، صرف‌نظر از جنبه‌ی علمی و برانگیختن کنجکاوی دانشمندان، تأثیر بسزایی در زندگی و محیط اطراف ما انسان‌ها دارد. برای مثال، بسیاری از زمین‌های حاصل‌خیز کشاورزی روی نهشته‌های وسیع جابه‌جا شده یا برجای مانده‌ی یخچالی قرار دارند. هم‌چنین، مخزن‌های مهم و بزرگ آب‌های زیرزمینی در این رسوبات تشکیل می‌شوند. در مناطق کوهستانی، تعداد زیادی از دریاچه‌ها توسط یخچال‌های قدیمی ایجاد

شده‌اند. جریان‌های سطحی بزرگ حاصل از ذوب یخچال‌ها نیز یکی از منابع مهم تأمین‌کننده‌ی الکتریسیته‌ی آبی هستند. گاه در فصل زمستان، مقدار زیادی از آب‌ها به جای جریان یافتن به سوی اقیانوس‌ها در یخچال‌ها ذخیره می‌شوند. این امر باعث کاهش و پایین آمدن سطح آب اقیانوس‌ها و تغییر مقدار جریان‌های سطحی و رودها می‌شود. در این مواقع به‌ویژه در فصل تابستان، با پاشیدن غبار زغال سطح برف و یخ را تیره می‌کنند و با افزایش میزان جذب نور خورشید، ذوب یخ را سرعت می‌بخشند [۲۰].

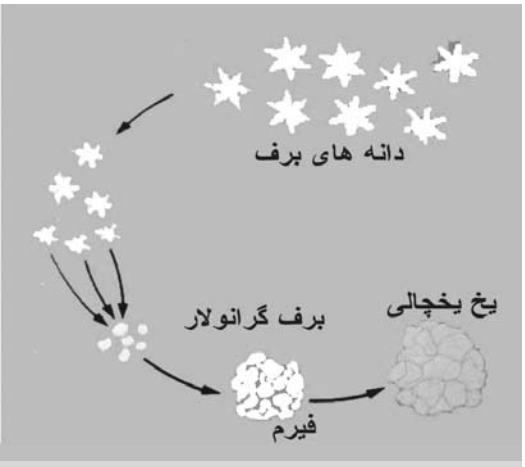
از طرف دیگر، حضور یخچال‌ها در ایزوستازی زمین تأثیرگذار است و سطح پوسته‌ی زمین با وزن قطعات زیاد و سنگین یخ به سمت پایین رانده می‌شود. هم‌چنین، عملکرد یخچال تغییرات ژئومورفولوژیکی قابل ملاحظه‌ای در سطح زمین به‌وجود می‌آورد. این اشکال زمین‌ریختی، توسط رسوبات یخچالی که «مورن» نامیده می‌شود، پدید می‌آید [۱۶]. در این زمینه می‌توان به دره‌های U شکل و چاله‌های موجود در حاشیه‌های یخچال‌ها اشاره کرد [۱۵]. در آخر، رسوبات باقی‌مانده از یخچال‌ها حاوی آثار باارزش فسیلی هستند که در مطالعات دیرینه‌شناسی و تعیین آب و هوای گذشته‌ی زمین اهمیت دارند [۱۳].

بررسی‌ها نشان داده‌اند که در دوره‌هایی خاص از تاریخ زمین، حضور برف و یخ فراوان به همراه سرمای دائمی به ایجاد توده‌های عظیم یخ در قسمت‌های زیادی از کره‌ی زمین منجر شده ا ست. این دوره‌های یخچالی به‌طور متناوب با دوره‌هایی با آب‌وهوای گرم جای‌گزین شده‌اند و این وضعیت در طول میلیون‌ها سال تکرار شده است. به عقیده‌ی دانشمندان آخرین زمان یخبندان به‌طور تقریبی ۱۸ هزار سال قبل بوده است [۲۰]. بدین‌ترتیب، دوره‌هایی از تاریخ که برف و یخ زمین را فراگرفته بود، عصر یخی نامیده شده‌اند. امروزه با پشت‌سر گذاردن آخرین دوره‌ی یخچالی و گرم شدن زمین در دوران بین یخچالی قرار داریم [۲۰ و ۱۵]. در دوره‌ی یخچال یک‌سوم زمین و در دوره‌ی بین‌یخچالی یک‌دهم سطح زمین را یخچال‌ها می‌پوشانند [۲۰].

نحوه‌ی تشکیل یخچال‌ها

نحوه‌ی تشکیل یخ یخچالی از برف تقریباً شبیه روشی است که رسوبات به سنگ‌های رسوبی و سپس به سنگ‌های دگرگونی تبدیل می‌شوند. در مرحله‌ی اول، برف به حالت ذرات سبکی و به‌صورت مجموعه‌ای پودری‌شکل از برف است و بین ذرات دانه‌های برف مقدار زیادی هوای حبس‌شده وجود دارد. این وضعیت شبیه دانه‌های رسوب در سنگ‌های رسوبی، قبل از تشکیل سنگ‌های رسوبی است که ذرات از هم فاصله دارند و بین آن‌ها را هوا اشغال کرده است. در مدت زمانی کوتاه دانه‌های برف تحت‌تأثیر فشار وزن خودشان انباشته و فشرده می‌شوند و مقدار زیادی از هوای آن‌ها خارج می‌گردد.

در همین زمان، شکل دانه‌های برف تغییر می‌کند و به «دانه‌های ریز»[۱] تبدیل می‌شود. در هوای گرم، لایه‌های سطحی ذوب می‌شوند و آب به لایه‌های زیرین نفوذ می‌کند و در فضای خالی آن‌جا منجمد می‌شود. به این ترتیب، تراکم افزایش می‌یابد. در فصل سرما و با بارش برف، دانه‌های ریز برف در حجم زیادی از برف مدفون گشته و افزایش فشردگی دانه‌های ریز برف، به ایجاد دانه‌های بزرگ‌تری به نام «فیرم»[۲] می‌انجامد (فیرم قابل تشبیه به سنگ‌های رسوبی و همانند ماسه‌سنگ است، زیرا در این حالت ذرات به هم نزدیک و فضای خالی آن‌ها کم می‌شود). در طول زمان، فیرم با افزایش حجم به اعماق بیشتری می‌رود و با خروج هوای باقی‌مانده و تبلور دوباره، توده‌ی فشرده و به‌هم‌پیوسته‌ای از یخ به نام «یخ یخچالی»[۳] را ایجاد می‌کند. این یخ قابل تشبیه به سنگ دگرگونی کوارتزیت است. زیرا ذرات ماسه در ماسه‌سنگ، با تبلور دوباره و درشت‌شدن، سنگ کوارتزیت را ایجاد می‌کنند که کاملاً متراکم و بدون فضای خالی است [۲۰ و ۱۵] (شکل ۱).



شکل ۱. مراحل تشکیل یخچال‌ها [۱۵]

انواع یخچال‌ها و محل تشکیل آن‌ها

یخچال‌ها را برحسب محل تشکیل آن‌ها به سه دسته‌ی عمده تقسیم می‌کنند:

- **یخچال کوهستانی یا آلپی**[۴]: در قلل کوه‌ها و دامنه‌های آن تشکیل می‌شوند و معروف‌ترین این یخچال‌ها در ایالات‌متحده و کانادا قرار دارند.
- **یخچال قاره‌ای**[۵]: که به آن‌ها

یخچال‌های قطبی نیز گفته می‌شود، ورقه‌های عظیم یخ هستند که وسعت زیادی از سطح قاره‌ها را در نزدیکی مناطق قطبی اشغال کرده‌اند؛ به‌طوری‌که حدود ۹۰ درصد قطب جنوب و ۸۰ درصد گرینلند را این یخچال‌ها پوشانده‌اند [۲۰، ۱۵ و ۲]. در واقع این مناطق حجم زیادی از آب شیرین کره‌ی زمین را دربرگرفته‌اند. گسترش زیاد این یخچال‌ها می‌تواند تغییر زیادی در سطح آب اقیانوس‌ها و دریاها داشته باشد. به‌طوری‌که اگر یخ‌های گرینلند ذوب شوند، سطح آب دریاها در تمام دنیا ۶ متر بالا می‌آید و اگر یخ‌های قطب جنوب ذوب شوند، سطح

از طرف دیگر، حضور یخچال‌ها در ایزوستازی زمین تأثیرگذار است و سطح پوسته‌ی زمین با وزن قطعات زیاد و سنگین یخ به سمت پایین رانده می‌شود

یخچال‌ها را برحسب محل تشکیل آن‌ها به سه دسته عمده‌ی: یخچال کوهستانی یا آلپی، یخچال قاره‌ای و یخچال کلاهک‌های یخی، تقسیم می‌کنند

دریاها ۶۰ تا ۶۵ متر بالا می‌آید [۲۰ و ۱۵]. این تغییرات در سطح منطقه‌ای و محدود نیز قابل بررسی هستند، به‌طوری که مثلاً در ایران، ذوب یخچال‌های اسکاندیناوی که قسمتی از روسیه را فراگرفته‌اند، باعث بالا آمدن سطح آب دریای خزر شده است [۴].

● **یخچال کلاهک‌های یخی**: این نوع یخچال‌ها می‌توانند وسعت زیادی در ارتفاعات قلل کوه‌ها، سلسله‌جبال‌ها و حتی آتشفشان‌ها داشته باشند [۱۵]؛ مانند کلاهک‌های یخی در کانادا، روسیه و اسکاندیناوی [۲۰].

یخچال‌ها در تمام قاره‌ها وجود دارند و تقریباً ۴۷ کشور جهان دارای یخچال هستند. آن‌ها به‌طور گسترده در قطب جنوب، کانادا و گرینلند یافت می‌شوند. در این میان، یخچال‌های نوع کوهستانی نسبت به انواع دیگر گسترش بیشتری دارند و می‌توان آن‌ها را در آند، هیمالیا، راکی، آلپ، پیرنه، و کوهستان‌های نروژ، ژاپن، ترکیه، جنوب نیوزیلند، گینه‌نو و ایران یافت. هم‌چنین یخچال‌ها در قاره‌ی آفریقا و در کوه‌های کلیمانجارو و در کوه‌های کنیا نیز وجود دارند. امروزه در استرالیا یخچالی وجود ندارد، اما در گذشته و در آخرین دوره‌ی یخچالی تاسمانیا، یخچال‌های کوچکی در کوه‌های «مونت کاسیوسکو»[۶] وجود داشته است [۱۵].

یخچال‌های ایران

تا قبل از سال ۱۹۳۰، مطالعه‌ای درخصوص یخچال‌ها در ایران انجام نشده بود و کسی به‌طور جدی و متمرکز، یخچال‌ها را در ایران مطالعه نکرده بود. اما بعد از این زمان، **باسک** [۸] اولین فردی بود که کوهستان‌های ایران را بررسی و حضور یخچال‌ها را در ایران و در البرز گزارش کرد. بعد از او، **هانس‌بوبک** [۶ و ۵] سفرهای فراوانی به ایران کرد و مطالعات زیادی روی یخچال‌های ایران انجام داد [۱۰]. مطالعات وی و سایرین بیانگر آن است که یخچال‌های ایران بیشتر از نوع کوهستانی هستند [۲۱]. به‌طور کلی، پنج زون یخچالی در ایران شناسایی شده‌اند که عبارت‌اند از: تخت‌سلیمان در استان مازندران، دماوند در استان تهران، سبلان در استان اردبیل، اشتران‌کوه در استان لرستان و زردکوه در استان چهارمحال بختیاری [۲۴]. مساحت کل یخچال‌های ایران ۲۰ کیلومتر مربع است و بیشترین تمرکز یخچال‌ها در غرب کوه‌های البرز و در ناحیه‌ی چهارمحال بختیاری است. علاوه بر یخچال‌های موجود در کوهستان‌ها، حجم قابل توجهی از یخ نیز در دهانه‌ی کوه دماوند و به‌صورت کلاهک یخی تمرکز دارد که مساحت آن در این ناحیه حدود ۱۲ کیلومتر مربع ذکر شده است [۱۰].

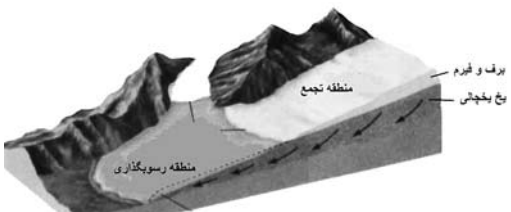
مطابق مطالعات **بوبک** [۷]، طی زمان پلیئستوسن چندین منطقه‌ی یخچالی در ایران وجود داشته که مهم‌ترین آن‌ها در رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس واقع بوده‌اند. **کرینسلی** [۱۸] معتقد است در آن زمان آب و هوا در شمال ایران شبیه امروز بوده، اما نسبت تبخیر به بارش کمتر و در جه‌ی حرارت چهار تا پنج درجه پایین‌تر بوده است.

شکل‌شناسی یخچال‌ها

اگر در طول یک دوره‌ی زمانی، مقدار برف دریافتی یخچال بیشتر از یخ آب‌شده باشد، موجودی یخچالی بیشتر می‌شود و یخچال توسعه می‌یابد. اما اگر عکس این وضعیت وجود داشته باشد، موجودی یخچال به علت ذوب شدن آن کاهش می‌یابد و موجودی یخی منفی می‌شود. یخچال‌هایی با موجودی افزایش‌یافته، به سمت لبه‌ی زیرین و بیرون گسترش می‌یابند که به آن‌ها «یخچال پیش‌رونده»[۷] می‌گویند. این یخچال‌ها حواشی خود را افزایش می‌دهند و اگر در مجاورت اقیانوس باشند، منجر به ایجاد یخ‌های شناور یا آسیبرگ منجر می‌شوند. اما یخچال‌هایی که موجودی یخچالی آن‌ها کاهش می‌یابد، به‌مرور کوچک‌تر می‌شوند و

حاشیه‌های آن‌ها به سمت عقب برمی‌گردند که به آن‌ها یخچال‌های پس‌رونده می‌گویند. اگر مقدار برف دریافتی برابر با مقدار یخ ذوب‌شده باشد، یخچال دارای «موجودی برابر»[۸] است و در این صورت، نه رشد می‌کند و نه تحلیل می‌رود [۲۰].

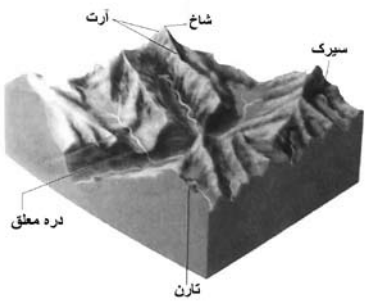
بخش بالایی یخچال که بیشترین مقدار بارش را دریافت می‌کند، «منطقه‌ی تجمع»[۹] نامیده می‌شود. معمولاً این منطقه ۶۰ تا ۷۰ درصد سطح یخچال‌ها را دربردارد و حجم زیاد برف در این منطقه، نیروی مؤثری برای فرسایش سنگ‌های بستر فراهم می‌آورد [۲۰ و ۱۵]. در مقابل این بخش و در انتهای یخچال، منطقه‌ای به نام «منطقه‌ی رسوب‌گذاری»[۱۰] یا «منطقه‌ی تلاشی»[۱۱] وجود دارد و این جایی است که بیشتر یخ‌ها از طریق ذوب‌شدن از بین می‌روند و رسوبات خود را بر جای می‌گذارند. درواقع محلی است که مورن‌های جبهه‌ای به جای می‌مانند [۲۰] (شکل ۲).



شکل ۲. دره‌ی یخچال کوهستانی و نمایش منطقه‌ی تجمع و منطقه‌ی تلاشی (رسوب‌گذاری) [۲۰]

بعد از جابه‌جایی توده‌ی عظیم یخ موجود در منطقه‌ی تجمع، یک شکل کاسه‌ای یا تالاری به‌جا می‌ماند که ناشی از فشار ایزوستاتیک در این قسمت است و به این فرورفتگی، «چالگاه» یا «سیرک»[۱۲] می‌گویند [۱۵]. معمولاً این گودی‌ها در سه طرف دارای دیواره‌های بلند و تند هستند که به سمت دره باز می‌شوند. چاله‌های مذکور گاهی بعد از ذوب یخچال با آب پر می‌شوند و دریاچه تشکیل می‌دهند. این نوع دریاچه‌ها را که در اثر عملکرد یخچال ایجاد می‌شوند، «تارن»[۱۳] می‌نامند [۲۰ و ۲] (شکل ۳). در ایران عملکرد یخچال‌ها در «علم کوه»، سیرکی به طول سه کیلومتر و عرضی برابر دو کیلومتر به‌جا گذاشته است [۹]. هم‌چنین، عوامل فرسایشی که به بزرگ شدن چالگاه می‌انجامند، می‌توانند قله‌های هرمی‌نوک‌تیز و برجستگی‌های تیغه‌مانندی در سلسله‌کوه‌های یخچالی‌شده به‌وجود آورند. به قله‌های هرمی‌شکل «شاخ»[۱۴] و به تیغه‌ها «آرت»[۱۵] می‌گویند [۲۰ و ۲] (شکل ۳).

اما وقتی که یخچال، دره‌ی یک رودخانه را اشغال می‌کند، با حرکت در مسیر دره آن را پهن‌تر، گودتر و صاف‌تر می‌سازد؛ به‌طوری‌که دره‌ی دارای شکل V، به شکل U درمی‌آید. هم‌چنین، وقتی ضخامت یخ زیاد باشد، فرسایش مسیر زیادتر و بدنه‌ی اصلی یخچال نسبت به شاخه‌های فرعی آن گودتر می‌شود. با ذوب و از بین رفتن یخچال، دره‌ی فرعی در سطح بالاتری نسبت‌به دره‌ی قبلی قرار می‌گیرد که به این نوع دره‌ها، «دره‌ی معلق»[۱۶] می‌گویند [۲۰، ۱۶ و ۲] (شکل ۳).



شکل ۳. ویژگی‌های شکل‌شناسی یخچال [۲۰]

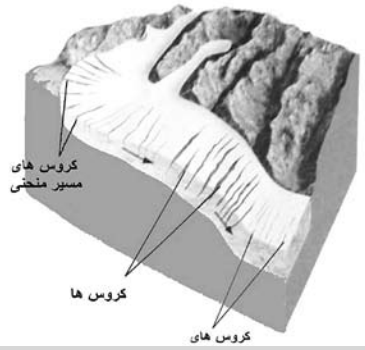
سرعت و حرکت در یخچال‌ها

عامل اصلی حرکت در یخچال‌های دره‌ای، نیروی جاذبه و شیب دامنه است. این موضوع باعث می‌شود، یخچال‌ها در امتداد شیب دامنه‌ها و به سمت مناطق پست حرکت کنند که سرعت آن‌ها تحت‌تأثیر مقدار اصطکاک و سایش بستر یخچال تغییر می‌کند. عملکرد سایشی یخچال باعث می‌شود که یخ در بخش زیرین خود آرام‌تر از بخش بالایی حرکت کند [۱۵] و البته شیب بستر به این حرکت کمک می‌کند [۲۰]. سرعت حرکت با آب و هوا نیز تغییر می‌کند. مثلاً یخچال‌ها در آب‌وهوای معتدل سریع‌تر از نواحی سردتر حرکت می‌کنند. اما به‌طور کلی معنای سرعت در یخچال‌ها متفاوت و مقدار آن متغیر است. برخی سرعت زیادی دارند و برخی بسیار آهسته حرکت می‌کنند [۱۵].

یخچال‌ها معمولاً به دو صورت حرکت می‌کنند: حالت اول زمانی است که ضخامت توده‌ی یخ تا حدود ۵۰ متر افزایش یابد. در این حالت، توده‌ی یخ در اعماق از حالت شکنندگی خارج می‌شود و به حالت پلاستیکی جریان می‌یابد. این حرکت مانند حرکت جریان رود، در بخش مرکزی دارای حرکت سریع‌تری است. زیرا در بخش میانی در اثر فشار لایه‌های بالا، یخ حالت لایه‌بندی ندارد و به‌صورت به‌هم پیوسته و یکپارچه درمی‌آید. این ویژگی سبب می‌شود، این لایه سریع‌تر از لایه‌های زیرین خود حرکت کند [۲۰ و ۱۵].

نوع دیگر حرکت یخچال‌ها، «حرکت لغزشی»[۱۷] است و معمولاً در یخچال‌های مناطق معتدله روی می‌دهد. در این حالت، یخچال به‌عنوان یک پیکره‌ی واحد روی سنگ‌های بستر و آب‌های ذوب‌شده از یخچال می‌لغزد. عامل اصلی لغزش،

ذوب و علت ذوب یخچال، اصطکاک یخ با سنگ‌های بستر است که گرمای زمین آن را تشدید و عمل ذوب را تسریع می‌کند. بخش بالایی یخچال از بقیه قسمت‌های آن سردتر است و معمولاً به‌صورت یک پیکره‌ی منفرد حرکت می‌کند. در این قسمت که به آن «منطقه‌ی شکافی»[18] می‌گویند، یخ خاصیت الاستیکی ندارد و سریع‌تر از بخش زیرین که یخ دارای خاصیت پلاستیکی است، حرکت می‌کند [۲۰ و ۱۵]. وقتی که یخچال از بین زمین‌های ناهموار حرکت می‌کند، یخ تحت‌تأثیر نیروهای کششی قرار می‌گیرد و در این قسمت ترک می‌خورد که به این ترک‌ها «کروس»[19] می‌گویند و عمق آن‌ها گاه به ۴۰ متر می‌رسد [۱۵] (شکل ۴). کروس‌ها گاه در امتداد حواشی یخ‌ها، جایی که مسیر دارای انحناست نیز تشکیل می‌شوند، زیرا یخ همانند آب در سمت مسیر بیرون منحنی سریع‌تر حرکت می‌کند (شکل ۴).



شکل ۴. نمایش منطقه‌ی شکافی و ترک‌های یخچالی [۱۵]

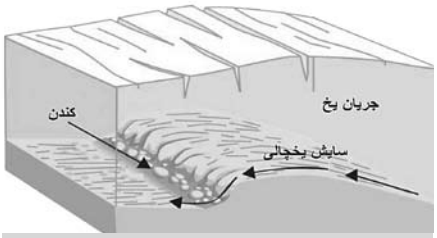
فرسایش یخچالی

حرکت یخچال روی بستر باعث فرسایش آن می‌شود که این فرسایش به دو طریق انجام می‌شود: الف) کندن[20] و ب) سایش[21]. هنگامی که یخچال روی بستری که دارای سطح شکسته است حرکت می‌کند، قطعات و بلوک‌هایی از سنگ‌بستر را جدا می‌کند، به داخل یخچال می‌برد و حمل می‌کند. این وضعیت معمولاً در محلی رخ می‌دهد که آب‌های حاصل از ذوب یخچال به‌داخل درزها و شکستگی‌های سنگ‌های بستر نفوذ می‌کنند و سپس در داخل آن‌ها انجماد می‌یابند. با انجماد آب، اهرم نیرومندی به‌وجود می‌آید که باعث لق‌کردن سنگ‌ها از محل خود و ورود آن‌ها به داخل یخچال می‌شود. به این طریق، رسوبات در اندازه‌های متفاوت، از ذراتی بسیار ریز تا قطعاتی به بزرگی چندین تن، وارد یخچال و با آن حمل می‌شوند [۲۰، ۱۵ و ۲] (شکل ۵).

فرایند سایش زمانی ایجاد می‌شود که توده‌ی یخ با قطعات سنگی که از بستر کنده شده است، به حرکت درمی‌آید. در این حالت، یخچال مانند یک سوهان عظیم یا سمباده، سطح زیرین خود و قطعات سنگی داخل خود را می‌ساید و صیقلی می‌کند (شکل ۵). بر اثر این حرکت و سایش سنگ‌ها، ذرات بسیار ریزی از سنگ‌ها به‌جا می‌مانند که به آن‌ها «آرد سنگ»[22] می‌گویند و شامل ذرات شن و ماسه است و جورشدگی خوبی دارد [۲۳ و ۲]. گاهی اوقات ذرات موجود در یخ بزرگ هستند و خراش‌ها و شیارهای طویلی به نام «شیارهای یخچالی»[23] در آن‌ها ایجاد می‌شود که این ویژگی در سطح سنگ‌های ثابت زیرین دیده می‌شود. این خطوط و شیارها از نظر زمین‌شناسی اهمیت زیادی دارند، چون جهت حرکت یخچال را نشان می‌دهند. وقتی که اندازه‌ی ذرات عبوری ریز است، سطح سنگ‌های بستر صاف و صیقلی می‌شود. این سنگ‌های صیقل‌یافته، یکی از نشانه‌های مهم حضور یخچال در منطقه هستند [۱۶ و ۲].

رسوبات یخچالی

به تمامی رسوبات نهشته‌شده در محیط‌های یخچالی «یخرفت»[24] می‌گویند که دو نوع از آن‌ها قابل شناسایی است: گروه اول، رسوباتی فاقد لایه‌بندی و شامل ذرات ریز و درشت هستند که «تیل»[25] نامیده می‌شوند [۲۳ و ۲۰]. گروه دوم، رسوباتی هستند که به‌وسیله‌ی آب‌های حاصل از ذوب یخچال‌ها به‌جای می‌مانند و به آن‌ها «برونشست»[26] می‌گویند که شامل ذرات شن و ماسه است و جورشدگی خوبی دارد [۲۳ و ۲]. تیل‌ها رسوبات بسیار ناجور هستند و گاه تخته‌سنگ‌های بسیار بزرگی نیز در آن‌ها یافت می‌شود که به آن‌ها سنگ‌های سرگردان می‌گویند [۲] (شکل ۶). این تخت‌سنگ‌ها با آثار خراشیدگی و سطح صیقل‌یافته، یکی از مهم‌ترین نشانه‌های وجود یخچال در یک منطقه هستند. این سنگ‌ها در ایران در منطقه‌ی شمیران و دره‌های توچال، شمال مبارک‌آباد، رودهن و افجه یافت شده‌اند که می‌توانند یکی از نشانه‌های وجود یخچال در ایران باشند [۴].



شکل ۵. انواع فرسایش شکل یخچالی [۱۵]

شکل ۶. سنگ‌های سرگردان [۲۰]

«مورن»[۲۷]ها گسترده‌ترین رسوباتی هستند که توسط یخچال به‌وجود می‌آیند. آن‌ها درواقع پشته‌های وسیعی از لایه‌های تیل هستند که با توجه به محل قرارگیری، نام‌گذاری شده‌اند [۲۰، ۱۵ و ۱۲]. این رسوبات شامل تمام مواد و رسوباتی هستند که بر اثر سکون یخ در حین عقب‌نشینی برجای گذاشته شده‌اند. با توجه به این‌که مورن زیر لایه‌هایی از یخ مدفون شده و از عامل هوازدگی مصون بوده، گاه حاوی اطلاعات باارزشی است که می‌توان از آن‌ها در تفاسیر محیط دیرینه استفاده کرد [۲۰، ۱۵ و ۲].

از دیگر اشکال رسوبی یخچال‌ها، در «املن‌ها»[۲۸] هستند که شامل تپه‌های نامتقارن دوکلی‌شکل‌اند و از تیل تشکیل شده‌اند. بلندای آن‌ها بین ۱۵ تا ۶۰ متر و طول آن‌ها ۴۰۰ تا ۸۰۰ متر است. به‌علاوه، طرف کم‌شیب آن‌ها مبین جهتی است که یخچال به آن‌سو حرکت کرده است. شکل دوکی آن‌ها نیز دلالت بر این دارد که آن‌ها در منطقه جریان داشته‌اند و درون یخچال‌های فعال تشکیل شده‌اند [۲]. گاه با ذوب بلوک‌های یخی پایانی، فرورفتگی آن‌ها به جای می‌ماند که به این فرورفتگی‌های به‌جای‌مانده از یخچال «کتل»[۲۹] می‌گویند و ممکن است به تشکیل دریاچه منجر شوند. تعدادی از دریاچه‌های ایالات‌متحده از این نوع هستند [۲۰ و ۱۲]. «لس‌های یخچالی» نیز نهشته‌های یخچالی بسیار ریزدانه‌اند که به حالت معلق در آب ذوب شده، جابه‌جا می‌شوند. این ذرات رس، پس از ته‌نشینی در فصل خشک توسط باد، تا فواصل طولانی حمل می‌شوند و گاهی ضخامت آن‌ها بسیار زیاد است [۲۰ و ۱۵]. رسوبات مذکور در ایالات‌متحده بهترین خاک برای کشاورزی محسوب می‌شوند [۲۰].

رسوبات یخچالی و دیرینه‌شناسی

رسوبات برجای‌مانده از یخچال‌ها، از دیدگاه دیرینه‌شناسی نیز حائز اهمیت هستند. در این رسوبات انواع متفاوت نمونه‌های فسیلی یافت می‌شود که نقش بسیار مهمی در درک تغییرات آب و هوایی زمین طی زمان زمین‌شناسی دارند. این رسوبات حاوی فسیل‌ها، معمولاً بعد از ذوب یخچال و عقب‌نشینی آن به‌جا مانده‌اند. درواقع، هرکجا که یخچال‌ها یافت شوند، رسوبات غنی از فسیل‌ها نیز یافت می‌شوند [۱۳]. اگرچه گرم شدن زمین یک عامل تهدید محیطی محسوب می‌شود و با ذوب یخ‌ها مشکلاتی برای زندگی بشر به‌وجود می‌آید، اما برای گروهی دیگر مانند دیرین‌شناسان بسیار مفید است و می‌توان بدین‌وسیله به اطلاعات و فسیل‌های باارزشی دست یافت.

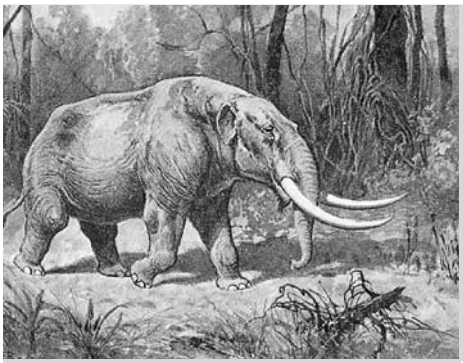
برای مثال، در سال ۱۹۹۱ یک کوه‌نورد سوئیسی جسد یخ‌زده‌ی انسانی را یافت که مربوط به ۵۳۰۰ سال پیش بود و بعدها «مرد یخی»[۳۰] نامیده شد. برای دانشمندان، این‌گونه یافته‌ها به درک حوادث هزاران سال پس از آخرین عصر یخی کمک زیادی می‌کند. دانه‌های یخ‌زده‌ی گیاهی که برای ۱۰ هزار سال در یخ حفظ شده‌اند و انواع حیواناتی که در یخ‌ها محبوس گشته‌اند، نمونه‌هایی از این منابع اطلاعاتی هستند که تحلیل آن‌ها، اطلاعات باارزشی را در اختیار ما قرار می‌دهد. این نمونه‌ها که درون یخ‌ها مدفون شده و با ذوب یخ‌ها کشف شده‌اند، حفظ‌شدگی بسیار عالی دارند. گویی همین چند روز پیش از بین رفته‌اند. مطالعه و بررسی اندام‌های نرم بدن و DNA آن‌ها، پرهای پرندگان، ذرات دانه‌ی گرده‌ی چسبیده به بدن آن‌ها، معده‌ی پر از آخرین غذای مصرف‌شده و حتی ابزارهای موجود همراه جسد انسان‌ها، اطلاعاتی بسیار غنی از حیات در گذشته به ما ارائه می‌دهند [۱۱].

بهترین نمونه‌ها از این رسوبات، در پارک ملی «واترتون» در کانادا یافت می‌شوند. در این پارک که گسترش و وسعت قابل توجهی دارد، سنگ‌های پروتروزوئیک، کامبرین، کرتاسه و سنوزوئیک با ویژگی منحصربه‌فردی برونزد دارند. به‌طوری که تریلوبیت‌ها، بی‌مهرگان و سرخس‌های دوران پالئوزوئیک در نهشته‌های یخچالی این منطقه با حفظ‌شدگی خوب یافت می‌شوند [۱۴]. هم‌چنین اشکالی از قبیل ریپل مارک، ترک‌های گلی و شش‌گونه فسیل جلبک در آن‌جا یافت شده‌اند. این جلبک‌ها شامل سه جنس از سیانو باکتری‌ها در استروماتولیت هستند [۱۳]. حفظ‌شدگی عالی استروماتولیت‌ها، فرصت بسیار مناسبی برای تحقیق روی تکامل فرم‌های زنده‌ی اولیه فراهم می‌کند. علاوه بر این، ۲۶ گونه از فسیل‌های گیاهی و چهارگونه از فسیل مهره‌داران که متعلق به اسب‌های اولیه و چرندگان سم‌دار است نیز، از این رسوبات کشف شده‌اند. قدیمی‌ترین سنگ‌های کرتاسه‌ی حفظ‌شده در این رسوبات ننیز، سنگ‌های آهکی حاوی دوکفه‌ای و شکم‌پا هستند [۱۴].

علاوه‌برمنطقه‌ی مذکور، دیرینه‌شناسان

به‌طور کلی، پنج زون یخچالی در ایران شناسایی شده‌اند که عبارت‌اند از: تخت‌سلیمان در استان مازندران، دماوند در استان تهران، سبلان در استان اردبیل، اشتران‌کوه در استان لرستان و زردکوه در استان چهارمحال بختیاری

موفق به یافتن انواع نمونه‌های فسیلی درون رسوبات یخچالی سراسر دنیا، شده ازجمله در فرانسه، ایتالیا، اسپانیا و آمریکا شدند که به‌طور کلی شامل نمونه‌هایی از قبیل دوکفه‌ای‌ها، گاستروپودها، مرجان‌ها، بقایای خارپوستان و هم‌چنین بقایای پستان‌دارانی چون ماستودن‌ها و ماموت‌ها می‌شوند. گاه



شکل‌های ۷ و ۸. ماستودون‌ها که شبیه‌فیل‌های امروزی هستند، اما از نظر اندازه متفاوت‌اند [۱۷]

فسیل این موجودات به علت محبوس‌شدن در لایه‌های یخ به‌طور کامل حفظ شده‌اند که بسیار باارزش هستند؛ مانند نمونه‌های ماموت‌ها و کرگدن‌های یافت‌شده در منطقه‌ی سیبری [۴] (شکل‌های ۷ تا ۹).

عصر یخبندان

«عصر یخ»[۳۱] زمانی است که دمای هوای سطح زمین و جو به مدت طولانی کاهش می‌یابد و این کاهش دما باعث گسترش ورقه‌های یخ در قطب و کوهستان‌ها می‌شود. به‌طور کلی، عصر یخ به‌معنای دوره‌های زمانی است که توده‌های یخی در نیم‌کره‌ی شمالی و جنوبی، آمریکای شمالی و قاره‌ی اوراسیا ایجاد شدند. این پدیده آخرین‌بار حدود دو میلیون سال قبل و در پلیئستون اتفاق افتاده است و به همین علت به پلیئستوسن عصر یخبندان می‌گویند. اما تجزیه و تحلیل مغزه‌های یخی و رسوبات اقیانوسی نشان می‌دهد که طی این زمان، دوره‌هایی نیز وجود داشته‌اند که به علت بالا بودن دمای محیطی، یخچال‌ها عقب‌نشینی کرده‌اند [۱۶]. به‌عبارت دیگر، «دوره‌های یخچالی»[۳۲] وتوده‌های یخی به‌علت تغییر شرایط محیطی ثابت و پایدار نبودند و

شکل ۹. ماموت که بدنش از مو پوشیده شده [۱۷]

تغییر دما و گرم شدن هوا در این زمان، با «دوره‌های بین‌یخچالی»[۳۳] که «دوره‌ی گرم» نامیده می‌شوند، جای‌گزین شده‌اند.

ما در حال حاضر در حال سپری کردن دوره‌ی بین‌یخچالی هستیم. گروهی معتقدند این دوره به‌طور معمول ۱۲ هزار سال طول می‌کشد، اما تشخیص این زمان با ثبت و اطلاعات به‌دست آمده از مغزه‌های یخی دشوار است. مطالعات دیگری هم وجود دارند که نشان می‌دهند، این دوره می‌تواند احتمالاً تا ۵۰ هزار سال نیز طول بکشد.

عصر یخبندان پلیئستوسن تنها حادثه‌ی یخبندان تاریخ زمین نبوده است و محققان چهار دوره‌ی مهم یخچالی را در گذشته‌ی زمین شناسایی کرده‌اند. به نظر گروهی از دانشمندان، قدیمی‌ترین این دوره‌ها، حدود ۲۷۰۰ تا ۲۳۰۰ میلیون سال قبل و در پروتروزوئیک اتفاق افتاده است. به اعتقاد آن‌ها، در این محدوده‌ی زمانی، زمین به‌صورت یک گلوله‌ی برفی درآمده است و یخچال‌ها تا نزدیک استوا گسترش داشته‌اند. مدارک و شواهدی هم یافت شده‌اند که دوره‌های یخچالی را در سنگ‌های پالئوزوییک بالایی (کربونیفر-پرمین) تأیید می‌کنند. یافته‌های جدید نیز نشان می‌دهند که آخرین عصر یخ حدود حداقل دو میلیون سال قبل اتفاق افتاد که با رشد صفحات یخی در قطب شمال آغاز شد [۲۰]. اما طی پلیئستوسن شدت گرفت و به‌صورت صفحات یخی در نیم‌کره‌ی شمالی گسترش یافت. پس از آن دنیا شاهد دوره‌های یخچالی با ورقه‌های پیش‌رونده و پس‌رونده طی ۴۰ تا ۱۰۰ هزار سال بوده است.

شواهد متفاوتی برای شناسایی دوره‌های یخچالی وجود دارند که شکل‌های متفاوتی را از قبیل آثار سنگی دارای شیارها و خطوط یخچالی، مورن‌ها، بریدگی دره‌ها و نهشته‌های تیل یا تیلیت[۳۴] شامل می‌شوند. توالی‌های یخچالی معمولاً شواهد زمین‌شناسی را از بین می‌برند و این امر باعث می‌شود تفسیر آن‌ها مشکل باشد. اما به کمک اطلاعات حاصل از تجزیه و تحلیل مغزه‌های یخ و مغزه‌های رسوبات دریایی که با بررسی میزان نسبت ایزوتوپی

اکسیژن ۱۸ به ۱۶، تغییرات دمایی را نشان می‌دهند، صریحاً می‌توان دوره‌های یخچالی و بین‌یخچالی را مشخص کرد [۱۶].

تقسیمات دوره‌های یخچالی

آب و هوا طی پلیئستوسن به‌طور متناوب تغییر کرده و وجود دوره‌های یخچالی و بین‌یخچالی معرف این تغییرات است. به‌طوری که در طول دوره‌های یخچالی در نیم‌کره‌ی شمالی، توده‌های یخ به طرف شمال اروپا و آمریکا گسترش پیدا کرده‌اند و به ایجاد دو دوره‌ی اصلی یخچالی در طول پلیئستوسن و هولوسن منجر شده‌اند که به وسیله‌ی یک دوره‌ی اصلی بین‌یخچالی به نام «میندل ریس»[۳۵] از هم جدا می‌شوند. هم‌چنین، هریک از دو دوره‌ی یخچالی مذکور نیز شامل تعدادی از یخ‌بندان‌های متوالی و مستقل از هم است که جدیدترین آن‌ها در تمام دنیا به سهولت قابل شناسایی است و سن مشخص و یکسانی دارد. اما در مورد قدیمی‌ترین آن‌ها این‌گونه نیست و محققین نظرات مختلفی دارند.

البته دوره‌های یخچالی عمدتاً براساس مناطق بزرگ یخچالی شمال آمریکا، اروپای شمالی و آلپ شناخته شده‌اند [۱]. این تقسیمات عمدتاً مبتنی بر مطالعه‌ی نهشته‌های یخچالی هستند و نام آن‌ها به مناطقی مرتبط است که یخچال‌ها حضور داشته و نهشته‌های یخچالی به جای مانده‌اند [۵]. به‌طوری‌که نخستین دوره‌ی اصلی در اروپای شمالی شامل یک دوره، در آمریکای شمالی دو دوره و در آلپ سه دوره فرعی است که به‌وسیله‌ی دوره‌های یخچالی فرعی دیگری از یکدیگر جدا می‌شوند. نکته قابل توجه است که در دوره‌های بین‌یخچالی در آلپ، آب و هوا اختلاف کمی با آب و هوای امروزی داشته است [۱].

طول زمان‌های دوره‌ی یخچالی و بعد یخچالی را با استفاده از روش لایه‌های متناوب رسوبات (لایه‌های تیره، رس و مواد آلی، و لایه‌های روشن آهک) و تعیین سن براساس کربن ۱۴، تا حدود ۱۰ هزار سال تعیین کرده‌اند [۳].

علل بروز یخ‌بندان‌ها

در مورد علل دقیق به‌وجود آمدن عصر یخ هنوز بحث وجود دارد و تاکنون نظریه‌ی قابل قبولی برای آن ارائه نشده است. اما مطالعات نشان می‌دهند که چندین عامل در ایجاد آن‌ها نقش داشته است که به‌طور کلی عبارت‌اند از:

۱. تغییر در ترکیبات اتمسفری (تمرکز دی‌اکسیدکربن و متان) یا مقدار درصد گازهای گل‌خانه‌ای: اسناد و مدارکی وجود دارند که نشان می‌دهند، مقدار گازهای گل‌خانه‌ای در آغاز دوره‌ی یخ پایین بوده است و طی دوره‌هایی که یخ‌ها ذوب شده‌اند، مقدار این گازها بالا رفته است. اما تشخیص علل این موضوع مشکل است. مقدار گازهای گل‌خانه‌ای ممکن است از سایر عوامل، نظیر حرکات قاره‌ها و ولکانیسم نیز تأثیر گرفته باشد که به‌عنوان یکی از علل ایجاد صفحات یخ مطرح شده است. معتقدین به «نظریه‌ی زمین گلوله‌ی برفی» بیان می‌کنند که یخ‌زدگی شدید پروتروزوئیک با افزایش دی‌اکسیدکربن در جو پایان پذیرفته است. درواقع طرف‌داران این ایده معتقدند، زمین گلوله‌ی برفی، با کاهش شدید دی‌اکسیدکربن ایجاد شده است. زیرا با کاهش دی‌اکسیدکربن، اثر گاز گل‌خانه‌ای کاهش می‌یابد و هوای زمین سرد می‌شود [۱۶].

ویلیام رود یمن [۲۲] نظریه‌ای را ارائه داده که بر فعالیت‌های انسان‌های اولیه پایه‌گذاری شده است. او عقیده دارد، فعالیت‌های انسانی در گذشته اکوسیستم و آب و هوای کره‌ی زمین را تحت‌تأثیر و تغییر قرار داده است. در این دوره که مربوط به هشت هزار سال قبل و قبل از عصر صنعتی‌شدن است، مقدار دی‌اکسیدکربن در جو کم بوده و کشاورزی جزو فعالیت‌های اصلی انسان‌ها به‌شمار می‌آمده است. رودیمن مدعی است، دوره‌های یخچالی ارتباط مستقیمی با فعالیت‌های کشاورزی و کمبود دی‌اکسیدکربن داشته و چندین هزار سال قبل با فعالیت‌های کشاورزان اولیه پایه‌ریزی شده است. هم‌چنین گروهی معتقدند، همیالیا نقش مهمی در ایجاد عصر یخ ایفا کرده است، زیرا این کوهستان‌ها به افزایش بارش عمومی زمین منجر شده‌اند. با افزایش بارش، شست‌وشوی دی‌اکسیدکربن از جو افزایش یافته و با کاهش دی‌اکسیدکربن، تأثیر گازهای گل‌خانه‌ای کاهش یافته است. هیمالیا حدود ۷۰ میلیون سال قبل با برخورد صفحه‌های هند و استرالیا به صفحه‌ی اوراسیا ایجاد شده و تاریخ ایجاد آن کاملاً با دوره‌ی کاهش متوسط دمای هوای زمین متناسب است [۱۶].

۲. ولکانیسم و فوران‌های آتشفشانی: بیان‌کنندگان این ایده معتقدند، فوران‌های شدید آتشفشانی باعث افزایش میزان دی‌اکسید گوگرد و ذرات ریز غبار در جو و تقلیل تابش تشعشعات خورشیدی به سطح زمین و سردی هوای آن شده‌اند [۲۳ و ۲].

۳. موقعیت قاره‌ها و تکتونیک ورقه‌ای: در این نظریه عنوان شده است، با توجه به این‌که یخچال‌ها فقط در قاره‌ها تشکیل می‌شوند، بنابراین قبل از عصر

یخ‌بندان، خشکی‌ها باید در عرض‌های جغرافیایی بالا وجود داشته باشند. بررسی آثار یخچالی امروزی در آفریقا، استرالیا، آمریکای جنوبی و هندوستان نشان‌دهنده‌ی آن است که این مناطق در اواخر پالئوزوییک و در حدود ۲۵۰ میلیون سال قبل دارای یخ‌بندان بوده‌اند. بررسی یخچال‌هایی که در عرض جغرافیایی میانه قرار دارند، نظریه‌ی جابه‌جایی ورقه‌های قاره‌ای و تغییر موقعیت کنونی آن‌ها را تقویت می‌کند. بر این اساس دانشمندان معتقدند، چنین نواحی که دارای آثار یخچالی قدیمی هستند، زمانی به صورت یک ابرقاره‌ی منفرد و در عرض جغرافیایی بالا قرار داشته‌اند و از جنوب به یکدیگر متصل بوده‌اند و بعد از جدا شدن در موقعیت کنونی قرار گرفته‌اند [۱۵ و ۲].

۴. جریان‌های دریایی: از عواملی محسوب می‌شوند که در آب و هوا تأثیر گذارند و قادر به سرد کردن و گرم کردن هوا هستند. جهت حرکت آن‌ها با توجه به درجه‌ی حرارتی که دارند، تعیین می‌شود. در گذشته، جهت حرکت این جریان‌ها با تغییر موقعیت قاره‌ها تغییر یافته است؛ به‌طوری‌که بسته شدن و جابه‌جایی ورقه‌های زمین، به توقف جریان آب‌های گرم از استوا به قطب، تغییر و کاهش گرما، و ایجاد صفحات یخی انجامید. برای مثال، ایجاد یخ‌بندان‌ها در شمال آمریکا، با توقف جابه‌جایی آب بین بخش استوایی اقیانوس اطلس و اقیانوس آرام مرتبط است [۱۶ و ۲].

۵. تغییرات مدار زمین: این عامل که معروف‌ترین عامل در شکل‌گیری یخ‌بندان‌هاست، به «چرخه‌ی میلانکوویچ» معروف است. امروزه گروهی از دانشمندان معتقدند که نوسانات آب و هوایی پلیئستوسن در ارتباط با مدار زمین بوده است. این نظریه که اول بار توسط **میلوتین میلانکوویچ** در سال ۱۹۲۰ بیان شد، بر این پایه استوار است که تغییرات میزان تشعشعات خورشیدی، عامل اصلی کنترل‌کننده‌ی آب و هوای زمین است. این ایده ابتدا مورد توجه قرار نگرفت و مردود اعلام شد. اما دوباره از سال ۱۹۷۰ مورد توجه قرار گرفت. میلانکوویچ اظهار کرد: آغاز دوره‌ی یخی پلیئستوسن منطبق بر سه تغییر است که عبارت‌اند از:

- تغییر در مدار گردش زمین به دور خورشید،
- تغییر در میزان انحراف در زاویه‌ی زمین نسبت به سطحی که از مدار زمین می‌گذرد،
- نوسان در محور زمین که به آن انحراف محور می‌گویند [۲۰ و ۲].

* دانشگاه تربیت معلم، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی

پی‌نوشت

1. Granular Snow 2. Firm
3. Glacier ice 4. Alpine glacier
5. Continentglacier 6. Mount kosciuszko
7Advancingglacier 8. Balanced budget
9. Accumulation zone
10. Depositional zone
11. Ablational zone 12. Cirque 13. Tarn
14. horn 15. Aretes16. Hanging valley
17. Basal sliding 18. Fracture zone
19. crevasse 20. Plucking
21. Abrasion 22. Rock flour
23. Glacial striation 24. Drift 25. Till
26. Out wash 27. Morain 28. drumlins
29. Kettle 30. Otiz 31. Ice age
32. glacial periods
33. interglacial periods
34. Tillites 35. Mindel-Riss

منابع

۱. اسدیان، خ (۱۳٦٥). جغرافیای دیرینه. انتشارات دانشگاه تهران.
۲. اخروی، ر (۱۳۸۲). مبانی زمین‌شناسی. انتشارات امیرکبیر.
۳. تنوبالد، ن (۱۳٦۱). مبانی زمین‌شناختی ماقبل تاریخ. ترجمه‌ی خ اسدیان. انتشارات دانشگاه تهران.
٤. فرشاد، ف (۱۳٤٤). چینه‌شناسی دوران چهارم. انتشارات دانشگاه تهران.
5. Bobek, H. (1934), Reise in Nordwest Persien 1934 [Travel in northwest Persia 1934: Zeitschrift der Gesellschaft fur Erdkunde zu Berlin, Vols. 9/10, pp. 359-369.
6. Bobek, H. (1937), Die rolle der Eiszeit in Nordwest Iran [The role of the ice age in northwestern Iran]: Zeitschrift fur Glestscherkunde, vol. 25, pp. 130-183.
7. Bobek, H. (1963). Nature and implications of Quaternary climatic changes in Iran, In: Changes of climate. Proceedings of Symposium on Changes of Climate with Special Reference to And Zones: Rome, 1961, UNESCO, p. 403-413.
8. Busk, D. L. (1933), Climbing and ski-ing in the Elburz Range, North Persia.
9. Busk, D. L. (1937), The German expedition in the Elburz Range, N. Persia: Alpine Journal, v. 49, no. 255, p. 245-247.
10. Ferrigno, J. (1991), Glaciers of the Middle East and Africa-glaciers of Iran, U. S. Geological Survey Professional Paper 1386-G-2.
11. Mcfarling. U. L. (2003), http:// www. Melting of glaciers frees ancient secrets. mht.
12. Nelson. S. A. (2009), Physical Geology, Tulane University, Glaciers and Glaciation. mht.
13. http:// www. Geology of Glacier National Park. mht.
14. http:// www. Geology of Glacier National Park. Fossils (U-S-Natinal Park Service) htm.
15. http:// www. Glacier. Wikipedia, the free encyclopedia.
16. http:// www. Ice age. Wikipedia, the free encyclopeida.
17http://wwwImagessearch.yahoo.com.
18. Krinsley, D. B. (1972), The paleoclimatic significance of the Iranian playas. In: E. M. van, Zinderen Bakker, Ed., Palaeoecology of Africa, vol. 6: Cape Town, A. A. Balkema, pp. 114-120.
19. Peguy, Ch. P. (1959), Les glaciers de l'Elbourz [The glaciers of the Elburz Mountains]: Bulletin de I'Association de GeographesFrancais, nos. 284-285, pp. 44-49.
20. Plummer, CH., C., Mcgeary, D. and Carlson, D. H. (2005), Physical geology, pp. 288-311.
21. Rezaei, Y., Valadan zouj, M. J. and Vaziri, F., Change detection of Alam-chal Glacier Surface Using Spot 5 Image. http:// www. detection of Alam-chal Glacier Surface Using Spot 5.
22. Ruddiman, W. F. and Kutzbach, J. E. (1991), Plateau uplift and climate change scientific American, pp. 66-74.
23. Wicander, R. and Mouroe, J., S. (2000), Historical geology, pp. 83, 84, 224, 226, 463, 672, 473.
24. Vaziri, F. (2003), Applied hydrology in Iran, Management and Planning Organization of Iran.

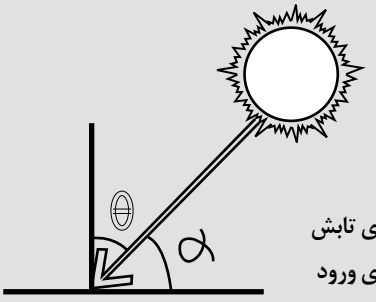
مکان ظاهری خورشید در آسمان

همت‌اله رورده*

اشاره: در کتاب علوم زمین پیش دانشگاهی مطالبی در مورد زاویه انحراف محور چرخشی زمین و زمان‌های انقلابیون و اعتدالین و ... آورده شده مطلب ذیل کامل کننده مطالب کتاب می‌باشد.

درآمد: بطلمیوس، جغرافی‌دان، منجم و ریاضی‌دان معروف سال‌های ۱۲۷ تا ۱۵۱ پیش از میلاد معتقد بود: زمین در مرکز کره‌ی بزرگ عالم قرار دارد و هفت جرم سماوی از جمله ماه و خورشید، روی مدارهای معینی به دور زمین گردش می‌کنند. این دوره، به «دوره‌ی زمین مرکزی» شهرت دارد. صدها سال بعد، نیکولاس کوپرنیک، دانشمند لهستانی ثابت کرد که زمین مرکز عالم نیست و منظومه‌ی «خورشید مرکز» را مطرح کرد که در آن، خورشید در مرکز و سایر سیارات به دور آن در گردش‌اند.

خورشید به‌صورت ظاهری، بین مدار رأس‌السرطان (۲۳/۵ درجه شمالی) و مدار رأس الجدی (۲۳/۵ درجه جنوبی) در آسمان در حرکت است. برای ساکنان نیم‌کره‌ی شمالی، اگر خورشید روی مدار رأس‌السرطان عمود بتابد، اول تیرماه و اگر روی مدار رأس‌الجدی عمود بتابد، اول دی‌ماه است. اول فروردین و اول مهر، خورشید روی خط استوا عمود می‌تابد (شکل ۱).



شکل ۱. تابش خورشید به زمین

موقعیت خورشید در آسمان را در هر موقع از روز می‌توان به کمک زاویه و جهت تابش آن مشخص کرد. روش‌های متعددی اعم از ریاضی و گرافیکی برای تعیین زاویه و جهت تابش خورشید و طلوع و غروب آن وجود دارند.

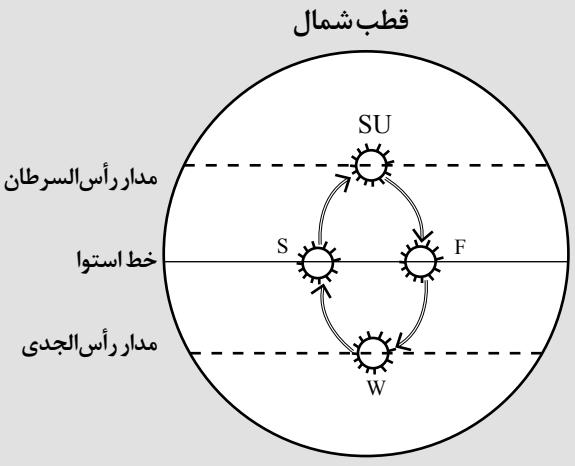
الف) روش ریاضی

۱. تعیین زاویه‌ی تابش خورشید

زاویه‌ی بین شعاع تابش خورشید و صفحه‌ی افق را «زاویه‌ی تابش خورشید» یا ارتفاع خورشید گویند و آن را با علامت α (آلفا) نشان می‌دهند. هم‌چنین، زاویه‌ی بین پرتوهای خورشید و خط عمود بر صفحه‌ی افق را «زاویه‌ی ورود» یا زاویه‌ی θ (تتا) گویند. زاویه‌ی ارتفاع خورشید و زاویه‌ی ورود، مکمل یکدیگرند (شکل ۲).

$$\alpha + \theta = ۹۰$$

ارتفاع خورشید از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:



S : بهار su : تابستان
f : پاییز w : زمستان

شکل ۲. موقعیت خورشید بر روی زمین

$$\sin\alpha = \cos\theta = (\sin\delta\sin\phi) + (\cos\delta\cos\phi\cos\varpi)$$

در این فرمول داریم:

زاویه‌ی ساعتی: ω

عرض جغرافیایی: ϕ

زاویه‌ی تابشی یا ارتفاع خورشید: α

مدار میل خورشید: δ

سمت الرأس: θ

عرض جغرافیایی (ϕ): اگر دو خط از مرکز زمین، یکی به استوا و دیگری به نقطه‌ی موردنظر وصل کنیم، زاویه‌ی بین خطوط را «عرض جغرافیایی» نقطه‌ی مورد نظر گویند. عرض جغرافیایی برحسب درجات به سمت شمال و جنوب استوا اندازه‌گیری می‌شود و گستره‌ی آن از ۰ تا ۹۰ درجه‌ی شمالی و جنوبی است. استوا صفر درجه، مدار رأس‌السرطان ۲۳/۵ درجه‌ی شمالی و مدار رأس‌الجدی ۲۳/۵ درجه‌ی جنوبی است. قطب‌های شمال و جنوب نیز ۹۰ درجه‌ی شمالی و ۹۰ درجه‌ی جنوبی هستند.

زاویه‌ی انحراف (δ): زاویه‌ی بین شعاع خورشید با صفحه‌ی استوا در ظهر خورشیدی است و مقدار آن از ۲۳/۵- تا ۲۳/۵+ درجه تغییر می‌کند. این زاویه هر ۴۰ هزار سال یک‌بار بین ۲۱/۸ تا ۲۴/۴ درجه در حال تغییر است که علت آن، تأثیر نیروی جاذبه‌ی خورشید و ماه بر زمین است. با بررسی زاویه‌ی انحراف می‌توان موقعیت خورشید را نسبت به کره‌ی زمین در هر زمانی پیدا کرد. اندازه‌ی این زاویه را می‌توان از طریق فرمول‌های الف و ب به دست آورد.

الف) $\delta = ۲۳/۵\sin(۳۶۰\frac{n}{۳۶۵})$

ب) $\delta = -۲۳/۵\cos[\frac{۳۶۰(tj+۱۰)}{۳۶۵}]$

جمع روزهای سال از اول فروردین تا روز مورد نظر = n

شماره روز از اول سال میلادی (۱۱ دی‌ماه) = tj

مثال: خورشید در اول تیرماه بر چه مداری عمودی می‌تابد؟

$\delta = ۲۳/۵\sin(۳۶۰\frac{۹۴}{۳۶۵}) \approx ۲۳/۵$

(اول تیرماه تا اول فروردین ۹۴ روز فاصله دارد)

$\delta = ۲۳/۵\cos[\frac{۳۶۰(۱۷۲+۱۰)}{۳۶۵}] \approx ۲۳/۵$

(۱۱ دی‌ماه تا اول تیرماه ۱۷۲ روز است)

با توجه به جواب، خورشید در اول تیرماه بر مدار رأس‌السرطان (۲۳/۵ درجه) عمود می‌تابد.

زاویه‌ی ساعتی (ω): مقدار زاویه‌ی ساعتی از ۱۸۰- تا ۱۸۰+ درجه متغیر و مبدأ آن ظهر خورشیدی است. مقدار آن برای یک ساعت مانده یا گذشته از ظهر، ۱۵ درجه است، زیرا خورشید به صورت ظاهری هر ساعت ۱۵ درجه‌ی طول جغرافیایی را طی می‌کند. علامت آن برای بعدازظهر منفی و برای صبح مثبت است و از طریق رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$\omega = ۱۵(۱۲ - st)$ (امگا)

ساعت مورد نظر: st

موقعیت خورشید در آسمان را در هر موقع از روز می‌توان به کمک زاویه و جهت تابش آن مشخص کرد

مثال: زاویه‌ی ساعتی را در ساعت ۹ صبح محاسبه کنید.

$\omega = ۱۵(۱۲-۹) = ۴۵$

مثال: ارتفاع خورشید یا زاویه‌ی تابش خورشید را در اول آبان ساعت ۹ صبح برای عرض جغرافیایی ۳۶ درجه به دست آورید.

$\omega = ۱۵(۱۲-۹) = ۴۵$

$\delta = ۲۳/۵\sin[۳۶۰\frac{۲۱۷}{۳۶۵}] = -۱۳/۱۵$

$\sin\alpha = (\sin -۱۳/۱۵\sin ۳۶) + (\cos -۱۳/۱۵\cos ۳۶\cos ۴۵)$

$= /۴۲۳ \text{ inv}\sin\alpha = ۲۵$

زاویه‌ی تابش خورشید یا ارتفاع خورشید در اول آبان نسبت به سطح افق ۲۵ درجه می‌باشد.

۲. تعیین سمت شیب خورشید

آزیموت سمت شیب از این فرمول به دست می‌آید:

$$\sin z = \frac{\cos\delta\sin\varpi}{\cos\alpha}.$$

مثال: سمت شیب خورشید را با توجه به مثال قبل محاسبه کنید.

$\alpha = ۲۵ \quad \varpi = ۴۵ \quad \delta = ۱۳/۱۵$

$\sin z = \frac{\cos -۱۳/۱۵\sin ۴۵}{\cos ۲۵} = ۰.۷۶z = ۴۹/۴۴$

در این مثال، سمت شیب خورشید در ۴۹/۴۴ درجه‌ی شرقی نسبت به جنوب است. سمت شیب خورشید را نسبت به راستای شمال هم می‌سنجند. برای این‌که بتوانیم جهت تابش خورشید را نسبت به شمال بسنجیم، عدد به دست آمده از فرمول بالا را از ۱۸۰ درجه کم می‌کنیم. عدد حاصل جهت تابش خورشید نسبت به شمال است.

$$۱۸۰ - ٤۹/٤٤ \approx ۱۳۰$$

در روز اول آبان ساعت ۹ صبح در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه خورشید ۱۳۰ درجه نسبت به شمال واقعی قرار دارد.

۳. محاسبه‌ی طول روز و زمان طلوع و غروب خورشید

«طول روز» از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$t\,d = \frac{۲}{۱۵}\,\mathrm{Arc}\cos(-\tan\delta\tan\phi)$$

مثال: برای مثال قبل، طول روز و زمان طلوع و غروب خورشید را به دست آورید:

$$t\,d = \frac{۲}{۱۵} = \mathrm{Arc}\cos(-\tan ۱۳/۱۵\tan ۳٦) = ۱۰.٦۹٦۹$$

$$۰.٦۹٦۹ \times ٦۰ = ٤۱'.۸۱۸$$

$$۰.۸۱۸ \times ٦۰ = ٤۹''$$

در این زمان طول روز ۱۰ ساعت و ۴۱ دقیقه و ۴۹ ثانیه است.

زمان «طلوع خورشید» از فرمول زیر حاصل می‌شود:

$$\text{ساعت طلوع خورشید} = ۱۲ - \frac{t\,d}{۲}$$

$$= ۱۲ - \frac{۱۰.٦۹٦۹}{۲} = ٦.٦٥$$

$$۰.٦٥ \times ٦۰ = ۳۹'.۰۹$$

$$۰.۰۹ \times ٦۰ = ٦''$$

طلوع خورشید ساعت شش و سی و نه دقیقه و شش ثانیه است.

$$\text{غروب خورشید} = ۱۰.٦۹٦۹ + ٦.٦٥ = ۱۷.۳٤٦۹$$

$$۰.۳٤٦۹ \times ٦۰ = ۲۰'.۸۱٤$$

$$۰.۸۱٤ \times ٦۰ = ٤۸''$$

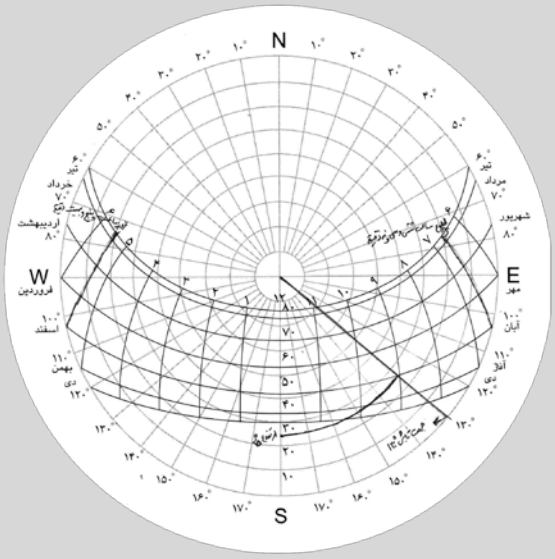
ساعت غروب خورشید ساعت هفده و بیست دقیقه و چهل و هشت ثانیه می‌باشد.

ب) روش گرافیکی

به کمک نمودارهایی می‌توان زاویه و جهت تابش خورشید و هم‌چنین زمان طلوع و غروب و طول روز را محاسبه کرد. این نمودارها برای عرض‌های جغرافیایی متفاوت تهیه شده‌اند. در این نمودارها، مسیر حرکت خورشید در آسمان، به شکل منحنی‌هایی از شرق دایره‌ی افق به سمت غرب آن کشیده شده‌اند. زاویه‌ی تابش خورشید به زمین، از صفر تا ۹۰ درجه به شکل دایره‌های متحدالمرکز نشان داده شده است. این دایره‌ها دارای فاصله‌ی ۱۰ درجه‌ای از هم هستند. جهت تابش به صورت خطوطی است که از محیط دایره‌ی افق به مرکز دایره متصل و بین صفر (از شمال) تا ۱۸۰ درجه (در جنوب) تقسیم شده‌اند. زمان طلوع و غروب خورشید به‌صورت خطوط عمودی مورب نشان داده شده است.

به منظور به دست آوردن زاویه و جهت تابش خورشید و زمان طلوع و غروب برای مثال قبل، به صورت زیر عمل می‌کنیم:

الف) روی نمودار، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه‌ی منحنی مسیر خورشید را در اول آبان ماه مشخص می‌کنیم. برای عرض جغرافیایی ۳۶ درجه می‌توان از نمودارهای عرض جغرافیایی ۳۵ یا ۳۷ درجه استفاده کرد.



شکل ۳. موقعیت و زوایای تابش خورشید در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه‌ی شمالی

ب) روی این منحنی نقطه‌ی مربوط به ساعت ۹ را علامت می‌زنیم. این نقطه نشان می‌دهد که در ساعت ۹ صبح، زاویه‌ی تابش خورشید ۲۵ درجه و جهت تابش خورشید ۱۳۰ درجه است.

ج) با توجه به خطوط مورب عمودی در اول آبان، طلوع خورشید ساعت شش و سی و نه دقیقه، زمان غروب خورشید پنج و بیست دقیقه، و طول روز ده ساعت و چهل و یک دقیقه است (شکل ۳).

نتیجه

به کمک فرمول و نمودار می‌توان موقعیت خورشید را در آسمان برای هر عرض جغرافیایی و هر زمان از طول سال محاسبه کرد. خورشید در اول تیرماه بر مدار رأس‌السرطان و در اول دی‌ماه بر مدار رأس‌الجدی عمود می‌تابد. زاویه‌ی تابش خورشید برای نیم‌کره‌ی شمالی در اول تیرماه به حداکثر ارتفاع و در اول دی‌ماه به حداقل ارتفاع می‌رسد.

خورشید در اول بهار و اول پاییز، دقیقاً از شرق طلوع و در غرب غروب، در تابستان، از شمال شرق طلوع و در شمال غرب غروب، و در فصل زمستان، از جنوب شرق طلوع و در جنوب غرب غروب می‌کند.

* دکترای اقلیم‌شناسی، مدرس دبیرستان‌های آمل و دانشگاه‌های استان مازندران

خورشید در اول تیرماه بر مدار رأس‌السرطان و در اول دی‌ماه بر مدار رأس‌الجدی عمود می‌تابد

خورشید به صورت ظاهری هر ساعت ۱۵ درجه‌ی طول جغرافیایی را طی می‌کند

منابع

۱. عدالتی، تقی و فرخی. حسن. ۱۳۷٤. اصول و مبانی جغرافیای ریاضی. انتشارات آستان قدس رضوی.

۲. علیجانی، بهلول و کاویانی، محمدرضا. ۱۳۷۲. مبانی آب و هواشناسی. انتشارات سمت.

۳. کسمایی، مرتضی. ۱۳۸٤. اقلیم و معماری. انتشارات خاک. پاییز

٤. نمازیان، علی‌اکبر. تنظیم شرایط محیطی.

5.Trewartha,G,1968. Anintroduction to climat, MoGraw Hill Book.co., New York,

6. Trewartha, G, etal, 1968. Fundamentals of physical Geography, Mc Graw Hill Book co., New York,

فسیل اثری کروزیانا

جهانبخش دانشیان، نیما نظام‌وفا و ندا نوروزی*

چکیده

«کروزیانا»[1] یکی از فسیل‌های اثری معروف و مهم است که به اعتقاد بسیاری از محققان، نشانه‌ی اثر حرکت کند تریلوبیت‌ها روی رسوبات است. تاکنون آثار متفاوتی از کروزیانا در محیط‌های دریایی یافت شده است. توجه ویژه‌ی محققان به کروزیانا، به خاطر نقش آن در مطالعات اکتشافی نفت و گاز در مناطقی است که فسیل‌های اندامی نمی‌توانند کمک چندانی بکنند. البته نقش آن‌ها در بازسازی جغرافیای دیرینه و محیط‌های رسوبی و هم‌چنین در بیواستراتیگرافی انکارناپذیر است. آثار به‌دست آمده از آن‌ها، از پالئوزوئیک گزارش شده است. تنوع و فراوانی آثار یافت شده‌ی آن‌ها نیز با تنوع و فراوانی تریلوبیت‌ها هماهنگی دارد و از آن تبعیت می‌کند. در ایران نیز آثاری از کروزیانا را در مناطق متفاوتی از جمله در نهشته‌های کامبرین و اردویسین گزارش کرده‌اند.

کلید واژه ها: کروزیانا، آثارکروزیانا درایران

مقدمه

فسیل‌ها یکی از مهم‌ترین ابزارها برای بازسازی (جغرافیای دیرینه) (پالئوژئوگرافی) به‌شمار می‌روند. جغرافیای دیرینه، علمی است که به بررسی وضعیت گسترش خشکی‌ها و آب‌ها در ادوار گذشته‌ی زمین‌شناسی می‌پردازد. برای آشنایی با جغرافیای دیرینه پالئوزوئیک، تریلوبیت‌ها نقش مهمی را برعهده دارند. این جانوران که گروهی از بند پایان قدیمی به‌شمار می‌آیند، از فسیل‌های شاخص هستند و با بدن بندبند و پوشش سخت خارجی خود مشخص می‌شوند. در شکل ۱، تریلوبیتی که نام علمی آن «Dalmanites verrucostus» است، نشان داده شده است. تریلوبیتی که از آن به عنوان یکی از فسیل‌های شاخص «سیلورین میانی» نام برده می‌شود [کیمیائی، ۱۳۵۲: ۲۹۹].

پرسشی که به ذهن خطور می‌کند این است که: «آیا تریلوبیت‌ها علاوه بر فسیل‌های اندامی، دارای فسیل‌های اثری نیز هستند و آیا آثار آن‌ها شناسایی شده‌اند؟ بدیهی است به راحتی می‌توان در مورد فسیل‌های اندامی اظهار نظر کرد، اما در مورد فسیل‌های اثری اظهار نظر بسیار دشوار است. همان‌طور که می‌دانیم، اثراتی را که توسط فعالیت جان‌داران در رسوبات ایجاد می‌شوند، فسیل اثری یا «ایکنوفسیل» می‌نامند. آثار به‌جای مانده، به نوع فعالیت جانوران وابسته است و از این رو می‌توان اثرات متفاوتی را انتظار داشت. «رپیکنیا»[2] آثار حرکت یکی از ایکنو فسیل‌هاست.[1]

کروزیانا اثری است که به نظر بسیاری از محققان نشانه‌ی حرکت جزئی و خزیدن تریلوبیت‌هاست که در رسوبات باقی مانده است. کروزیانا به‌طور کلی آثاری به شکل شیارهای اریب و جناغی شکل است که در اثر فرو

رفتن اندام حرکتی تریلوبیت‌ها در گل و هنگام حرکت به جای مانده‌اند. البته دیرینه شناسان در کنار کروزیانا از دو اثر فسیلی دیگر نام می‌برند که در کنار تریلوبیت‌ها آن‌ها را شناسایی کرده‌اند و عبارت‌اند از: «Rusophicus» و «Diplichnites». اولی اثر فرورفتن در گل و نشانه‌ی سکون و بدون حرکت بودن جانور است و دیگری (Diplichnites) نشانه‌ی حرکت سریع تریلوبیت‌ها روی رسوبات [دانشیان و همکاران، ۱۳۸۲].

اگرچه فسیل تریلوبیت‌ها از پایین‌ترین قسمت کامبرین ظاهر و در پرمین پسین ناپدید می‌شود، اما تنوع بسیار زیاد و قابل توجه آن‌ها در کامبرین و گزارش وجود ۸۱۴ جنس از تریلوبیت‌ها [Boardman et al., 1987] سبب شده است این باور به‌وجود آید که آن‌ها قبل از کامبرین نیز حضور داشته‌اند. بدیهی است، یافتن فسیل اندامی تریلوبیت‌ها کار آسانی نیست. به شرط آن‌که از تعلق فسیل‌های اثری به تریلوبیت‌ها اطمینان داشته باشیم، شاید بتوان گفت در برخی موارد یافتن این نوع فسیل‌ها به سبب فراوان‌تر بودن آثار، آسان‌تر است. به‌طور کلی، فسیل‌های اثری نسبت به فسیل‌های اندامی در موارد زیر اهمیت ویژه‌ای می‌یابند [Ibid]:

- اغلب در سنگ‌های تخریبی مانند ماسه سنگ‌ها حفظ می‌شوند و ما می‌توانیم آثار آن‌ها را بیابیم. در حالی‌که احتمال یافتن فسیل‌های اندامی بسیار ضعیف‌تر است.
- تأثیر دیاژنز در طول زمان روی فسیل‌های اندامی سبب از بین رفتن شکل فسیل‌ها می‌شود، در حالی‌که تحقیق دانشمندان نشان داده که این تأثیر در فسیل‌های اثری کمتر بوده است.
- بحث نابرجا بودن آن‌ها نیز بسیار کمتر از فسیل‌های اندامی مطرح می‌شود.

بنابراین اگر در مکانی آثار فسیل اثری و اندامی تریلوبیت‌ها در کنار هم یافت شود و از طرف دیگر ثبت شواهد فسیلی تریلوبیت‌ها در سایر نقاط نیز این موضوع را نشان دهد، می‌توان ارتباط فسیل اثری با فسیل تریلوبیت‌ها را از آن استنباط کرد و این احتمال را داد که آن فسیل‌های اثری متعلق به تریلوبیت‌ها باشند. البته واضح است، در صورتی‌که آثار به‌جای مانده شواهدی را دال بر ارتباط مستقیم با تریلوبیت‌ها نشان دهند، به راحتی می‌توان به این نکته پی برد. در هرحال با توجه به این موضوع، در مکان‌هایی که فسیل‌های اندامی تریلوبیت وجود نداشته باشند، براساس حضور فسیل‌های اثری مربوط به تریلوبیت‌ها می‌توان به همان نتایجی دست یافت که با حضور فسیل‌های اندامی به آن پی می‌بریم. کروزیانا یکی از آثار فسیل‌های اثری است که تا کنون محققان شکل‌های متفاوتی از آن را شناسایی و گزارش کرده‌اند.

کروزیانا

نام علمی «Cruziana» در سال ۱۸۴۲ توسط دربینی[۳] انتخاب شد. دربینی این نام را به احترام شخصی به نام آندریس **سانتاکروز** انتخاب کرد. سانتاکروز کسی بود که طی سال‌های ۱۸۳۶ تا ۱۸۳۹، بولیوی و پرو را زیر فرمان خود متحد کرد. البته نام «Bilobites» نیز که بیشتر نامی توصیفی است، توسط **سینکلر**[۴] (۱۹۵۱) برای این فسیل اثری به‌کار برده شد و ممکن است در برخی نوشتارها از این نام استفاده شده باشد. اما از نظر قواعد نام‌گذاری جانورشناسی، امروزه این نام به کار نمی‌رود (زیرا همیشه اولین و قدیمی‌ترین نام مبنا قرار می‌گیرد).

همان‌گونه که اشاره شد، کروزیانا آثاری شیاری و جناغی شکل است که احتمالاً در اثر فرورفتن اندام حرکتی تریلوبیت در گل و هنگام حرکت به جای مانده‌اند. اگر بپذیریم کروزیانا فسیل اثری تریلوبیت‌هاست، بدیهی است که گونه‌های آن از نظر محدوده‌ی زمانی و اندازه، به تریلوبیت‌ها وابسته خواهند بود. برای مثال، اندازه‌ی بزرگ و یا کوچک بودن کروزیانا حکایت از بزرگ و یا کوچک بودن اندازه‌ی تریلوبیت دارد و گونه‌ی خاصی از کروزیانا، مشخصه‌ی گونه خاصی از تریلوبیت‌هاست.

نکته‌ی قابل توجه آن است که ایکنوفسیل کروزیانا در مرز پرکامبرین ـ کامبرین قبل از آن‌که اولین فسیل اندامی تریلوبیت ظاهر شود ـ از نهشته‌ها گزارش شده است. آثاری هم در آب شیرین و هم‌چنین در نهشته‌های تریاس گزارش شده که آن‌ها را به کروزیانا نسبت داده‌اند [Bromely, 1996]. البته به نظر می‌رسد نمی‌توان چنین آثاری را به تریلوبیت‌ها نسبت داد. زیرا شواهد بسیاری وجود دارند که نشان می‌دهند، تریلوبیت‌ها بندپایانی دریازی بوده‌اند و در انتهای پالئوزوئیک منقرض شده‌اند. آن‌چه تاکنون اکثر محققان تحت عنوان کروزیانا معرفی کرده‌اند، مربوط به محیط دریایی با شوری معمولی و مربوط به منطقه‌ی فلات قاره‌ای بوده است. از این رو تصور بر این است که کروزیانا نشان‌دهنده‌ی رخساره‌ی مناطق با سطح انرژی متوسط است [Boardman et al., 1987].

شاید تصور اعمال حرکتی و رفتاری فسیلی مانند یک تریلوبیت که منقرض شده است، بسیار مشکل باشد، اما اگر پی بردن به اعمال حرکتی و رفتاری و آثاری که از این حرکات و رفتارها به جای می‌مانند، برای ما اهمیت داشته باشند، به ناچار باید تحقیق بیشتری روی آثار صورت گیرد. یقیناً بهترین حالت برای نیل به هدف، مقایسه با آثار جانورانی است که مشابه با تریلوبیت‌ها باشند. در این صورت، تمام اعمال حرکتی اعم از سکون، حرکت کند یا تند، خزش و... آثاری را در محیط به‌جای می‌گذارند که با مطالعه‌ی آن‌ها می‌توان به نتایج جالب‌توجهی دست یافت.

گاهی ممکن است آثار به‌جای مانده از نظر ریخت‌شناسی بین چند جانور مشترک باشند. در این صورت، تشخیص ارتباط آثار با جانور مربوطه دشوار می‌شود. بنابراین میزان اطمینان از این‌که آثار به جای مانده متعلق به جانوری خاص باشد، مهم است و تنها در شرایط ویژه می‌توان به این اطمینان رسید.

تاکنون اشکال گوناگون با اندازه‌های متفاوتی از Cruziana (شکل‌های ۲ و ۳) از رسوبات ساحلی منطقه‌ی «ساب‌لیتورال» گزارش شده‌اند [Boardman et al., 1987]؛ منطقه‌ی دریایی با درجه‌ی شوری معمولی و با اکسیژن محلول زیاد که رسوبات کف حوضه به‌جز در مواقع طوفانی پایدار هستند. هم‌چنین در نواحی دور از ساحل با آشفتگی کم یافت می‌شوند (شکل۴) [موسوی حرمی، ۱۳۸۳]. کروزیانا احتمالاً مربوط به تریلوبیت‌های بنتیک یا کف‌زی است؛ زیرا انواع پلانکتیک یا شناگر، هنگام حرکت نمی‌توانستند اثری روی رسوبات بگذارند.

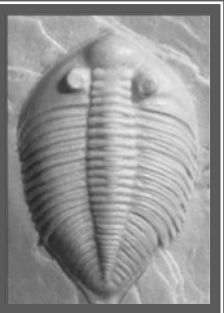
همان‌طور که تعداد گونه‌های جانوری بی‌شمار است، قطعاً آثار به‌جای مانده‌ی حرکتی و رفتاری آن‌ها نیز قابل توجه و زیاد است و برای مطالعه‌ی دقیق آن‌ها به نام‌گذاری نیاز داریم. فسیل‌شناسانی که در این زمینه تحقیق می‌کنند، هم‌چون سایر فسیل‌شناسان و زیست‌شناسان، از سیستم نام‌گذاری دواسمی لینه استفاده می‌کنند و واحد اصلی را گونه قرار می‌دهند. در این سیستم، کروزیانا یک «Ichnogenus» به‌حساب می‌آید و تاکنون گونه‌های زیادی از آن نظیر گونه‌های اشاره شده در شکل۲ شناسایی و معرفی شده‌اند.

آثار کروزیانا در ایران

قدیمی‌ترین کروزیانا در ایران از سازند باروت گزارش شده است [حمدی، ۱۳۷۴]. سن سازند باروت در گذشته اینفراکامبرین ذکر شد [Stocklin & Setudehnia, 1971]. این در حالی است که امروزه سن سازند باروت، کامبرین پیشین اعلام شده‌است [آقانباتی، ۱۳۸۳]. هم‌چنین، از سازند لالون، گونه‌ی Cruziana nabataeica گزارش شده‌است [Seilacher, 2007].

از دیگر زمین‌شناسانی که آثار Cruziana را از لایه‌های شیلی و ماسه‌سنگی سازند لالون (با سن کامبرین پیشین) گزارش کرده‌اند، می‌توان به **گانسر و هوبر**[5] (۱۹۶۲) اشاره کرد. آن‌ها در کوه البرز در یال غربی لشگرک،

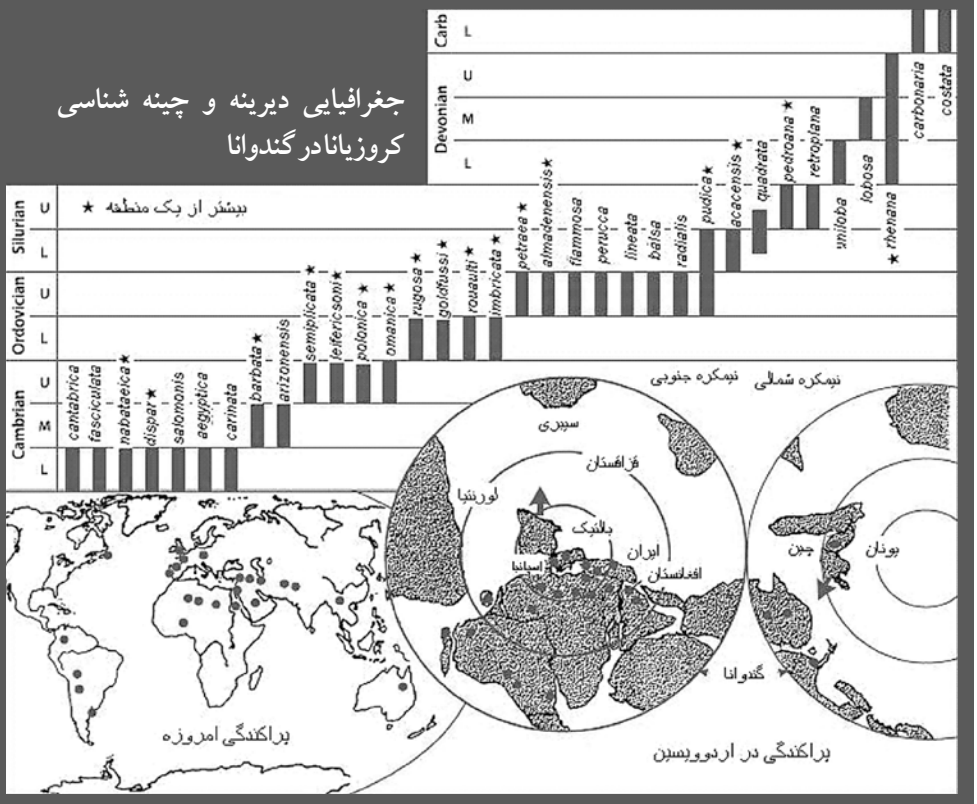
Class	Trilobita
Order	Phacopida(E.Ord-L.Dev)
Suborder	Phacopiha(E.ord-L.dev)
Superfamily	Dalmanitoidea
Family	Dalmanitidae
Genus	*Dalmanites*
Species	*Dalmanites verrucostus*



این تریلوبیت، سفالونی از نوع پروپارین و چهار جفت شیار گلابلایی دارد. سفالون، علاوه بر جنال‌اسپاین، دارای چشم‌های بزرگ و شیزوکروالی است که در قسمت عقبی سفالون قرار گرفته است. نوراکس از ۱۰ تا ۱۱ قطعه تشکیل شده و در سطح آن‌ها شیارهای لب‌های کناری بسیار واضح است. انتهای خارها در آن‌ها زاویه‌دار و یا گرد است. پیجیدیوم طویل با **Axis** طویل و نیز اندازه‌ای کوچک‌تر از سفالون داشته (میکروپیگوس) و فاقد خار است. تعداد حلقه‌های پیجیدیوم از ۱۱ تا ۱۶ حلقه است. محدوده‌ی سنی **Dalmanites**، سیلورین ـ دوتین پیشین و محدوده‌ی سنی گونه‌ی **D.verrucostus**، سیلورین میانی است.

شکل۱. گونه‌ی Dalmanites Verrucostus. تصویر سمت راست از سایت www.prehistoric-life.com آمده است. تصویر سمت چپ مربوط به کتاب علوم زمین دوره‌ی پیش‌دانشگاهی است.

جغرافیایی دیرینه و چینه شناسی کروزیانادر گندوانا

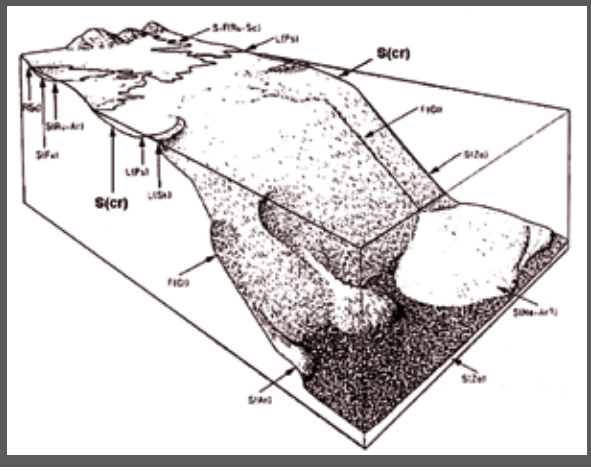


شکل۲. پراکندگی و محدوده‌ی سنی گونه‌های متفاوت کروزیانا [Seilacher, 2007].

گونه‌ای را گزارش کردند که به نظرشان جدید بود. **آلنباخ**[6] **و اشتایگر**[7] (۱۹۶۶) نیز آثار کروزیانا را در البرز در شمال غرب سربندان و در غرب فیروزکوه، از شیل‌های ماسه‌ای سازند لالون گزارش کرده‌اند. **فلوگل و روتنر**[8] (۱۹۶۲) هم از بلندی‌های «کالشانه» در منطقه‌ی طبس، آثار کروزیانا را یافتند که توسط **سیلاچر**[9] به‌عنوان گونه‌ای جدید شناسایی و معرفی شد. در بررسی‌هایی که توسط سیلاچر (۱۹۷۰) در منطقه‌ی طبس و در بلندی‌های کالشانه انجام شد، گونه‌هایی از کروزیانا شناسایی شد. به نوشته‌ی **علوی نائینی** (۱۳۷۲)، آثار کروزیانا از سازند لالون به سن کامبرین پیشین، از نقاط متفاوت ایران، مانند تکاب، علم‌کوه و ازبک‌کوه نیز شناسایی شده‌اند. هم‌چنین، در ناحیه‌ی «کلمرد» کرمان، از طبقات اردویسین و از نهشته‌های اردویسین زاگرس و در ناحیه‌ی «چاله‌شه» نیز آثاری از کروزیانا گزارش شده‌اند [حمدی، ۴۷۳۱].

* دانشگاه تربیت معلم تهران، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی

شکل ۳. تصاویری از کروزیانا. الف) Cruziana bonariensis، ب) کروزیانا [www.monfortur.pt]، ج) Cruziana semiplicata [www.Pa-، د) Cruziana cf. retriculata، هـ) Cruziana rugosa [www.encina.pntic.mec.es]، و) تصویری از کروزیاناتیپیک [www.aeo-electronica.org]، ز) کروزیانا [www4.ujaen.es]، ح) کروزیانا [www.fossiel.net]. تصاویر الف، ج، د برگرفته از «Seilacher, 2007» هستند.



شکل ٤. نمایش پراکندگی اثر ـ رخساره‌های متفاوت در یک حاشیه‌ی قاره‌ای غیرفعال [وزیری‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۵]. حرف اول نشان‌دهنده‌ی استحکام کف بستر است [Firm, Loose,Soft]. در داخل پرانتز نوع اثر ـ رخساره آمده است. علامت‌های اختصاری به صورت زیرند:
Ar=Arenicolites، Ru=Rusophycus، Sc=Scoyenia، Ts=Tsilonichnus، Cr=Cruziana، Fu=Fuersichnus، Zo=Zoophycos، Gl=Glossifungites، Sk=Skolithos، Ne=Nereites

پی‌نوشت

1. Cruziana 2. Repichnia 3. D'Orbigny 4. Sinclair 5. Gansser and Huber 6. Allenbach 7. Steiger 8. Flugel & Ruttner 9. Seilacher

منبع

۱. برای مطالعه‌ی بیشتر به دانشیان و همکاران (۱۳۸۲) و معتمدالشریعتی (۱۳۸۵) مراجعه شود.

منابع

۱. آقانباتی، علی (۱۳۸۳). زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۲. حمدی، بهاءالدین (۱۳۷٤). زمین‌شناسی ایران: سنگ‌های رسوبی پرکامبرین ـ کامبرین ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.
۳. دانشیان، جهانبخش؛ قنبری، ملیحه؛ خاوریان، مریم (۱۳۸۲). «آشنایی با روش زیست و نحوه حرکت تریلوبیت‌ها». مجله‌ی رشد آموزش زمین‌شناسی. سال نهم. شماره‌ی ۳۵.
٤. صداقت، محمود؛ دانشفر، حسین؛ حسینی، احمد؛ مدنی، حسن؛ هاشمی، علی (۱۳۸٦). علوم زمین دوره‌ی پیش‌دانشگاهی. انتشارات شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران. شماره‌ی ۲۹۱/۱.
۵. علوی نائینی، منصور (۱۳۷۲). چینه‌شناسی پالئوزوئیک ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.
٦. کیمیائی، عباس (۱۳۵۲). دیرینه‌شناسی. انتشارات دانشگاه تهران. شماره‌ی ۱۳۷۹.
۷. معتمد الشریعتی، مریم (۱۳۸۵). «مقدمه‌ای بر ایکنولوژی». مجله‌ی رشد آموزش زمین‌شناسی. دوره‌ی یازدهم. شماره‌ی ٥٤.
۸. موسوی حرمی، رضا (۱۳۸۳). رسوب‌شناسی. انتشارات آستان قدس رضوی. شماره‌ی ٤٥.
۹. وزیری‌مقدم، حسین؛ طاهری، عزیزالله؛ کیمیاگری، مسعود (۱۳۸۵). اصول چینه‌نگاری. انتشارات دانشگاه اصفهان.
10. Allenbach, P. (1966). Geologie und Petrographie des damavand und seiner umgebung (Zentral-Elburz), Iran. Mitt. Geol. Inst. E.T.H.U., Univ. Zurich, n.s., No.63.114p.
11. Boardman, R. S., Cheetham, A. H. and Rowell, A. J., 1987. Fossil Invertebrates. Blackwell scientific Publication.
12. Bromely, R.G. (1996). Trace Fossils Biology, Taphonomy and Application. Second Edition. Chapman and Hall. 361pp.
13. d'Orbigny, A. (1842). Voyage dans l''Amerique meridionale (le Bresil, la Republique argentine, le Patagonia le Republique de Chile le Republiique de Bolivie, le Republique de Perou) execute pendant les anee 1826, 1827, 1828, 1829, 1830, 1831, 1832 et 1833. Tome 3, 4 (Paleonologie). Pitois-Levrault, Paris.
14. Flugel, H., and Ruttner, A., (1962). Vorberichtuber Palaontologish-Stratigraphische unter suchungenin Palaozoikum Von Ozbakkuh (NE-Iran). Verh. Geol. B. Wein, H. 1. pp. 146-150.
15. Gansser, A., & Huber (1962). Geological observations in the central Elborz, Iran. Schweiz. Min. pet. Mitt. Bd. 42, No. 2.
16. Jose, R. B., 2008. Termas De Monfortin. http://monfortur.pt/Penha_garcia_espanha.htm.
17. Joseph G. Carter, (2005). Prehistoric Life. http://prehistoric-life.com/
18. Medioli, F.S., Scott, D. B., Collins, E., Asioli, S., and Reinhard, E.G. (1999). Palaeontologia Electronica. http://Palaeo-electronica.org/ 19. Mena, J (2002). http://www.encina.pntic.mec.es/
20. Seilacher, A., (1970). Cruziana Stratigraphy of non-fossilliferous Paleozoic Sandstones. In: T. P. Grimes and J. G. Harper, (Eds): Trace fossils. Geol. J. Spec. issue. 3,447. Seel House Press, Liverpool, UK.
21. Seilacher, A., (2007). Trace Fossils Analysis. Springer, Berlin Heidelberg.
22. Sinclair (1951). The generic name bilobites. Jour. Paleont. 25, 228.
23. Steiger, R., (1966). Die Geologic der West-Firuzkuh-Area (Zentra Elburz, Iran), Mitt. Geol Inst. E.T.H.U. Univ. Zurich, n.s.
24. Stocklin, J, Setudehnia, A. (1971). Stratigraphic Lexicon of Iran. Geol. Survery of Iran R. No. 18.
25. Zevenberg, H (2000). http://fossiel.net/

پرسش‌های دومین المپیاد علوم زمین (IESO)[1]

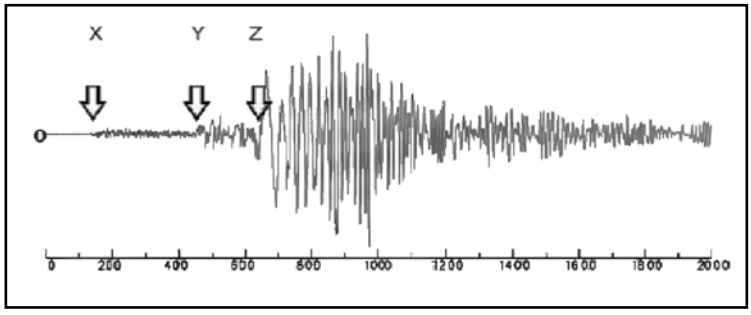
(با شعار همکاری و رقابت برای هشدار دادن در مورد تغییرات اقلیمی)[2]

(قسمت دوم)

مسعود کیمیاگری*

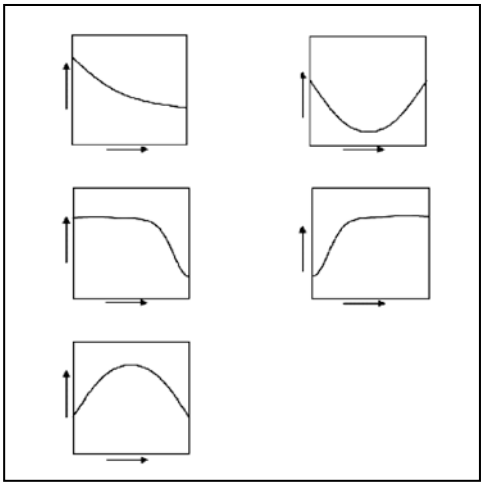
۲۱. جهت میدان‌های گرانشی و مغناطیسی را در قطب شمال و استوای زمین واقعی ترسیم کنید. (۳نمره)

۲۲. شکل زیر مؤلفه‌ی عمودی «موج ریخت»[5]های ثبت شده در یک ایستگاه لرزه‌نگاری را نشان می‌دهد. زمان ورود تعدادی از موج‌ها روی شکل با فلش مشخص شده است. (امتیاز کل ۶نمره)



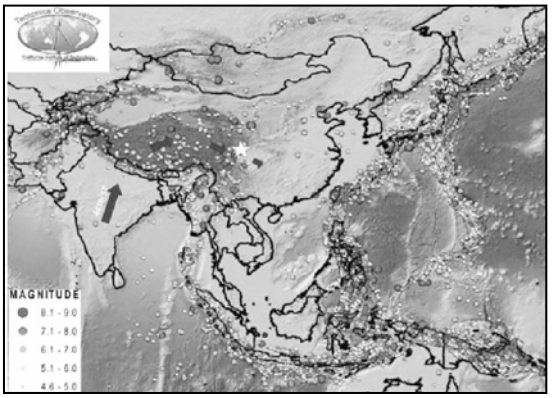
الف) کدام یک از حرف‌های X ، Y وZ با احتمال زیادتری می‌تواند موج s باشد؟ (۱نمره)

ب) براساس زمان آغاز Z و موج بعدی آن، کدام نمودار زیر ارتباط بین دوره‌ی تناوب و سرعت را نشان می‌دهد؟ (۲نمره)



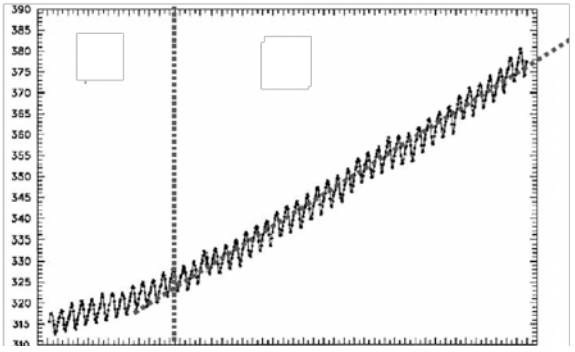
پ) سه عامل احتمالی زمین‌لرزه‌ها را نام ببرید. (۳ نمره)

۲۳. به کمک نقشه‌ی زیر و آن‌چه درباره‌ی زمین‌ساخت ورقه‌ای می‌دانید، به‌طور خلاصه توضیح دهید، حرکت ورقه‌های زمین ساختی چگونه ممکن است زمین‌لرزه‌ی سی‌چو آن‌چین در ۱۲ می ۲۰۰۸ را به‌وجود آورده باشند. (ستاره‌ی سفیدرنگ، مرکز سطحی زلزله و فلش‌ها، سرعت نسبی حرکت سطح زمین را نشان می‌دهند.) (۲نمره)



آزمون عملی (IESO 8002)

۱. به کمک شکل زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید (امتیاز کل ۱/۸، و هر پرسش ۰/۶ نمره):



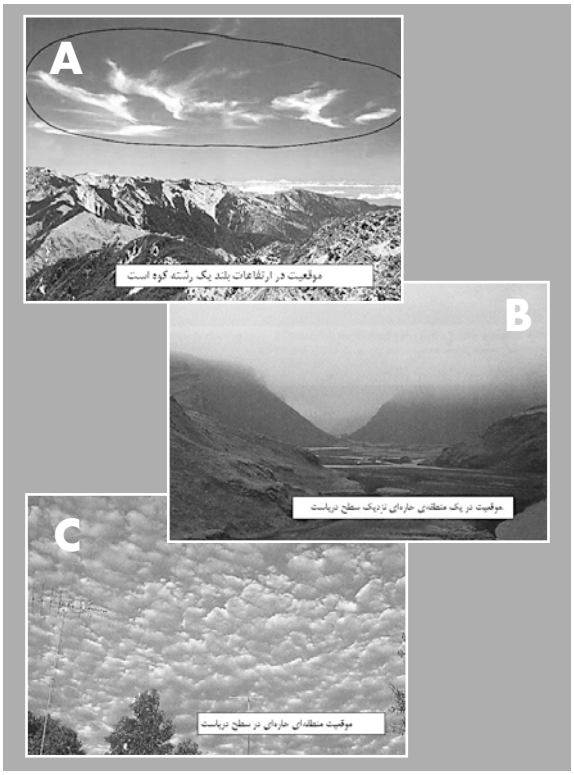
الف) میزان افزایش درصد CO_2 را بین سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۴ محاسبه کنید. (۰/۶نمره)

ب) گستره‌ی تغییرات سالانه‌ی CO_2 را بر حسب ppm برآورد کنید. (۰/۶نمره)

پ) دو گاز گل‌خانه‌ای دیگر به جز CO_2 را که حاصل فعالیت‌های آدمی هستند، نام ببرید. (۰/۶نمره)

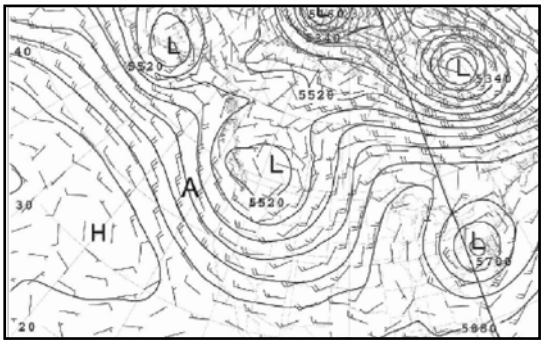
۲. با استفاده از سه تصویر ابرها جدول زیر را کامل کنید (امتیاز کل ۲/۷ نمره، هر پرسش ۰/۳نمره):

	A	B	C
نام ابر			
حالت H_2O (یخ، مایع یا بخار آب)			
ارتفاع ابر (پایین، متوسط یا بالا)			



۳. درباره‌ی مکانی که با حرف A مشخص شده است، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید (امتیاز کل ۲/۵نمره):

این معادله حالت تعادل جریان‌ها در نقطه‌ی A با فشار ۵۰۰



هکتوپاسکال را نشان می‌دهد:

$$\frac{V^2}{R} + f\,V = -\frac{1}{\rho}\frac{\Delta P}{\Delta n}$$

(۳۰) (۲۰) (۱۰)

در این‌جا،V سرعت باد، f ضریب کوریولیس، و ΔP اختلاف فشار در فاصله‌ی Δn است. n نسبت به بردار افقی سرعت، عمود و به سوی سمت چپ باد جهت یافته است، و R شعاع انحنای مسیر را نشان می‌دهد.

الف) مفهوم فیزیکی هر بخش از این معادله را بنویسید:

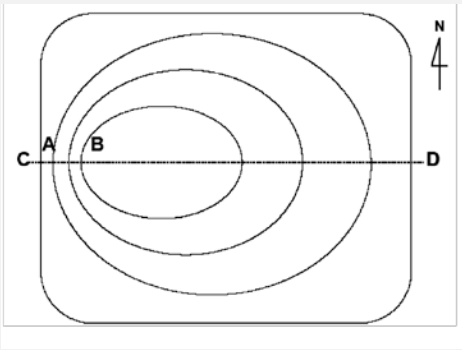
(۱) ..... (۰/۵ نمره)

(۲) ..... (۰/۵ نمره)

(۳) ..... (۰/۵ نمره)

ب) در شکل بالا، جهت عامل ۲ و عامل ۳ را در موقعیت A نشان دهید.

۴. در شکل زیر، یک نمودار نمادین را از سطح آب دریا در اقیانوس آرام شمالی می‌بینید. (امتیاز کل ۳=۳ :۹ نمره)



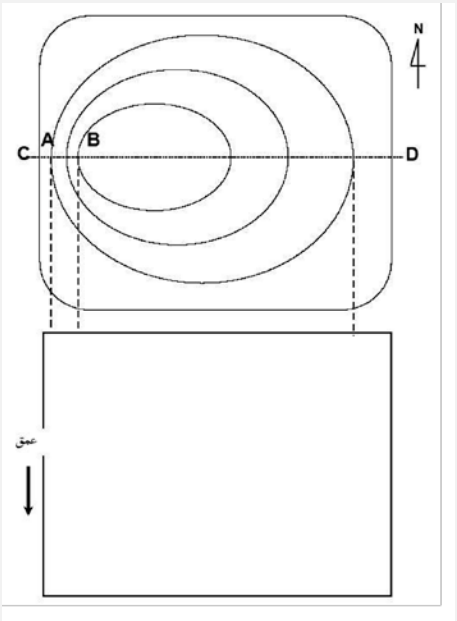
الف) از ایستگاه‌های A و B ، در کدام یک سطح آب دریا بالاتر است؟ (۱نمره)

ب) روی شکل بالا، بردارهای جریان دریایی مربوط به الگوی ارتفاع آب در سطح دریا را نشان دهید. (۳نمره)

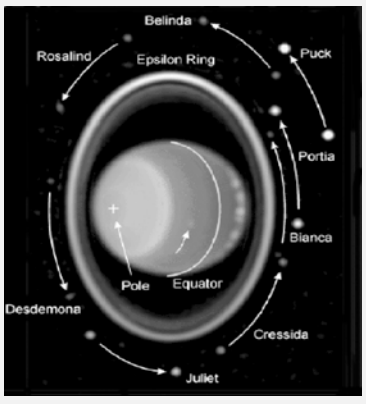
پ) در ادامه‌ی پرسش ب، دو نیرویی را که بیشترین تأثیر را بر جهت جریان دارند، نام ببرید. (۱نمره)

ت) هم‌چنین به دنبال پرسش ب، عامل اصلی نامتقارن بودن جریان‌ها را توضیح دهید. (۲نمره)

ث) درون مستطیل زیر خط‌های هم‌دما را در یک برش عمودی در عرض CD بکشید. (۲نمره)



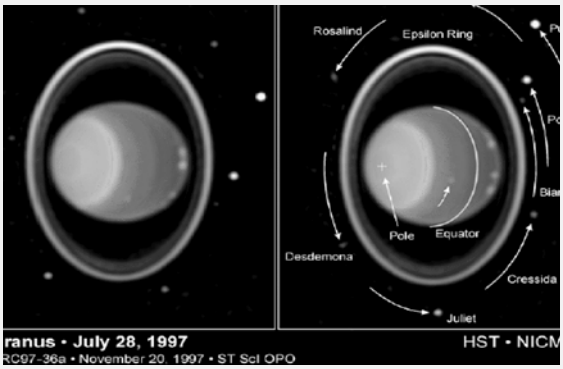
۵. در این مجموعه از پرسش‌ها کوشیده‌ایم، به کمک عکس‌هایی که از سیاره‌ی اورانوس و قمرهایش گرفته شده‌اند، قانون سوم کپلر را نشان دهیم. در شکل ۱، عکس‌هایی را می‌بینید که تلسکوپ هابل در سال ۱۹۹۷ از اورانوس گرفته است. بین زمان گرفتن عکس‌های سمت چپ و راست ۹۰ دقیقه فاصله‌ی زمانی وجود داشته است. همان‌گونه که در عکس‌ها می‌بینید، ۸ قمر به گرد اورانوس می‌گردند.



برای نمایش حرکت این ۸ قمر، هر دو عکس در شکل یک روی هم چاپ شده‌اند. فرض کنید مدار همه‌ی قمرها دایره‌اند و درون یک سطح با کجی یکسان قرار گرفته‌اند. (توجه: زاویه‌ی دید شما موجب شده است، مدارهای دایره‌ای بیضوی به‌نظر برسند.) با استفاده از

خط‌کش، نقاله و پرگار، شعاع هر مدار را برحسب میلی‌متر (R) و دوره‌ی تناوب گردش انتقالی آن (T) را برحسب ساعت برآورد کنید. مرحله‌های الف تا چ در دستور کار زیر برای به‌دست آوردن اطلاعات جدول زیر به‌کار برده شده‌اند. شما هم از همین روش برای تکمیل جدول استفاده کنید. (امتیاز کل ۳ نمره)

الف) مرکز اورانوس را پیدا کنید.



ب) مدار بیضوی پورتیا را به کمک رد آن در تصویر (۲) بیابید.

پ) مدار بیضوی تقریبی شکل (۲) را ترسیم کنید.

توجه: مرکز بیضی را مبدأ مختصات در نظر بگیرید.

ت) به کمک بیضی به‌دست آمده در مراحل قبلی، یک مدار دایره‌ای بکشید.

توجه: شعاع مدار دایره‌ای را برابر با نصف طول قطر بزرگ بیضی فرض کنید.

ث) روی مدار دایره‌ای که رسم کرده‌اید، موقعیت‌های اول و دوم (با ۹۰ دقیقه فاصله‌ی زمانی) پورتیا را پیدا کنید.

توجه: از محور Y دو خط عمودی رسم کنید که از دو عکس پورتیا در شکل ۲ بگذرد. اگر این دو خط را امتداد دهید تا مدارهای دایره‌ای را قطع کنند، دو نقطه را روی مدار دایره‌ای به‌دست می‌آورید.

ج) اختلاف زاویه‌ی بین دو نقطه را در مدار دایره‌ای بیابید.

توجه: از مبدأ مختصات دو خط به سوی دو نقطه‌ای که در مرحله‌ی قبل یافتید، بکشید.

چ) دوره‌ی تناوب را برحسب ساعت حساب کنید.

توجه: دو تصویر با فاصله‌ی زمانی ۹۰ دقیقه گرفته شده‌اند.

۱) جدول زیر را برای پورتیا و پوک کامل کنید. (۲نمره)

۲) با ترسیم یک نمودار، قانون سوم کپلر را نشان دهید. با وارد کردن داده‌های جدول۱ در مورد هفت قمر روی کاغذ میلی‌متری،

قمرها	شعاع مدار دایره‌ای R(mm)	اختلاف زاویه‌ای برحسب درجه در ۹۰ دقیقه	T (ساعت) دوره‌ی تناوب مداری	R^3	I^2
بلیندا	٥٤	٣٤	١٥/٨٨	١٥٧٤٦٤	٢٥٢/٢
بیانکا	٤١				
کرسیدا	٤٤/٥	٤٤/٢	١٢/٢٢	٨٨/٢١	١٤٩/٣
دزدمونا	٤٥	٤٣	١٢/٥٦	٩١/٢٥	١٥٧/٧
ژولیت	٤٦/٥	٤١	١٣/١٧	١٠٠٥٤٥	١٧٣/٥
پورتیا					
پوک					
روزالیند	٥٠	٣٨	١٤/٢١	١٢٥٠٠٠	٢٠١/٩

ارتباط بین R و -- را نشان دهید. بهترین خط راستی را که با قانون سوم کپلر مطابقت دارد، در نمودارتان رسم کنید. (۰/۵نمره)

۳) دوره‌ی تناوب گردش بیانکا را به کمک نموداری که برای مرحله ی قبل کشیدید، تخمین بزنید. (شعاع مدار دایره‌ای بیانکا ۱۴میلی‌متر است.) (۰/۵ نمره)

۶. بخش عملی کار با تلسکوپ:

۱) کار عملی (۳ نمره): لطفاً به ایستگاهی که اجزای تلسکوپ در آن گذاشته شده‌اند، بروید. یک مجموعه از اجزای تلسکوپ را بردارید و آن را براساس مرحله‌های زیر سرهم کنید.

توجه: یک مراقب چگونگی کار مونتاژ را ارزیابی می‌کند.

الف) تلسکوپ را روی پایه به درستی سوار کنید. (۰/۵ نمره)

ب) سه‌پایه را تنظیم کنید. برای این کار به روش استوایی، تلسکوپ را روبه‌شمال نشانه بروید. (۰/۵نمره)

توجه: به نشانه‌ی جهت‌نما روی زمین نگاه کنید.

پ) سه‌پایه را به کمک تراز حبابی افقی تنظیم کنید. (۰/۵نمره)

ت) زاویه‌ی مونتاژ استوایی را براساس عرض جغرافیایی مانیل (۱۴درجه و ۳۶ دقیقه) تعیین کنید. (۰/۵نمره)

ث) وزن تلسکوپ اصلی را متوازن کنید. (۰/۵نمره)

ج) همه‌ی قسمت‌های تلسکوپ شامل لوله‌ی اصلی، منظره‌یاب و چشمی را به حالت تعادل درآورید. (۰/۵نمره)

۲) با پیدا کردن قطر و فاصله‌ی کانونی تلسکوپ اصلی، جدول زیر را کامل کنید. (۲نمره)

قطر تلسکوپ اصلی = سانتی‌متر

فاصله‌ی کانونی تلسکوپ اصلی = میلی‌متر

چشمی	درشت‌نمایی
٦ Or میلی‌متر	
١٢Or میلی‌متر	
٢٥ K میلی متر	

توجه: پس از تکمیل پرسش‌های بالا دست‌تان را بالا بگیرید تا مراقب اجازه دهد، به صندلی‌تان برگردید.

۳) معمولاً اگر در حدود ۱۵ تا ۲۰ دقیقه در جای تاریکی بمانیم، گشودگی مردمک چشم‌هایمان به ۸ میلی‌متر می‌رسد. شخصی که می‌تواند یک ستاره‌ی کم‌سو با قدر ۱/۶ را ببیند، با این تلسکوپ تا چه قدری از اجرام آسمانی را می‌تواند مشاهده کند؟ (۱نمره)

۴) اگر بخواهیم هنگام رصد کیوان بیشترین جزئیات را ببینیم، کدام‌یک از چشمی‌های جدول۲ بهترین گزینه‌اند؟ (۱ نمره)

برای قسمت عملی زمین‌شناسی ۸ ایستگاه تدارک دیده شده‌اند. برای هر ایستگاه فقط ۵ دقیقه وقت دارید.

ایستگاه ۱. سنگ‌های زیر را شناسایی کنید (۱/۶ نمره):

شماره‌ی نمونه‌ی سنگ	پاسخ
۲	
۱۹	
۳۰	
۳۲	

ایستگاه ۲. کانی‌های هر نمونه را تشخیص دهید(۱/۶ نمره):

شماره‌ی نمونه‌ی سنگ	پاسخ
۳	
۲۳	
۳۹	
٤۰	

ایستگاه ۳. نمونه سنگ‌های زیر را شناسایی کنید (۱/۶ نمره):

ایستگاه ۴. نمونه سنگ‌های زیر را تشخیص دهید (۱/۶):

شماره‌ی نمونه‌ی سنگ	پاسخ
۲۱	
۲۷	
۳۹	
۸۲	

ایستگاه ۵. با بررسی دقیق مقطع زمین‌شناختی که در اختیار دارید، توالی درست حوادث را از قدیمی‌ترین تا جدیدترین انتخاب کنید.(۰/۹ نمره)

شماره‌ی نمونه‌ی سنگ	پاسخ
٤۳	
٤٦	
٤۹	
٦۰	

توجه: لطفاً به مدل سه بعدی دست نزنید!

۱. گسلش

۲. برخاستن و فرسایش

۳. نهشته شدن لایه‌های رسوبی زیر خط افقی توپر

۴. فرونشست

۵. نهشته شدن لایه‌های رسوبی روی خط افقی توپر

۶.چین خوردگی

پاسخ درست را انتخاب کنید.

الف) ۳-۲-۵-۱-۴-۶

ب) ۶-۳-۲-۴-۵-۱

پ) ۳-۴-۶-۲-۵-۱

ت) ۳-۶-۴-۲-۵-۱

ث) ۳-۶-۲-۴-۵-۱

پاسخ: .....

ایستگاه ۶. شماره‌ی سنگی را که با مقطع نازک میکروسکوپی هم‌خوانی دارد، بنویسید. (۰/۹ نمره)

پاسخ: .....

ایستگاه ۷. شماره‌ی سنگی را که با مقطع نازک میکروسکوپی هم‌خوانی دارد، بنویسید. (۰/۹ نمره)

پاسخ: .....

ایستگاه ۸. شماره‌ی سنگی را که با مقطع نازک میکروسکوپی هم‌خوانی دارد، بنویسید. (۰/۹ نمره)

پاسخ: .....

* مدرس مراکز تربیت‌معلم استان اصفهان

پی‌نوشت

1. International Earth Science Olympiad (2008)
2. Cooptition in Addressing Climate Change
3. albedo
4. Sean
5. waveform

مقاطع نازک، مقاطع صیقلی

تهیه و تنظیم: زینب تسلیمی*

مقدمه

در سنگ‌شناسی، شناخت نوع کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی سنگ امر مهمی است، چه از روی آن می‌توان به نحوه و منشأ تشکیل آن پی برد. به این منظور، از سنگ‌ها مقاطع میکروسکوپی تهیه می‌کنند تا بتوانند آن‌ها را زیر میکروسکوپ مورد بررسی قرار دهند. مقاطع میکروسکوپی در زمین‌شناسی بسته به نوع مطالعه، متفاوت هستند. در این نوشتار، ابتدا به اختصار به انواع گوناگون سنگ و سپس به انواع مقاطع میکروسکوپی و کاربرد آن‌ها می‌پردازیم.

انواع سنگ‌ها

۱. سنگ‌های آذرین

این نوع سنگ‌ها از سرد شدن مواد مذاب موجود در داخل زمین به‌وجود می‌آیند و با توجه به این که داخل زمین و یا خارج از آن سرد شوند، به انواع سنگ آذرین درونی و سنگ آذرین بیرونی قابل تقسیم هستند. کانی‌های سنگ آذرین درونی، درشت‌ترند (به‌سرعت سرد نشده‌اند)؛ مانند سنگ گرانیت که کانی‌های آن با چشم غیرمسلح نیز مشخص‌اند. ولی در نوع آذرین بیرونی، به‌علت سرد شدن سریع سنگ، کانی‌های ریزترند؛ مانند بازالت‌ها. تقریباً ۹۰ درصد از حجم کل سنگ‌های آذرین از هشت عنصر اکسیژن، سیلیسیم، آلومینیوم، آهن، کلسیم، سدیم، پتاسیم و منیزیم تشکیل شده است. کانی‌هایی که بیش از ۹۵ درصد از حجم تمامی سنگ‌های آذرین را به خود اختصاص داده‌اند، عبارت‌اند از: فلدسپات‌ها، الیوین، پیروکسن، آمفیبول، کوارتز و میکا. در شکل ۱ یک ساختنان بازالتی (سنگ آذرین بیرونی) نشان داده شده است.

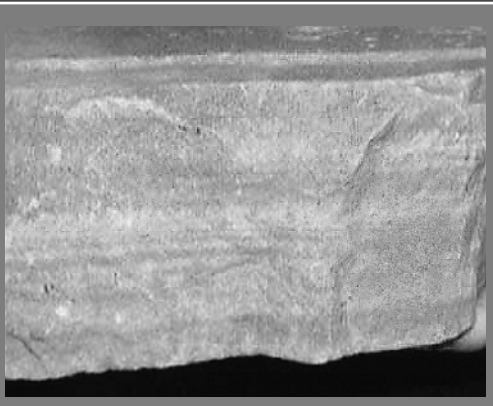
تصویر ۱. نمونه‌ای از ساختمان سنگ آذرین بیرونی

۲. سنگ‌های رسوبی

سنگ‌هایی هستند که بر اثر سخت شدن مواد حاصل از فرسایش سایر سنگ‌های پوسته‌ی زمین (سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی)، پس از طی فرایندهایی حاصل می‌گردند. سنگ‌ها و موادی که از فرسایش و هوازدگی نقاط متفاوت پوسته حاصل شده‌اند، توسط عوامل حمل و نقل (آب‌ها و بادها) به محیط‌های رسوبی آورده می‌شوند و در آن‌جا رسوب می‌کنند. سپس طی مراحلی که فرایند «دیاژنز» نام

دارد، سخت و به سنگ تبدیل می‌شوند.

سنگ‌های رسوبی می‌توانند منشأهای متفاوتی چون منشأ تخریبی (ماسه‌سنگ‌ها)، شیمیایی (سنگ آهک)، تبخیری (سنگ گچ) و آلی (زغال‌سنگ) داشته باشند. در تصویر ۲ یک نمونه‌ی دستی ماسه‌سنگ نشان داده شده است.



تصویر ۲. نمونه‌ی دستی ماسه‌سنگ

۳. سنگ‌های دگرگونی

این سنگ‌ها درنتیجه‌ی تغییرات اساسی حرارت و فشار یا فعل و انفعالات شیمیایی توسط مایعات و گازها، روی سنگ‌های رسوبی و آذرین و یا حتی دگرگونی قدیمی، حاصل می‌آیند. تغییرات فوق باعث می‌شوند که در سنگ، تحول در ترکیب شیمیایی یا تغییر شکل ساختمان در بافت کانی و یا تبلور مجدد کانی‌های قبلی به‌وجود آید و سنگ به یک سنگ دگرگونی تبدیل شود. در تصویر ۳ یک سنگ دگرگونی با نام «گنایس» دیده می‌شود.

تصویر ۳. سنگ دگرگونی گنایس

انواع مقاطع زمین‌شناسی

۱. مقاطع نازک

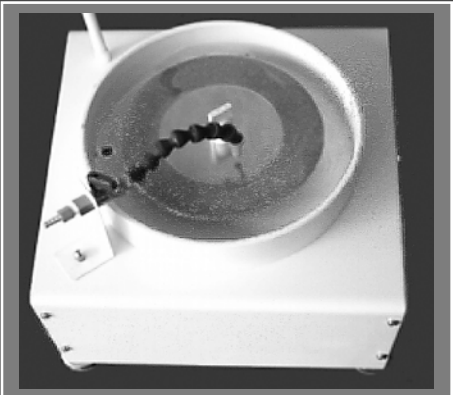
این مقاطع، برش‌های بسیار نازک (۰/۳mm) از سنگ هستند که روی لام گذاشته و بررسی می‌شوند. برش‌های بسیار نازک فریور، قابلیت عبور نور از خود را دارند و چون هر کانی بعد از عبور نور در میکروسکوپ پلاریزان (تصویر ۴)، خواص نوری خاصی را از خود نشان می‌دهد، به‌راحتی قابل شناسایی است. برای تهیه‌ی این مقاطع، ابتدا سنگی را که می‌خواهیم بررسی کنیم، به اندازه‌ی یک مشت دست خود توسط چکش زمین‌شناسی جدا می‌کنیم.

تصویر ٤. یک قطعه سنگ ریز

سپس آن را در آزمایشگاه توسط دستگاه برش (تصویر ۵)، به طول ۳cm، عرض ۲cm و قطری حدود ۲mm برش می‌زنیم. سپس با پودر «کروندوم» (نوعی پودر برای سایش سنگ) با مش‌های متفاوت

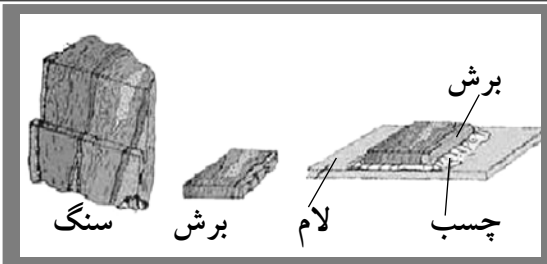
تصویر ۵. دستگاه برش سنگ

(هرچه مقدار مش بالاتر باشد، مقدار سایش کمتر است)، سنگ را می‌ساییم. ابتدا با مش ۱۰۰ شروع می‌کنیم و سپس با مش ۲۲۰ آن را به مدت دو دقیقه پولیش می‌دهیم. این کار توسط دستگاه ساب سنگ صورت می‌گیرد (تصویر ۶).



تصویر ٦. دستگاه ساب‌سنگ

اکنون یک طرف از لام را با پودر کروندوم ۵۰۰ مش پولیش می‌دهیم تا کمی کدر و مثل سطح سنگ شود. سپس سطحی از سنگ را که کاملاً صیقلی کرده‌ایم، با چسب صمغ کانادا به لام می‌چسبانیم و تا ۲۴ ساعت به همان حالت باقی می‌گذاریم تا چسب محکم شود.

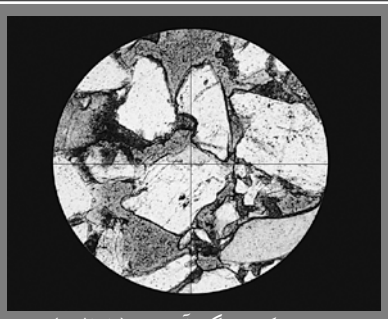


تصویر ۷. آماده کردن نمونه‌ی سنگ برای مطالعه

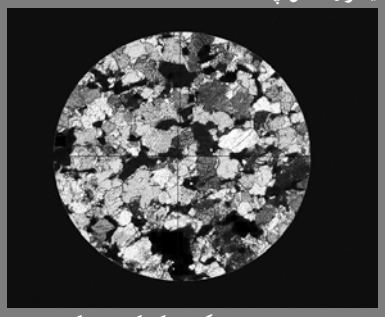
در این حالت هنوز ضخامت برای مطالعه‌ی مقطع بسیار زیاد است، چون نور از مقطع عبور نمی‌کند. پس باید با پودر کروندوم از ضخامت آن بکاهیم. مش پودر به سختی سنگ بستگی دارد و هرچه سنگ نرم‌تر باشد، از پودر کروندم با مش‌های ریزتر استفاده می‌کنیم تا به ضخامت استاندارد برای مطالعه برسد. اگر این کار صورت نگیرد، امکان دارد ساییدن بیش از حد سبب شود، اثری از سنگ روی لام باقی نماند.

برای کنترل ضخامت مفید مقطع معمولاً کانی کوارتز را معیار سنجش قرار می‌دهند، زیرا این کانی زیر میکروسکوپ به آسانی قابل تشخیص است. زمانی که مقطع آماده شد، یک لام شیشه‌ای بسیار نازک را که ضریب شکست نور آن یک است (باعث تغییر در خواص نوری کانی‌ها نمی‌شود)، به لام اصلی می‌چسبانیم که بعد از محکم شدن، مقطع برای مطالعه آماده است.

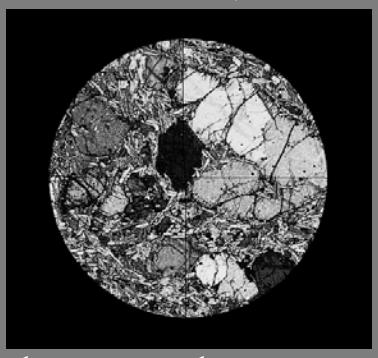
تصاویر ۸ تا ۱۰، تصویر سه نوع سنگ ماسه‌سنگ، گنایس و بازالت را زیر میکروسکوپ نشان می‌دهند.



تصویر ۸. یک سنگ آذرین (بازالت) زیر میکروسکوپ



تصویر ۹. یک سنگ دگرگون (گنایس) زیر میکروسکوپ



تصویر ۱۰. یک سنگ رسوبی (ماسه‌سنگ) زیر میکروسکوپ

۲. مقاطع صیقلی

بعضی از کانی‌ها به دلیل خواص خاص خود، زیر میکروسکوپ نور را از خود عبور نمی‌دهند. به همین دلیل، این گونه کانی‌ها که به نام «اوپک» و کانی‌های فلزی نامیده شده‌اند، زیر میکروسکوپ نوری پلاریزان قابل مطالعه نیستند و برای مطالعه‌ی آن‌ها از میکروسکوپ انعکاسی استفاده می‌شود. در این روش، نور از میکروسکوپ به سطح

کانی تابیده می‌شود و نور منعکس شده که برای هر کانی اوپک و فلزی خواص خاصی را نشان می‌دهد، مورد بررسی قرار می‌گیرد. مطالعه‌ی کانی‌های فلزی به این روش، بیشتر برای زمین‌شناسان اقتصادی کاربرد دارد. اندازه‌ی این مقاطع بعد از آماده شدن همانند تصویر ۱۱، در حد یک سکه‌ی پنجاه تومانی است.

تصور ۱۱. سه مقطع صیقلی. نمونه‌ی سنگ بین چسب است.

برای تهیه‌ی این نوع مقاطع، نمونه را به‌صورت مربعی در ابعاد ۲×۲cm برش می‌دهیم و داخل قالب مخصوصی (مانند قوطی فیلم عکاسی) قرار می‌دهیم. قالب را نیز با چسب اپوکسی پر می‌کنیم (چسب صمغ کانادا به علت ترک برداشتن مناسب نیست). نمونه به مدت ۲۴ ساعت به‌صورت معلق داخل چسب قرار می‌گیرد. سپس قالب را از بالا و پایین باز و نمونه را همراه چسب از قالب خارج می‌کنیم و سطح آن را برش می‌دهیم تا سنگ قابل لمس شود.

در ادامه‌ی کار، ابتدا با پودر کروندم در مش‌های متفاوت، نمونه را پولیش می‌دهیم و بعد از هر مرحله، نمونه را می‌شوییم و کار را بر همین منوال ادامه می‌دهیم (به‌ترتیب از پودر مش‌های ۲۲۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ استفاده می‌کنیم). آن‌گاه از خمیر الماسه که شبیه به پودر کروندوم است و خود نیز اندازه‌های متفاوتی دارد، استفاده می‌کنیم. ابتدا با خمیر

تصویر ۱۲.

الماسه‌ی ۶ و خمیر الماسه‌ی ۳ میکرونی کار را ادامه می‌دهیم. برای کانی‌های فلزی تا مرحله‌ی ۳ میکرونی کافی است، ولی در مواردی از خمیر الماسه‌های ۰/۵ میکرونی نیز استفاده می‌شود.

بعد از هر مرحله با میکروسکوپ مقطع را کنترل می‌کنیم. هر زمان نور تابشی و بازتابشی به‌نحوی عمل کنند که کانی‌ها به‌خوبی قابل شناسایی باشند، کار پولیش را خاتمه می‌دهیم.

۳. مقاطع دوکاره

برای مطالعه‌ی هم‌زمان دو کانی در کنار هم که یکی فلزی و دیگری سیلیکاتی است، از این مقاطع استفاده می‌شود. برای مقاطع دوکاره لام‌های ضخیم به کار می‌برند. این مقاطع با میکروسکوپ‌های انعکاسی که هم‌زمان نور را هم از بالا و هم از پایین می‌تابانند، مطالعه می‌شوند.

۴. مقاطع فلوئید اینکلوژن

فقط در موارد خاصی مانند آزمایش حرارت‌سنجی از این مقطع استفاده می‌شود. مقاطع فلوئید اینکلوژن را همانند مقاطع نازک تهیه می‌کنند، ولی به آن‌ها لام نمی‌چسبانند. مقطع را داخل یک حلال (استونی) قرار می‌دهند تا چسب آن حل شود. بعد آن را حرارت می‌دهند تا کانی‌ها ذوب شوند و به این طریق، دمای تبلور کانی‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

نتیجه‌گیری

برای مطالعه‌ی سنگ‌ها در زمین‌شناسی، بسته به این‌که نوع مطالعه براساس کدام یک از گرایش‌های زمین‌شناسی است، نحوه‌ی تهیه و مطالعه‌ی مقاطع فرق دارد. هم‌چنین هر سنگ با توجه به نوع خود دارای کانی‌های متفاوتی است. بنابراین شناخت کانی‌های هر سنگ از طریق بررسی‌های میکروسکوپی، می‌تواند ما را در شناخت منشأ و نوع سنگ‌های پوسته‌ی زمین یاری کند.

* دانشجوی کارشناسی ارشد رشته‌ی زمین‌شناسی گرایش تکتونیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

منابع

۱. صادقی، حسن (۱۳۸۲). زمین‌شناسی مهندسی (برای دانشجویان عمران). دانشگاه امام حسین(ع). مؤسسه‌ی چاپ و انتشارات.
۲. خانلری، غلامرضا (۱۳۸٤). زمین‌شناسی مهندسی (برای دانشجویان عمران). انتشارات دانشگاه بوعلی‌سینا.
۳. برداشت آزاد از سایت‌های:
4.www.ngdirir
5. www.wikipedia.com
6. www.daneshnameh-roshd.ir

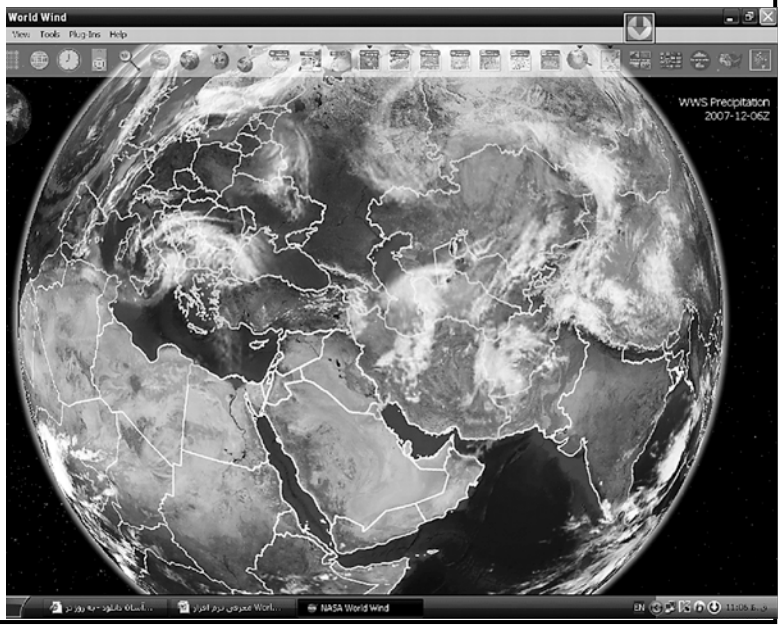
معرفی نرم‌افزار (۱/۴۰)
World wind

پرویز باغبانی*

این نرم‌افزار ساخته‌ی «سازمان فضایی آمریکا» (NASA) است که به کاربر امکان می‌دهد، از داخل ماهواره‌هایی که دور مدار زمین در حرکت هستند، روی هر نقطه‌ای از زمین زوم و آن را با جزییات کامل مشاهده کند؛ گویی که خودش در آن ماهواره به فضانوردی و سیر و سیاحت کره‌ی زمین از آن بالا مشغول است. به کمک این نرم‌افزار ما می‌توانیم تقریباً هر نقطه‌ای از زمین، مانند رشته‌کوه‌های آند، گراند کانیون، و کوه‌های آلپ را زیر ذره‌بین قرار دهیم. علاوه بر کره‌ی زمین، می‌توان سطح سیاراتی مانند مشتری، زهره، مریخ و ماه را مشاهده کرد و از آن برای تدریس دروسی مانند جغرافیا و زمین‌شناسی بهره جست. حجم آن حدود ۱۶ مگابایت است و برای نمایش تصاویر آن بهتر است در رایانه نرم‌افزار «Microsoft.NetFramework» نصب شده باشد.

پس از نصب World wind می‌توان از تصاویر و محیط بسیار جذاب آن لذت برد و در کلاس درس از آن استفاده کرد. در منوی «فایل» می‌توان با انتخاب یکی از سیارات ویژگی‌های آن را مورد بررسی قرار داد. در قسمت مربوط به کره‌ی زمین، موقعیت جغرافیایی و عرض و طول مکان‌ها، زمان بین‌المللی، جهات جغرافیایی و ابزاری برای جست‌وجوی مکان‌ها که با درج عرض و طول جغرافیایی، منطقه‌ی مورد نظر یا ویژگی‌های آن ناحیه روی تصویر ماهواره‌ای ظاهر می‌شود. از دیگر قسمت‌های آن می‌توان به پوشش ابری کره‌ی زمین و اطلاعاتی که از سیستم مودیس در زمینه‌ی مخاطرات طبیعی تهیه می‌شود، از قبیل آتش‌سوزی، سیل، طغیان رودها، آلودگی و فعالیت آتش‌فشان‌ها اشاره کرد. در این قسمت می‌توان با تعیین یک دوره‌ی زمانی معین، تعداد وقوع مخاطرات طبیعی مذکور را در جدولی مشاهده کرد. هم‌چنین در منو مراکز تحقیقاتی فضایی مشخص شده، می‌توان به تصاویری با وضوح بیش‌تر دست یافت. در منو مربوط به لندست ۷ می‌توان تصاویر رنگی از سطح زمین را دید. هم‌چنین، در این منو می‌توان تصویر ماهواره‌ای کل زمین

تصویر ۱. صفحه‌ی مربوط به سیاره‌ی زمین

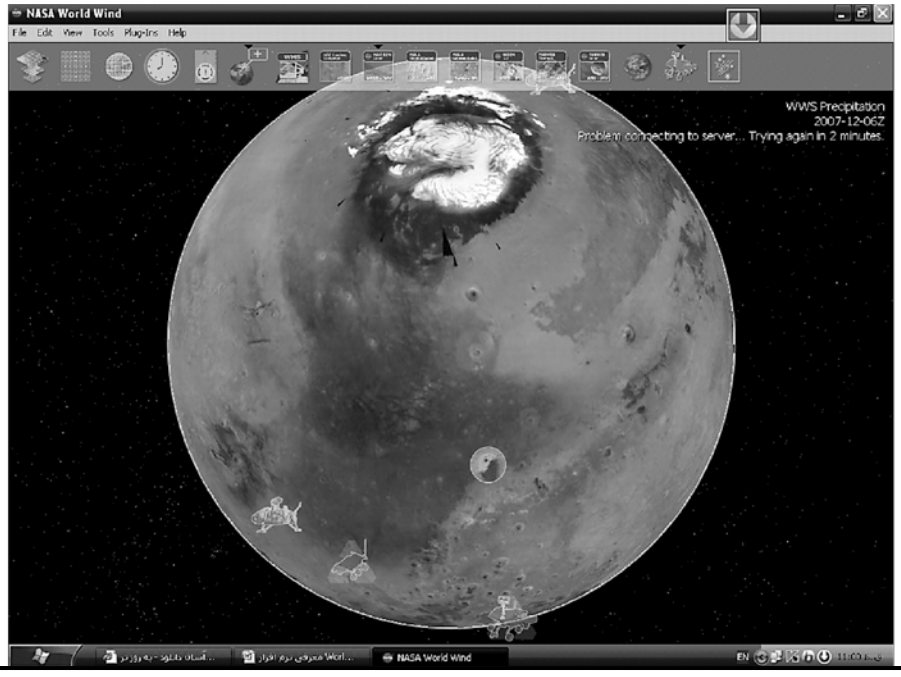


World wind

مربوط به سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ را مشاهده کرد. در آیتم «توپو»، به نقشه‌ی توپوگرافی کل زمین می‌توان دست یافت و در یکی از قسمت‌های این منو می‌توان مناطق شهری را دید. از دیگر قابلیت‌های این نرم‌افزار اسامی مکان‌ها، سکونتگاه‌ها و حتی دورافتاده‌ترین روستا، مراکز تاریخی و باستانی زمین، مرزهای کشورها و پرچم آن‌هاست.

تصویر ۲. نمایی از سیاره‌ی مشتری

تصویر ۳. نمایی از سیاره‌ی مریخ



در قسمت مربوط به سیاره‌ی مشتری، موقعیت جغرافیایی و عرض و طول مکان‌ها، حرکت و چرخش سیاره و زمان تصاویر ماهواره‌ای از سطح مشتری، جهت‌های جغرافیایی و مهم‌ترین اقمار آن و ویژگی‌های آن به کاربر نشان داده می‌شود. طوفان‌های سطح مشتری روی تصاویر ماهواره‌ای به‌وضوح قابل رؤیت هستند. در منو اقمار مشتری نیز قمرهای آیو، اروپا، گانیمد و کالیستو را می‌توان دید. در تصویر ۲، دورنمایی از سیاره‌ی مشتری را مشاهده می‌کنید.

در منو مربوط به مریخ، تصاویری جذاب از سطح این سیاره قابل مشاهده است. در این منو، موقعیت جغرافیایی و عرض و طول مکان‌ها،

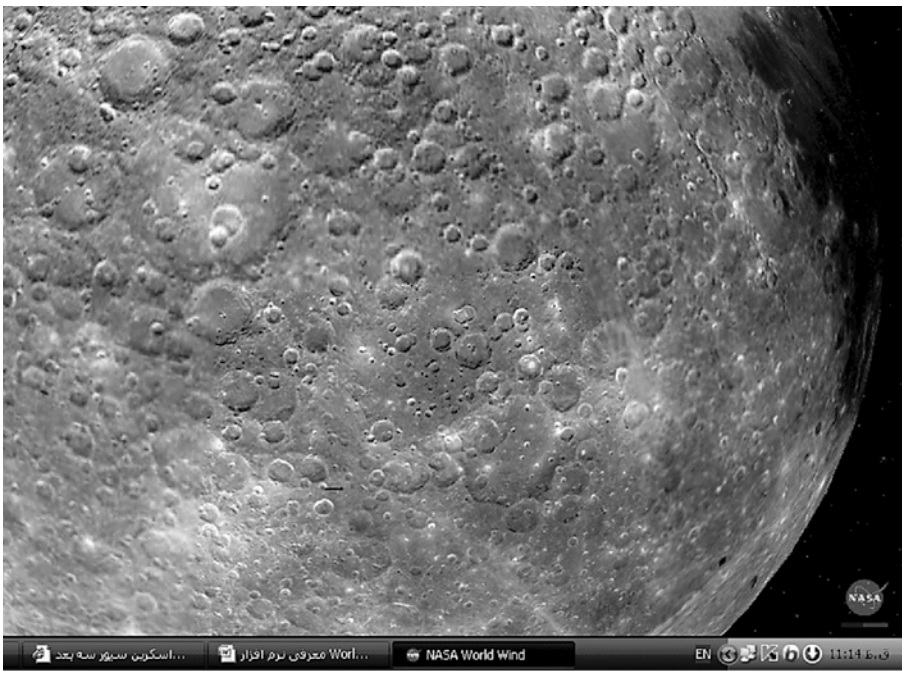
زمان بین‌المللی، جهات جغرافیایی، و نام مناطق و مکان فرود وایکینگ ۲ و کلمبیا و سایر فضاپیماها را می‌توان یافت. هم‌چنین، از سطح مریخ در طیف‌های متفاوت تعدادی تصاویر ماهواره‌ای تهیه شده که قابل مشاهده است.

در منو مربوط به ماه نیز موقعیت جغرافیایی و عرض و طول مکان‌ها، زمان بین‌المللی، جهات جغرافیایی و نام مناطق درج شده است که کاربر با انتخاب هریک از این آیتم‌ها، به اطلاعات و تصاویر مورد نیازش دست می‌یابد.

در منو مربوط به سیاره‌ی زهره، تصاویری جذاب از سطح این سیاره، به‌علاوه‌ی موقعیت جغرافیایی و عرض و طول مکان‌ها، زمان بین‌المللی، جهات جغرافیایی و نام مناطق ارائه شده است. در تصویر ۵ دورنمایی از سیاره‌ی زهره را مشاهده‌می‌کنید.

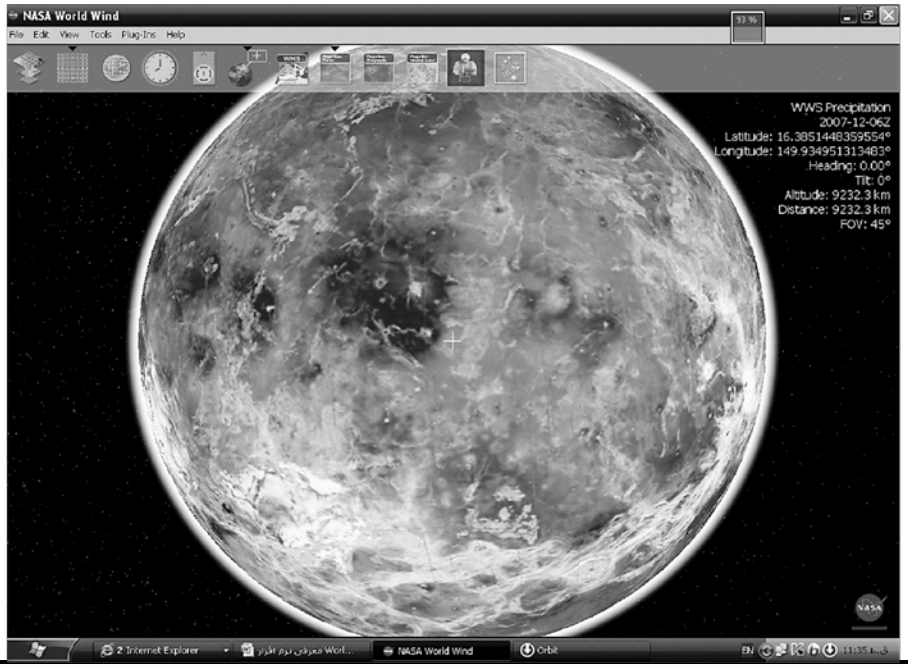
هم‌چنین در منو نما می‌توان سایه‌ی سیارات را که در اثر نور خورشید پدید می‌آید، مشاهده کرد.

* دبیر منطقه‌ی عجب‌شیر، استان آذربایجان شرقی



تتصویر ۴. نمایی از کره‌ی ماه

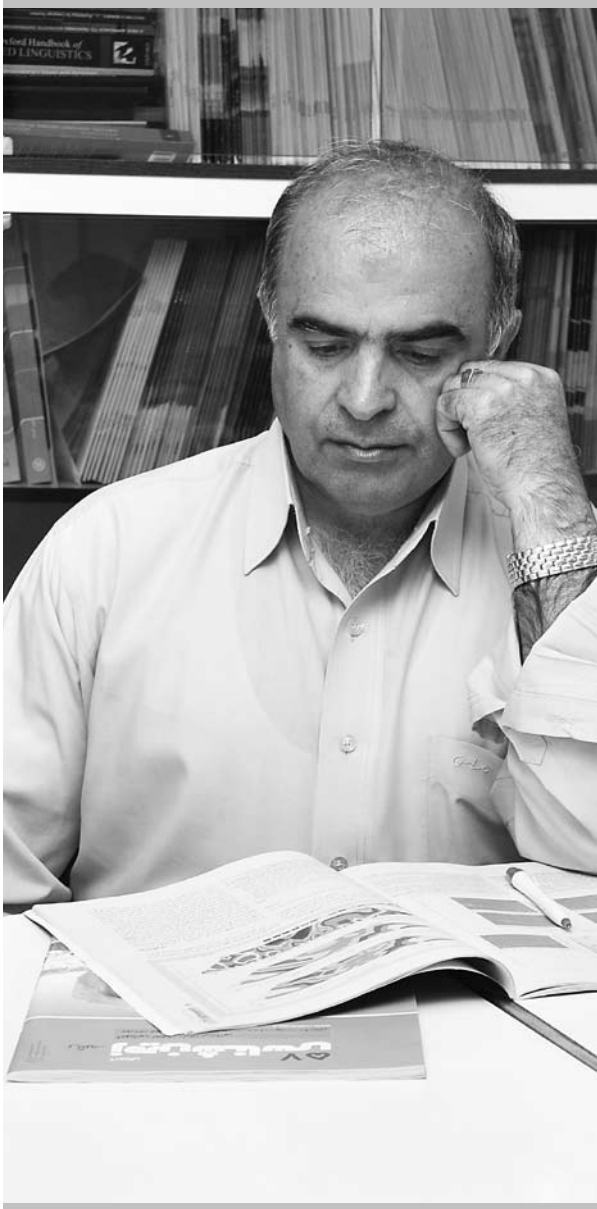
تصویر ۵. نمایی از سیاره‌ی زهره



معلم نشدم که شاغل باشم

پای صحبت علی‌محمد رضوی
دبیر زمین‌شناسی استان لرستان

مریم عابدینی*



همان‌طور که در شماره‌ی پیش اشاره شد، قصد داریم تجارب گران‌بهای همکاران را در فصل‌نامه به چاپ برسانیم. به این منظور، در شماره‌ی حاضر به استان لرستان رفته‌ایم.

❍ لطفاً خودتان را به خوانندگان ما معرفی کنید.

● علی‌محمد رضوی هستم، متولد ۱۳۳۲ در شهرستان الیگودرز. من در یک خانواده‌ی مذهبی، آگاه و تحصیل‌کرده پرورش یافتم. پدر و پدربزرگم سردفتر اسناد رسمی بودند و چون خیلی به تحصیل و کتاب‌خوانی علاقه داشتند، به تبع همه‌ی بچه‌های فامیل هم علاقه‌مند شدند؛ به‌طوری که در دوره‌ی ابتدایی تمام رشته‌های علمی را شناختیم. در صورتی که در گذشته دست‌رسی به رسانه‌های گروهی برای همه مقدور نبود، خوش‌بختانه کتاب در اختیار ما قرار داشت و ما را به سمت کارهای علمی کشاند.

دوره‌ی تحصیلات ابتدایی و سه سال اول متوسطه را در شهرستان الیگودرز و چهارم، پنجم و ششم متوسطه را در اصفهان گذارندم. بلافاصله پس از گرفتن دیپلم، در رشته‌ی زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان قبول شدم و با وجود استادان آن زمان، هم از حیث نظری و هم از جنبه عملی توانستیم مهارت پیدا کنم. در این دوران، هر آخر هفته تا روز شنبه، برنامه‌ی ما رفتن به صحرا و بررسی‌های زمین‌شناسی و هم‌چنین بازدید از معادن بود. خوش‌بختانه با علاقه‌ای که داشتم، با دوستان توانستم کارهای عملی خوبی ارائه دهیم.

سال ۵۵ـ۱۳۵۴ فارغ‌التحصیل شدم، ولی متأسفانه علی‌رغم علاقه به ادامه‌ی تحصیل، نتوانستم به تحصیلات عالی دست پیدا کنم. در آن زمان در کشور در این رشته مدارج بالاتر وجود نداشت و برای من هم تحصیل در خارج از کشور ممکن نبود. بنابراین جذب بازار کار شدم. با وزارت نیرو و امور آب در تهیه‌ی گزارشات زمین‌شناسی و تهیه‌ی محل چاه برای کشاورزی به‌صورت پیمانکاری همکاری داشتم تا این‌که سال ۱۳۵۸ به استخدام آموزش‌وپرورش درآمدم. این باعث شد که بیشتر جذب کارهای علمی شوم و دوره‌های بیشتری را بگذرانم. چون در استان کارشناس زمین‌شناسی کم بود، تا سال ۱۳۷۲ تنها زمین‌شناس استان بودم و در دادگستری هم برای دعاوی مرا دعوت می‌کردند.

درهمین‌زمان،درامتحان‌کانون‌کارشناسان‌رسمی‌شرکت‌کردم‌وقبول‌شدم.اکنون‌چندین سال‌است‌که‌به‌عنوان‌خبره،درداد‌گستری‌به‌حل‌دعاوی‌زمین‌وآب‌وغیره‌می‌پردازم.

در آموزش‌وپرورش هم ابتدا زمین‌شناسی و زیست‌شناسی تدریس می‌کردم، ولی بعد از یک دهه فقط به تدریس زمین‌شناسی اکتفا کردم و در شش سال آخر، کارشناس گروه‌های

آموزشی متوسطه بودم.

❍ چه‌طور شد که به زمین‌شناسی علاقه‌مند شدید؟

● در دوران جوانی زیاد به خارج از شهر می‌رفتم و طبیعت اطرافم طوری بود که سنگ‌ها و پدیده‌های گوناگون و رنگارنگ را مشاهده می‌کردم. مخصوصاً در دوران دبیرستان، وقتی به بیابان می‌رفتم و این پدیده‌ها را رؤیت می‌کردم، حس خاصی به من دست می‌داد. معمولاً هم وقتی سنگ جالبی را می‌دیدیم، ناخودآگاه نمونه‌هایی از آن تهیه می‌کرد.

در سال دوم متوسطه نظام قدیم، با دبیر زمین‌شناسی‌ام بیش‌تر مأنوس شدم و نمونه‌هایم را به او نشان می‌دادم. ایشان هم با علاقه‌ای که در من می‌دیدند، توصیه‌هایی را برای جمع‌آوری سنگ‌ها می‌کردند و از جمله مرا به اطراف اصفهان، منطقه‌ی کوه‌های «زفره» هدایت کردند. در این منطقه‌ی وسیع، فسیل‌های زیادی به‌خصوص متعلق به دوره‌ی ژوراسیک وجود داشت. نمونه‌های بسیار خوبی از فسیل‌های منطقه تهیه کردم که بسیاری از آن‌ها در موزه طبیعی دانشگاه موجودند. من و دو سه نفر از همکلاسی‌هایم به جمع‌آوری می‌پرداختم. بعد از گرفتن دیپلم، از ۲۲ نفر دانش‌آموز کلاسمان ۱۲ـ۱۰ نفر به دانشگاه راه پیدا کردیم. رفاقت و صمیمیتی بین ما بود که در کارهای علمی به هم کمک می‌کردیم.

در دانشگاه دو کار انجام می‌دادم: یکی نقشه‌برداری که علاقه‌ی وافری به آن داشتم. دیگری کار روی سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی. توسط استاد عزیز، مهندس محمودیان با رشته‌ی نقشه‌برداری آشنا شدم. برای ایشان، هم نقشه‌برداری توپوگرافی و نقشه‌خوانی توپوگرافی را انجام می‌دادم.

❍ چطور جذب آموزش‌وپرورش شدید و تدریس کردید؟

● یک‌بار برای کار به‌صورت پیمانکاری به الیگودرز آمدم. رئیس آموزش‌وپرورش آن زمان (سال‌های اول انقلاب اسلامی) الیگودرز از دوستان خانوادگی ما بود. مرا در خیابان دید و جویای اوضاعم شد. من هم شرح دادم که به چه کارهایی مشغولم و هرروز چه مدت زمان بی‌کار هستم. با توجه به این‌که آن زمان کارشناس در آموزش‌وپرورش و سایر ادارات بسیار کم بود، به اصرار ایشان دراین وزارت‌خانه شاغل شدم. از آن‌جا که رشته‌ی من زمین‌شناسی محض بود، نه گرایش دبیری، از زمانی که با تدریس آشنا شدم، ناگهان دنیای تازه‌ای را دیدم. بچه‌ها واقعاً پاک و معصوم‌اند. دنیای عجیبی که در مدرسه پیش روی خود دیدم، آن‌قدر در من انگیزه ایجاد کرد که دوست داشتم هرچه را آموخته‌ام به شاگردانم آموزش بدهم.

در آن زمان فقط در سال سوم و چهارم متوسطه زمین‌شناسی داشتیم. در کلاس، غالباً درسم را با نمونه‌ی عینی و به‌صورت عملی بیان می‌کردم. گاهی هم بچه‌ها را برای بازدید از معادنی می‌بردم که خودم در آن‌جا کار می‌کردم. تا از نزدیک با طرز کار در معدن، نحوه‌ی اکتشاف و استخراج و... آشنا شوند. از طرف دیگر، با هنرستان‌های آن‌جا هماهنگ کرده بودم که به بچه‌ها نقشه‌برداری آموزش بدهیم. زمانی خودم هم به مبحث نقشه‌های توپوگرافی می‌رسیدم، با این‌که در کتاب خیلی گزیده به آن اشاره شده بود، من عملاً یک نقشه را برای بچه‌ها روی کاغذ پیاده می‌کردم.

همیشه به دانش‌آموزان توصیه می‌کردم که به دنبال تحصیلات دانشگاهی بروند. ولی اگر بنا به دلایلی نتوانستند ادامه‌ی تحصیل دهند و وارد دانشگاه شوند، به یک رشته‌ی پول‌ساز بپردازند. این رشته، نقشه‌برداری (نه نقشه‌کشی) بود. توصیه می‌کردم. یک دوره‌ی شش‌ماهه ببینند و به‌عنوان تکنسین و کارگزار، به ادارات ثبت، شهرداری، راه و ترابری و شرکت‌ها بروند. تعداد زیادی از دانش‌آموزانی که شرایط ورود به دانشگاه را نداشتند، جذب این کار شدند که هم‌اکنون بسیار موفق‌اند. تعداد دیگری نیز به خاطر علاقه و مودتی که ببین ما بود، ناخودآگاه جذب رشته‌ی زمین‌شناسی و معدن شدند که بسیاری از آن‌ها دوستان و همکاران فعلی من هستند.

درسم را با نمونه‌ی عینی و به‌صورت عملی بیان می‌کردم. گاهی هم بچه‌ها را برای بازدید از معادنی می‌بردم که خودم در آن‌جا کار می‌کردم

این رشته، نقشه‌برداری (نه نقشه‌کشی) بود. توصیه می‌کردم. یک دوره‌ی شش‌ماهه ببینند و به‌عنوان تکنسین و کارگزار، به ادارات ثبت، شهرداری، راه و ترابری و شرکت‌ها بروند. تعداد زیادی از دانش‌آموزانی که شرایط ورود به دانشگاه را نداشتند

❍ گذشته از فراز و نشیب‌هایی که معمولاً در تدریس هر درسی وجود دارد، به‌نظر شما مشکل تدریس زمین‌شناسی چیست؟

● با این‌که من علاقه‌ی وافری به کارم داشتم و به نحو احسن دانش‌آموزان را آموزش می‌دادم، به‌طوری‌که به ندرت پیش می‌آمد که دانش‌آموزانم در کنکور، از ۲۵ سؤال به کمتر از ۲۴ سؤال پاسخ درست می‌دادند، اما آن‌ها به سختی وارد دانشگاه می‌شدند. مشکل اصلی نداشتن ضریب در

رشته‌های پزشکی است. البته من توصیه می‌کنم، علی‌رغم آن حتماً بچه‌ها به سؤالات زمین‌شناسی در کنکور پاسخ دهند، زیرا در رتبه‌ی کل آن‌ها مؤثر است. یعنی از میان دو نفر که از هر نظر پاسخ یکسان داده‌اند، کسی که به سؤالات زمین‌شناسی پاسخ داده، دارای رتبه‌ی بالاتری است.

مشکل دیگر کمبود ساعت تدریس است. دو ساعت در هفته، واقعاً برای کتاب زمین‌شناسی که باید بسیاری از بخش‌های آن را بازتر و روان‌تر به دانش‌آموز توضیح داد، اصلاً کافی نیست. هم‌چنین مشکل حجم زیاد مطلب وجود داشت که در این ساعت کم باید تدریس می‌کردیم. از مسئولین می‌خواهم، حتماً ضمن چاره‌اندیشی در این مورد، ضریب مناسبی به این درس بدهند.

❍ اگر از شما بخواهیم در مورد کتاب زمین‌شناسی نظر دهید، چه توصیه‌هایی دارید؟ با توجه به این‌که از نظام قدیم تاکنون تدریس داشته‌اید، اگر یک بررسی اجمالی هم در این زمینه داشته باشید، ممنون می‌شویم.

● به‌نظر من کتاب نظام قدیم بهتر از کتاب فعلی بود. اگر در این کتاب به‌جای چندین شاخه‌ی متفاوت که برخی هم اصلاً زمین‌شناسی نیستند و هیچ تأثیری هم در آینده و نگرش بچه‌ها ندارند، با توجه به بازار کار، دو سه بخش عمده را در کتاب می‌آوردند، عملاً مفیدتر بود. مثلاً یکی از این بخش‌ها که خود من هم در آن کار می‌کردم، نقشه‌برداری بود.

کتاب نظام قدیم گسترده‌تر بود. مثلاً درباره‌ی زلزله یا زمین‌شناسی ایران، مطلب خیلی بهتر و کافی بود. برای تألیف کتاب باید به این فکر کنیم که آیا عملاً دانش‌آموز را به سمت استفاده از آموخته‌هایش سوق می‌دهد یا نه. اگر کتاب جذاب نباشد، معلم هم دانش‌آموز را جذب نکند، در کنکور هم که ضریب ندارد، پس این کتاب اصلاً خواننده نخواهد داشت.

❍ چه توصیه‌ای برای معلمان تازه‌کار دارید؟

● اولاً، به تدریس علاقه‌مند باشند. زمین‌شناس می‌تواند با حقوق میلیونی شاغل باشد، ضرورتی ندارد با ۵۰۰ـ۴۰۰ هزارتومان در آموزش‌وپرورش خدمت کند. زیرا اگر به این کار به عنوان شغلی برای امرار معاش نگاه کند و آن را انتخاب کند، کاری طاقت‌فرساست.

باید معلمان را از میان نخبگان علاقه‌مند انتخاب و به آن‌ها آموزش دهد. به‌علاوه، حقوق آن‌ها باید به اندازه‌ی ۴۸ ساعت باشد؛ یعنی ۲۴ ساعت تدریس و ۲۴ ساعت مطالعه، پژوهش و ارتقای علمی؛ مثل استادان دانشگاه

دو ساعت در هفته، واقعاً برای کتاب زمین‌شناسی که باید بسیاری از بخش‌های آن را بازتر و روان‌تر به دانش‌آموز توضیح داد، اصلاً کافی نیست

خود من، حقوقی که از آموزش‌وپرورش می‌گرفتم، نسبت به سایر مشاغلم کمتربود. بیش‌تر درآمدم از بابت اشتغال در امور آب، رشته‌های معدنی و کارهای فنی خارج از مدرسه تأمین می‌شد. لازم به ذکر است که این کارها هیچ تأثیری روی تدریسم نداشتند و ۲۲ ساعت تدریس می‌کردم. مشکلاتم را هیچ وقت سرکلاسم نبردم و معلمی را به‌عنوان شغل انتخاب نکردم.

کسی که برای تدریس به آموزش‌وپرورش می‌آید، باید به آن عشق داشته باشد. به شاگردان واقعاً مانند فرزندان خود نگاه کند؛ حتی زمانی که آغاز کار اوست و از نظر سنی فاصله‌ی کمی با آن‌ها دارد. باید به بچه‌ها احترام بگذارد و آن‌ها را عزیز بدارد. در واقع، یکی از موارد جذب دانش‌آموز، احترامی است که برای او قائل می‌شود. دانش‌آموز هر کسی که می‌خواهد باشد، چون در کلاس من و شما نشسته، بچه‌ی ماست و باید متوجه خواسته‌های او باشیم. در این‌صورت، هم تدریس و هم جذب دانش‌آموز راحت‌تر می‌شود. من فکر می‌کنم موفقیتم در تدریس حاصل همین علاقه‌ی دوطرفه بود.

ثانیاً با تمام روش‌های تدریس آشنایی کامل داشته باشد. در گذشته، روش‌های نوین تدریس وجود نداشتند و «معلم‌محوری» رایج بود. اما کلاس من به‌خاطر فعالیت‌هایی که از دانش‌آموزان می‌خواستم انجام دهند و اصلاً مطالب با این روش بهتر آموزش داده می‌شود، به‌صورت «دانش‌آموزمحوری» اداره می‌شد. برای ایجاد انگیزه و گرفتن نتیجه‌ی بهتر در تدریس، توصیه می‌شود که از کار عملی استفاده کنیم.

معلم خوب باید با مطالعه سر کلاس برود. البته نه این‌که فضای فعالیت دانش‌آموز را بگیرد، بلکه باید راه‌هایی برای ایجاد سؤال و روش درست هدایت او به سمت چگونگی به‌دست آوردن پاسخ سؤال پیدا کند. اگر جایی ازکتاب برای خود او گنگ است، به اطلاعات دانشگاهی‌اش سربزند و به کتاب درسی بسنده نکند. مثلاً من در آغاز تدریسم، برای یافتن پاسخ سؤالاتم به کتاب‌های مرجع و منابع مراجعه می‌کردم. اگر نمی‌توانستم پاسخ مناسب پیدا کنم، نزد استادان مربوطه می‌رفتم و مطلب را چندین‌بار حلاجی می‌کردم. پس از آن به کلاس می‌رفتم.

توصیه می‌کنم، هیچ‌وقت مشکلات را از خارج به سر کلاس نبرید. وقتی این مسائل را پشت در کلاس بگذارید و وارد کلاس شوید، قطعاً موفق خواهید بود.

در آخر باز هم تأکید می‌کنم، شغل معلمی را به خاطر معلم‌بودن و عشق به این کار انتخاب کنیم. کسی که به خاطر امرار معاش معلم می‌شود، بهتر است اصلاً معلم نشود. بنابراین، اولین نکته، عشق به تدریس و عشق به دانش است. اگر می‌خواهید نتیجه‌ی کار را بدانید، ببینید در بیرون از مدرسه دوستان زیادی دارید یا نه. مثلاً، دانش‌آموزی که از دانشگاه فارغ‌التحصیل شده و اکنون مشغول کار است، با علاقه‌مندی شدید به سراغ شما می‌آید یا نه؟ اگر در بیرون از فضای مدرسه دوستان زیادی از دانش‌آموختگان دارید، قطعاً موفق بوده‌اید.

در ضمن، من فکر می‌کنم آموزش‌وپرورش هم برای موفقیت در کار خود، باید معلمان را از میان نخبگان علاقه‌مند انتخاب و به آن‌ها آموزش دهد. به‌علاوه، حقوق آن‌ها باید به اندازه‌ی ۴۸ ساعت باشد؛ یعنی ۲۴ ساعت تدریس و ۲۴ ساعت مطالعه، پژوهش و ارتقای علمی؛ مثل استادان دانشگاه. البته این ارتقای علمی نباید مثل گذران دوره‌های آموزشی ضمن خدمتی باشد که هم‌اکنون برگزار می‌شوند تأثیر چندانی هم ندارند.

نباید معلمان دوشغله و سه‌شغله داشته باشیم که به‌جای ۲۴ ساعت، ۴۰ ساعت تدریس کنند. اگر معلم خسته شود، توان تدریس او در اول هفته با آخر هفته یکی نیست.

❍ توصیه‌ی شما درباره‌ی فصل‌نامه‌ی ما چیست؟

● البته من در حدی نیستم که توصیه بکنم، ولی باید بگویم «رشد آموزش زمین‌شناسی» مجله‌ی تخصصی بسیار خوبی است که به دست ما نمی‌رسد. حتی بعضی‌ها فکر می‌کنند سال‌نامه است. یعنی دست‌رسی ما این مجلات کم است. نکته‌ی دیگر این‌که خوب است، اگر مطالب مبهم و ناقصی در کتاب درسی آمده است، در مجله به‌صورت کامل توضیح داده شود؛ مثل کاربرد سنگ‌شناسی. تعدادی از همکاران به علم زمین‌شناسی و دنبال کردن مطالب آن علاقه‌مند هستند، اما به منابع آن دست‌رسی ندارند. فصل‌نامه‌ی شما می‌تواند این همکاران را یاری دهد.

❍ در آخر اگر خاطره‌ای از سالیان دراز تدریس دارید که می‌تواند مورد توجه مخاطبان مجله‌ی ما قرار بگیرد، بیان بفرمایید.

● من اصلاً دوست نداشتم دانش‌آموزان را برای پرسش پای تخته بیاورم، ولی از هر مبحث امتحان می‌گرفتم و آن‌ها را با

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر انتشارات کمک آموزشی

با مجله‌های رشد آشنا شوید

مجله‌های رشد توسط دفتر انتشارات کمک‌آموزشی سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وابسته به وزارت آموزش و پرورش تهیه و منتشر می‌شوند:

مجله‌های عمومی دانش‌آموزی

(به صورت ماهنامه و ۸ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شوند):

- رشد کودک (برای دانش‌آموزان آمادگی و پایه‌ی اول دوره‌ی دبستان)
- رشد نوآموز (برای دانش‌آموزان پایه‌های دوم و سوم دوره‌ی دبستان)
- رشد دانش‌آموز (برای دانش‌آموزان پایه‌های چهارم و پنجم دوره‌ی دبستان)
- رشد نوجوان (برای دانش‌آموزان دوره‌ی راهنمایی تحصیلی)
- رشد جوان (برای دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه و پیش‌دانشگاهی)

مجله‌های عمومی بزرگسال

(به صورت ماهنامه و ۸ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شوند):

رشد آموزش ابتدایی، رشد آموزش راهنمایی تحصیلی، رشد تکنولوژی آموزشی، رشد مدرسه فردا، رشد مدیریت مدرسه، رشد معلم

مجله‌های اختصاصی

(به صورت فصلنامه و ۴ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شوند):

رشد برهان راهنمایی (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دوره‌ی راهنمایی تحصیلی)، رشد برهان متوسطه (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه و پیش‌دانشگاهی)، رشد آموزش قرآن، رشد آموزش معارف اسلامی، رشد آموزش زبان و ادب فارسی، رشد آموزش هنر، رشد مشاور مدرسه، رشد آموزش تربیت‌بدنی، رشد آموزش علوم اجتماعی، رشد آموزش تاریخ، رشد آموزش جغرافیا، رشد آموزش زبان، رشد آموزش ریاضی، رشد آموزش فیزیک، رشد آموزش شیمی، رشد آموزش زیست‌شناسی، رشد آموزش زمین‌شناسی، رشد آموزش فنی‌وحرفه‌ای، رشد آموزش پیش‌دبستانی

مجله‌های رشد عمومی و اختصاصی برای آموزگاران، معلمان، مدیران، مربیان و مشاوران مدارس، دانش‌جویان مراکز تربیت‌معلم و رشته‌های دبیری دانشگاه‌ها و کارشناسان آموزش‌وپرورش تهیه و منتشر می‌شوند.

نشانی: تهران، خیابان ایرانشهر شمالی، ساختمان شماره‌ی ۴ آموزش‌وپرورش، پلاک ۲۶۶، دفتر انتشارات کمک‌آموزشی.

نمابر: ۸۸۳۰۱۴۷۸-۰۲۱

تلفن: ۸۸۸۴۹۰۹۹-۰۲۱

E_mail:info@roshdmag.ir www.roshdmag.ir

سؤالات یکسان سنجش می‌کردم. دانش‌آموزی داشتم که همیشه برگه‌اش را سفید می‌داد. یک روز از او پرسیدم: «برای چه سر کلاس می‌آیی؟»

گفت: «آقا اگر من دیپلم بگیرم یا به دانشگاه بروم، مگر چه‌کاره می‌شوم؟ چه‌قدر حقوق می‌گیرم؟ می‌خواهم بروم سراغ کار آزاد.»

خانواده‌اش را می‌شناختم. برادرش از هم‌کلاسی‌های خودم بود که پس از ترک تحصیل، با وسیله‌اش سنگ حمل می‌کرد و درامد خوبی داشت. او اضافه کرد: «برادرم از هم‌کلاسی‌های شما بود، ولی درامدش بهتر از شماست.»

من یکدفعه از کوره در رفتم و گفتم: «خب من خودم را با برادرت مقایسه می‌کنم. من وقتی به معدن می‌روم، پیمانکاری که وضعش از همه‌ی ما بهتر است، به خاطر نیاز به حرفه و تخصصم، نمی‌تواند با من یکی به دو بکند. من دفتر کاری دارم که به راحتی در آن می‌نشینم و کار می‌کنم. به‌هر حال موقعیت اجتماعی بهتری دارم.»

ولی آن شب خوابم نبرد و تا هفته‌ی بعد که سر کلاس آن‌ها بروم، با خودم درگیر بودم. دائم خود را سرزنش می‌کردم که چرا این حرف را زدم. این دانش‌آموز روحیه‌اش خراب شد. هر شغلی خوب و شرافتمند است. هفته‌ی بعد از او عذرخواهی کردم و گفتم: «شما درست می‌گویید. حرف شما کاملاً منطقی است، ولی اگر لیسانس داشتی و قرار شد راننده‌ی کامیون شوی، بهتر از حق و حقوق خود دفاع می‌کنی تا بی‌سواد باشی. اگر خواستند شما را جریمه کنند، می‌پرسی برای چی؟ چون از حق خود اطلاع داری.»

خلاصه، در پایان آن درس امتحان گرفتم و نمره‌اش ۸ شد. فکر کردم تقلب کرده است. دفعه‌ی بعد دقت کردم، دیدم خودش می‌نویسد. بنابراین ساعت تفریح از همکارانم خواستم هر طوری که می‌توانند به او کمک کنند. امتحان نهایی را به خوبی داد و در کنکور هم در رشته‌ی داروسازی قبول شد. الان یکی از دکترهای داروساز فعال کشور است و هر وقت به الیگودرز می‌آید تا به دیدار خانواده‌اش برود، به من نیز مانند یکی از اعضای خانواده‌اش سر می‌زند. این یکی از تلخ‌ترین و شیرین‌ترین خاطرات دوران تدریسم محسوب می‌شود.

❍ با تشکر از شما که اطلاعات و تجربیات خود را در اختیار ما قرار دادید.

* دبیر آموزش‌وپرورش منطقه‌ی ۵ تهران

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر انتشارات کمک آموزشی

برگ اشتراک مجله های رشد

شرایط:

۱ـ پرداخت مبلغ ۵۰/۰۰۰ ریال به ازای هر عنوان مجله‌ی درخواستی، به صورت علی‌الحساب به حساب شماره‌ی ۳۹۶۶۲۰۰۰ بانک تجارت شعبه ی سه راه آزمایش (سرخه‌حصار) کد ۳۹۵ در وجه شرکت افست.

۲ـ ارسال اصل فیش بانکی به همراه برگ تکمیل شده‌ی اشتراک با پست سفارشی. (کپی فیش را نزد خود نگه دارید.)

- **نام مجله های درخواستی :**

.....

.....

.....

- **نام و نام خانوادگی:** .....
- **تاریخ تولد:** .....
- **میزان تحصیلات:** .....
- **تلفن:** .....
- **نشانی کامل پستی:**

استان: ..... شهرستان: .....

خیابان: .....

پلاک: ..... کدپستی: .....

- در صورتی که قبلاً مشترک مجله بوده اید ،شماره‌ی اشتراک خود را بنویسید:

امضا:

- ☎ **امور مشترکین:** ۰۲۱ـ۷۷۳۳۶۶۵۶ـ۷۷۳۳۶۶۵۵
- **صندوق پستی امورمشترکین:** ۱۶۵۹۵/۱۱۱
- ☎ **پیام گیر مجله های رشد:** ۰۲۱ـ۸۸۳۰۱۴۸۲

یادآوری:

- هزینه‌ی برگشت مجله در صورت خوانا و کامل نبودن نشانی و عدم حضور گیرنده، بر عهده‌ی مشترک است.
- مبنای شروع اشتراک مجله از زمان دریافت برگ اشتراک است.