۶۲
رشد آموزش زمین‌شناسی

فصلنامه‌ی آموزشی، تحلیلی و اطلاع‌رسانی
دوره‌ی شانزدهم/ شماره‌ی ۱/ پاییز ۱۳۸۹

همّت مضاعف و کار مضاعف

سخن سردبیر ۲
خلیج فارس/ مصطفی شهرابی ٤
زمین‌شناسی و توان معدنی استان بوشهر/ سیدعلی آقا نباتی..... ۱۰
زمین ساخت ورقه‌ای/ مجید کوهستانیان ۱۸
جیوه و ذخایر آن/کوروش شعبانی، فرزانه طیبی..... ۲٤
آب وهواشناسی دیرینه.../ جهانبخش دانشیان، لیلا رمضانی دانا، ناهید سحابی‌فر ۳۱
ده شگفتی زمین‌شناسی جهان/ مژگان خجو ٤۲
پرسش‌های سومین المپیاد.../ مسعود کیمیاگری ٤٦
اولین نقد کشوری.../ مریم عابدینی ٥٤
اولین کنگره بین‌المللی/ آزاده شاکر..... ٥۸
معرفی کتاب/ محمدحسن بازوبندی..... ٦۲
تازه‌های زمین‌شناسی/ ملیحه قنبری..... ٦۳

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

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

• نشانی دفتر مجله: تهران - ایرانشهر شمالی - پلاک ۶۶۶، صندوق پستی ۶۵۸۵-۱۵۸۷۵
• تلفن: ۹-۸۸۳۱۱۶۱ (داخلی ۳۷٤) • نمابر: ۸۸۳۰۱٤۷۸ • رایانامه: info@roshdmog.ir
• پایگاه اینترنتی: www.roshdmag.ir • تلفن پیام گیر نشریات رشد: ۸۸۳۰۱٤۸۲
• کد مدیر مسئول: ۱۰۲ • کد دفتر مجله: ۱۱۳ • کد امور مشترکین: ۱۱٤
• نشانی امور مشترکین: تهران-صندوق پستی: ۱۶۵۹۵/۱۱۱
• تلفن: ۷۷۳۳۶۶۵۶ - ۷۷۳۳۶۶۵۵
• چاپ: شرکت افست (سهامی عام) • شمارگان: ۸۰۰۰ 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: **اَبَر چاله‌ی بلیز**

اَبَر چاله‌ی آبی بلیز[1] پدیده‌ای یکتا و یگانه در سامانه‌ی دیواره‌ی مرجانی حفاظت شده‌ی بلیز، در سواحل «باهاماس» است. این چاله‌ی سترگ با ۱۲۵ متر ژرفا و ۳۰۰ متر قطر دهانه، گسترده‌ترین چاله‌ی دریایی کره‌ی زمین است که در نتیجه‌ی پیشروی دریا روی یک «اَبَر فروچاله»[2] در ۶۵ هزار سال پیش به وجود آمده است و اکنون یکی از شگفت‌آورترین پدیده‌های کره‌ی ما، به ویژه برای دوستداران شناگری زیر آبی جهان است.

در آب‌های شفاف و بلورین این فروچاله‌ی بزرگ، افزون بر دسته‌های عظیم ماهیان رنگارنگ و بسیار، گونه‌های ویژه از کوسه‌ها که دوستدار زندگی در محیط‌های مرجانی هستند، دیده می‌شوند که از جمله‌ی آنان می‌توان از «گاو کوسه»[3]، کوسه‌ی سرچکشی و کوسه‌ی خال‌دار نام برد.

پی‌نوشت
1. Belize 2. Sinkhole 3. Bull Shark

سخن سردبیر

در «روز ملی خلیج‌فارس» که اتفاقاً روز تعطیلی هم بود، فرصتی دست داد تا بعضی برنامه‌های صدا و سیما را در این ارتباط بشنوم یا ببینم. به اعتقاد من، روز باشکوهی بود. این دو رسانه‌ی ملی، به نمایندگی از مردم ایران، بر این بودند که با نمایش اسناد معتبر تاریخی، جغرافیایی و روایتی، حقانیت جمهوری اسلامی ایران را بر مالکیت «خلیج همیشه‌فارس» ثابت کنند. عناوینی چون «Persian Gulf»،«Sinus Persicuse» و مانند این‌ها، به دفعات و به مناسبت‌هایی بر صفحه‌ی تلویزیون نقش می‌بست که در واقع «آفتاب آمد دلیل آفتاب» بودند و جای هرگونه شک و تردیدی را از بین می‌برند. اسناد، مدارک و دلایل فارس بودن خلیج، بیشتر تاریخی ـ جغرافیایی بودند که از شما چه پنهان، نشان می‌داد که ما زمین‌شناسان هم باید با بهره‌گیری از دانسته‌هایمان در مورد خلیج‌فارس، به‌ویژه اطلاعات چهل‌پنجاه سال اخیر، در این امر ملی مشارکت فعال داشته باشیم.

به یاد داشتم که در زمان تحصیل در خارج از کشور و در ارتباط با گرایش تحصیلی‌ام و با عنوان «زمین‌شناسی دریایی»، مقادیر قابل توجهی اطلاعات، به‌ویژه درباره‌ی دریاها و دریاچه‌های ایران، جمع‌آوری کرده بودم که در این میان، کتابی با عنوان «THE PERSIAN GULF» را که حدود ۳۰ سال پیش تهیه کرده بودم، در لابه‌لای کتاب‌هایم یافتم. این کتاب درسال ۱۹۷۳ توسط ناشر معتبری چون «Springer-Verlag» که در برلین، هایدلبرگ (آلمان) و نیویورک مراکز آن دایر ند و از معروف‌ترین مؤسسات انتشاراتی جهانی هستند، چاپ و منتشر شده‌است. تمامی موضوع‌های این کتاب علمی ـ پژوهشی در زمینه‌ی زمین‌شناسی (بیشتر زمین‌شناسی دریایی) و عنوان آن چنین است:

The Persian Gulf
Holocene Carbonate Sedimentation and Diagenesis in a:
Shallow Epicontinental Sea
Edited by B.H. PURSER

که ترجمه فارسی آن می‌شود:

خلیج‌فارس
رسوب‌گذاری کربناتی زمان هولوسن در یک دریای کم‌ژرفای بر قاره‌ای
تنظیم توسط: ب.اچ.پرزر

در این کتاب، ۲۲ موضوع متفاوت توسط معروف‌ترین دانشمندان علوم زمین، به‌ویژه زمین‌شناسان دریایی، از آن‌چه که در خلیج‌فارس به‌عنوان پدیده‌های زمین‌شناسی در این رابطه وجود دارد، مورد بررسی دقیق و گسترده قرار گرفته است. کتاب در ۴۵۳ صفحه و با بیش از ۲۶۰ تصویر و نقشه، با نام خلیج‌فارس تنظیم و چاپ شده و جالب این‌که حتی در یک مورد از این نوشته‌های علمی ـ پژوهشی، از

عنوان جعلی «خلیج عربی» نام برده نشده است. برای اطلاع بیشتر شما دوستان عزیز، فقط سه عنوان از ۲۲ عنوان کتاب را که دانشمندان سه ملیت مختلف در انجام آن شرکت داشته‌اند، در این جا می‌آورم:

1. Purser. B.H. and Seibold, E: The Principal Environmental Factors In fluencing Holocene Sedimentation and Diagenesis the Persian Gulf.

2. Wagner, c.w. and Van Der Togt, C.: Holocene Sediment Types and Their Distribution in the Southern Persian Gulf

3. Evans G., Marry J.W., Biggs, H.E.J., Bate R. and Bush P.R.: The Oceanography, Ecology, Sedimentology and Geomorphology of Parts of The Trucial Coast, Barrier Island Complex, Persian Gulf

نویسندگان نوشتارهای بالا همگی از کشورهای فرانسه، آلمان، هلند و انگلستان هستند که با بهره‌گیری از حمایت‌های همه‌جانبه کشورهای عربی در آن زمان، توانستند این پژوهش‌ها را به انجام برسانند و کتاب را منتشر سازند. جالب این‌جاست که مکان جغرافیایی تمامی موضوع‌های علمی ـ پژوهشی مندرج در این کتاب، در کرانه‌های کشورهای عربی (مانند قطر، ابوظبی، امارات و عربستان) واقع است و در بین نویسندگان نیز، حتی نام یک ایرانی به چشم نمی‌خورد که بگویند به اصطلاح «اعمال نفوذ» شده است.

با این شواهد دیده می‌شود که کفه‌ی ترازو از همه‌ی جهات به نفع کشورهای عربی سنگینی می‌کرده، الا «حق و حقانیت» که «حق به حق‌دار» رسیده است؛ آن‌هم حدود ۳۷ سال پیش. البته درآن زمان مبنای قضاوتشان واقعیت، یعنی همان اسناد و مدارک تاریخی و بنیادی بوده است، ولی اکنون مبنای قضاوتشان پترودلارهای بی‌زبان است که از کشورهای عربی می‌گیرند و آب به آسیاب آن‌ها می‌ریزند و تحریکشان می‌کنند. به‌هر صورت، چه بخواهند و چه نخواهند، از هزاران سال پیش خلیج فارس، خلیج‌فارس بوده و امروزه هم خلیج فارس و در آینده هم خلیج‌فارس است؛ یعنی «خلیج همیشه فارس».

به همین مناسبت بر خود لازم دانستم که دانسته‌های بیشتری در مورد خلیج‌فارس به ویژه از دیدگاه‌های زمین‌شناسی تقدیم شما عزیزان نمایم که در مقاله‌ای جداگانه تنظیم و در همین شماره از نظر گرامیتان می‌گذرد.

والسلام

خلیج فارس

مصطفی شهرابی

چکیده

خلیج‌فارس یک دریای کناره‌ای[1] است که ژرفای میانگینی برابر با ۳۵ متر دارد و بیشینه‌ی ژرفای آن حدود ۱۰۰متر است که مدخل باریک آن در تنگه‌ی هرمز واقع شده است. آسه‌ی کشیده‌ی ژرفانگاری این خلیج، آن‌را به دو بخش زمین‌شناسی، مجزا تقسیم کرده است: بخش پایدار آن «پیش‌لاد»[2] عربستان و بخش ناپایدار آن در رشته‌کوه‌های چین‌خورده‌ی (زاگرس) ایران قرار دارد که در ناهماهنگی ژرفایابی و ریخت‌شناسی کرانه‌های دو کشور ایران و عربستان نقش اصلی را دارند.

کف خلیج‌فارس دارای شیب توپوگرافی ملایمی است، بدون «لبه‌ی ساحلی»[3] که در بعضی از دریاها مانند «ایالت کربناته دریای کارائیب»[4] وجود دارد.

آب‌وهوای خشک و نیمه‌استوایی این منطقه با درجه‌ی حرارت تابستانی تا ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و باد دائمی، محیطی را به‌وجود آورده است که در آن نهشته‌های تبخیری و «باد رفت‌ها»[5] که از راه هوا وارد این خلیج می‌شوند، تشکیل گردند.

واردات آب شیرین به خلیج‌فارس، محدود است به رودهای دجله و فرات، کارون و رودهای کوچکی که از کوهستان‌های ایران (زاگرس) سرچشمه می‌گیرند. درحالی‌که رسوبات آواری حاصل از فرسایش و ترابری کوه‌های زاگرس این خلیج از طریق دهانه‌ی رودهای متعدد وارد بخش شمالی آن می‌شوند، در کرانه‌های قسمت عربی آن، تقریباً نهشته‌های کربناته‌ی خالص تشکیل می‌شوند.

تبخیر زیاد و جدا ماندن این خلیج از اقیانوس هند، سبب شده است که در بعضی نقاط، به‌ویژه در مرداب‌های دوردست در بخش جنوبیِ خلیج‌فارس، میزان شوری تا ۷۰ گرم در لیتر نیز برسد. به‌دلیل حاکمیت وزش باد شمال از سمت شمال باختری و در امتداد آسه‌ی این خلیج، بسیاری از سواحل تحت اثر وزش این باد و امواج سطحی قرار گرفته و محیط برای رسوب کربنات‌ها (در ساحل غربی) و نهشته‌های آواری در بخش ایرانی، به‌خوبی آماده شده است. جریان‌های جذر و مدی روی ساختارهای رسوبی، حتی روی ژرف‌ترین نهشته‌ها و ترکیب آن‌ها اثر گذاشته‌اند، به‌همین دلیل، این رسوبات با نهشته‌های عمیق‌تر مخلوط شده‌اند.

کلید واژه‌ها: خلیج‌فارس، تنگه‌ی هرمز، زاگرس، ریخت‌شناسی، تبخیر، اقیانوس هند، نهشته، رسوبات کربنات.

ریخت‌شناسی

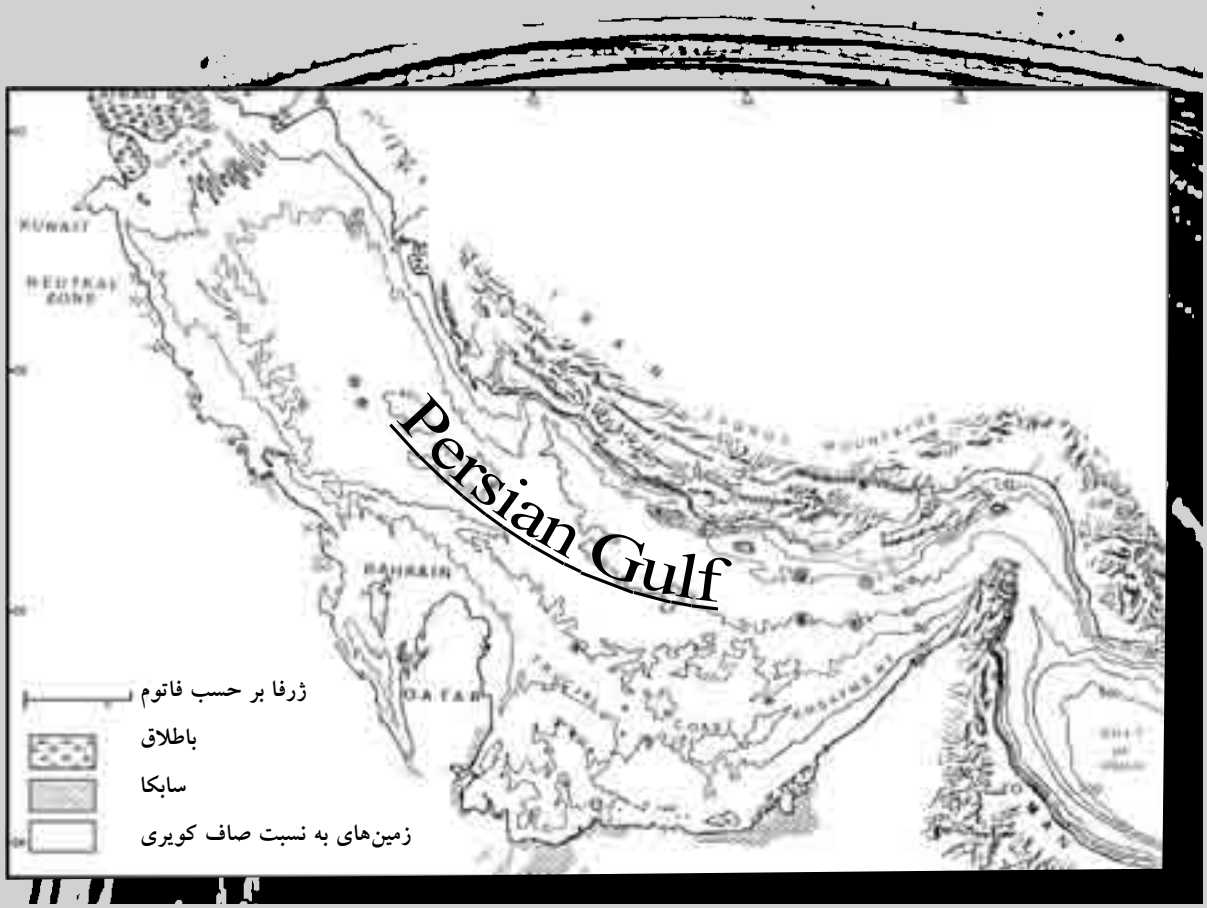
خلیج‌فارس دریای حاشیه‌ای است که حدود ۱۰۰۰ کیلومتر طول و بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلومتر پنها دارد و سطحی در حدود ۲۲۶۰۰۰ کیلومتر مربع را پوشش می‌دهد. ژرفای متوسط آن حدود ۳۵ متر و ژرف‌ترین نقطه‌ی آن به ۱۰۰ متر می‌رسد که در محل تنگه هرمز قرار دارد. این خلیج و کرانه‌های آن زیر حاکمیت آب‌وهوای خشک قرار دارد و با تنگه‌ی باریکی به پهنای حدود ۶۰ کیلومتر، با دریای عمان و اقیانوس هند در ارتباط است. تمامی حوضه‌ی این خلیج روی فلات قاره‌ای قرار دارد که «حاشیه»[6] و «سراشیبی»[7] آن در خلیج عمان تشکیل شده است (شکل ۱)

«آسه»[8]ی طویل خلیج‌فارس آن‌را به دو قسمت متمایز ریخت‌شناسی جدا کرده که ویژگی‌های ریختاریش با نوع تکتونیک

حاکم برآن متفاوت است.

قسمت پایدار جنوبیِ آن از پیش‌لاد «سپر عربستان»[9] متعلق به زمان پرکامبرین (Lees, 1948) & (Lees & Richardson, 1940) بوده، در حالی‌که بخش ناپایدار شمال (ایران) از رشته‌کوه‌های چین‌خورده، مربوط به‌زمان ترسیری (Lees & Falcon, 1952) تشکیل شده است. خلاصه‌ای از وضعیت واحدهای ریخت‌شناسی آن برای درک بهتر این مطلب براساس ویژگی‌های تکتونیکی آن، به‌شرح زیر است:

ریخت‌شناسی تقریباً خطی کرانه‌ی عربی خلیج‌فارس در شبه‌جزیره‌ی قطر تغییر می‌کند. این تغییر، تأثیر زیادی در جریان‌های دریایی و پراکنش رسوبات در طول جنوب خاوری خلیج‌فارس دارد. به‌سمت خاور شبه‌جزیره‌ی قطر، منطقه‌ی وسیع و کم‌عمقی (ژرفای ۲۰-۱۰ متر) وجود دارد که با پایاب‌های متعدد و گنبدهای فراوان نمکی بسیار مشخص است. این گنبدها ظاهری شبیه گنبدهای ولکانیکی دارند. به‌سوی خاور، نقشه‌ی نامنظم هم ژرفایی به‌نام «سد ساحلی مروارید بزرگ»[10] در امتداد کرانه‌ی این خلیج وجود دارد که در چگونگی رسوب‌گذاری در بخش مرکزی آن اثر بسزایی دارد. خط ساحلی اخیر به‌طور عمده‌ای با مرفولوژی پست، محیط تبخیری و منطقه‌ی جذر و مدی بلافصل[11] صاف مشخص است که اصطلاحاً آن‌را «سابکا» یا «سابخا»[12] گفته‌اند و حدود ۱۰ کیلومتر (تا دریا) پهنا دارد و به‌وسیله‌ی طوفان‌های این منطقه گسترش بیشتری می‌یابد. کرانه‌ها و سابکاها در این قسمت (بخش عربی) از خلیج‌فارس، به کویرهای پست تبدیل می‌شوند.



نقشه‌ی منطقه‌ی خلیج‌فارس که در آن سیمای ریخت‌های اصلی حوزه و خشکی‌های پیرامون آن دیده می‌شود.

نقشه‌ی ۱. ریخت‌شناسی خلیج‌فارس

انتهای شمال باختری خلیج‌فارس که به دلتای رودهای دجله- فرات و کارون ختم می‌شود و به‌نام «اروند رود» موسوم است، به‌نظر می‌رسد امروزه فقط تأثیر محلی روی محیط دریایی خلیج دارد.

کرانه‌ی ایرانی حوضه‌ی خلیج فارس اساساً از سازندهای سخت تشکیل شده که دارای ریختارهای خطی است و با واسطه‌ی یک دشت باریک، با دریا در ارتباط است. رودخانه های متعددی که از کوه‌های زاگرس سرچشمه گرفته‌اند. از ورودی‌های آن دشت باریک به خلیج می‌ریزند. این «پسکرانه»[۱۳] کوهستانی در اغلب نقاط دارای بلندی بیش از ۱۵۰۰ متر (از سطح دریا) است که ریخت‌شناسی آن با کرانه‌های کویری و تپه‌ماهوری بخش عربی آن تفاوت‌های فراوان دارد.

ژرفانگاری خلیج‌فارس

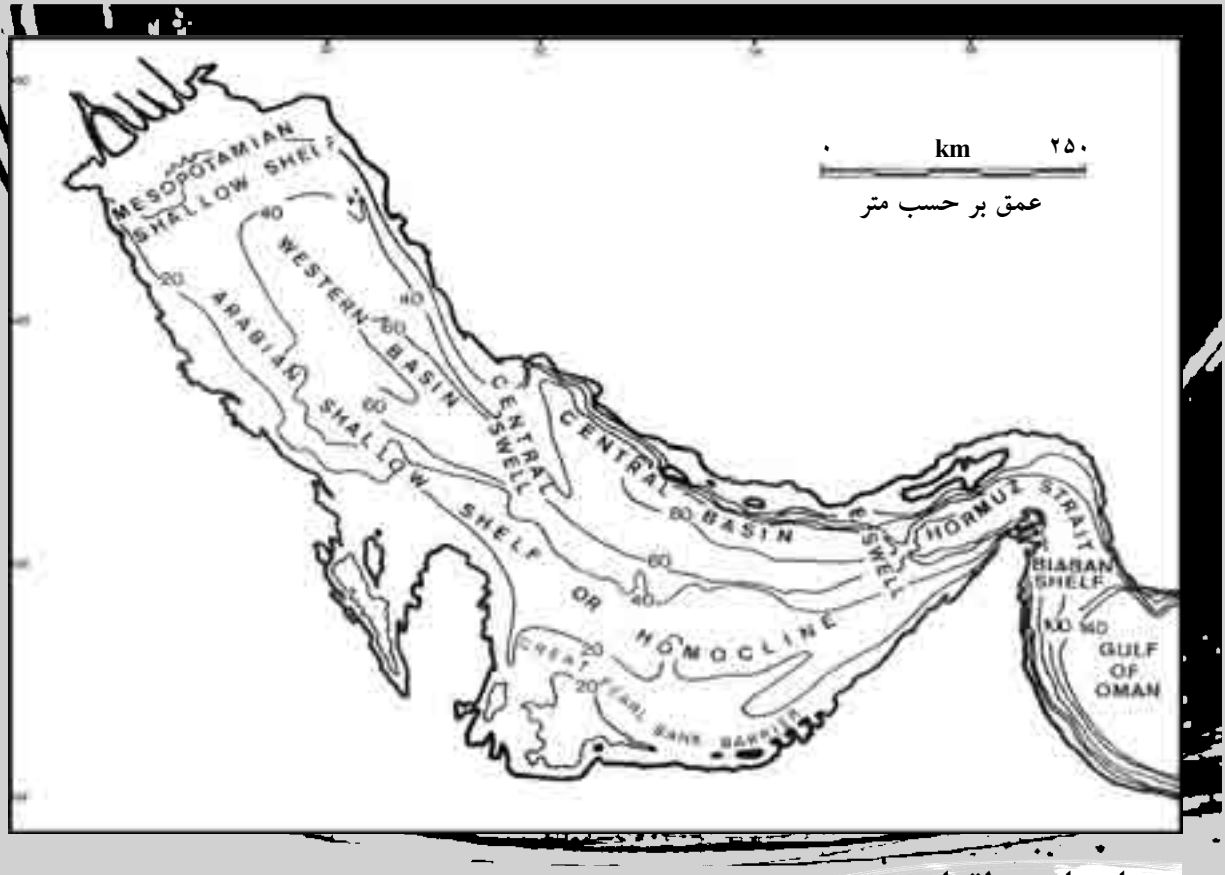
حوضه‌ی خلیج‌فارس از دیدگاه ژرفانگاری به داشتن دو ژرفای متفاوت مشخص است که دو طرف امتداد یک آسه‌ی نامتقارن است. کف خلیج‌فارس در بخش ایرانی آن که از دید تکتونیکی ناپایدار است، شیب نسبتاً تندی (۱۷۵cm/km) دارد، در حالی‌که بخش پایدار سپر عربی آن، شیب آرام (۳۵cm/km) به سوی آسه‌ی ژرفانگاری دارد. بنابراین آسه‌ی این خلیج تقریباً نزدیک به کرانه‌ی ایران است؛ به‌ویژه به‌طرف خاور که جهت و موقعیت آن به‌وسیله‌ی روندهای تکتونیکی آن تعیین شده است [Kassler;1977]. خلیج‌فارس توسط سیبلد و ولبرت[۱۴](۱۹۶۹) به ایالات ژرفاسنجی چندی تقسیم شده است که در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. یک پشته‌ی مشخص به‌نام «بادکردگی مرکزی»[۱۵] که احتمالاً دارای منشأ رسوبی بوده و یا توسط پوشش مستقیم چین‌خورده‌ی ایران تشکیل شده، بخش ایرانی این حوزه را به دو فرونشست ثانوی به‌نام‌های حوضه‌ی باختری و حوضه‌ی مرکزی تقسیم کرده است. بخش جنوبی خلیج‌فارس که توسط سیبلد و ولبرت به‌نام «کرانه‌ی کم‌ژرفای عربستان» نام‌گذاری شده، بیشتر به‌دلیل ویژگی‌های اقیانوس‌شناسی این منطقه بوده است.

باید یادآور شد که همین ناحیه توسط کاسا[۱۶] (۱۹۷۷) و سایر کارشناسان شرکت «شِل» به‌نام «هوموکلین»[۱۷] نام نهاده شده است که این واژه بیشتر به‌دلیل خاصیت شیب‌دار بودن کف این خلیج است.

این سراشیبی، هر چند که بسیار ملایم است، اجازه می‌دهد آشفتگی امواج در امتداد این کرانه‌ی کم‌شیب آرام شود که در این صورت از دیدگاه‌های ریخت‌شناسی و رسوب‌شناسی می‌تواند با سکوی کربناتی دریای کلاسیک باهاما واقع در جنوب خاوری فلوریدا تفاوت داشته باشد باید تأکید کرد، اصولاً در خلیج‌فارس یک لبه‌ی ساحلی معینی که قابل قیاس با ایالت کربناتی دریای کاریبین باشد، وجود ندارد. به‌این ترتیب، «ریف‌های سدی»[۱۸] یا لبه‌ی ساحلی کربناتی حقیقی در آن دیده نمی‌شود. «لبه‌های ساحلی خشکی»[۱۹] در اقیانوس‌نگاری در خارج از خلیج فارس در جایی که درزیر سطح تراز امواج قرار می‌گیرد، تشکیل می‌شود. حوضه‌های ثانوی، کرانه‌ها و هوموکلین عربستان در مقیاس‌های محلی به اسامی دیگری نیز نامیده شده‌اند و این به‌دلیل پیچیدگی وجود ارتفاعات و فرونشستگی‌های منطقه است که گاهی تا ۵۰ متر بلندی و خواص سنگی دارند.

منطقه کم‌شیب کرانه‌ی خشکی عربی خلیج‌فارس و دریای کم‌ژرفای آن با تاقدیس‌ها و بام‌های کم‌شیب که دارای روند شمالی ـ جنوبی تا شمال خاوری ـ جنوب باختری (روند ساختارهای بخش عربی خلیج‌فارس) هستند، اغلب میدان‌های نفتی آن‌را تشکیل داده‌اند

نقشه‌ی۲. ایالات مهم ژرفانگاری در خلیج‌فارس
(نقل از Seibold & Vollbrecht 1969)



جریان‌های منطقه‌ای

از بین رفتن مقدار زیادی از آب خلیج‌فارس در اثر تبخیر، با وجود بارش و آب‌های وارده به آن از طریق رودخانه‌ها، جبران نمی‌شود، به‌عبارت دیگر، میزان تبخیر نسبت به آب‌های وارده زیادتر است.

یک جریان سطحی در خلاف حرکت عقربه‌های ساعت، چرخه‌ای از ورود آب اقیانوسی نسبتاً ضعیفی را در ساحل ایرانی خلیج‌فارس ایجاد کرده است [امیری۱۹۵۶ و Hartman et al., 1971] که هرچند ناچیز است و اثر قابل ملاحظه‌ای ندارد، ولی نقش عمده‌ای در تعیین درجه حرارت، پراکنش شوری و مواد غذایی مورد نیاز زیستمندان در این خلیج ایفا می‌کند. میزان دما در سطح آب در بخش مرکزی این خلیج در تابستان به ۳۶ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌رسد. درجه‌ی حرارت بالاتر از کرانه‌های آن نیز گزارش شده است. ولی دمای آب زمستان تا ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد کاهش می‌یابد.

شوری آب در سطح، از ۳۶/۶ درصد (در مدخل خلیج در ابتدای تنگه هرمز) تا ۴۰/۶ درصد در منتهی‌الیه شمال باختری تغییر می‌کند. به‌دلیل اثر مشترک سرد شدن آب و تبخیر، نمک زیاد آب سطحی به ژرفا فرو می‌افتد که سبب زیادی شوری و کم شدن درجه‌ی حرارت آب‌های ژرف‌تر می‌شود [Hartman et al.1971]. آب‌هایی که در نزدیکی شبه‌جزیره‌ی «مسندام» به‌خارج از خلیج‌فارس راه می‌یابند، دارای شوری نسبتاً بالا، اکسیژن زیاد و مواد غذایی کافی مورد نیاز زیستمندان هستند که قابل پی‌گیری تا «لبه‌ی کرانه‌ی خشکی» است . این جریان عمقی اثر بسیار زیادی در پراکنش رسوبات کف دارد.

جریان‌های جذر و مدی

این جریان‌ها معمولاً روندی موازی با آسه‌ی خلیج‌فارس دارند. سرعت آن‌ها حدود ۵۰ سانتی‌متر در ثانیه است و بین صفر تا ۴ متر بالای سطح آب هستند [Hartman et al., 1971].

به‌علاوه، روی ساختارهای رسوبی حتی در ژرفای نسبتاً زیاد نیز اثر می کنند. در «آبراهه‌های کرانه‌ای»[۲۰] ابوظبی، سرعت جذر و

مدی ممکن است از ۶۰ سانتی متر در ثانیه نیز تجاوز کند [Evans, 1970]. حرکت در جهت جریان آب‌ها، بهترین ومناسب‌ترین شرایط برای رشد و توسعه‌ی اُلیت‌های زیبای این منطقه را به‌وجود آورده است.

بلندی جذرومد بین ۱ تا ۵ متر در تغییر است، اما در کرانه‌ی ابوظبی مرداب‌های آن پایین‌ترند و میانگین جذرومد در امتداد کرانه‌ی قطر بین ۰/۵ تا ۱متر است [Houbolt, 1957].

شوری آب

پراکنش شوری آب در قسمت اعظم خلیج‌فارس، به‌دلیل محدودیت تبادل آبی بین آن و اقیانوس هند از طریق تنگه‌ی هرمز، یکسان نیست. میانگین شوری سطحی در قسمت‌های مرکزی این خلیج بین ۳۷ تا ۴۰ در هزار، در قسمت‌های کم‌عمق ۴۰ تا ۵۰ در هزار، و در مرداب‌ها و باتلاق‌ها، مانند خلیج «سالوا»[۲۱] به ۶۰ تا ۷۰ در هزار می‌رسد. در قسمت محوری، میانگین شوری آب بین ۲۰ تا ۴۰ در هزار است و متناسب با ژرفا تغییر می‌کند.

درجه‌ی حرارت

دمای آب در خلیج‌فارس از ورودی (تنگه هرمز) به طرف انتهای آن، افزایش می‌یابد. روند افزایش درجه‌ی حرارت و شوری آب به گونه‌ی متناسبی هم‌خوانی دارند به‌این معنی که افزایش هر دو عامل با کمی ژرفا، یعنی در خلیج‌ها و مرداب‌های جدا از خلیج‌فارس، ارتباط مستقیم دارد. در مرداب‌های منزوی (مانند مرداب ابوظبی و قطر)، درجه‌ی حرارت آب بین ۴۰ درجه در تابستان و ۱۵ درجه سانتیگراد در زمستان تغییر می‌کند. تغییرات فصلی در مناطق ژرف‌تر، کمتر محسوس است.

منحنی هم‌تراز دمایی تهیه شده توسط سیبلد (۱۹۷۰) نشان داده است که دمای آب از ژرفای تقریباً ۴۰ متری در تنگه‌ی هرمز افزایش می‌یابد.

زمین‌شناسی

خلیج‌فارس امروز، فرونشست تکتونیکی کم‌ژرفایی است و نزدیک به هزار کیلومتر درازا دارد که در زمان ترسیری پسین در حاشیه‌ی جنوبی کوه‌های زاگرس تشکیل شده است.

حوضه‌ی خلیج‌فارس نامتقارن است و شیب یال‌بخش جنوبی آن، آرام‌تر از طرف ایرانی است. ژرف‌ترین نقطه‌ی آن در کرانه‌ی ایرانی این خلیج در تنگه‌ی هرمز واقع است که ۱۶۵ متر عمق دارد. ولی میانگین ژرفا در کناره‌های آسه‌ی آن، بین ۷۴ تا ۹۲ متر است. حاشیه‌ی کرانه‌ای واقعی در هیچ‌کدام از دو سوی خلیج‌فارس وجود ندارد. در بخش عربی آن، سراشیبی‌های مشخصی در بعضی نقاط دیده می‌شوند. تفاوت‌هایی در شیب دویال (از محور) سبب شده است که وقایع تکتونیکی اساسی متفاوتی در دو سوی ایرانی و عربی آن موجود باشد.

منطقه کم‌شیب کرانه‌ی خشکی عربی خلیج‌فارس و دریای کم‌ژرفای آن با تاقدیس‌ها و بام‌های کم‌شیب که دارای روند شمالی ـ جنوبی تا شمال خاوری ـ جنوب باختری (روند ساختارهای بخش عربی خلیج‌فارس) هستند، اغلب میدان‌های نفتی آن‌را تشکیل داده‌اند. بعضی از این تاقدیس‌ها مانند دوخان و بحرین، احتمالاً ادامه‌ی ریختارهای حاصل از رشد گنبدهای نمکی شکل گرفته در زمان میانه‌زیستی هستند. تاقدیس‌های قطر، دوخان، بحرین و دامان غالباً چهره‌های توپوگرافی کم‌شیبی را تشکیل داده‌اند و بررسی‌های انجام شده در کرانه‌های عربستان و شمال‌خاوری «ایالات تروسیال»[۲۲] نشان داده است که این کرانه‌ها به‌وسیله‌ی سیستم‌های گسلی کنترل می‌شوند.

کرانه‌ی ایرانی این خلیج از سوی دیگر، کرانه‌ای کوهستانی است با پشته‌های تاقدیسی با بلندی بیش از ۱۵۰۰ متر که در فاز کوه‌زایی زمان پلیوسن ـ پلیوستوسن به‌وجود آمده‌اند و دارای روند شمال باختری ـ جنوب خاوری (روند عمومی زاگرس) هستند. در این رشته کوه، چین‌های بزرگی با یال‌های پرشیب موجودند که بسیاری از این یال‌ها به‌طرف خلیج شیب دارند. به‌این ترتیب، این ساختارها اساساً از دیدگاه هندسی یا آن‌چه که در کرانه‌ی عربی این خلیج موجود است، تفاوت دارد. رشته جزیره‌هایی مانند خارک، شیخ شعیب و قشم بخشی از تپه‌ماهورهای دامنه‌ای رشته‌کوه‌های زاگرس هستند.

برخورد ساختارهای بخشی عربی و رشته‌کوه زاگرس، توپوگرافی زیردریایی خلیج‌فارس را تشکیل داده‌اند. گرچه شیب کف این خلیج بسیار آرام است، ولی حدود ۲۰ جزیره و تعدادی پشته‌های کوتاه و بلند زیردریایی در آن وجود دارد که ناهنجاری‌های توپوگرافی را تشکیل داده‌اند. بسیاری از این جزایر رخنمون‌های گنبدهای نمکی کرانه‌ها و بالا آمدن نمک‌ها هستند.

مهم‌ترین چهره‌ی توپوگرافی رأس شمالی خلیج‌فارس، دلتای رودهای دجله و فرات است. دلتای امروزی این دو رود را دالبرهایی از

رسوبات تشکیل داده است که حدود ۳۰متر ستبرا دارند. این دالبرها تا ۱۰۰ کیلومتر از دهانه‌ی این دو رود به‌طرف دریا و در امتداد آسه‌ی آن توسعه دارند.

کوه‌های عمان، سلسله جبال خشن و بزرگی را تشکیل داده‌اند که از ورود به خلیج‌فارس، دارای روندهای شمال باختری جنوب خاوری تا شمالی ـ جنوبی را هستند. آخرین بالاآمدگی این رشته کوه در زمان ترسیری صورت گرفته که هنوز ادامه دارد. زاویه‌ی میل شمالی این کوه‌ها به‌طرف تنگه‌ی هرمز، سبب ایجاد فشردگی ساختاری در دهانه‌ی تنگه هرمز شده که به نوبه‌ی خود به یک فشردگی چرخش آب نیز منتهی شده است. این پدیده با نقصان توسعه‌ی زیستمندان همراه است. بنابراین، ساختار توپوگرافی مزبور تأثیر زیادی در پراکنش رسوبات در سطح وسیعی از منطقه ایجاد کرده است (نقشه‌ی ۳).

پی نوشت

1. Marginal Sea
2. Foreland
3. Shelf edge
4. Caribiean Carbonate Province
5. Eolian
6. Margin
7. Slope
8. Axis
9. Arabian Shield
10. Great Pearl Bank Barrier
11. Supratidal
12. Sabkhas
13. Hinterland
14. Seibold & Volbrect
15. Central Swell
16. Kassler
17. Homocline
18. Barrier reef
19. Continental Shelf edge
20. Coastal channels
21. Salwa
22. Trucial states

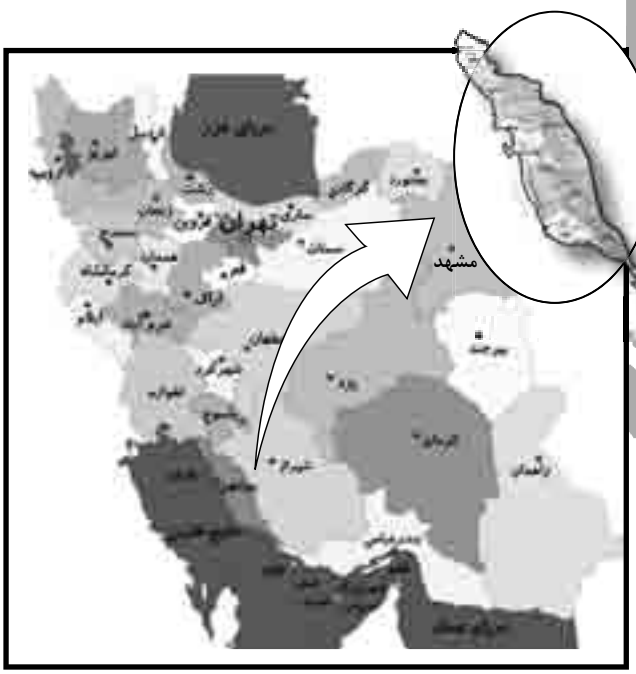
نقشه‌ی۳. ساختار ساده‌شده‌ی زمین‌شناسی خلیج‌فارس

زمین‌شناسی استان بوشهر و توان معدنی

سید علی آقانباتی

عضو هیئت علمی پژوهشکده‌ی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

موقعیت جغرافیایی



استان بوشهر با مساحتی در حدود ۲۷/۶۵۳ کیلومتر مربع در جنوب باختری ایران و در حاشیه‌ی خلیج‌فارس قرار دارد. از استان‌های مجاور آن می‌توان به خوزستان، کهکیلویه و بویراحمد، فارس و هرمزگان اشاره کرد. مرکز استان، شهرستان بوشهر است که تا تهران ۱۳۳۰ کیلومتر فاصله دارد.

به‌لحاظ قرارگیری در نوار ساحلی خلیج‌فارس، آب و هوای استان گرم و مرطوب است، ولی به سمت شمال از رطوبت هوا کاسته می‌شود. گرمای زیاد سبب شده است که در استان بوشهر بارندگی کم و متغیر باشد. به‌همین دلیل پوشش گیاهی آن محدود است.

تمامی مردم استان به زبان فارسی و با لهجه‌ی محلی صحبت می‌کنند، ولی به‌واسطه‌ی بندری بودن و ارتباط دائم با سایر نقاط جهان، نشانه‌هایی از آداب، رسوم و صنعت سایر نقاط جهان در آن به چشم می‌خورد که از آن‌جمله می‌توان به صنعت چاپ، تولید برق و یخ‌سازی اشاره کرد که اولین‌بار در این استان آغاز به‌کار کرده است. کشاورزی، دام‌پروری، ماهی‌گیری و شیلات از منابع اقتصادی استان هستند. معادن شناخته‌شده در استان عبارت‌اند از: نفت، گاز، سنگ گچ، سنگ لاشه، سنگ نمک، سنگ قیر، شن و ماسه.

کلیدواژه‌ها: پهنه‌های ساختاری، سیمای فیزیوگرافی، گروه فارس، گسل کازرون، پلاتفرم فارس، جبهه‌ی کوهستانی.

جایگاه و ویژگی‌های زمین‌شناختی

از نگاه جغرافیایی و ارتباط با پهنه‌های ساختاری، استان بوشهر بخشی از حاشیه‌ی جنوب باختری کوه‌های زاگرس است که در جبهه‌ی کوهستانی این ارتفاعات و در کنار خلیج‌فارس قرار دارد.

بخش بیش‌تر استان بوشهر مورفولوژی بلند و کوهستانی دارد. با این حال، در بخش‌های ساحلی سیمای فیزیوگرافیک استان دشت‌گونه است. به‌همین لحاظ، استان دو ریختار متفاوت دارد. واحد مورفولوژیک کوهسار، همانند سایر نواحی

کهن‌ترین رخنمون سنگی آن بخشی از ردیف‌های آواری گروه فارس است که رخساره‌ی توالی‌های هم‌زمان با کوه‌زایی دارند و ساخت‌های رسوبی آن‌ها، معرف انباشت در یک حوضه‌ی رسوبی پسرونده به سمت جنوب است

زاگرس، روند شمال باختر- جنوب خاور دارد که شامل تناوبی از تاقدیس‌های نامتقارن و ناودیس‌های فشرده به سمت جنوب است. دشت ساحلی استان زایش فرسایشی دارد که نواحی کوه‌پایه‌ای تا سواحل دریا را زیر پوشش دارند.

گسل کازرون، به‌عنوان یکی از ساختاری خطی و کهن ایران، در شمال برازجان به استان بوشهر می‌رسد و کم و بیش در یک روند شمالی- جنوبی، استان بوشهر را به دو بخش خاوری و باختری تقسیم می‌کند (راهنمای شماره‌ی ۱).

بخش شمال باختری استان، از برازجان تا گناوه، قسمتی از گودال خوزستان است که کهن‌ترین رخنمون سنگی آن بخشی از ردیف‌های آواری گروه فارس است که رخساره‌ی توالی‌های هم‌زمان با کوه‌زایی دارند و ساخت‌های رسوبی آن‌ها، معرف انباشت در یک حوضه‌ی رسوبی پسرونده به سمت جنوب است. از بین واحدهای سنگ‌چینه‌ای گروه فارس، سازند آغاجاری به‌ویژه عضو لهبری آن، بیش‌ترین گستردگی را دارد که تغییرات سنی آن‌ها از میوسن میانی تا پلیوسن است. انباشته‌های کنگلومرای بختیاری به‌عنوان یک ردیف سنگ‌چینه‌ای پلیو- پلیستوسن عموماً در بخش کوه‌پایه‌ای تاقدیس‌ها و یا در هسته‌ی ناودیس‌ها رخنمون دارند.

در بخش جنوب خاوری استان بوشهر (خاور گسل کازرون)، به‌عنوان بخشی از «پلاتفرم فارس»، توالی واحدهای چینه‌نگاری کامل‌تر است.

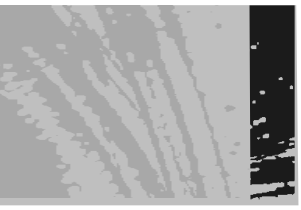
پیرترین واحد سنگی این بخش مجموعه‌ی تبخیری- آواری سری هرمز است که سن پرکامبرین پسین- کامبرین دارد که به‌صورت چند گنبد نمکی (گنبدهای جاسک، خورموج و چاه‌پیر) در هسته‌ی تاقدیس‌ها و یا در امتداد گسل کازرون برونزد دارند. مجموعه‌ی نمکی هرمز بخشی از واحد تکتونواستراتیگرافیک پلاتفرمی پرکامبرین‌پسین- تریاس میانی است که فقط بخش هرمز آن، به لحاظ رفتار پلاستیک نمک و فشارهای تکتونیکی حاکم، به‌صورت «گنبد» به سطح زمین رسیده‌اند. سایر همراهان این توالی (پالئوزوئیک- تریاس میانی) رخنمون ندارند، ولی حضور آن‌ها در زیر سنگ‌های جوان‌تر (مزوزوئیک- سنوزوئیک) حتمی است. سنگ‌های مزوزوئیک بیش‌تر ردیف‌های کربناتی «گروه خاص» هستند که در هسته‌ی تاقدیس‌ها رخنمون دارند. مجموعه‌ی سنوزوئیک بخش جنوب خاوری استان بوشهر نسبتاً کامل است. در این‌جا توالی سنوزوئیک با مارن‌های دریایی پابده و یا کربنات‌های جهرم- آسماری آغاز می‌شود و با مجموعه‌ی گروه فارس (سازندهای گچساران، میشان و آغاجاری) پوشیده می‌شود. از مجموعه‌ی گروه فارس عضو لهبری سازند آغاجاری نواحی گسترده‌ای را می‌پوشاند. سازند کنگلومرای بختیاری نیز به‌نوبه‌ی خود گستردگی زیاد دارد که در بخش کم‌ارتفاع پهلوی تاقدیس‌ها و یا در هسته‌ی ناودیس دیده می‌شود.

در جنوب خاوری استان بوشهر، به‌عنوان بخشی از کمان فارس، الگوی ساختاری به‌صورت تاقدیس‌ها و ناودیس‌های موازی و ممتد، با روند شمال باختری- جنوب خاوری است. تاقدیس‌ها عموماً نامتقارن‌اند و پهلوی جنوب باختری آن پرشیب‌تر است. ساختارهای مورد بحث بخشی از چین‌های جبهه‌ی کوهستانی زاگرس هستند که در کنار پلاتفرمی عربی قرار گرفته‌اند. حد بین این دو ناگهانی است که از حاشیه‌ی شمالی خلیج‌فارس (نواحی نزدیک به ساحل) عبور می‌کند.

تداوم تنش‌های تکتونیکی ناشی از کوتاه‌شدگی پوسته و هم‌چنین، حرکت گنبدهای نمکی سبب شده است که بوشهر یکی از استان‌های لرزه‌خیز کشور باشد. ولی خوش‌بختانه توان زمین‌لرزه‌ها و خسارات ناشی از آن چندان زیاد نیست.

توان معدنی

در استان بوشهر به‌لحاظ ماهیت ساختمانی و فقدان فعالیت ماگمایی، سازندهای زمین‌شناسی از نوع سنگ‌های رسوبی و بیش‌تر آهکی و مارنی هستند و لذا تمامی معادن شناسایی شده از نوع



به‌لحاظ ماهیت ساختمانی و فقدان فعالیت ماگمایی، سازندهای زمین‌شناسی از نوع سنگ‌های رسوبی و بیش‌تر آهکی و مارنی هستند و لذا تمامی معادن شناسایی شده از نوع رسوبی آهکی، گچی، مارنی و نمکی‌اند و معادن فلزی و غیر آهنی در این استان وجود ندارد

رسوبی آهکی، گچی، مارنی و نمکی‌اند و معادن فلزی و غیر آهنی در این استان وجود ندارد.

به‌جز ذخایر نفت و گاز، مهم‌ترین اندیس‌های شناسایی‌شده‌ی استان عبارت‌اند از: سنگ‌های ساختمانی، سنگ گچ، مارن، نمک‌آبی، سنگ نمک، فسفات، بوکسیت، دولومیت، سلستین، مرمریت، صدف دریایی و... که با توجه به نوع ماده‌ی معدنی و درجه‌ی خلوص آن‌ها، کاربرد متفاوتی دارند.

۱. سنگ لاشه

ذخایر فراوان و تنوع ترکیب شیمیایی این ماده کاربرد آن را در موارد متفاوتی، ازجمله اسکله‌سازی، ساخت موج‌شکن، تولید مواد اولیه‌ی سیمان و غیره سبب گردیده است. از طرف دیگر، کیفیت مرغوب و مناسب این ماده‌ی معدنی در بعضی نقاط و در تولید آهک دانه‌بندی و هیدراته، باعث رونق صنایع وابسته به آن در استان شده است که در این رابطه در زمینه‌ی تولید آهک دانه‌بندی و محصولات جانبی آن و تهیه‌ی کلینگر صادراتی، تاکنون چند فقره پروانه‌ی بهره‌برداری صادر شده است. با توجه به ذخایر مناسب این نوع ماده‌ی معدنی، احداث واحدهای مشابه توجیه‌پذیر است.

۲. سنگ نمک

وجود کوه نمک آبی به‌صورت چشمه‌ها و رودخانه‌های آبی و استفاده‌های خوراکی و صنعتی از آن‌ها، با توجه به آنالیز مناسب شیمیایی، باعث ایجاد انگیزه برای احداث کارخانه‌ی نمک‌کوبی و بسته‌بندی نمک در استان شده است.

۳. مارن

ذخایر فراوان، آنالیز مناسب شیمیایی و کاربرد متنوع آن‌ها باعث استفاده‌ی آن‌ها در زمینه‌های متفاوتی ازجمله سفالگری، تولید واحد تکمیل‌کننده‌ی سیمان، تولید مواد اولیه‌ی آجر و غیره در استان شده است.

۴. مواد اولیه‌ی سیمان

ذخایر فراوان این نوع از مواد در مناطق گوناگون استان، رشد صنایع متنوعی ازجمله کارخانه‌ی سیمان و کلینگر را در استان باعث شده است؛ به‌طوری‌که در حال حاضر دو شرکت در این زمینه در حال فعالیت هستند.

۵. صدف دریایی

وجود ذخایر مناسب و مرغوب این ماده‌ی معدنی با توجه به شرایط اقلیمی و جغرافیایی استان و کاربرد آن در تهیه‌ی خوراک دام و طیور، زمینه‌ی گسترش و توسعه‌ی منابع مختلفی ازجمله صدف‌کوبی را در استان فراهم می‌نماید.

۶. دولومیت

با توجه به شناسایی ذخیره‌ای بالغ بر دو میلیون تن در منطقه‌ی جم از شهرستان کنگان و شناسایی اندیس‌هایی از این نوع ماده‌ی معدنی در مناطق دیگر استان و کاربرد خاص این نوع ماده‌ی معدنی در موارد گوناگون، ازجمله تولید نسوز و مصالح ساختمانی، زمینه‌ی رشد صنایع وابسته مهیاست.

۷. فسفات

شناسایی ذخایر فسفات در شهرستان خورموج و دیگر مناطق استان و کاربرد آن در صنایع شیمیایی و تولید کود شیمیایی، ازجمله توانایی‌های معدنی استان است.

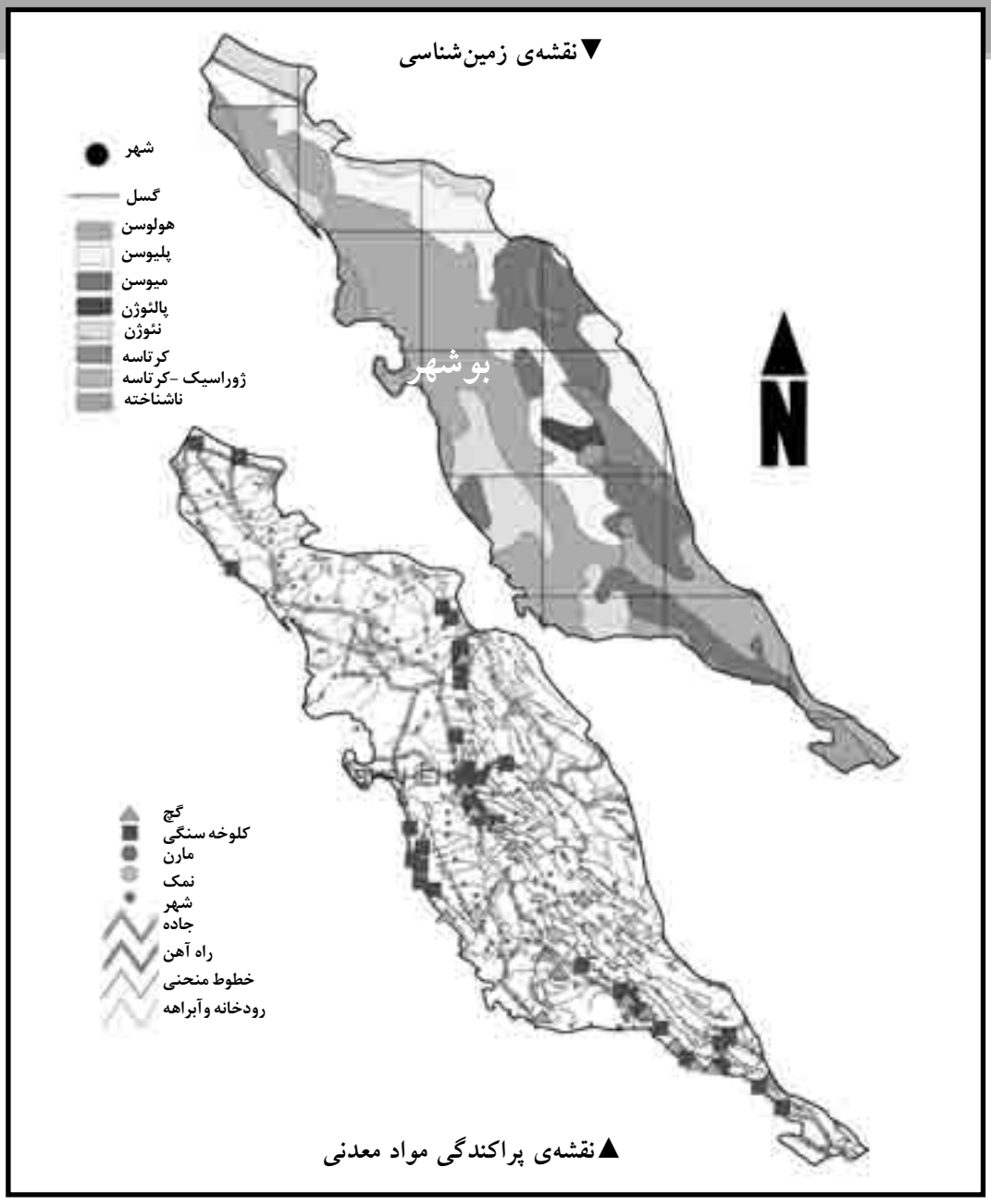
۸ . بوکسیت

با توجه به اندیس‌های شناسایی‌شده از این نوع ماده‌ی معدنی و کاربرد آن در تهیه‌ی مواد نسوز، مطالعات دقیق‌تری ضروری است.

۹. سلستین یا سولفات استرانسیوم

با توجه به مطالعات اولیه‌ای که تاکنون در زمینه‌ی شناسایی این ماده‌ی معدنی در منطقه‌ی شهرستان تنگستان انجام گرفته و با توجه به نوع کاربرد این ماده‌ی معدنی در صنایع الکتریکی و شیمیایی، مطالعات مفصل‌تری لازم به‌نظر می‌رسد.

راهنمای شماره‌ی ۱



فعالیت‌های زمین‌شناختی و اکتشافی انجام‌شده

فعالیت زمین‌شناختی و اکتشافی استان بوشهر را می‌توان در دو راستای زیر طبقه‌بندی کرد:

۱. بررسی‌های زمین‌شناختی

استان بوشهر در بخش چین‌خورده‌ی زاگرس بیرونی قرار دارد و بخشی از نواحی نفت‌خیز جنوب کشور است. به‌همین لحاظ، تمام بررسی‌های زمین‌شناسی استان توسط شرکت ملی نفت ایران و به دو مقیاس زیر صورت گرفته است:

الف) بررسی‌های زمین‌شناختی به مقیاس ۱:۲۵۰/۰۰۰

با توجه به راهنمای شماره‌ی ۲، تمام استان بوشهر با بخش

جدول ۱. ظرفیت‌های معدنی استان بوشهر

ردیف	مواد معدنی	ذخیره‌ی احتمالی (تن)	باعیار	کاربرد	شهرستان
۱	سنگ‌های ساختمانی	۲۷۳/۰۰۰/۰۰۰	$CaCO_3$ ٪۹۵ (کربنات کلسیم)	احداث موج‌شکن، ایجاد بنادر صیادی، راه‌سازی، عملیات ساختمان‌سازی، تولید آهک هیدراته و صنعتی و مواد اولیه‌ی سیمان و نیز سنگ آهک	دشتستان، دشتی، دیر، کنگان و بلم و کاوه
۲	سنگ گچ	۲۱/۰۰۰/۰۰۰	٪۹۰ درجه $CaCO_4$ خلوص گچ	تولید پودر گچ دانه‌بندی و مواد تکمیل‌کننده‌ی سیمان و مصرف داخلی	دشتستان، دشتی، دیر، تنگستان، کنگان
۳	مارن	۸۱/۰۰۰/۰۰۰	٪۳۰، ٪۳۵ CaO (کلسیت) SiO_2 (سلیس)	تولید مواد اولیه‌ی آجر، سفالگری، تولید مواد تکمیل‌کننده‌ی سیمان و مصرف داخلی (لاشه)	تنگستان، دشتستان
٤	نمک آبی	سنگی به تعداد حوضچه‌ها دارد	آنالیز نمک	خوراکی و صنعتی	دشتی، تنگستان، کاوه
۵	سنگ نمک	۱۲٦/۰۰۰/۰۰۰ ٪۹۷ کلرور سدیم	NaCl	به‌عنوان نمک خوراکی و صنعتی، قابل مصرف در پالایشگاه‌های گاز پتروشیمی برای صادرات	دیر
٦	مونتموریلونیت	۱۰۰/۰۰۰	آنالیز مناسب ٪٤۰ (SiO_2)	به‌عنوان خاک رس صنعتی	کنگان
۷	مواد اولیه‌ی سیمان	٦۳۲/۰۰۰/۰۰۰	آنالیز مناسب مواد سیمانی در دست انجام است	تهیه‌ی مواد اولیه‌ی سیمان	دشتستان و کنگان
۸	فسفات	۲٤/۰۰۰/۰۰۰	P_2O_5 ٪۱۲، ٪۸	به‌عنوان اندیس مصرفی قابل اکتشاف است و قابل مصرف در صنایع شیمیایی تولید کود فسفر و فسفر	کنگان و دشتی
۹	بوکسیت	ذخیره‌یابی نشده است		تولید مواد نسوز و صادرات این ماده‌ی معدنی	دشتی
۱۰	دولومیت	۱/۲۰۰۰/۰۰۰	MgO CaO، MgO ٪۲۵ و ٪۲۰ اکسیدمنیزیم	به‌صورت پودر دانه‌بندی برای مصرف نسوز و مصالح ساختمانی و صادرات	کنگان
۱۱	سولفات استرانسیم سلستین	۱۲/۰۰۰	$SrSO_4$ ٪۹۳، ٪۹۲ سولفات استرانسیم	پس از تبدیل به کربنات استرانسیم، برای استفاده در صنایع الکتریکی و شیمیایی	تنگستان
۱۲	مرمریت	۵۸/۰۰۰/۰۰۰	$CaCO_3$ ٪۹۸ کربنات کلسیم	به‌عنوان سنگ قابل برش در ساختمان‌سازی، نمای ساختمان و ضایعات برای تولید پودر کلسیم و تهیه‌ی خوراک دام و طیور	دیر و کنگان و جزیره

کوچکی از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰/۰۰۰ بهبهان، بوشهر، کازرون، خورموج و بایرام پوشیده می‌شود. بررسی‌های صحرایی و انتشار نقشه‌های مذکور بخشی از فعالیت‌های زمین‌شناسی شرکت نفت در نواحی نفت‌خیز جنوب است.

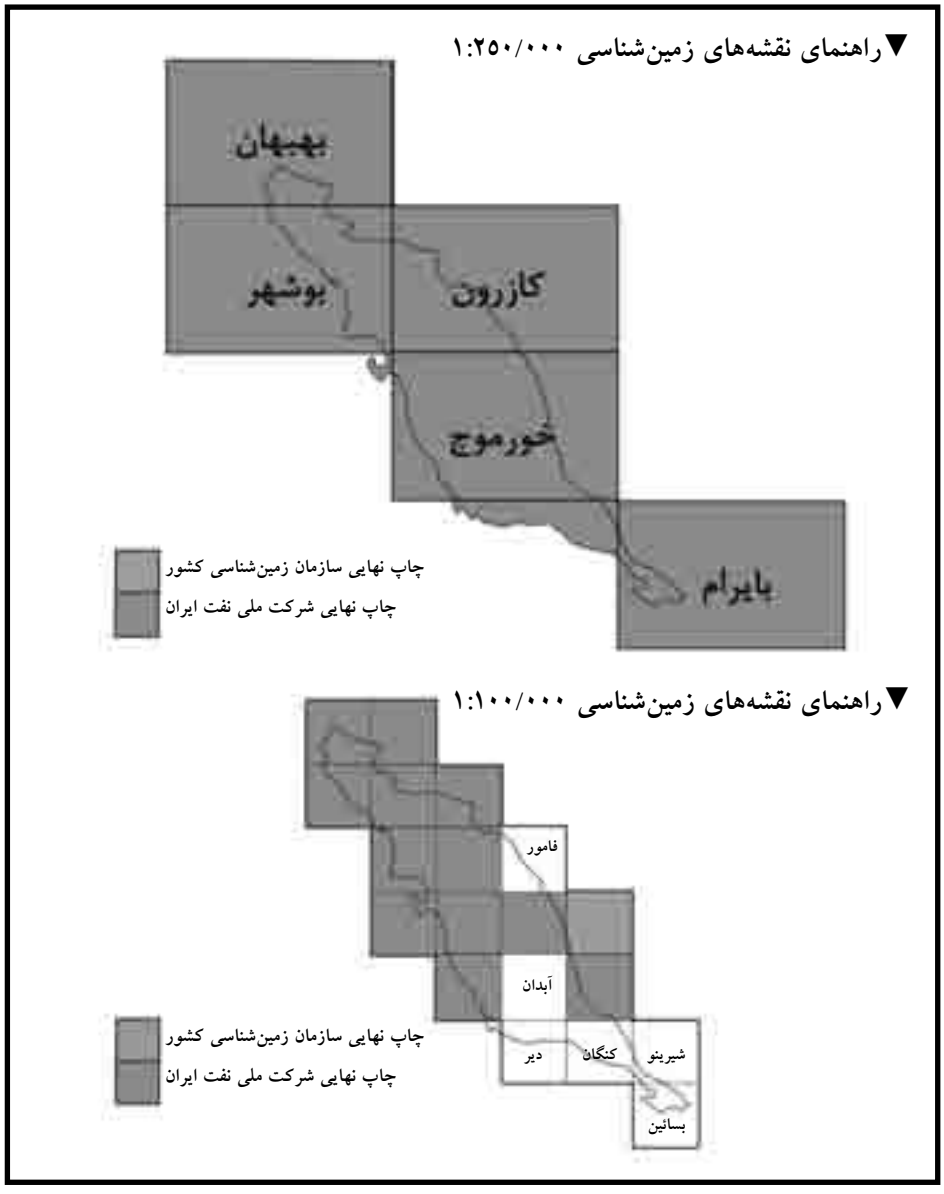
ب) بررسی‌های زمین‌شناختی به مقیاس ۱:۱۰۰/۰۰۰

نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰/۰۰۰ استان بوشهر عمدتاً در راستای شناخت و اکتشاف میدان‌های نفتی و توسط شرکت ملی نفت تهیه شده‌اند. نقشه‌های مورد نظر در چارچوب

استانداردهای توپوگرافی ۱:۱۰۰/۰۰۰ هستند. به همین لحاظ هر نقشه‌ی گستره‌ای به وسعت ۲۵۰۰ کیلومتر مربع را که بین نیم درجه‌ی طول و عرض جغرافیایی قرار دارند، می‌پوشاند. راهنمای شماره‌ی ۲ نشان می‌دهد که استان بوشهر با ۱۳ نقشه ۱:۱۰۰/۰۰۰ پوشیده می‌شود، ولی مرز آبی و مرز استان‌های مجاور سبب شده که رویه‌ی کامل تمام نقشه‌های مذکور متعلق به استان بوشهر نباشد.

ج) بررسی‌های زمین‌شناختی موضوعی

بررسی‌های زمین‌شناسی موضوعی انجام شده در استان بوشهر، به‌ویژه در زمینه‌های نفتی، درخور توجه است که حاصل آن در مرکز اطلاعات وزارت نفت نگه‌داری می‌شود. افزون بر آن، اجرای پاره‌ای از برنامه‌های عمرانی سبب شده است که بررسی‌های زمین‌شناسی موضوعی دیگری در استان بوشهر صورت پذیرند و از آن جمله می‌توان به مطالعات «سازمان انرژی اتمی» درخصوص نیروگاه بوشهر و نیز بررسی‌های دورسنجی انجام‌شده توسط سازمان زمین‌شناسی اشاره کرد.



راهنمای شماره‌ی ۲

۲. بررسی‌های اکتشافی

الف) اکتشاف موضوعی

در استان بوشهر، به‌جز بخش‌های پی‌سنگی و دور از دست‌رس، در پوشش رسوبی‌رویی عوامل کانی‌ساز نظیر پدیده‌های ماگماتیسم، دگرگونی و پیامدهای آن وجود ندارد. به همین لحاظ، توان معدنی استان، به‌ویژه از نظر ذخایر معدنی فلزی بسیار ضعیف است. از همین‌رو، فعالیت‌های اکتشافی انجام‌شده عمدتاً در راستای شناخت ویژگی ذخایر معدنی غیرفلزی است.

جدول ۲. فهرست طرح‌های اکتشافی موضوعی در استان بوشهر

ردیف	عنوان طرح	اعتبار مصوب میلیون‌ریال	محل تأمین اعتبار	سال اجرا	نحوه‌ی اجرا	
					امانی	پیمانی
۱	طرح پی‌جویی مواد معدنی سنگ گچ، آهک و نمک	۲/۵	استانی	۱۳۶۳	*	
۲	طرح بررسی زمین‌شناسی و اکتشاف مقدماتی- استان بوشهر	۵٤	استانی	۱۳٦۵-٦٦	*	
۳	تهیه‌ی دفترچه‌ی مشخصات ۲۰ معادن استان	۸	استانی	۱۳٦۵-٦٦	*	
٤	پی‌جویی و اکتشاف صدف‌های دریایی سواحل استان	٤	ملی	۱۳٦۷	*	
۵	پی‌جویی ناحیه‌ای سولفات استرونسیوم	۳/۵	ملی	۱۳٦۸	*	
٦	بررسی ظرفیت‌یابی استان بوشهر و با اولیت دولومیت مکوه و سولفات دو سود بردخون	۱٦	ملی	۱۳٦۹		*
۷	پی‌جویی ناحیه‌ای سولفات استرانسیوم	-	استانی	۱۳٦۹	*	
۸	پی‌جویی و اکتشافی مقدماتی نمک‌های آبی استان	۵	استانی	۱۳۷۰	*	
۹	پی‌جویی و اکتشاف و سنگ‌های ساختمانی استان	۵	استانی	۱۳۷۰	*	
۱۰	اکتشاف مارن‌های استان	۸	استانی	۱۳۷۳		*
۱۱	پی‌جویی و اکتشاف و سنگ‌های نما و تزئینی استان	٦۵	استانی	۱۳۷٤-۷۵		*
۱۲	اکتشاف مواد اولیه‌ی سیمان منطقه دالکی (گزارش)	-	استانی	۱۳۷۵	*	
۱۳	پی‌جویی و اکتشاف مارن‌های بوشهر از دیدگاه کاربردی در صنایع آجرسازی (گزارش)	-	استانی	۱۳۷۵	*	
۱٤	بررسی توان معدنی استان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای	۵۰	ملی	۱۳٦۷-۷۷		*
۱۵	پی‌جویی مواد معدنی شهرستان‌های دشتستان و دشتی	۱۵۰	استانی	۱۳٦۷-۷۷	*	
۱٦	امکان‌سنجی استخراج فسفات‌های استان (شهرستان دشتی)	٦۵	ملی	۱۳۷٦		*
۱۷	بررسی ذخایر معدنی شهرستان‌های دیر و کنگان		استانی	۱۳۷۸	*	
۱۸	بررسی ذخایر شهرستان‌های دیر و کنگان		ملی	۱۳۷۸	*	
۱۹	اکتشاف تاقدیس خورموج		ملی	۱۳۷۸	*	

ب) 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 ۱:۲۵۰/۰۰۰ تهیه کرده است که در حال حاضر از تلفیق نتایج آن، نقشه‌ی مغناطیس هوایی ایران به مقیاس ۱:۱۰۰/۰۰۰ به چاپ رسیده است که بخش مربوط به استان بوشهر در راهنمای شماره‌ی ۳ دیده می‌شود.

ج) گزارش‌های اکتشافی

۱. بررسی‌های نیمه‌تفصیلی معدن گچ اهرم (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۶۰).

۲. دفترچه‌ی مشخصات ۳۰ معدن استان بوشهر (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۶۶).

۳. گزارش بررسی مقدماتی زمین‌شناسی، معدنی استان بوشهر (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۶۵).

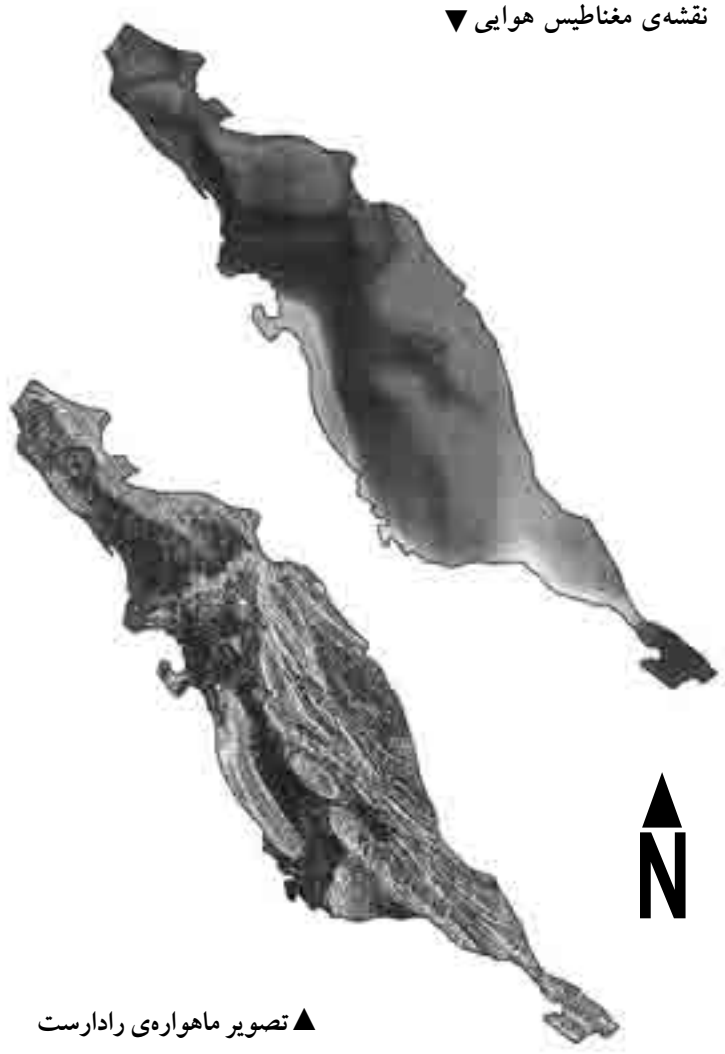
۴. بررسی‌های دورسنجی به‌منظور شناخت واحدهای سنگی، کاربری اراضی، زمین‌ریخت‌شناسی و توان معدنی در محدوده‌ی بوشهر- خورموج (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۷۶).

برنامه‌های زمین‌شناسی و اکتشافی پیش‌بینی‌شده در برنامه‌ی چهارم

استان بوشهر بخشی از نواحی نفت‌خیز جنوب کشور است که بررسی‌های زمین‌شناسی آن در مقیاس‌های ۱:۲۵۰/۰۰۰ و ۱:۱۰۰/۰۰۰ خاتمه یافته است. از سوی دیگر، در این استان شرایط لازم برای تشکیل و انباشت ذخایر فلزی وجود نداشته و لذا توان ذخایر فلزی آن ضعیف است. به همین دلیل، استان مذکور در اولویت‌های مطالعاتی برنامه‌ی سوم قرار ندارد. معهذا، با توجه به فراوانی ذخایر معدنی غیرفلزی موجود و نیز برنامه‌های عمرانی در دست انجام، پیش‌بینی می‌شود که برنامه‌های مطالعاتی استان عمدتاً از نوع موضوعی و موضعی باشد که براساس نیازها، پیش‌بینی و اجرا خواهند شد.

راهنمای شماره‌ی ۳

نقشه‌ی مغناطیس هوایی ▼



▲ تصویر ماهواره‌ی رادارست

منابع

۱. نقشه‌ها و گزارش‌های زمین‌شناسی و معدنی استان بوشهر.

۲. قربانی م ۱۳۸۱، دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی اقتصادی ایران پایگاه داده‌های علوم زمین.

۳. نقشه‌های ژئوشیمیایی مقیاس $\frac{۱}{۱۰۰۰۰۰}$ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

٤. نقشه‌های زمین‌شناسی، شرکت ملی نفت ایران

زمین ساخت ورقه‌ای

چرا فقط روی زمین؟

هنس کپلر
ترجمه‌ی مجید کوهستانیان
دبیر آموزش‌وپرورش شهرستان قوچان

همرفت در گوشته‌ی زمین، به علت دگرشکلی حالت جامد سنگ‌ها، همان پدیده‌ای است که در نهایت حرکت ورقه‌ای روی سطح زمین را باعث می‌شود

اعتقاد اغلب صاحب‌نظران بر این است که انتقال از لیتوسفر سخت و صلب به آستنوسفر عبور از مرزی صرفاً حرارتی است

اعتقاد بر این است که بالاترین لایه‌ی زمین جامد (لیتوسفر)، شامل «ورقه»[1]های سخت مکانیکی است که روی لایه‌ای نرم‌تر در گوشته‌ی زمین حرکت می‌کنند. زمین‌ساخت ورقه‌ای می‌تواند بیشتر ساختارها و فرایندهای مؤثر در سطح سیاره‌ی ما را شرح دهد. برای مثال، در جایی که ورقه‌ها باهم برخورد می‌کنند، رشته‌کوه‌ها تشکیل می‌شوند.

در برخی جاهای دیگر، لیتوسفر اقیانوسی به درون گوشته فرو می‌رود. این مناطق فرورانش، عامل فعالیت آتشفشانی نیز هستند؛ «حلقه‌ی آتش»[2] که اقیانوس آرام را احاطه کرده است. مثالی بارز از این مورد است. از سوی دیگر، در اثر فرایندهای آتشفشانی، لیتوسفر جدیدی در پشته‌های میان‌اقیانوسی تولید می‌شود.

در این باره که مفهوم زمین‌ساخت ورقه‌ای توضیح می‌دهد که زمین در حال حاضر چگونه کار می‌کند و در چندصد میلیون سال اخیر چگونه فعالیت می‌کرده است، شک و تردید اندکی وجود دارد. سؤال دشوارتر این است که در ۴/۶ میلیارد سال سرگذشت زمین، زمین‌ساخت ورقه‌ای به سمت عقب در زمان، تا کجا قابل پی‌گیری است. به هر حال شواهد ژئوشیمیایی روزافزونی وجود دارند مبنی بر این‌که زمین‌ساخت ورقه‌ای در سرگذشت زمین، خیلی زود (شاید طی یک میلیون سال اول) برقرار شده است. بنابراین قدری عجیب است که هیچ‌کدام از سیارات زمینی دیگر (عطارد، مریخ و زهره) در حال حاضر یا در سرگذشت زمین‌شناسی خود، هیچ نشانه‌ای از زمین‌ساخت ورقه‌ای نشان نمی‌دهند.

زمین‌ساخت ورقه‌ای باعث تشکیل ساختارهای سطحی روی یک سیاره می‌شود که با سنجش از دور و حتی بدون نمونه‌برداری دقیق زمین‌شناسی، می‌توان آن‌ها را به راحتی تشخیص داد. پستی و بلندی سطح زمین، توزیع دوگانه‌ی بارزی دارد، به گونه‌ای که بیشتر قاره‌ها تقریباً یک کیلومتر بالاتر از سطح دریا و بیشتر بسترهای اقیانوسی تقریباً ۴ کیلومتر در زیر سطح دریا قرار دارند. پستی و بلندی‌های بین این دو حدّ یا فراتر از آن‌ها، نادرند. این توزیع دوگانه، نتیجه‌ی مستقیم زمین‌ساخت ورقه‌ای است و به تفاوت ترکیب پوسته‌ی قاره‌ای و اقیانوسی مربوط می‌شود که باز هم این مورد را می‌توان به تفاوت در فرایندهای ذوب در زیر پشته‌های میان‌اقیانوسی و مناطق فرورانش نسبت داد. در هیچ‌یک از سیارات شناخته شده‌ی دیگر، چیزی شبیه این وجود ندارد و سایر نشانه‌های زمین‌ساخت ورقه‌ای نیز دیده نمی‌شوند. بنابراین چرا زمین‌ساخت ورقه‌ای فقط روی زمین وجود دارد؟

کلیدواژه‌ها: زمین‌ساخت ورقه‌ای، لیتوسفر، گرانروی، آستنوسفر، گوشته‌ی زمین، گوشته‌ی آب‌دار، انحلال‌پذیری آب.

اهمیت آستنوسفر

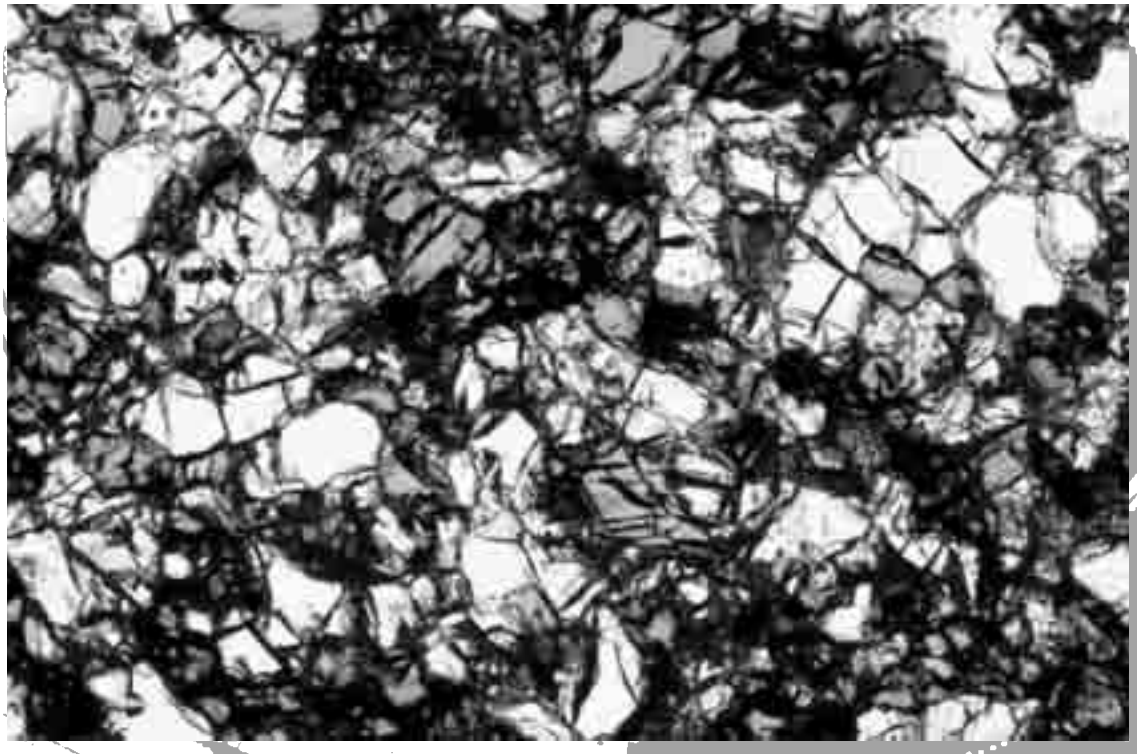
گوشته‌ی زمین جامد است، چرا که مشاهدات صورت گرفته درباره‌ی زمین‌لرزه‌ها حاکی از آن است که گوشته، امواج بُرشی کشسان را از خود عبور می‌دهد. به هر حال، سنگ‌ها و کانی‌های گوشته ظاهراً در مقیاس زمان زمین‌شناسی، می‌توانند به‌طور کشسان تغییر شکل پیدا کنند. به گونه‌ای که در مقیاس زمانی بسیار طولانی، گوشته هم‌چون مایعی فوق‌العاده «گرانرو»[3] رفتار می‌کند. این موضوع واقعاً بیش از یک قرن پیش، یعنی مدت‌های طولانی قبل از ظهور زمین‌ساخت ورقه‌ای شناخته شده بود. بالا آمدن پیوسته‌ی اسکاندیناوی به اندازه‌ی چندین میلی‌متر در سال که امروز قابل مشاهده است. پاسخی به ناپدید شدن بارِ (وزن) یخچال‌ها در پایان عصر یخبندان بوده و نشان‌دهنده‌ی رفتار مایع‌گونه‌ی مواد در زیر لیتوسفر است.

همرفت در گوشته‌ی زمین، به علت دگرشکلی حالت جامد سنگ‌ها، همان پدیده‌ای است که در نهایت حرکت ورقه‌ای روی

سطح زمین را باعث می‌شود. بخشی از انرژی مورد نیاز برای این همرفت، ناشی از واپاشی پرتوزا و قسمتی از آن حاصل گرمای بازمانده از منشاء زمین است. «الگو»[۴]های ژئودینامیکی همرفت گوشته می‌توانند بسیاری از ویژگی‌های حرکت ورقه‌ای در چندصد میلیون سال اخیر را به درستی بازسازی کنند. جالب است که این الگوها نشان می‌دهند دست یافتن به یک الگوی فعالیت زمین‌شناختی مشابه با زمین‌ساخت ورقه‌ای بسیار مشکل است. در گستره‌ی وسیعی از پارامترها، بیشتر الگوها یا سیاراتی با لیتوسفر سخت و صلب یا سیاراتی بدون هرگونه لیتوسفر پایدار را ارائه می‌دهند.

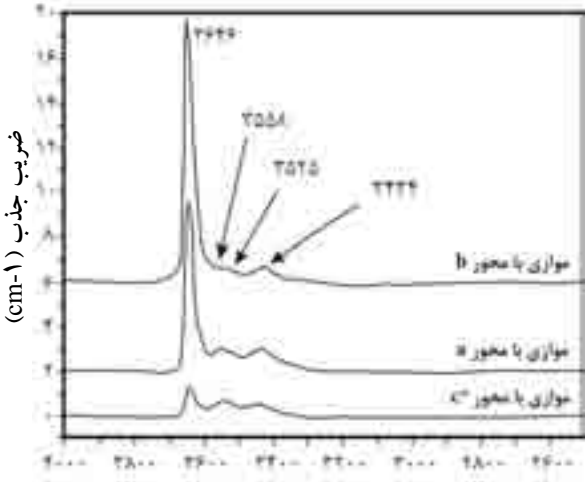
به‌منظور دست یافتن به چیزی شبیه به زمین‌ساخت ورقه‌ای، ظاهراً مجرایی از مواد دارای «گرانروی»[۵] کم در زیر لیتوسفر مورد نیاز است. شواهد مستقلی برای حضور چنین مجرایی در زمین وجود دارد. اندازه‌گیری‌های لرزه‌ای نشان می‌دهند که بین عمق حدود ۶۰ کیلومتر و ۲۲۰ کیلومتر در زیر اقیانوس‌ها، سرعت امواج بُرشی کشسان و امواج فشارشی کاهش می‌یابد که بیانگر مدول کل و مدول بُرشی[۶] کاهش یافته (یعنی حضور مواد نرم‌تر) است. مرز بالایی این «منطقه‌ی کم‌سرعت لرزه‌ای»[۷] در زیر قاره‌ها تا عمق ۱۵۰ کیلومتر افت می‌کند. بنابراین، منطقه‌ی کم‌سرعت لرزه‌ای غالباً با نام آستنوسفر (لایه‌ی مکانیکی ضعیف در گوشته‌ی که حرکت صفحات را امکان‌پذیر می‌سازد) شناخته می‌شود.

شکل ۱. مقطع نازک یک بیگانه‌سنگ گوشته‌ای (یک تکه از گوشته‌ی زمین که توسط فوران آتشفشانی به سطح آورده شده است). دانه‌های تقریباً بی‌رنگ الیوین $((Mg,Fe)_2SiO_4)$، قهوه‌ای انستاتیت $((Mg,Fe)SiO_3)$، سبز پررنگ دیوپسید کروم‌دار $(CaMgSi_2O_6)$ ، و قرمز گارنت $((Mg,Fe)_3Al_2(SiO_4)_3)$ هستند. فرمول همه‌ی کانی‌ها ساده شده است؛ به‌ویژه اینکه انستاتیت و دیوپسید مقداری AL نیز دارند. اندازه‌ی دانه حدود یک میلی‌متر است. نمونه از پالی ـ آیکی در پاتاگونیا. عکس از سیلوی دموچی، CNRS مونپلییه.



اعتقاد اغلب صاحب‌نظران بر این است که انتقال از لیتوسفر سخت و صلب به آستنوسفر عبور از مرزی صرفاً حرارتی است. هم‌گام با افزایش دما با عمق، مقاومت مکانیکی سنگ‌ها باید کاهش یابد. با وجود این، داده‌های لرزه‌ای جدید وجود مرزی کاملاً ناگهانی و تیز را بین لیتوسفر و آستنوسفر نشان می‌دهند که طی آن، تغییراتی عمده در سرعت‌های لرزه‌ای، درست در فاصله‌ی چند کیلومتر رخ می‌دهد [۱]. این مسئله را نمی‌توان با تغییر تدریجی دما توجیه کرد؛ در عوض این مشاهده حاکی از تغییر فاز (مقداری تغییر در کانی‌شناسی گوشته) است. به‌علاوه، افزایش تدریجی دما نمی‌تواند شرح دهد که چرا آستنوسفر ظاهراً یک مرز پایینی نیز دارد، و افزایش دما به سمت مرکز زمین ادامه پیدا می‌کند. بنابراین، شناخت منشأ آستنوسفر زمین احتمالاً کلید حل این معماست که چرا زمین ساخت ورقه‌ای روی زمین مشاهده می‌شود، اما روی سیارات دیگر (مثلاً زهره) وجود ندارد.

زهره به لحاظ اندازه، جرم و ترکیب تقریباً دوقلوی زمین محسوب می‌شود. اما چرا زمین‌شناسی زهره این‌قدر متفاوت است؟ مشاهده آشکارا نشان می‌دهد که عملاً هیچ آبی روی زهره یافت نمی‌شود. سطح آن داغ و پوشیده از هواکره‌ای چگال و غنی از CO_2 است؛ آب به موجب اثر گل‌خانه‌ای به فضا فرار کرده است. آیا الگوی زمین‌ساختی ویژه روی زمین، می‌تواند تا حدودی با حضور آب ارتباط داشته باشد؟



شکل ۲. طیف‌های جذبی قطبیده‌ی فروسرخ مربوط به بلور دیوپسید ($CaMgSi_2O_6$) کروم‌دار. همه‌ی نوارها مربوط به نقص‌های نقطه‌ای OH در محیط‌های ساختاری متفاوت در این بلور هستند. براساس وابستگی جذب فروسرخ به جهت بردار میدان الکتریکی، جهت‌گیری گروه OH در بلور را می‌توان تعیین کرد. اقتباس از [۵].

رفتار متفاوت الیوین و انستاتیت، کمترین انحلال‌پذیری آب در فاصله‌ی عمقی دقیقاً مربوط به منطقه‌ی کم‌سرعت لرزه‌ای در گوشته را باعث می‌شود. در این عمق، همه‌ی آب نمی‌تواند بیش از این در کانی‌های جامد حل شود. آب اضافی به‌صورت مذاب بخشی درمی‌آید

آب در گوشته‌ی زمین

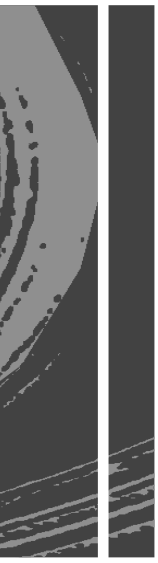
گوشته‌ی بالایی زمین شامل سیلیکات‌هایی هم‌چون الیوین ($(Mg,Fe)_2SiO_4$)، انستاتیت ($(Mg,Fe)SiO_3$) و دیوپسید ($CaMgSi_2O_6$) است که هیچ‌گونه‌ی آبی در فرمول شیمیایی خود ندارند. به این دلیل، مدت‌های طولانی اعتقاد بر این بود که تقریباً همه‌ی آب سیاره‌ی ما در اقیانوس‌ها قرار دارد و گوشته اصولاً خشک و بی‌آب است. فوران‌های آتشفشانی شدید، گهگاه قطعاتی از سنگ‌های گوشته را با خود به سطح زمین می‌آورند (شکل ۱). غالباً چنین به نظر می‌رسید که آنالیزهای شیمیایی دقیق روی کانی‌های به‌دست آمده از این نوع نمونه‌ها، آثاری از آب را نشان می‌دهند. به هر حال این موضوع معمولاً به علت آلودگی سطحی یا ادخال‌های مواد بیگانه، منتفی دانسته می‌شد. این دیدگاه در دهه‌ی ۱۹۶۰، وقتی که چند کانی‌شناس به کمک «طیف‌بینی فروسرخ»[۸]، مطالعه‌ی چنین نمونه‌هایی را شروع کردند، به آرامی تغییر پیدا کرد. این روش به آثار آب مولکولی یا گروه‌های OH بسیار حساس است. به‌علاوه، می‌توان داده‌هایی در مورد محیط شیمیایی پروتون‌های (H^+) موجود در ماده نیز به‌دست آورد. اگر تشعشع فروسرخِ «قطبیده»[۹] مورد استفاده قرار گیرد، جذب فروسرخ وقتی که دوقطبی OH با بردار میدان الکتریکی موازی است، قوی‌ترین حالت را خواهد داشت. در حالی که اگر دوقطبی OH و بُردار میدان الکتریکی بر یکدیگر عمود باشند، هیچ جذبی رخ نخواهد داد.

مطالعات تک‌بلورهای کانی‌های گوشته‌ی دارای کیفیت جواهری و جهت‌یابی نوری واضح، به کمک طیف‌بینی فروسرخ نشان داد که کانی‌های مذکور همیشه آثاری از آب را به شکل گروه‌های OH در خود دارند که نسبت به محورهای بلورشناسی جهت‌گیری مشخصی دارند (شکل ۲). این موضوع نمی‌تواند به ناخالصی‌های تصادفی مربوط باشد. ظاهراً مقداری آب به‌صورت «نقص‌های نقطه‌ای OH»[11] در این کانی‌های گوشته به‌طور شیمیایی حل شده است [۱]. به‌نظر نمی‌رسد این مقادیر زیاد و چشم‌گیر باشند (چندصد تا چندهزار پی‌پی‌ام، یا ۰/۰۱ تا ۰/۱ درصد وزنی).

به هر حال، با توجه به جرم عظیم گوشته، این کانی‌ها ذخیره‌ای از آب را تشکیل می‌دهند که به لحاظ اندازه، با جرم همه‌ی اقیانوس‌ها قابل مقایسه است. به‌علاوه وجود آثار آب، خواص فیزیکی کانی‌ها را به شدت تغییر می‌دهد. مقدار ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام یا ۰/۱ درصد وزنی آب حل شده به‌صورت نقص‌های OH در شبکه‌ی بلور، «مقاومت خزشی»[11] الیوین را تا سه مرتبه کاهش می‌دهد [۳]. این موضوع احتمالاً بدان علت است که ورود پروتون‌ها، «فضاهای خالی کاتیونی»[12] را ایجاد می‌کند که پویایی و تحرک «جابه‌جایی‌ها»[13] را افزایش می‌دهند. الگوهای عددی نشان می‌دهند که این کاهش گرانروی گوشته به علت وجود آثار آب حل شده در شبکه‌ی بلوری، پیش‌نیازی برای توسعه‌ی زمین‌ساخت ورقه‌ای است. اما آیا آب می‌تواند وجود مجرایی با گرانروی کم در آستنوسفر زمین را توجیه کند؟

زمین، سیاره‌ی آبی

آب نقطه‌ی ذوب سیلیکات‌ها را به شدت کاهش می‌دهد. در فشار ۱ بار، بازالت خشک در دمای حدود ۱۲۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد ذوب می‌شود. با وجود این در حضور ۱۰ درصد آب، و اگر فشار همه‌جانبه به اندازه‌ی کافی بالا باشد تا از فرار آب از سیستم جلوگیری کند، نقطه‌ی ذوب تا ۸۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد یا حتی کمتر از آن افت می‌کند. علت این موضوع آن است که آب در مذاب‌های سیلیکاتی فوق‌العاده انحلال‌پذیر است. به‌علاوه، حتی وجود مقدار بسیار کوچکی از مذاب در سنگ، می‌تواند مقاومت خزشی و گرانروی آن را به شدت کاهش دهد. از سوی دیگر، سرعت امواج کشسان برشی و امواج فشارشی کاهش خواهد یافت که این موضوع با مشاهدات لرزه‌ای برای آستنوسفر مطابقت دارد. دمای آستنوسفر آن‌قدر پایین است که اجازه‌ی ذوب در غیاب آب را نمی‌دهد. به هر حال با وجود مقداری آب، ذوب امکان‌پذیر می‌شود. اما اگر حضور مذاب به



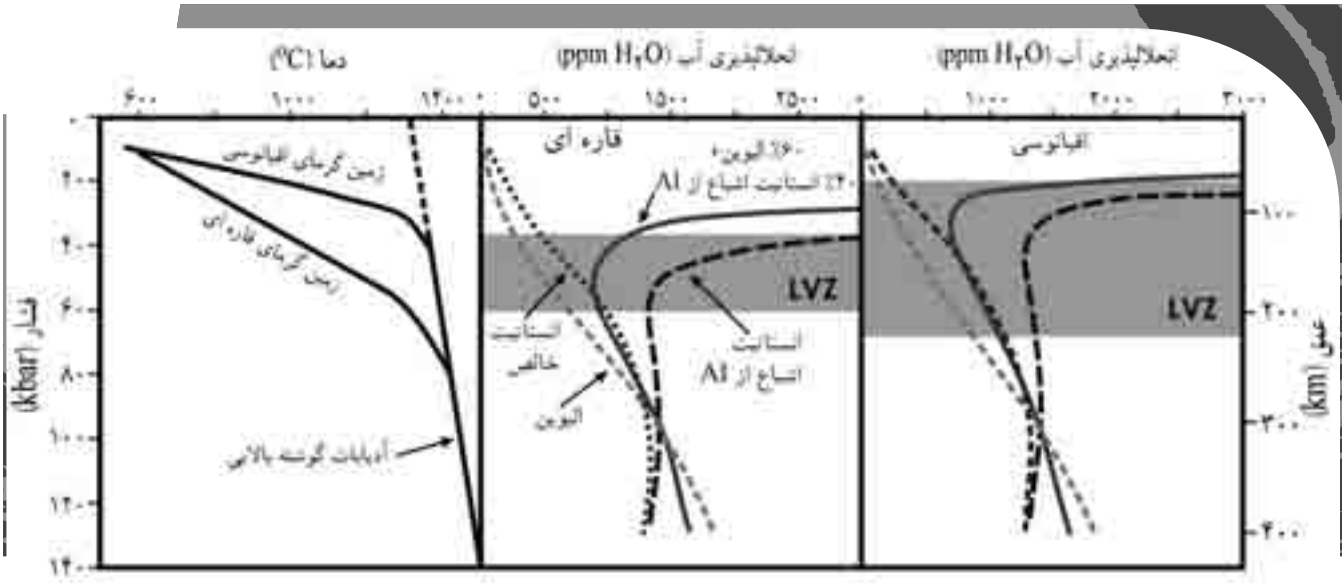
تشکیل آستنوسفر و بنابراین وجود زمین‌ساخت ورقه‌ای فقط در سیاره‌ای امکان‌پذیر است که گوشته‌ی آب‌دار داشته باشد، و این خود با نبود زمین‌ساخت ورقه‌ای در زهره مطابقت دارد

آب در مذاب‌های سیلیکاتی فوق‌العاده انحلال‌پذیر است. به‌علاوه، حتی وجود مقدار بسیار کوچکی از مذاب در سنگ، می‌تواند مقاومت خزشی و گرانروی آن را به شدت کاهش دهد

آستنوسفر محدود شود، دلیل آن‌چه می‌تواند باشد؟ آیا امکان دارد که مقدار اب در آستنوسفر نسبت به سایر بخش‌های گوشته بالاتر باشد؟ با توجه به «اختلاط همرفتی کارامد»[14] در کل گوشته، این موضوع ظاهراً غیرمحتمل به‌نظر می‌رسد.

اخیراً الگوی جدیدی پیشنهاد شده است [۴] که تشکیل «مذاب بخشی» در آستنوسفر زمین را به زیبایی توضیح می‌دهد (شکل ۳). در میان کانی‌های گوشته‌ی بالایی، الیوین و انستاتیت ALدار میزبان‌های اصلی آب هستند. مطالعات تجربی نشان می‌دهد که انحلال‌پذیری آب به‌صورت نقص‌های OH در الیوین، با فشار و دما و لذا با افزایش عمق در گوشته، به‌طور پیوسته افزایش می‌یابد. با وجود این، انحلال‌پذیری آب در انستاتیت با عمق به‌طور ناگهانی کاهش پیدا می‌کند. این رفتار متفاوت ناشی از تفاوت‌ها در سازوکار جانشینی است که مسبب ورود آب محسوب می‌شود. در الیوین، دو پروتون به جای Mg^{2+} می‌نشینند و فضای خالی کاتیونی حاصله، باعث تراکم‌پذیری بیشتر بلور می‌شود. بنابراین، انحلال در آب در فشار بالا چشم‌گیرتر است. با این حال، در انستاتیت، H^{+} و Al^{3+} به‌جای Si^{4+} می‌نشینند. موضوع مذکور باعث انبساط شبکه‌ی بلور می‌شود و بنابراین انحلال‌پذیری آب در فشار بالا کاهش می‌یابد.

این رفتار متفاوت الیوین و انستاتیت، کمترین انحلال‌پذیری آب در فاصله‌ی عمقی دقیقاً مربوط به منطقه‌ی کم‌سرعت لرزه‌ای در گوشته را باعث می‌شود. در این عمق، همه‌ی آب نمی‌تواند بیش از این در کانی‌های جامد حل شود. آب اضافی به‌صورت مذاب بخشی درمی‌آید. با حضور جزء کوچکی از مذاب بخشی (حدود ۱٪)،



شکل ۳. انحلال‌پذیری آب در کانی‌های گوشته‌ی زمین. انحلال‌پذیری کلی آب (منحنی قرمز)، میانگین وزنی انحلال‌پذیری آب در الیوین (منحنی سبز) و انستاتیت ALدار (منحنی سیاه) است. انحلال‌پذیری کلی آب در فاصله‌ی عمقی آستنوسفر، مقدار حداقل آشکاری را نشان می‌دهد که به منطقه‌ی کم‌سرعت لرزه‌ای (LVZ و محدوده‌ی سایه‌دار) مربوط است. در این منطقه، همه‌ی آب نمی‌تواند بیش از این در کانی‌های جامد ذخیره شود؛ آب اضافی باعث ذوب بخشی می‌شود. در اثر وجود مقدار اندکی از مذاب، مقاومت مکانیکی سنگ به شدت کاهش می‌یابد. این الگو، عمق‌های متفاوت آستنوسفر در زیر قاره‌ها و اقیانوس‌ها (به‌علت تفاوت‌های موجود در نیمرخ‌های دمایی؛ بخش سمت چپ شکل) را به درستی پیش‌گویی می‌کند. اقتباس از [٤].

مقاومت سنگ به شدت کاهش می‌یابد. چنین الگویی عمق متفاوت منطقه‌ی کم‌سرعت لرزه‌ای در زیر قاره‌ها و اقیانوس‌ها را به درستی پیش‌گویی می‌کند. به‌علاوه، به‌طور صحیح پیش‌بینی می‌کند که مرز بالایی این منطقه باید بسیار ناگهانی و تیز باشد، در حالی که مرز پایینی آن تدریجی‌تر است (منحنی‌های قرمز در شکل ۳ را مقایسه کنید).

پس می‌توان نتیجه گرفت، تشکیل آستنوسفر و بنابراین وجود زمین‌ساخت ورقه‌ای فقط در سیاره‌ای امکان‌پذیر است که گوشته‌ی آب‌دار داشته باشد، و این خود با نبود زمین‌ساخت ورقه‌ای در زهره مطابقت دارد. زمین، سیاره‌ای آبی است؛ نه تنها به علت وجود اقیانوس‌هایش، بلکه به علت الگوی زمین‌ساختی‌اش.

پی‌نوشت

1. plate
2. ring of fire
3. viscous
4. model
5. viscosity
6. bulk and shear modulus
7. seismic low – velocity zone (LVZ)
8. infrared spectroscopy
9. polarized
10. OH point defects
11. creep strength
12. cation vacancies
13. dislocation
14. efficient convective mixing

منبع اصلی

Keppler, Hans (2009) Plate Tectonics: why only on Earth? Europhysics News, DOI: 10.1051/epn/2009604.

منابع متن

1. C.A. Rychert et al., Nature 436, 542 (2005)
2. H. Keppler and J.R. Smyth, Water in nominally anhydrousminerals (Mineralogical Society of America, Chantilly, 2006).
3. S.J.Mackwell et al., J. Geophys. Res. 90, 11319(1985).
4. K.Mierdel et al., Science 315, 364 (2007).
5. G. Bromiley et al., Am.Mineral. 89. 941 (2004).

جیوه و خاک در ایران

کوروش شعبانی
کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی
فرزانه طیبی
کارشناس‌ارشد پترولوژی

رشد آموزش زمین‌شناسی ۲۴
دوره‌ی شانزدهم شماره‌ی ۱ پاییز ۱۳۸۹

درامد

جیوه ابتدا در کشور چین و سپس هند شناخته شد و در سال ۱۵۰۰ قبل از میلاد، در اهرام مصر مورد استفاده قرار گرفت. این عنصر سمی است و به آسانی توسط دستگاه تنفسی جذب می‌شود و به معده و روده آسیب می‌رساند. وجود آن در هوا، اگر از حد مجاز تجاوز کند، خطرناک به نظر می‌رسد و با افزایش درجه‌ی حرارت، به دلیل تبخیر سریع آن، خطرناک‌تر می‌شود. «متیل جیوه» یک نوع آلاینده و خطرناک است که در آب و بخار، به وفور یافت می‌شود.

عنصر جیوه از گرما دادن به کانی «سینابر» در مجاورت هوا و متراکم کردن بخار آن تولید می‌شود. نمک‌های مهم، جیوه، کلرید جیوه، فولمینات جیوه و سولفید جیوه هستند. در آزمایشگاه‌ها از جیوه برای ساخت فشارسنج و پمپ‌های تخلیه‌ی فشار استفاده می‌شود. جیوه در ساخت لامپ‌ها، سوئیچ‌های جیوه‌ای، دستگاه‌های الکترونی، آفت‌کش‌ها و پیل‌های جیوه‌ای کاربرد دارد. هم‌چنین، به عنوان عامل ضدرسوب در رنگ‌ها، باتری‌ها و کاتالیزورها استفاده می‌شود.

کلیدواژه‌ها: جیوه، آلیاژ، سنوزوئیک، سینابر، هیدروترمال، کوه‌زایی سیمرین پیشین و آلپی.

تاریخچه

«Murcury» (جیوه) که به «نقره‌ی روان»[1] نیز معروف است، از واژه‌ی لاتین «Hugragyrum» و واژه‌ی یونانی «Hydragyros» (مرکب از ریشه‌های یونانی Hydro به معنی آب و Agyros به معنای نقره) و یا از دو واژه‌ی یونانی «Uopap» به معنی آب و «Apyupac» به معنی نقره یا سیم گرفته شده است. جیوه اولین بار توسط چینی‌ها و سپس توسط هندوها کشف شد. در آرامگاه‌های مصری مربوط به ۱۵۰۰ تا ۵۰۰ سال قبل از میلاد هم یافت شده که به صورت «آمالگام» (ملغمه یا آلیاژهای جیوه) استفاده شده است.

یونانی‌های قدیم در مرهم‌ها (پمادها) و رومی‌ها در ابزار آرایشی از آن استفاده کرده‌اند. کیمیاگران تصور می‌کردند که جیوه از خمیره‌ای شکل گرفته است که اگر سخت شود، به طلا تبدیل می‌شود. در ایران، جیوه در دوره‌ی هخامنشیان شناخته شد. در زبان پهلوی به آن «زیوندک» گفته شده است که نمایندگان چینی در دربار ایران (سال‌های ۵۳۱-۴۵۵ میلادی)، در نوشته‌های خود از آن به عنوان یکی از محصولات ایرانی نام برده‌اند.

خواص فیزیکی و شیمیایی جیوه

جیوه فلزی کمیاب و در دمای اتاق مایع است (شکل ۱). فشار نسبتاً بالایی دارد. نماد آن Hg، رنگ آن سفید ـ نقره‌ای، عدد اتمی آن ۸۰، وزن اتمی آن ۲۰۰/۵۹، وزن مخصوص آن ۱۳/۵۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب، سختی آن ۱/۵ در مقیاس موس، نقطه‌ی جوش آن ۳۵۷ و نقطه‌ی ذوب ۳۸/۷۲- درجه‌ی سانتی‌گراد دارد. سنگین، براق و سمی است و برخی از فلزات، مثل طلا، نقره و روی به راحتی در آن حل می‌شوند و تشکیل آلیاژ[۲] می‌دهند. حلالیت جیوه در آب به شدت به دما وابسته است. جیوه در فازهای جامد، مایع و بخار در طبیعت وجود دارد که در شرایط عادی مایع است و در اثر تصعید، به صورت بخار وارد هوا می‌شود. جیوه با هالوژن‌ها و گوگرد، ترکیبات تک‌ظرفیتی و دوظرفیتی تشکیل می‌دهد. هدایت گرمایی نسبتاً ضعیف، اما هدایت الکتریکی نسبتاً خوبی دارد. آب‌های سطحی به میزان بسیار کم جیوه را حمل می‌کنند. این جیوه از ترکیبات صنعتی و پزشکی وارد آب‌های سطحی می‌شود. غلظت ترکیبات جیوه محلول در آب‌های سطحی با جذب توسط رس‌ها و نیز پلانکتون‌ها، پروتئین‌های کلوئیدی، و مواد هومیک و کلوئیدی آلی و غیرآلی کاهش می‌یابد.

شکل ۱. نمایی از جیوه به حالت فلزی در دمای اتاق

کانی‌شناسی

جیوه به صورت فلز خالص، کمیاب است و بیشتر به صورت سولفید و کلرور یافت می‌شود. در حدود ۲۰ نوع از کانی‌های جیوه شناخته شده‌اند که مهم‌ترین آن‌ها، سینابر، کالومل، متاسینابر، لیوینگستونیت، آمالگام طبیعی و جیوه‌ی طبیعی (سیماب) است. از دیگر کانی‌های جیوه می‌توان از شوازیت[۳] $(Cu, Hg, Fe, Zn)_{۱۲}(Sb, As)_{۴}S_{۱۳}$ نام برد که یک نوع تتراهدریت است و جانشینی مس توسط جیوه در آن صورت گرفته است.

مهم‌ترین و فراوان‌ترین کانی جیوه، سینابر HgS است (شکل ۲) که از آن جیوه‌ی فلزی به دست می‌آید. تمایز این کانی از هماتیت، کوپریت ($Cu_۲O$)، رآلگار، پروستیت ($Ag_۴AsS_۳$)و اریترین با توجه به شباهت رنگ آن‌ها توسط چگالی و آزمایش‌های ساده، به‌وسیله‌ی شعله‌ی فوتک امکان‌پذیر است. مثلاً رآلگار و پروستیت در شعله‌ی بخاری با بوی سیر و کوپریت شعله‌ی سبز مایل به آبی ایجاد می‌کنند. سینابر در برابر شعله در لوله‌ی آزمایش باز، گلوله‌های کوچک تشکیل می‌دهد. کانی سینابر شامل انواع متفاوتی مثل کانی آجری جیوه (به رنگ جیوه جلادار و خالص سینابر)، کانی جگری جیوه (به رنگ مایل به قهوه‌ای) و کانی مرجانی جیوه است که سینابر قلوه‌ای با کانی‌های رسمی بیتومن‌دار است و در صدف‌های بازوپایان هم وجود دارد.

شکل ۲. فرم یوهدرال کانی سینابر

انواع کانسارهای جیوه

۱. کانسارهای گرمابی با خاستگاه پلوتوژنیک (گرمابی درون‌زاد): این کانسارها در شوروی سابق، آسیای مرکزی، چین، ایرلند، ترکیه، تونس و آمریکا شناخته شده‌اند و عموماً در آن‌ها کانی‌سازی توسط گسل‌ها کنترل می‌شود. کانسنگ‌ها به شکل‌های رگه‌ای، عدسی و لوله‌ای با نیم‌رخ متقاطع مشاهده شده‌اند.

۲. کانسارهای گرمابی با خاستگاه ولکانوژنیک (گرمابی آتشفشان‌زاد): این کانسارها در شوروی سابق، آسیای مرکزی، ایتالیا، الجزایر، یوگسلاوی، ژاپن و آمریکا و عموماً در نواحی آتشفشانی جوان با چشمه‌های آبگرم فراوان یافت می‌شوند. کانسنگ به صورت رگه‌ای، داربستی، لوله‌ای، انبانه‌ای، عدسی و صفحه‌ای دیده

یونانی‌های قدیم در مرهم‌ها (پمادها) و رومی‌ها در ابزار آرایشی از آن استفاده کرده‌اند. کیمیاگران تصور می‌کردند که جیوه از خمیره‌ای شکل گرفته است که اگر سخت شود، به طلا تبدیل می‌شود. در ایران، جیوه در دوره‌ی هخامنشیان شناخته شد

می‌شود و کانه‌های سینابر، آرسنیک، آنتیموان، طلا و نقره در این نوع کانسارها مشاهده شده است.

۳. کانسارهای چینه‌ای: در شوروی سابق، آسیای مرکزی، اسپانیا، چین و پرو یافت شده‌اند. این کانسارها در نواحی ژئوسنکلینال یا مناطق پلاتفرم و به صورت کانسارهای تله‌ترمال با منشأ ماگمایی هستند. در سنگ‌های آواری، کربناته، ساختمان‌های طاقدیسی (گنبدی) و جعبه‌ای شکل دیده می‌شوند. کانسنگ عموماً صفحه‌ای، عدسی یا لایه‌ای شکل است. این کانسنگ‌ها در ماسه‌سنگ‌های متخلخل و سنگ آهک‌های برشی و سیلیسی دیده شده‌اند. کانی اصلی در این‌گونه کانسارها سینابر است.

کانسار جیوه‌ی «المعدن» اسپانیا را که مهم‌ترین و بزرگ‌ترین کانسار جیوه‌ی دنیاست، از نوع چینه‌ای می‌دانند. کانی‌سازی در ماسه‌سنگ‌های سیلورین که تخلخل زیادی دارد، از نوع توده‌ای، رگه‌ای و پراکنده است. برخی این کانسار را از نوع اپی‌ترمال (کم دما) می‌دانند، اما مطالعات اخیر نشان می‌دهد که کانی‌سازی هم‌زمان با رسوب‌گذاری در محیط دریا صورت گرفته است. فعالیت‌های آتشفشانی زیردریایی موجب آزاد شدن جیوه در آب شده که هم‌زمان با رسوبات آواری، جیوه نیز بر جای گذاشته شده است. بنابراین کانی‌زایی از نوع استراتاباند (چینه‌سان یا لایه‌ای) است. کانی‌های مهم این کانسار، سینابر، جیوه‌ی خالص و مقدار کمی استیبنیت‌است.

سازوکار انتقال و کانی‌سازی جیوه

به علت تعدد نظریات و تجربیات، سازوکار انتقال این کانی و چگونگی کانی‌سازی آن هنوز به درستی مشخص نیست، اما در این خصوص دو نظریه‌ی مهم وجود دارد:

۱. کانی‌سازی در ارتباط با مواد فرار هیدروترمال: با فرض نظریه‌ی هیدروترمال در مراحل گوناگون کانی‌سازی این کانی، حرارت و فشار عمده‌ترین عوامل در مراحل جدایش مواد فرار از توده‌های اصلی آذرین هستند. در مرحله‌ی هیپوترمال (دمای بالا) که درجه‌ی حرارت به علت نزدیکی به توده‌ی آذرین بالاست، کانی‌هایی نظیر ولفرامیت، کاسیتریت، هماتیت، منیتیت و مولیبدنیت متبلور می‌شوند. فاصله‌ی این زون تا سطح زمین زیاد و فشار بیشتر از ۲۰۰۰ اتمسفر است. در مرحله‌ی دوم یا مزوترمال، کانی‌های درجه‌ی حرارت متوسط و فشار کمتر از ۲۰۰۰ اتمسفر، مثل بورنیت، گالن، اسفالریت و کالکوپیریت متبلور می‌شوند که کوارتز، کربنات و باریت آن‌ها را همراهی می‌کنند. در مرحله‌ی آخر یا اپی‌ترمال که درجه‌ی حرارت بین ۲۰۰-۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و فشار در حد چند اتمسفر و فوق‌العاده کم و pH نزدیک به ۷ است، سینابر متبلور می‌شود.

مایع هیدروترمالی در مسیر خود با سنگ‌های اطراف واکنش می‌کند و یون سولفور از سنگ‌ها وارد مایع می‌شود. سولفات‌های غیرمحلول، سنگ‌ها را به صورت محلول در مایع درمی‌آورند و به سطوح بالاتر و دارای pH نزدیک به ۷، انتقال می‌دهند و بر جای می‌گذارند. وجود جیوه در کانه‌های طبیعی حوضه‌های نفتی مانند چشمه‌های آبگرم نیز دلیل بر سازوکار هیدروترمالی انتقال جیوه است. جیوه به شکل سینابر HgS داخل لوله‌های حامل گاز طبیعی رسوب می‌کند.

۲. کانی‌سازی بدون ارتباط مستقیم با مواد فرار هیدروترمالی (ثانویه): تجمع ثانویه، حاصل تجزیه و حمل جیوه از کانی‌های محتوی مقدار فوق‌العاده کم جیوه یا حاوی انکلوزیون است که توسط آب‌های سطحی یا زیرزمینی در ارتباط با جریانات گرم هیدروترمال صورت می‌گیرد. کانسارهای جیوه‌ی ترکمنستان از این نوع هستند و معادن جیوه‌ی کارائیلچی و کورشولی اهمیت خاص دارند. آزمایشهای ژئوشیمیایی آبی برای تعیین منشأ جیوه، نشان داده است که انحلال کانی‌های محتوی جیوه باعث انتقال جیوه به زون گسله و خلل و فرج سنگ‌های مجاور سنگ مادر می‌شود. بدین ترتیب، کانی‌های محتوی جیوه توسط زون اکسیدکننده به صورت محلول در آب درمی‌آید و به طرف نقاط پایین‌تر در داخل خلل و فرج سنگ‌ها نفوذ می‌کند. سپس در ناحیه‌ی زیرین که محیطی احیاکننده است، به صورت سولفور جیوه HgS بر جای می‌ماند.

فازهای کانی‌سازی و ذخایر جیوه در ایران

فلززایی جیوه در پالئوزوئیک پسین و جوان‌تر رخ داده و تاکنون

کانسارهای مربوط به کوه‌زایی کالدونین یا قدیمی‌تر گزارش نشده است. ذخایر اصلی جیوه در فازهای کوه‌زایی سیمرین پیشین و آلپی به وجود آمده‌اند.

کانسارهای جیوه به سرزمین‌های چین‌خورده و قاره‌ای منحصر است و درون گسل‌های ژرف و کمربندهای آتشفشانی یافت می‌شوند و وابسته به ماگماتیسم بازالتی و آناتکسی زیر پوسته‌ای حاصل از آن هستند.

کانسارها و نشانه‌های معدنی جیوه در ایران در زمان‌های پروتروزوئیک پسین ـ کامبرین پیشین و الیگوسن و میو ـ پلیوسن گزارش شده‌اند. نهشت کان‌سنگ در زمان‌های جدید (پس از ائوسن) رخ داده و هر چند منشأ عناصر را باید در سنگ‌های قدیمی جست‌وجو کرد، اما کان‌سنگ‌ها در جاهایی یافت شده‌اند که سنگ‌های آتشفشانی ترشیری با سنگ‌های قدیمی درآمیخته‌اند و کانی‌سازی حاصل چرخه‌ی دوباره و بازیافت از پی‌سنگ پروتروزوئیک در سنگ‌های جوان ترشیری است. کانی‌سازی جیوه به آتشفشانی و پلوتونیسم جوان‌تر از ائوسن وابسته است. محدوده‌های کانی‌سازی در پیوند با سنگ‌های اسیدی هستند و سنگ‌های بازی و حد واسط حاوی کان‌سنگ جیوه نیز بیشتر توسط سنگ‌های اسیدی پوشیده شده‌اند. بنابراین، نهشت کان‌سنگ توسط محلول‌های گرمابی دماپایین وابسته به مجموعه سنگ‌های آتشفشانی اسیدی زیرپوسته‌ی زیرین انجام می‌گیرد.

برای پی‌جویی ذخایر جیوه در ایران، باید مناطق قاره‌ای را که در آن‌ها آتشفشان جوان ترشیری (به‌ویژه جوان‌تر از ائوسن) رخ داده و گسل‌های ژرف در آن وجود دارند، در نظر گرفت. سنگ‌شناسی سنگ‌های آتشفشانی چنین مناطقی از بازالت تا ریولیت در تغییر است، ولی در بین آن‌ها، توده‌ی نفوذی کوچک کم عمق (گرانیت پورفیری تا تونالیت پورفیری) نیز دیده می‌شود. در مناطق افیولیتی جوان نیز که ماگماتیسم ترشیری (الیگو ـ میوسن) فعال است، امکان پیدایش ذخایر جیوه وجود دارد؛ مانند آمیزه‌ی افیولیتی خاور در قاین خراسان جنوبی و آمیزه‌ی افیولیتی ناحیه‌ی خوی آذربایجان غربی.

تاکنون هیچ پی‌جویی سراسری برای جیوه در ایران صورت نگرفته است. تنها دانسته‌های موجود درباره‌ی جیوه، حاصل چند بازدید کارشناسان زمین‌شناسی و گردآوری اطلاعات مردم محلی و معدن‌کاران قدیمی از مشاهده‌ی جیوه‌ی عنصری و یا چند پی‌جویی مقدماتی در برخی اداره‌های کل معادن و فلزات است. تاکنون در مناطق زیر نشانه‌هایی از جیوه گزارش شده است [قربانی، ۱۳۸۶].

- **ناحیه‌ی شوراب:** با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی و آنالیزهای انجام‌شده، می‌توان گفت ناحیه‌ی معدنی شوراب، ناحیه‌ای بسیار امیدبخش برای جیوه است.
- **ناحیه‌ی ماکو**: محدوده‌های خان‌گلی و کلیسا کندی.
- **ناحیه‌ی قره‌باغ**: آق‌دره، منطقه‌ی شاخ‌شاخ در ناحیه‌ی تکاب.
- **ناحیه‌ی قاین**: محدوده‌ی علی‌آباد در حاجی‌آباد قاین.
- **ناحیه‌ی اهر**: محدوده‌ی خوینارود.

در ادامه، برخی مناطق را که شواهدی از جیوه در آن‌ها گزارش شده است، بررسی می‌کنیم.

کانسار زرنیخ و طلای زرشوران

زرشوران در ۳۱ کیلومتری شمال تکاب، در نقشه‌ی ۱:۲۵۰/۰۰۰ زمین‌شناسی تکاب واقع شده است. کانسار زرنیخ و طلای زرشوران در حدود شش کیلومتری شمال‌ـ شمال‌شرق زرشوران واقع شده است (شکل ۳ الف و ب).

شکل ۳. الف) نمای کلی از ناحیه‌ی زرشوران

شکل ۳. ب) کانال اکتشافی معدن

حلالیت جیوه در آب به شدت به دما وابسته است. جیوه در فازهای جامد، مایع و بخار در طبیعت وجود دارد که در شرایط عادی مایع است و در اثر تصعید، به صورت بخار وارد هوا می‌شود

کانسار جیوه‌ی «المعدن» اسپانیا را که مهم‌ترین و بزرگ‌ترین کانسار جیوه‌ی دنیاست، از نوع چینه‌ای می‌دانند

تاریخ بسیار طولانی تمدن موجود در منطقه‌ی تکاب (تخت‌سلیمان)، حکایت از شناخته‌بودن این معدن در زمان مادها و ساسانیان دارد. هم‌چنین، آثار معدن‌کاری یافت‌شده از آن زمان و استفاده از پلاسرها و شست‌وشوی ماسه‌های طلادار در دوران باستان نیز، مؤید این موضوع است. معدن زرنیخ زرشوران تا سال ۱۳۷۸ فعال بود. از سال ۱۳۷۰، این کانسار به‌عنوان یک ظرفیت طلا مطرح و مطالعات اکتشافی تا مرحله‌ی نیمه‌تفصیلی روی آن در قالب طرح اکتشاف سراسری طلا انجام گرفت. **مؤمن‌زاده** (۱۳۸۵) از این کانسار به‌عنوان یکی از مهم‌ترین کانسارهای باستانی طلا نام برده و به وجود عناصر آرسنیک، آنتیموان، جیوه، سرب و روی در آن اشاره کرده است.

رخنمون‌های محدوده‌ی کانسار از قدیم به جدید به شرح زیر است:

۱. سنگ‌های دگرگونه‌ی پروتروزوئیک بالایی (وندین) که شامل مجموعه‌ای از شیست سبز، سرپانتین شیست، آمفیبولیت و رخنمون‌هایی از اولترامافیک به سن پروتروزوئیک بالایی به نام مجموعه‌ی ایمان‌خان است.

۲. سنگ‌های آهکی و دولومیتی متبلور پروتروزوئیک بالایی. این سنگ‌ها به‌طور هم‌شیب و گاه با ناپیوستگی موازی روی سنگ‌های فوق قرار می‌گیرند و تحت عنوان واحد چالداغ نام‌گذاری شده‌اند.

۳. تناوب شیست سیاه کربن‌دار و آهک کریستالین پروتروزوئیک بالایی که مجموعه‌ای از سنگ‌های به‌هم‌پیوسته و تفکیک‌ناپذیر به‌صورت سنگ‌های کربناتی، رسی و سیلیسی با رنگ سیاه و حامل کانی‌سازی رآلگار و اورپیمان را تشکیل داده «واحد زرشوران» نامیده شده است.

۴. شیل و ماسه‌سنگ‌های خاکستری تیره، صورتی و بنفش مربوط به سازندهای باروت، زاگون و لالون.

۵. رسوبات الیگو میوسن (معادل سازند قم). این رسوبات با دگرشیبی زاویه‌دار روی سنگ‌های قدیمی قرار می‌گیرند.

نتایج به‌دست آمده از مطالعات کانی‌های سنگین در منطقه، تمرکز کانی سینابر را سرچشمه گرفته از معدن زرنیخ زرشوران، کارهای قدیمی بالدرغانی، بخیربلاغی و کارهای قدیمی جنوب آغدره بالا به‌حساب می‌آورد. حضور جیوه‌ی عنصری در حوالی آبادی‌های یارعزیز، شیرمرد و آغدره بالا را می‌توان به تجمع ثانویه نسبت داد که می‌تواند حاصل تجزیه و حمل جیوه از سنگ‌هایی باشد که محتوی مقدار کمی از این عنصر هستند. افزایش آب‌های سطحی و نزولات آسمانی باعث افزایش تجمع جیوه در لایه‌های پایین‌تر می‌شود و بدین‌ترتیب، کانی‌های محتوی جیوه را در لایه‌های پایین‌تر برجای می‌گذارد.

وجود چشمه‌های آبگرم، گازهای گوگردی، تراورتن‌های فراوان در ناحیه، پدیده‌ی سیلیسی‌شدن و اسکارن، و وجود کانی‌های سولفیدی آرسنیک، آنتیموان، سرب، روی، جیوه و غیره،همگی دلیل بر فعالیت هیدروترمال به‌صورت اپی‌ترمال هستند. لذا ناحیه از نظر متالوژنی بسیار جالب‌توجه است. به‌طور کلی به نظر می‌رسد

که کانی‌سازی‌های موجود در ناحیه‌ی تیپ ولکانیکی اپی‌ترمال انجام می‌گیرد. با توجه به منشأ کانی‌سازی که ولکانوژنیک هیدروترمال است، احتمال حضور طلا در تراورتن‌های گسترش‌یافته در ناحیه را نیز می‌توان مطرح کرد.

جیوه‌ی شوراب کاشمر

از نظر زمین‌شناسی ساختمانی و ریخت زمین‌ساختی، منطقه‌ی مورد مطالعه در شمال بلوک لوت و در بخش شمال خاوری زون ایران مرکزی و حاشیه‌ی زون بینالود (البرز شرقی) قرار دارد. این بخش روند شرقی- غربی دارد و به سمت شرق (مرز ایران با افغانستان) دارای جهت شمال‌غربی- جنوب‌شرقی و به سمت غرب (شاهرود)، روند آن به‌طرف شمال شرقی- جنوب‌غربی گرایش پیدا می‌کند. محدوده‌ی این بخش بین گسل‌های درونه (کویر بزرگ) و میامی- عطاری یا سمنان جای دارد. در منطقه‌ی مورد مطالعه سه رده‌ی سنی از سنگ‌ها و رسوبات وجود دارد که عبارت‌اند از: ۱. اسلیت‌ها و ماسه‌سنگ‌های دگرگون‌شده‌ی سیلورین معروف به سازند نیور؛ ۲. کنگلومرا لایه‌ی گچ‌دار نئوژن؛ ۳. رسوبات آبرفتی آبراهه‌های کواترنر.

سابقه‌ی مطالعات زمین‌شناسی معدنی در ناحیه‌ی شوراب بسیار کوتاه و به یکی‌دو دهه‌ی اخیر محدود می‌شود. طی چند سال گذشته، ناحیه‌ی شوراب با آثار زیادی که از عنصر جیوه در آن مشاهده شده، توجه مسئولین بخش معدنی و پژوهشگران زیادی را در دانشگاه‌ها و سایر مؤسسات دولتی به خود جلب کرده است. تا جایی که برای مطالعات از متخصصین خارج از کشور در چند نوبت دعوت به‌عمل آمده و یک پروژه‌ی مطالعاتی نیز به‌اجرا درآمده است.

اثرات کانی‌سازی جیوه در این ناحیه نخستین بار طی یک رویداد اتفاقی، درحالی‌که جهاد سازندگی در سال ۱۳۶۷ کانالی برای انتقال آب به روستایی حفر می‌کرد، مشاهده شد. در این واقعه پس از یک بارندگی، درحالی‌که کانال فوق رسوبات رسی کواترنر را قطع کرده بود، توسط افراد محلی، تجمع مقادیری جیوه طبیعی مشاهده شد که به اطلاع مقامات ذی‌ربط رسید.

این اولین اثر جیوه بود که باعث شروع مطالعات در منطقه شد. متعاقب این واقعه، موضوع توسط مقامات مسئول اداره‌ی کل معادن و فلزات خراسان پی‌گیری شد. تعدادی چاهک در منطقه حفر شد و نتیجه‌ی تجزیه‌ی یک نمونه از رسوبات حوالی محل مشاهده‌ی جیوه، وجود ۱۲ گرم جیوه‌ی طبیعی را در خاک نشان داد.

معدن زر و جیوه‌ی آقدره

معدن «آقدره» در فاصله‌ی ۴۰ کیلومتری هوایی شمال، شمال‌غرب تکاب و ۱۲ کیلومتری غرب، جنوب‌غرب معدن زرشوران واقع است. شناسایی قسمتی از محل کارهای معدنی باستانی در جنوب آقدره بالا و توجه به وجود کانی‌سازی جیوه و کانی سازی احتمالی زر در این بخش، اول‌بار توسط یک گروه اکتشافات بنیادی از سازمان زمین‌شناسی کشور صورت گرفت. معدن‌کاری باستانی در دو محدوده‌ی مورد مطالعه با وسعت حدود ۲۰۰ هکتار صورت گرفته است. شکل ۴، نمایی از معدن‌کاری در محدوده‌ی معدنی آقدره را نشان می‌دهد.

تقریباً تمامی رخنمون‌های سنگ کانه‌دار توسط معدن‌کاران باستانی کاوش شده است. بنا به اظهارنظر مؤمن‌زاده (زرنه‌اکتشاف، ۱۳۸۷)، کارهای معدنی باستانی استخراج و استحصال طلا از معدن کهن آقدره مربوط به گذشته‌های دور، لااقل چندین سده قبل است و زمان آغاز و انجام آن به تحقیق برای ایشان و هم‌چنین مردم محلی مشخص نیست. مؤمن‌زاده در گزارش مطالعات معدنی خود، در مورد معدن‌کاری باستانی آقدره اشاره می‌کند، سند تاریخی و یا مکتوبی دراین‌باره وجود ندارد که مستقیماً به فعالیت‌های معدن‌کاری باستانی در آقدره بالا اشاره کند. لیکن در مورد معدن‌کاری باستانی ناحیه‌ی شمال تکاب که محدوده‌ی مورد مطالعه را نیز دربرمی‌گیرد، گزارش **ابودولف**[۴] مهم‌ترین سند تاریخی است. او می‌گوید براساس این اسناد، احتمال این‌که کارهای معدنی جنوب آقدره بالا برای استحصال طلا، جیوه و آرسنیک بوده باشد، مطرح می‌شود.

کانسارهای جیوه به سرزمین‌های چین‌خورده و قاره‌ای منحصر است و درون گسل‌های ژرف و کمربندهای آتشفشانی یافت می‌شوند و وابسته به ماگماتیسم بازالتی و آناتکسی زیر پوسته‌ای حاصل از آن هستند

برای پی‌جویی ذخایر جیوه در ایران، باید مناطق قاره‌ای را که در آن‌ها آتشفشان جوان ترشیری (به‌ویژه جوان‌تر از ائوسن) رخ داده و گسل‌های ژرف در آن وجود دارند، در نظر گرفت

شکل ٤. نمایی از معدن‌کاری در محدوده‌ی معدنی آقدره

ماده‌ی معدنی در بخش‌های دارای کانی‌سازی، به‌خصوص در بخش‌های سیلیسی آهن‌دار غالباً به‌صورت پراکنده دانه، رگه و رگچه است. ماده‌ی معدنی عبارت است از سولفید آرسنیک؛ یعنی اورپیمان و رآلگار که در بخش‌های متفاوت با مقادیر متفاوتی از باریت، فلورین و اکسیدهای منگنز همراه است. اکسیدهای آهن و سیلیس تقریباً همیشه کان‌سنگ را همراهی می‌کنند. در محدوده‌ی شرقی (بخش معروف به پدربزرگ)، مقدار باریت و فلورین نسبت به محدوده‌ی غربی (بخش معروف به مادربزرگ) بیش‌تر است. در محدوده‌ی شرقی از غرب به شرق و به ویژه در گوشه‌ی شمال‌شرقی، محدوده‌ی مقدار باریت، فلورین و به‌خصوص منگنز فراوان‌تر می‌شود. گالن و آنتیمونیت نیز در بخش شرقی محدوده‌ی شرقی فراوان‌تر است. در محدوده‌ی غربی، سینابر به‌همراه اورپیمان و رآلگار بیش‌تر می‌شود. شکل ۵ کان‌سنگ جیوه را در معدن آقدره

شکل ۵. کان‌سنگ جیوه (سینابر یا شنجرف) در معدن آقدره

نشان می‌دهد.

بافت‌های متفاوت کان‌سنگ، ازجمله بافت ریتمیک ظریف لایه‌ی چرت و خاکستر آتشفشانی سیلیسی‌ـ فلدسپاتی دگرسان، نشان‌دهنده‌ی تشکیل هم‌زمان کان‌سنگ و واحدهای سیلیس دارای اکسیدآهن و سنگ‌آهن خاکستری و آهک قرمزـ قهوه‌ای است (زرنه اکتشاف، ۱۳۸۷).

پی نوشت

1. Quick Silver
2. Amalgam
3. Schwazite
4. Abudolaof

منابع

۱. شرکت مهندسی کاوش کانسار (۱۳۷۹). اکتشاف نیمه‌تفصیلی جیوه‌ی شوراب کاشمر. سازمان صنایع و معادن استان خراسان.

۲. قربانی، م (۱۳۸٦). زمین‌شناسی اقتصادی ذخایر معدنی و طبیعی ایران.

۳. کوثری، س (۱۳٦۳). مکانیزم کانی‌سازی جیوه. سازمان تحقیقات زمین‌شناسی و معدنی کشور.

٤. گروه پژوهشی زرنه اکتشاف (۱۳۸۷). بررسی، شناسایی و مستندسازی معادن کهن پیرامون تخت‌سلیمان.

۵. مؤمن‌زاده، م (۱۳۸۵). مروری بر معادن و معدن‌کاری باستانی ایران. نشریه‌ی داخلی مؤسسه‌ی فرهنگی مفرغ‌نگار چشمه. شماره‌ی ٦.

٦. یعقوب‌پور، ع (۱۳٦٦). مبانی زمین‌شناسی اقتصادی. مرکز نشر دانشگاهی تهران.

۷. پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور (WWW.ngdir.ir).

آب و هواشناسی دیرینه و چرخه‌ی میلانکوویچ

جهانبخش دانشیان، لیلا رمضانی دانا و ناهید سحابی‌فر
گروه زمین‌شناسی ـ دانشکده علوم ـ دانشگاه تربیت معلم

چکیده

«چرخه‌ی میلانکوویچ» نامی عمومی برای چرخه‌های گردشی کره‌ی زمین، و در ارتباط با میزان جذب انرژی خورشیدی و تغییرات لایه‌های یخی آن است. اگرچه این چرخه را میلوتین میلانکوویچ تفسیر و ارائه کرد، اما او اولین فرد نبود و قبل از او دانشمندان دیگری چون ادمار[1] (۱۸۴۲) و «کرال»[2] (۱۸۷۵) چرخه‌های گردشی زمین را مورد بحث و بررسی قرار داده بودند. چرخه‌ی میلانکوویچ مبتنی بر سه ویژگی مدار انتقالی زمین[3]، زاویه‌ی انحراف[4] و چرخش محور زمین[5] است [23,25&28].

میلانکوویچ با استفاده از این عوامل و به‌ویژه بر پایه‌ی چرخش محور زمین، تغییرات دریافت انرژی خورشیدی و درجه‌ی حرارت مربوط به سطح آن را، در سطح زمین و در طول زمان و دوره‌های شش ماهه، و در عرض‌های جغرافیایی ۶۰،۵۵ و ۶۵ درجه محاسبه کرد [۱] تا مطابقتی بین این تغییرات و نوسانات آب و هوایی پلیوستوسن برقرار کند. تأثیر این سه عامل در میزان انرژی وارد به زمین هیچ یا ناچیز است، اما چون شدت اختلاف آن‌ها بین فصول تغییر می‌یابد، لذا تأثیرات آن‌ها باعث ایجاد زمستان‌های معتدل بارش زیاد برف، و در نتیجه، تابستان‌های خنک‌تر با ذوب برف‌ها در عرض‌های جغرافیایی متوسط و بالا می‌شود.

نظریه‌ی میلانکوویچ تا مدت‌ها مورد قبول دانشمندان و محققان بود، اما برای مدتی کنار گذاشته شد و اکنون با توجه به مطالعات اخیر که شامل حفاری بستر اقیانوس‌ها و مطالعه‌ی رسوبات و محتویات فسیلی آن‌هاست، دوباره پذیرفته شده است. این مطالعات نشان داده‌اند که تغییرات آب‌وهوایی زمین در صدها هزار سال گذشته، با تغییرات هندسی مدار زمین، تغییر شکل مدار و تغییر در میزان تمایل و انحراف محور زمین مطابقت دارد و از آن جهت مهم است که این تغییرات علت اصلی توالی دوره‌های یخبندان کواترنر بوده‌اند [29].

به این ترتیب، این تغییرات روی آب‌وهوای زمین در دوره‌های متفاوت و متوالی تأثیر گذاشته‌اند که بخش مهم و اعظم آن در خصوص دوره‌های یخچالی ـ بین‌یخچالی است. در مقاله‌ی حاضر سعی بر این بوده است که ابتدا پس از آشنایی و معرفی مختصر این چرخه و تغییرات آن در طول زمان، ارتباط آن با تغییرات آب‌وهوای گذشته و حتی حال بررسی و تفسیری مختصر از اتفاقات آب‌وهوایی دیرینه ارائه شود. ابتدا اصول و سازوکار حرکات کره‌ی زمین و چگونگی تأثیر آن بر فصول و آب‌وهوا مختصراً توضیح داده شده و سپس وضعیت آب‌وهوای دیرینه مورد بررسی قرار گرفته است [۲].

کلید واژه‌ها: چرخه‌ی میلانکوویچ، کره‌ی زمین، آب‌وهوا، فسیل.

مقدمه

یکی از بخش‌های مورد توجه علم زمین‌شناسی که جزو مباحث مشترک زمین‌شناسی و جغرافیا نیز محسوب می‌شود، آب‌وهوا و تغییرات آن در ارتباط با وضعیت و موقعیت قرارگیری زمین در مدار چرخشی خود است. تغییرات انرژی خورشیدی متأثر از موقعیت کره‌ی زمین و تأثیر آن بر دما و آب‌وهوا، در فصل دوم کتاب زمین‌شناسی سال سوم و مفهوم انحراف محور زمین و اثر آن در پیدایش فصول و تنوع آب‌وهوایی، در فصل اول کتاب پیش‌دانشگاهی به‌طور مختصر و مبهم ارائه شده است. با توجه به اهمیت موضوع و مشترک بودن این مباحث در دو درس زمین‌شناسی و جغرافیا و تدریس کتاب‌ها توسط دبیران هر دو رشته، بر آن شدیم برای درک بهتر مطالب و رفع ابهامات موجود به ارائه‌ی اطلاعات بیشتری بپردازیم. در مقاله‌ی حاضر، این موضوعات در قالب و مفهوم جدید چرخه‌ی میلانکوویچ و به‌عنوان یکی از علل اصلی تغییرات آب‌وهوایی و موضوع روز دنیا مورد بررسی قرار گرفته‌است.

میلوتین میلانکوویچ

میلوتین میلانکوویچ[6] ژئوفیزیک‌دان صربستانی (۱۹۵۸ـ۱۸۷۹)، به‌خاطر نظریه‌هایی که در مورد عصرهای یخبندان و اختلاف مدار زمین به‌دور خورشید در دوره‌های آب‌وهوایی ارائه داد، به شهرت رسید. وی موفق به دریافت مدرک دکترای فناوری در سال ۱۹۰۴ از دانشگاه وین در اتریش شد.

اقامت او در بلگراد (پایتخت یوگسلاوی سابق) مقارن با جنگ جهانی اول بود. در پایان جنگ جهانی اول در سال ۱۹۱۸، به‌عنوان کارمند کتاب‌خانه‌ی آکادمی علوم مجارستان

در «اتریش ـ مجارستان»[7] مشغول به‌کار شد [25&30]. وی در سال ۱۹۱۲ به مطالعه‌ی آب‌وهوا و دمای سیارات علاقه‌مند شد. پایان جنگ و استخدام میلانکوویچ در کتاب‌خانه، موقعیتی مناسب برای وی فراهم آورد تا به مطالعه در این رشته بپردازد.

میلانکوویچ سرانجام در سال ۱۹۲۰ مقاله‌ای در مورد محاسبه‌ی پدیده‌ی حرارتی ناشی از پرتوهای خورشیدی ارائه کرد. آن‌چه او ارائه کرد، در واقع منحنی تغییرات پرتوهای خورشیدی بود که به سطح زمین می‌تابید. البته ایده‌ی وی تا سال ۱۹۲۴ مورد توجه قرار نگرفت تا این‌که آب‌وهواشناسان معروف آن زمان، یعنی ولادیمیر کوپن[8] و پسرش این منحنی‌ها را تحت عنوان آب‌وهوای یخچال‌های گذشته ارائه کردند. این اتفاق سبب شدکه میلانکوویچ به همکاری در نشر دو کتاب در مورد آب‌وهوا و ژئوفیزیک دعوت شود.

میلانکوویچ به تحقیق خود ادامه داد و به نتایج دقیق‌تری از مطالعات آب‌وهوایی دست یافت و آن را در سال ۱۹۳۰ در آلمان منتشر کرد. میلانکوویچ در سال ۱۹۲۰ به‌عنوان عضو افتخاری آکادمی علوم و فنون صربستان و در سال ۱۹۲۴ و به‌عنوان عضو فعال این آکادمی برگزیده شد [11&30]. در سال ۱۹۵۰ او تئوری عصر یخ را ارائه داد که با مخالفت گروهی از زمین‌شناسان مواجه شد. این گروه مدعی بودند تغییرات پرتوهای خورشیدی حاصل از تغییرات مدار زمین بسیار کم و ناچیز است و نمی‌تواند روی سیستم آب‌وهوای زمین تأثیر بگذارد. اما ده سال بعد و بعد از مرگ میلانکوویچ (۱۹۸۵ در بلگراد) و در طول سال‌های ۷۰ـ۱۹۶۰، تحقیقات وسیع روی بستر دریاها نظریه‌های او را تأیید کرد [30].

تغییر شکل مدار زمین یا خروج از مرکز

زمین در چرخش خود به دور خورشید در مدار مشخصی حرکت می‌کند که شکل این مدار حول خورشید، به دلیل نیروی جاذبه‌ی بین سیارات، مانند مدار بسیاری دیگر از سیارات منظومه‌ی شمسی ثابت نیست و تغییر می‌کند. این مقدار طی فواصل زمانی متفاوت از یک مسیر دایره‌ای تا بیضوی و طی دوره‌های۱۰۰،۱۲۵ و ۹۵ هزار ساله طی می‌شود و تغییر می‌یابد. تغییر شکل مدار زمین را با e نشان می‌دهند

$$e=\frac{d_a - d_p}{d_a - d_a}$$

که با استفاده از رابطه‌ی بدست می‌آید. در این رابطه، da بیشترین

فاصله تا مرکز خورشید و dp کمترین فاصله است. برای مثال، اگر e=0 باشد، شکل مدار دایره‌ای و اگر 0<e<1 باشد، مدار بیضی خواهد بود [29].

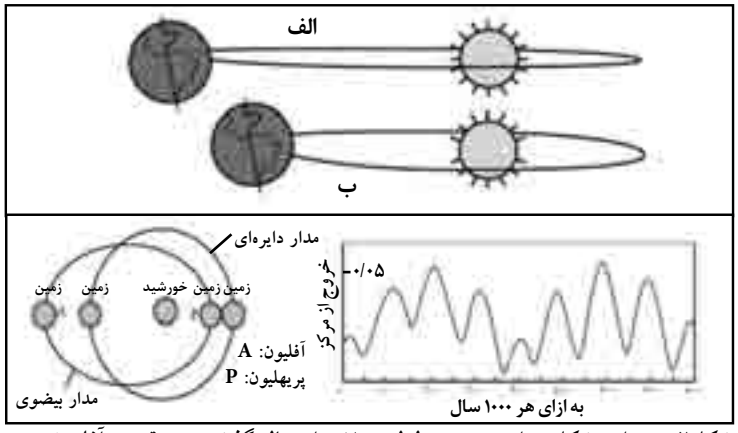
خروج از مرکز، در رابطه با تغییر شکل مدار سیارات و تغییرات تبدیل شکل دایره‌ای و بیضی مدار زمین حول خورشید است و کشیدگی این مدار از حالت کاملاً دایره تا بیضوی، در سیارات مختلف متفاوت است (شکل ۱). برای مثال، بین سیارات منظومه‌ی شمسی، عطارد دارای چرخه‌ی خروج از مرکز ۰/۲۰۵ است [۱]. خروج از مرکز مدار زمین در طول زمان از کمترین مقدار، یعنی صفر و شکل دایره‌ای تا حدود سه برابر حالت امروزی تغییر یافته است [34]. بیشترین مقدار خروج از مرکز مدار زمین ۰/۰۵۸ و کمترین مقدار آن ۰/۵۰۰ است. خروج از مرکز کنونی مدار زمین ۰/۰۱۷۰ است؛ یعنی دارای مداری تقریباً دایره‌ای شکل است. وقتی مدار زمین بیضی شکل باشد، خورشید در مرکز این بیضی نیست و به یک سمت نزدیک‌تر است. بدین‌ترتیب، زمین طی چرخش به دور خورشید، به‌طور متناوب به خورشید نزدیک و دور می‌شود که به تعریف دو نقطه‌ی آفلیون[9] و پریهلیون[10] می‌انجامد. نقطه‌ی آفلیون دورترین فاصله تا خورشید و پریهلیون نزدیک‌ترین فاصله تا خورشید خواهد بود [29] (شکل ۲). فاصله‌ی خورشید تا زمین در پریهلیون کمتر از این فاصله در آفلیون است ولی این تفاوت اندک است و تنها ۳ درصد کمتر از فاصله‌ی آن در آفلیون است [34] و این اختلاف حدود ۳ درصدی، برابر مقدار عددی معادل ۵/۱ میلیون کیلومتر است [11]. به عبارت دیگر، زمین در موقعیت آفلیون خود حدود ۵/۱ میلیون کیلومتر دورتر از خورشید نسبت به موقعیت پریهلیون است و تفاوت مقدار انرژی دریافتی این دو نقطه از خورشید تنها ۳۰ درصد است [27&33].

خروج از مرکز زمین در حال حاضر ۱ درصد است، اما در عصر یخ ۶ درصد بوده است. یعنی در آن زمان، مدار زمین کشیده‌تر و زمین مسافت بیشتری را به دور خورشید می‌چرخیده است. به عبارت دیگر، عصر یخ زمانی آغاز شد که مدار زمین در کشیده‌ترین حالت خود و وقتی که در نقطه‌ی آفلیون در دورترین فاصله قرار داشته، رخ داده است. امروزه آفلیون در ژانویه (دی) و پریهلیون در جولای (تیر) رخ می‌دهد [33] و این تغییر فاصله‌ی زمین از خورشید به ایجاد فصول منجر می‌شود. برای مثال، وقتی زمین در پریهلیون است، در اول ژانویه به خورشید نزدیک و در نیم کره‌ی شمالی فصل زمستان است [34].

شکل ۱. چرخه‌ی تغییر شکل زمین

الف) مدار زمین با خروج از مرکز بیشتر (بیضی‌شکل).

ب) مدار زمین با خروج از مرکز کمتر (بیضی با کشیدگی کمتر) [28].



شکل ۲. تغییرات شکل مدار زمین در طول ۷۵۰ هزار سال گذشته و موقعیت آفلیون و پریهلیون زمین [۵]

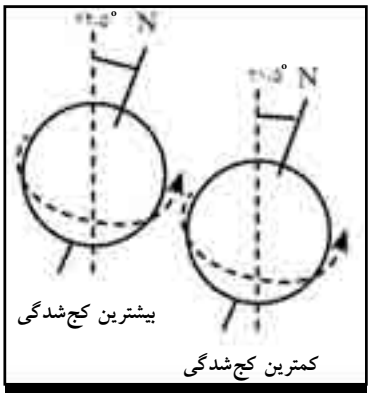
انحراف محور زمین[11]

محور زمین، خطی فرضی و عمود بر استواست که از دو قطب شمال و جنوب زمین می‌گذرد. این خط نسبت به خط فرضی قائم بر مدار زمین و سطح افق، دارای کجی و انحراف است. به عبارت دیگر، محور زمین به صورت عمود بر زمین است، ولی این محور به صورت قائم در فضا قرار ندارد و با خط قائم زاویه می‌سازد [29]. تصور ما بر این است که این محور ثابت، و سمت شمال آن به‌سوی ستاره‌ی قطبی است. اما این جهت دائمی و ثابت نیست و به اندازه‌ی نیم درجه در هر قرن حرکت می‌کند مثلاً در زمان ساخت اهرام مصر و حدود ۲۵۰۰ سال قبل از میلاد، نزدیک ستاره‌ی «توبان»[12] بوده، ولی امروزه به سمت ستاره‌ی قطبی است [34]. پس میزان این کجی و انحراف (زاویه‌ی انحراف) در طول زمان متغییر است و مقدار آن از ۲۱/۵ درجه به ۲۴/۵ رسیده و دوباره به حالت اولیه‌ی خود (۲۱/۵) بازمی‌گردد که زمان این جابه‌جایی دارای چرخه‌ای است که این چرخه‌ی تکرار، ۴۱۰۰۰ سال طول می‌کشد.

انحراف محور زمین از حالت قائم تأثیر بسیار زیاد و مهمی روی آب و هوای زمین دارد. به‌طوری که اگر محور زمین مایل و کج نبود، قطب‌ها همواره در زمستان و سرد بودند (عصر یخ). چرا که در این صورت،

زمین کروی‌شکل و پرتوهای تابشی خورشید مستقیم می‌شوند و این‌گونه سرمای دائمی عصر یخ را خواهیم داشت. وقتی کج‌شدگی زیاد باشد، زمستان‌ها بسیار سرد و تابستان‌ها گرم‌تر می‌شوند و با کج‌شدگی کم‌محور زمین، زمستان‌ها ملایم‌تر و تابستان‌ها خنک‌تر می‌شوند. زمستان‌های ملایم، رطوبت هوا را جذب می‌کنند و سبب بارش برف متوالی می‌شوند. هم‌چنین تابستان‌های سردتر، ازذوب یخ‌های زمستانی جلوگیری می‌کنند و امکان تشکیل لایه‌های یخی را افزایش می‌دهند. تمام این عوامل باعث شروع عصر یخ و گسترش یخچال‌ها می‌شوند [29]. قابل توجه است که وجود دو عامل کمترین کجی محور زمین (۲۱ درجه) و بیشترین کشیدگی مدار آن در ۱۱۵ هزار سال قبل، باعث ایجاد زمستان‌های شدید (منطبق با عصر یخ) شده است [33].

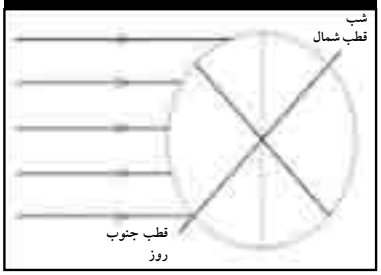
همان‌طور که اشاره شد، انحراف محور زمین تأثیر شگرفی بر دما در بخش‌های گوناگون زمین



شکل۳. میزان کج شدگی محور در بیشترین و کمترین مقدار

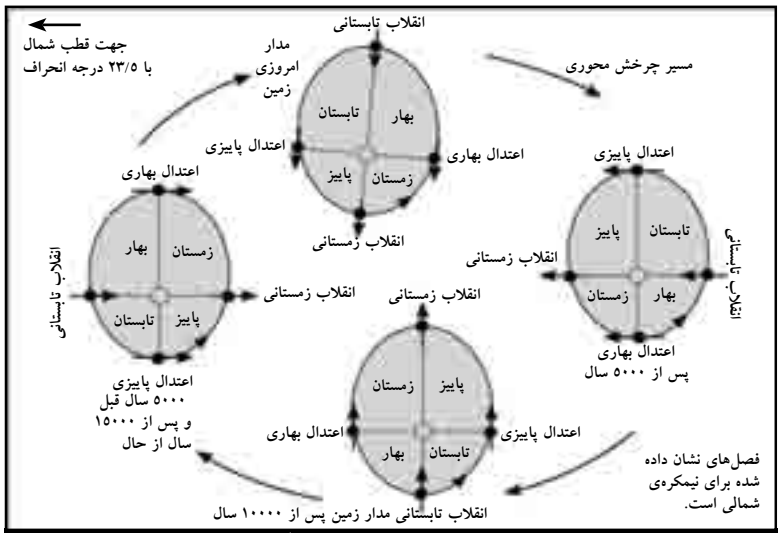
گذاشته است؛ به‌طوری که در حال حاضر نیم‌کره‌ی جنوبی کره‌ی زمین در پریهلیون رو به خورشید است و با وجود چرخش زمین به دور خود، قطب شمال ۶ ماه شب و بر عکس قطب جنوب ۶ ماه روز است. اما در آفلیون، قطب شمال ۶ماه روز و قطب جنوب ۶ماه شب است که به وضعیت زمین در این حالت وقتی در موقعیت پریهلیون باشد، انقلاب زمستانی و وقتی در موقعیت آفلیون باشد، انقلاب تابستانی گویند (شکل‌های ۵و۶) [29].

شکل٤. زمین در وضعیت پریهلیون[۲۷]



هستند و قطبین از دریافت پرتوهای نورانی خورشید محروم‌اند [29]. بدین‌ترتیب، در این موقعیت‌ها یک قطب نسبت به قطب دیگر تفاوت فاحش فصلی نشان خواهد داد. نیم‌کره‌ای که در پریهلیون تابستان را سپری می‌کند، انرژی نورانی بیشتری دریافت می‌کند، اما در آفلیون در زمستان سرد قرار دارد. اما در نیمکره‌ی مقابل شرایط کاملاً برعکس خواهد بود [29&34]. همان‌طور که گفته شد، در حال حاضر نیم‌کره‌ی جنوبی در پریهلیون تابستان را سپری می‌کند و زمستان در این نیم‌کره زمانی است که زمین در موقعیت آفلیون قرار گیرد.

قابل توجه است که چرخه‌ی ۴۱هزارساله‌ی



شکل۵. تغییر در مدار چرخش زمین و موقعیت‌های متفاوت آن طی چرخش به دور خورشید و ایجاد فصول [۲٤]

همان‌طور که در شکل‌های (۴و۵) نشان داده شده است، در نزدیک‌ترین فاصله تا خورشید (پریهلیون)، با وجود چرخش زمین به دور خود، در قطب شمال همواره شب و در قطب جنوب همواره روز خواهد بود. در موقعیت آفلیون نیز قطب شمال همواره روز و قطب جنوب همواره شب خواهد بود. چرا که زمین گرد و پرتوهای نورانی مستقیم

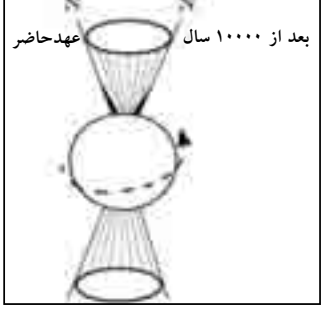
کج‌شدگی محور زمین و تأثیر آن بر آب‌وهوا، به مطالعات زیادی منجر شده است. به طوری که مطالعه‌برروی گروهی از فرامینیفرهای بنتیک، نسبت ایزوتوپ‌های اکسیژن در حجم یخ‌های جهانی و در کربنات کلسیم اسکلت مرجان‌ها و پوسته‌ی فرامینیفرها و هم‌چنین نسبت منیزیم به کلسیم موجود در آب‌های عمیق، به خوبی صحت آن را به اثبات رسانده است.

به‌علاوه، اخیراً گروهی از محققان اعلام کرده‌اند که اشتقاق و تنوع گونه‌های استراکد بنتیک نیز کاملاً با این چرخه قابل انطباق است [33].

تغییر جهت محور زمین [13]

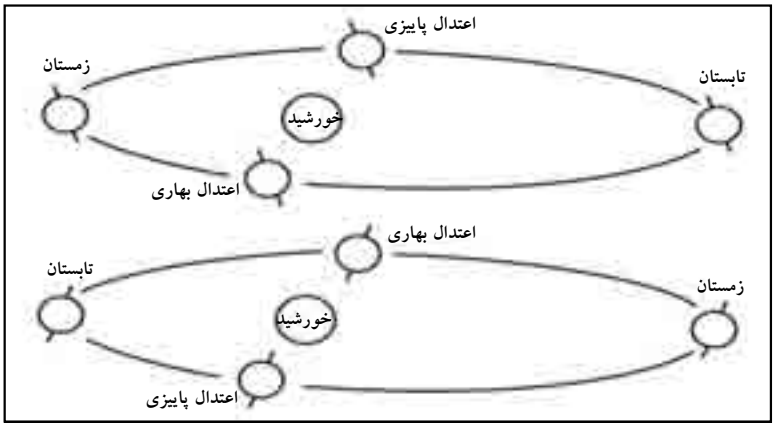
زمین کره‌ای است که محور فرضی آن از قطب شمال به قطب جنوب کشیده شده است. این محور نسبت به سطح افق قائم نیست و دارای زاویه است که در صفحه از شرق به غرب بین ۲۱/۵ تا ۲۴/۵ درجه تغییر می‌کند. اما این محور دارای جابه‌جایی دیگری نیز هست که خارج از یک بعد است و به‌صورت چرخشی حول یک مرکز ثابت جابه‌جا می‌شود. در واقع، زمین در حین چرخش حول محور خود یک مسیر دایره‌ای ۳۶۰ درجه‌ای را در فضا طی می‌کند. این چرخش در حول محور، برابر ۱ درجه در طول حدود ۱۸۰ سال است و یک چرخه‌ی کامل ۲۵۸۵۰۰ سال طول می‌کشد و علت اصلی آن، نیروی گرانشی ماه و خورشید بر زمین، به‌ویژه بر قسمت استوایی آن است [24]. همان‌طور که در شکل ۶ نشان داده شده است، حلقه‌ای فرضی در قسمت بالایی زمین (به موازات خط استوا) در نظر می‌گیریم که محور زمین روی محیط دایره حرکت می‌کند و حدود هر ۲۵۸۵۰۰ سال یک دور کامل می‌زند.

شکل ۶. موقعیت محور زمین طی چرخش ۳۶۰ درجه‌ای حول محور مرکزی از حالا تا ۱۰ هزار سال آینده.



در طول زمان، چرخش آرام زمین حول محور خود و در مسیر دایره‌ای باعث تغییر موقعیت زمین نسبت به خورشید و جذب انرژی نورانی آن می‌شود و به ایجاد فصل‌های گرم و سرد با توجه به مقدار انرژی می‌انجامد. به عبارت دیگر، با این چرخه دو نیم‌کره‌ی شمالی و جنوبی با فاصله‌ی زمانی حدود ۲۳ هزار سال به سمت خورشید قرار می‌گیرند (شکل ۷). این وضعیت در ایجاد آب‌وهوای متفاوت و ایجاد فصل‌ها نقش دارد (شکل‌های ۵ و ۷). به این ترتیب که سمت رو به خورشید، انرژی نورانی بیشتری دریافت می‌کند و دارای گرمای بیشتری می‌شود و فصل تابستان را ایجاد می‌کند. این تأثیر زمانی که مسیر مدار زمین به‌دور خورشید نزدیک دایره است، کم است، اما وقتی مسیر بیضی باشد، این تأثیر به ایجاد فصول سرد و گرم با اختلاف دمایی فاحش منجر می‌شود [24 و ۲].

هم‌چنین، این شرایط با کج‌شدگی محور زمین تشدید می‌شود و علت آن کرویت شکل زمین است. به طوری که هرچه از سمت استوا به سمت قطبین حرکت کنیم، به علت کروی بودن آن، زاویه‌ی تابشی پرتوهای خورشیدی مایل‌تر می‌شود و انرژی گرمایی کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، با حرکت به سمت استوا، زاویه‌ی تابشی نزدیک به قائم و انرژی تشعشعی بیشتر و دمای زمین افزایش می‌یابد که انحراف محور زمین در وضعیت قطبین تغییر ایجاد می‌کند و مقدار تشعشعات نورانی را تقلیل می‌دهد. حال هرگاه نیم‌کره‌ای رو به خورشید باشد، به علت جذب اشعه‌های نورانی بیشتر، دارای فصل تابستان و نیم‌کره‌ی دیگر در همین وضعیت دارای فصل زمستان خواهد بود. بنابراین تنوع فصلی در دو نیم‌کره، تحت تأثیر مستقیم انحراف محور زمین و چرخش آن است [۲ و 27]. جدول ۱ وضعیت فصل سرد و گرم را در دو نیم‌کره بیان می‌کند.



شکل ۷. تغییرات حرکات زمین حول خورشید که نشان‌دهنده‌ی تغییرات آب‌وهوای زمین است.

الف	ب	الف	ب	
پریهلیون	پریهلیون	آفلیون	آفلیون	
تابستان	زمستان	زمستان	تابستان	نیم‌کره‌ی شمالی
زمستان	تابستان	تابستان	زمستان	نیم‌کره‌ی جنوبی

جدول ۱. الف) نیمکره‌ی شمالی به سمت خورشید باشد.
ب) نیمکره جنوبی به سمت خورشید باشد (در حال حاضر)

لازم به ذکر است، چرخه‌های انحراف محور زمین و خروج از مرکز نیز در تغییرات آب‌وهوا نقش دارند. اما نقش آن‌ها نسبت به چرخه‌ی تغییر جهت محور زمین قابل ملاحظه نیست [۲۷].

تغییر جهت محور زمین و طول شب و روز

با توجه به ارتباط چرخه‌ی تغییر جهت محور زمین و تنوع فصلی در نیم‌کره‌ها، می‌توان گفت تحول شب و روز در نیم‌کره‌ها در موقعیت آفلیون و پریهلیون طی زمان‌های متفاوت یکسان نیست. چرا که تغییر طول شب و روز در ابتدای زمستان و ابتدای تابستان برای هر دو نیم‌کره اتفاق می‌افتد. حال اگر در زمستان و تابستان نیم‌کره‌ها در وضعیت پریهلیون و آفلیون تغییر کند، یقیناً تحول طول شب و روز را در نیم‌کره‌ها بیان می‌کند. چرا که طول و دمای روز و شب نیز مستقیماًبه میزان تشعشعات نورانی خورشید که زمین دریافت می‌کند، وابسته است و کرویت و میزان انحراف محور زمین در طول آن‌ها تأثیر مستقیم دارد (جدول۲) [۲۷].

زمین دارند. برای داشتن تفسیر و تجزیه و تحلیل صحیح از این تغییرات آب‌وهوایی، باید اطلاعات دقیقی از این چرخه‌ها داشت. به یقین در گذشته نیز کره‌ی زمین دچار این تغییرات و نوسانات بوده است که بررسی و مطالعه‌ی آن‌ها در حیطه‌ی آب‌وهواشناسی دیرینه است در این‌جا به اهمیت این چرخه در طول تاریخ زمین به‌ویژه در «نئوژن» می‌پردازیم.

در مطالعه ی آب‌وهوای گذشته‌ی زمین ضروری است که دوره‌های یخچالی و بین یخچالی کره‌ی زمین مورد بررسی قرار گیرند. به‌طور کلی، دوره‌های یخچالی دوره‌های سردتر آب‌وهوای زمین، و دوره‌های میان یخچالی، دوره‌های گرم‌تر آب‌وهوای زمین در طول میلیون‌ها سال قبل هستند [28]. نظریه‌ها بیانگر آن است که قدیمی‌ترین عصر یخ در حدود ۲/۷ـ۲/۳ میلیارد سال قبل در طول پروتروزئیک پیشین اتفاق افتاده است. اما قدیمی‌ترین اسناد معتبر مربوط به عصر یخ نشان می‌دهد که حداقل چهار عصر یخی مهم در گذشته‌ی زمین وجود داشته است [26]:

۱. عصر یخی اولیه در حدود ۸۰۰ـ۶۰۰ میلیون سال قبل: در این مدت یخ‌های دریایی تا نزدیک استوا پیش آمده و زمین از فاصله‌های خیلی دور شبیه گلوله برفی بوده است. پایان این دوره مطابق با پایان کامبرین بوده است.

۲. عصر یخچالی دوم که به‌طور ضعیفی در حدود ۴۶۰ـ۴۳۰ میلیون سال قبل در طول اردویسین پسین اتفاق افتاده است.

۳. عصر یخچالی سوم که در حدود ۳۵۰ـ۲۶۰ میلیون سال قبل در طول پرمین پیشین رخ داده است.

۴. آخرین عصر یخچالی که از ۴۰ میلیون سال قبل آغاز شده است و تا ۱۰ هزار سال قبل ادامه داشته است.

در میان دوره‌های یخچالی، دوره‌های چندین میلیون‌ساله نیز وجود دارند که زمین دارای آب‌وهوای معتدل‌تری است. دوره‌هایی که آب‌وهوای زمین گرم‌تر است، دوره‌های میان‌یخچالی و دوره‌های سردتر، دوره‌های یخچالی نامیده می‌شوند. ما هم اکنون دوره‌ی میان یخچالی را سپری می‌کنیم که حدود ۱۰ هزار سال از شروع آن گذشته است [28]. چرخه‌های میلانکوویچ در دوره‌های یخچالی و بین یخچالی تأثیر دارند، چرا که مهم‌ترین دوره‌های یخچالی ۱۰۰هزار سال قبل رخ داده‌اند و از نظر زمانی با تغییرات مدار و محور زمین مطابقت می‌کند که این تغییرات در میزان پرتوهای

الف	ب	الف	ب	
پریهلیون	پریهلیون	آفلیون	آفلیون	
بلندترین روز	کوتاه‌ترین روز	کوتاه‌ترین روز	بلندترین روز	نیم‌کره‌ی شمالی
کوتاه‌ترین روز	بلندترین روز	بلندترین‌روز	کوتاه‌ترین‌روز	نیم‌کره‌ی جنوبی

جدول ۲ . الف) اگر نیمکره ی شمالی به سمت خورشید باشد. ب) اگر نیمکره جنوبی به سمت خورشید باشد (در حال حاضر).

آب‌وهوا و دوره‌های یخچالی و بین یخچالی

چرخه‌های حرکت زمین که توسط میلانکوویچ معرفی شدند، نقش بسیار مهمی در آب‌وهوای نقاط گوناگون کره‌ی خورشیدی تأثیر گذاشته و سردی هوا و یخبندان را منجر شده است [26]. برخی از دانشمندان مانند **رودیمن** (۱۹۹۱) معتقدند که تأثیر عامل فعالیت‌های انسانی و تشکیل گازهای گل‌خانه‌ای حاصل از فعالیت‌های

صنعتی انسان‌ها، با عامل کشیدگی محور زمین یا خروج از مرکز صدهزار ساله و چرخش محوری ۴۱ هزار ساله ترکیب شده و تمام این عوامل بر مدت زمان دوره‌های میان یخچالی و یخچالی تأثیرگذار بوده و سبب تغییر زمانی در رخداد این دوره شده است [۳و 26].

قابل ذکر است که سه عامل کلی در پیدایش یخچال‌ها در سطح زمین نقش بیشتری دارند که عبارت‌اند از: ۱. ترکیب اتمسفر (مقدار CH_4 و CO_2) و مقدار غبار، ۲. تغییرات حرکت زمین حول خورشید، ۳. نحوه‌ی قرارگیری قاره‌ها [36 و 17 و 16 و 15 و3].

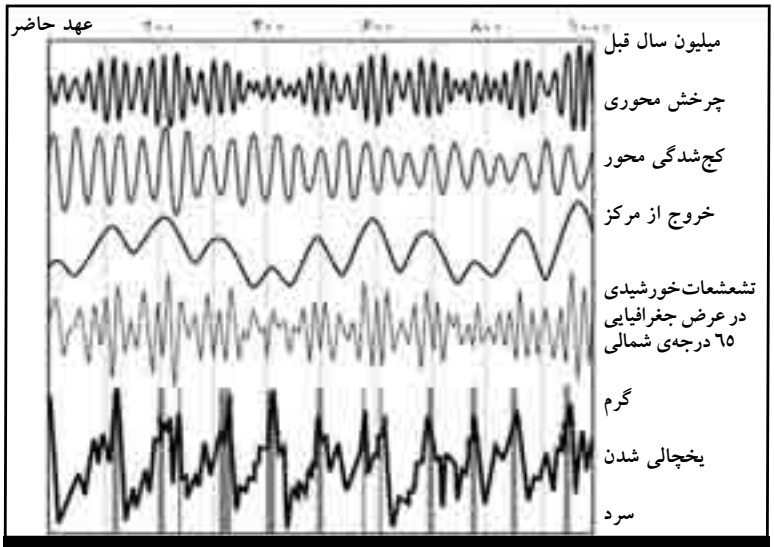
به نظر می‌رسد، نقش تغییرات حرکت زمین حول خورشید بر اساس چرخه‌ی میلانکوویچ، تأثیر مهم‌تر و شگرف‌تری داشته که در این‌جا قابل بررسی و تجزیه و تحلیل است [15].

در این راستا می‌باید تأثیر سه چرخه‌ی میلانکوویچ چرخه‌ی میلانکوویچ (چرخه‌ی خروج از مرکز، چرخه‌ی انحراف محوری زمین و چرخه‌ی تغییر جهت محور زمین) بر آب و هوا (تشکیل دوره‌های یخچالی و میان یخچالی) مورد بررسی قرار گیرد. هرچند ابتدا تأثیر این چرخه‌ها در تغییرات آب‌وهوا در گذشته و ایجاد دوره‌های یخچالی با توجه به تغییر در میزان پرتوهای خورشیدی رد شد، اما امروزه صحت این نظریه به اثبات رسیده است. به‌طوری که امروزه مبنایی برای بررسی تغییرات آب و هوای پلیوستوسن شده و علت اصلی شروع دوره های یخچالی و بین یخچالی در نظر گرفته شده است[8]. حتی از آن برای تعیین سن رسوبات قبل از پلیوستوسن نیز استفاده می‌شود [22].

مطالعات متفاوت صحت و قابل انطباق بودن این چرخه‌ها باتغییرات آب‌وهوایی را به اثبات رسانده‌اند. شکل ۸ ، ارتباط و هماهنگی چرخه‌های میلانکوویچ را با یخچالی شدن و نیروهای کهکشانی در طول زمان نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، تمام چرخه‌های به سمت حال حاضر کوچک می‌شوند. مثلاً کج‌شدگی محوری متوسط است، اما به سمت عهد حاضر درحال کاهش است و این خود باعث کاهش تغییرات فصلی می‌شود. به این ترتیب، با بررسی نمودارها مشخص می‌شود که شرایط امروزی قابل مقایسه و تطبیق با شرایط ۴۰۰هزار سال قبل و دوره‌ی بین یخچالی آن زمان است؛ البته با این تفاوت که دوره‌ی بین یخچالی عهد حاضر، کمی گرم‌تر از ۴۰۰ هزار سال قبل است. اضافه شدن دی‌اکسید کربن به اتمسفر، زمان عصر یخ را در آینده تحت تأثیر قرار خواهد داد و دوره‌ی یخچالی بعدی ۵۰ هزار سال به تعویق خواهد افتاد [۲۸&۳۱].

زمین در چرخش خود به دور خورشید در مدار مشخصی حرکت می کند که شکل این مدار حول خورشید، به دلیل نیروی جاذبه‌ی بین سیارات، مانند مدار بسیاری دیگر از سیارات منظومه‌ی شمسی ثابت نیست و تغییر می کند

در این زمینه، **برگر** (۱۹۹۱) و **لاسکر** (۱۹۹۳) نیز مطالعاتی را در خصوص چرخه‌های میلانکوویچ و تأثیر پرتوهای خورشید در عرض‌های متفاوت جغرافیایی انجام دادند. آن‌ها مطالعات خود را روی عرض ۶۵ درجه‌ی شمالی و در محدوده‌ی زمانی یک‌میلیون‌سال قبل تا عهد حاضر به انجام رساندند و مشخص کردند که در نیم‌کره‌ی شمالی، اوج پرتوهای تابستانی حدود نه‌هزار سال قبل بوده و به ذوب ورقه‌های بزرگ یخ منجر شده است. بعد از آن زمان، تابستان‌های نیم‌کره‌ی شمالی

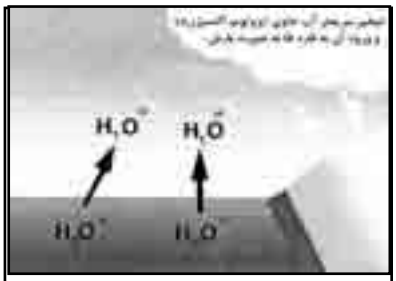


شکل۸. تطابق نمودارهای مربوط به چرخه میلانکوویچ با دوره‌ی یخبندان و دمای زمین [31].

تشعشعات خورشیدی کمتری دریافت کرده است. آنالیزهای طیفی روی تشعشعات خورشیدی و پراکندگی نوسانات آن، تأثیر آن‌ها را روی آب و هوا اثبات و تأیید کرده است.

هم‌چنین، مطالعات روی رسوبات کف دریاها که به وسیله‌ی پیش‌روی و پس‌روی یخچال‌ها به هم ریخته نشده‌اند و برجا هستند، به‌علاوه تکنیک‌های ایزوتوپی، امکان ترسیم منحنی‌های آب‌وهوایی را در طول هفت هزار سال گذشته فراهم کرده است. ترکیب این اطلاعات با یافته‌های مربوط به واژگونی قطب‌های مغناطیسی زمین، می‌تواند زمان این منحنی‌ها را مشخص کند که نتایج حاصل، به‌علاوه اطلاعات چندین چرخه‌ی آب‌وهوایی مشخص، با ایده‌های میلانکوویچ نزدیک است و هماهنگی نشان می‌دهد [37&38]. این اطلاعات نشان می‌دهند که زمان‌های مربوط به فصول با درجه‌ی حرارت‌های شدید، مانند تابستان‌های خیلی گرم و زمستان‌های خیلی سرد، برای رشد یخچال‌های مطلوب نبوده است. چرا که باعث ذوب یخ‌ها طی تابستان و ایجاد یخ کمتر در طول زمستان‌های سرد و خشک می‌شده است. اما طی شرایط معتدل تابستان، ذوب برف کمتر و بارش برف در زمستان بیشتر است که به تجمع برف‌ها و ایجاد یخچال می‌انجامد [35&33]. در واقع، تابستان‌های داغ و زمستان‌های سرد به عقب‌نشینی یخچال‌ها و پایان عصر یخ منجر شده است [35].

مطالعات ایزوتوپی و بررسی درصد ایزوتوپ‌های اکسیژن در رسوبات اقیانوس نشان می‌دهد که عصر یخ دقیقاً چه زمانی رخ داده‌است. چرا که اکسیژن ۱۶ به عنوان ایزوتوپ سبک، به آسانی از آب اقیانوس تبخیر می‌شود و مقدار آن در باران و برف حاصل از تبخیر آب اقیانوس‌ها، نسبت به اکسیژن ۱۸ بیشتر است. به همین دلیل یخچال‌ها غنی از اکسیژن ۱۶ هستند. این کاهش یک در میلیون اکسیژن ۱۸ نسبت به اکسیژن ۱۶ در یخ‌ها، منعکس‌کننده‌ی کاهش ۱/۵ درجه‌ی دما و سرد شدن در طول زمان است. بررسی‌ها ثابت کرده‌اند، این تغییرات ایزوتوپی منطبق بر چرخه‌ی خروج از مرکز ۱۰۰ هزار ساله است [18&33] (شکل۹). بدین‌ترتیب، اگر امروز مانند عصر یخ، یخچال‌ها وجود داشتند، با ورود اکسیژن ۱۶ به یخ‌ها آب اقیانوس‌ها تهی از اکسیژن ۱۶ و غنی از اکسیژن ۱۸ می‌شدند که این ویژگی به خوبی در رسوبات مربوط به کف اقیانوس‌ها منعکس شده و بررسی می‌شود. از آن‌جا که اقیانوس‌ها حدود هزار سال قبل به هم متصل بوده‌اند، نبود اکسیژن ۱۶ در آب تمام اقیانوس‌ها دیده می‌شود [32&9].



شکل۹. خروج سریع اکسیژن ۱۶ از آب دریاها و ذخیره‌ی آن در یخچال‌ها [32].

مطالعات **مولر** و **مک دونالد** (۱۹۹۵) نشان می‌دهد که ما در طول یک میلیون‌سال گذشته، در هر ۱۰۰ هزار سال دارای اوج تمرکز ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ در آب اقیانوس‌ها و اکسیژن ۱۶ در یخ‌ها بوده‌ایم. این دقیقاً بر دوره‌های سرد و تراکم یخچال‌ها و شروع عصر یخبندان دلالت دارد. از طرف دیگر، مقدار این ایزوتوپ در هر ۱۰هزار سال در آب‌های اقیانوسی کم شده که بیانگر دوره‌ی گرم و ذوب یخچال‌هاست. تئوری میلانکوویچ این تغییرات آب‌وهوا را منطبق بر تغییر شکل مدار زمین و چرخه‌های خروج از مرکز آن که در دوره‌های ۴۰۰، ۱۲۵ و ۹۵ هزارساله اتفاق می‌افتد، در نظر می‌گیرد. البته مطالعات دیگر نظیر بررسی فسیل‌ها و مشاهده‌ی تغییرات آب‌وهوا روی آن‌ها در محدوده‌ی زمانی یک میلیون سال قبل به عنوان شاهد مستدل دیگر، بر دوره‌هایی که تئوری میلانکوویچ پیش‌بینی کرده، منطبق است. به عبارت دیگر، تغییرات گوناگون موجود در مجموعه‌های فسیلی باقی مانده از موجودات، با زمان این چرخه‌ها هماهنگ و تحت تأثیر آن‌هاست [14&9].

علاوه بر این، مطالعات جدید نشان می‌دهند که حدود ۲۳ میلیون سال قبل، ورقه‌های وسیع یخ روی قطب جنوب گسترش داشته‌اند که با گرم شدن جهانی زمین، حجم این یخ‌ها کاهش یافت. این یافته‌ها نشان داده‌اند که این یخچال‌های موقت و تغییرات آب‌وهوایی در طول دوره‌ای برابر ۲۰ تا ۲۵ میلیون سال قبل، به ویژه در مرز الیگوسن ـ میوسن، با چرخه‌ی میلانکوویچ منطبق است [13]. زاکوس و همکارانش (۲۰۰۱ و ۱۹۹۷) اعلام کردند که

مطالعه بر روی گروهی از فرامینیفرهای بنتیک، نسبت ایزوتوپ‌های اکسیژن در حجم یخ‌های جهانی و در کربنات کلسیم اسکلت مرجان‌ها و پوسته‌ی فرامینیفرها و هم‌چنین نسبت منیزیم به کلسیم موجود در آب‌های عمیق، به خوبی صحت آن را به اثبات رسانده است

در این زمان، خروج از مرکز زمین کم بوده و مدار گردش زمین به دور خورشید، دایره‌ای و کج‌شدگی در حداقل خود قرار داشته است. در نتیجه، فاصله‌ی آن از خورشید در طول سال یکسال باقی می‌مانده است. به علاوه، افزایش کج‌شدگی محور زمین که ایجاد کننده‌ی تغییرات شدید فصل‌هاست، در این زمان در حداقل مقدار خود قرار داشته است.

این وضعیت باعث شده است که اختلاف کمی در درجه‌ی حرارت بین تابستان و زمستان در قطب وجود داشته باشد. همین موضوع به گسترش ورقه‌های یخ در قطب جنوب کمک کرده است. این محققان به وسیله‌ی تجزیه‌وتحلیل رسوبات مربوط به مغزه‌های رسوبات کف اقیانوس، جزئیات بیشتری از آب‌وهوای موجود در زمان الیگوسن پسین ـ میوسن پیشین به‌دست آوردند. این لایه‌های رسوبی به ویژه لایه‌های شیلی که مربوط به میلیون‌ها سال قبل‌اند، حاوی جان‌داران کوچک دریایی فسیل شده هستند که اطلاعات زمانی مربوط به آب‌وهوای گذشته را ثبت کرده‌اند. علاوه بر این، موارد ایزوتوپ‌های اکسیژن موجود در رسوبات دمای آب اقیانوس‌ها و مقدار یخ‌گیر افتاده در یخچال‌ها را نشان می‌دهد [37&38].

هم‌چنین، مطالعات دیگری نشان می‌دهند جان‌داران و گونه‌های متفاوت مناطق خشکی، آب شیرین و دریا، با توجه به شرایط منحصر به‌فرد خود برای رشد در محیط، به تغییرات آب وهوایی محیط که منطبق بر چرخه‌های میلانکوویچ در کواترنری است واکنش می‌دهند. بدین‌معنی که چرخه‌های میلانکوویچ بر چرخه‌ی حیات موجودات نیز تأثیر گذاشته و به تغییر و تحول در تنوع و فراوانی جان‌داران و تغییرات بزرگ‌گونه‌ای در میان آنان منجر شده است. به‌عبارت دیگر، تغییرات آب‌وهوایی حاصل از این چرخه‌ها، باعث تفکیک و تغییر منظم و مرتب جمعیت‌های موجودات و ایجاد و توسعه‌ی اجتماعات جدید تحت شرایط آب‌وهوایی محیطی جدید شده است. یعنی گروهی از آن‌ها در پی این تغییرات از بین رفته و گروهی جدید جای‌گزین شده‌اند [9]. به‌طوری که مطالعات ون‌دام و همکارانش (۲۰۰۶) بر فسیل گروهی از پستان‌داران نشان داد که مسیر تکاملی گروهی از جوندگان در اسپانیای مرکزی، منطبق بر چرخه‌های خروج از مرکز و کج شدگی محور زمین و توسعه‌ی ورقه‌های یخ و سرمای حاصل از آن است. بدین‌ترتیب، تغییرات آب‌وهوایی حاصل که بر زمان این چرخه‌ها منطبق است، به تحولات گونه‌ای بین این موجودات انجامیده است [18]. تحقیقات زیادی در زمینه تأثیر چرخه‌های آب‌وهوایی بر روی گروه‌های مختلف جانداران انجام شده که بنت [۴] به اختصار به مواردی از آن‌ها به شرح ذیل اشاره می‌نماید:

با توجه به فسیل های یافت شده از پستان‌داران کوچک در کواترنری از شمال آمریکا، **گراهام** (۱۹۸۶) بیان کرد که گونه‌های این پستان‌داران، طی زمان‌های متفاوت پراکندگی وسیع داشته و در جهت‌های جغرافیایی شمال، جنوب، شرق و غرب آمریکا حرکت کرده و پخش شده‌اند. اما گونه‌هایی که در زمان پلیوستوسن در شمال شاخص و فراوان بودند، با تغییر شرایط محیطی و آب‌وهوا در زمان هولوسن، به سمت جنوب حرکت کرده و تغییر مکان داده‌اند. به این معنی که تغییرات آب‌وهوا به‌طور گسترده به تغییر و تحول در پراکندگی گونه‌ها و مهاجرت‌های بزرگ در میان آن‌ها منجر شده است.

هم‌چنین **کوپ** (۱۹۸۷ و ۱۹۷۹) توصیف کرد که چگونه گونه‌های سوسک با تغییر آب‌وهوا در کواترنری از نظر پراکندگی تغییر یافته‌اند. به‌طوری که در شمال آمریکا، با عقب‌نشینی یخ‌ها تنوع گونه‌ای افزایش یافته و گونه‌های متنوع سوسک‌ها با منشأهای متفاوت جغرافیای زیستی (بیوژئوگرافی) ظاهر شده‌اند. گونه‌های زیادی از آن‌ها نیز که در آخرین دوره‌ی بین یخچالی تنها در جنوب انگلستان یافت شده و مختص به این منطقه بودند، امروزه تنها در جنوب اروپا حضور دارند و فقط در این قاره یافت می‌شوند [6&7].

علاوه بر این استاگر (۱۹۸۸)، با بررسی رسوبات دریاچه‌ای در زامبیا شرح داد که فراوانی گونه‌های متفاوت «دیاتوم» تغییرات وسیع نشان داده‌اند و این تغییرات در گونه‌های دیاتوم‌ها طی ۴۰ هزار سال پیش، انطباق بر آخرین دوره‌های یخچالی را نشان می‌دهد. او این تغییر زیاد در فراوانی را پاسخی به تغییرات آب‌وهوایی کواترنری دانست. هم‌چنین، مطالعه روی مغزه‌های بستر اقیانوس‌ها در کواترنری پیشین و بررسی میکروفسیل‌های آهکی و سیلیسی بنتیک و پلانکتونیک نشان داده که گرم و سرد شدن آب‌ها طی این زمان، روی فراوانی و تنوع آن‌ها تغییر ایجاد کرده است. طی فاز یخ‌بندان، اجتماعات «فرامینیفر»های مربوط به شمال اقیانوس، به علت تغییرات دما به سمت جنوب آن‌که دارای شرایط محیطی مناسب‌تر بوده است، حرکت کرده‌اند.

ایمبری و **کیپ** (۱۹۷۱) عنوان کردند که حرکت «فرامینیفر بنتیک»[۱۴] در اقیانوس اطلس طی ۱۵۰ هزار سال گذشته، تحت

دوره‌های یخچالی دوره‌های سردتر آب‌وهوای زمین، و دوره‌های میان یخچالی، دوره‌های گرم‌تر آب‌وهوای زمین در طول میلیون‌ها سال قبل هستند

تأثیر شرایط محیطی و به علت تغییرات مربوط به جریان‌های عمیق اقیانوسی اتفاق افتاده که این تغییرات محیطی وابسته به چرخه‌های میلانکوویچ بوده است. فراوانی و تنوع اجتماعات «کوکولیت» نیز در اقیانوس آرام، طی ۴۰۰ هزار سال گذشته تغییر کرده است و بعضی گونه‌ها در رسوبات عصر یخ و بعضی نیز در رسوبات زمان بین عصر یخچالی فراوان هستند. از «رادیولرها گونه»[۱۵] که گسترش جهانی داشته است، امروزه تنها در محدوده‌ی دریای «اختسک»[۱۶] در شمال ژاپن و جنوب شرق روسیه، فراوان است. اما طی فاز یخبندان کواترنری، در عرض بالای اقیانوس آرام فراوان بوده است. این‌گونه نشان می‌دهد تغییرات جمعیتی مربوط به گونه‌های آن در مقیاس جهانی، حاصل تغییرات هوای کواترنری است. در بین «ماکروفونای دریایی»، نرمتنان نیز نسبت به تغییرات محیط به‌خوبی واکنش می‌دهند، به طوری با سرمای ابتدای کواترنری، این گروه به سمت مدیترانه حرکت می‌کنند و در آن‌جا فراوان می‌شوند.

علاوه بر تغییرات ایجاد شده در فونای جانوری، این تغییرات در فلورا و گیاهان نیز دیده شده است که نشانگر تأثیرات چرخه‌های میلانکوویچ روی این دسته از جانداران است. این تغییرات دمایی روی جنگل‌های استوایی در فراوانی و تنوع «تاکساها» و ترکیب جنگل‌ها تأثیر گذاشته است **اسپولدینگ** و همکارانش (۱۹۸۳) با مطالعات خود نشان دادند که گونه‌های درختان در ایالات متحده، در پلئیستوسن پسین و در عرض‌های پایین‌تر، تنوع بیشتری نسبت به امروزه داشته‌اند، اما فراوانی آن‌ها نسبت به امروز کمتر بوده است.

به‌این ترتیب و با موارد ذکر شده مشخص می‌شود که چگونه چرخ‌های میلانکوویچ بر وضعیت آب‌وهوا و حیات گروه‌های گوناگون موجودات تأثیر گذاشته و چگونه به تغییر و تحول در تنوع و فراوانی آن‌ها در مکان‌های گوناگون و طی زمان منجر شده است.

اشکالات وارد بر چرخه‌ی میلانکوویچ

در بررسی چرخه‌ی میلانکوویچ و آثر آن بر آب‌وهوا، دانشمندان نکاتی را ذکر می‌کنند که چرخه‌ی میلانکوویچ از پاسخ به آن‌ها ناتوان است. از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- همان‌طور که اشاره شد، خروج از مرکز چرخه‌های ۱۰۰ هزار، ۱۲۵ هزار و ۹۵ هزار ساله دارد. اما اطلاعات کافی از علت، سازوکار و چگونگی تبدیل این چرخه‌ها به هم وجود ندارد. حتی برخی در خصوص صحت اطلاعات موجود مشکوک هستند.
- چرخه‌های آب‌وهوا دارای سیکل ۴۱ هزار و ۱۰۰ هزار ساله است که چرخه‌ی ۴۱ هزار ساله با چرخه‌ی کجی محور زمین و چرخه‌ی ۱۰۰ هزار ساله با چرخه‌ی خروج از مرکز مطابقت می‌کند. ولی تاکنون دلیلی بر تبدیل این دو چرخه و ارتباط آن‌ها با هم ارائه نشده است.
- اگر خروج از مرکز دارای چرخه‌ی ۱۲۵ هزار ساله باشد، با توجه به این‌که بزرگ‌ترین چرخه‌ی آب‌وهوا ۱۰۰ هزار ساله است، میزان اطلاعات ثبت شده‌ی آب‌وهوای دیرینه برای تبدیل ارتباط بین آب‌وهوا و چرخه‌ی گریز از مرکز کافی نیست. زیرا اگر چرخه‌ی آب و هوا ۱۰۰ هزار ساله باشد، آن‌گاه تمام اثرات آب‌وهوا ۱۰۰ هزار ساله بررسی می‌شوند و نمی‌توان ارتباطی بین چرخه‌ی ۱۲۵ هزار و ۱۰۰ هزار ساله برقرار کرد.
- خروج از مرکز به‌طور واضح چرخه‌های ۹۵ هزار و ۱۲۵ هزار ساله را نشان می‌دهد، اما اطلاعات ثبت شده‌ی مربوط به تغییرات آب‌وهوا، این زمان‌ها را ثبت نکرده است و همه‌ی تغییرات تنها بر چرخه‌ی ۱۰۰هزار ساله منطبق است و جوابی برای این مسئله وجود ندارد.
- برخی از اطلاعات و محاسبات، زمان اوج خروج از مرکز مدار زمین را ۴۰۰ هزار سال نشان می‌دهند. اما این چرخه و آثار آن در تغییرات آب‌وهوایی شناخته نشده است. اگر چرخه‌ی ۱۰۰ هزار ساله دارای تأثیر آن‌چنان قوی بر آب‌وهوا است، دوره‌ی ۴۰۰ هزار ساله نیز باید آن‌را نشان دهد که بررسی ایزوتوپ‌ها تأثیر این چرخه را رد می‌کند. در این قضیه ابهامات زیادی وجود دارد.
- در طول یک میلیون سال قبل، آب‌وهوا حالت مشخصی داشته است که با چرخه‌ی ۴۱ هزار ساله‌ی چرخش محور و کج‌شدگی آن تطابق دارد. اما بعد از یک میلیون سال، با تغییرات ۱۰۰ هزار ساله ی خروج از مرکز هماهنگ است که هنوز دلیلی برای این تغییرات بیان نشده است.
- این چرخه برای پیش‌روی و عقب‌گرد دوره‌های یخبندان در دوره‌های یخبندان در

دوره‌ی زمانی ۱۰ تا ۱۰۰ هزار ساله مفید و قابل ارجاع است، اما نمی‌تواند علت ایجاد یخچال‌ها را در اولین بار توضیح دهد [29].

اما با تمامی اشکالات مذکور، این نظریه امروزه به جد قابل قبول و استفاده است و بسیاری از ابهامات موجود در زمینه‌ی تغییرات آب‌وهوا را پاسخ می‌گوید و از مباحث مورد توجه محافل علمی است. مطالعه‌ها و پژوهش‌های متفاوتی بر اساس آن صورت گرفته‌اند و موارد فراوانی نیز در حال انجام هستند.

پی نوشت

1. Adhemar
2. Croll
3. Eccentricity
4. Obliquity
5. Precession
6. Milutin Milankovich
7. Austro-Hungrian
8. Wladimir Koppen
9. Aphelion
10. Perihelion
11. Axial Tilt
12. Thuban
13. precession
14. Uvigerina peregrine
15. Cycladophora davisiana
16. Okhotsk

منابع

۱. اسدیان، خ. (۱۳۶۵). جغرافیای دیرینه. انتشارات دانشگاه تهران.

۲. اخروی، ر. (۱۳۸۲). مبانی زمین‌شناسی. انتشارات امیرکبیر.

۳. دانشیان، ج و رمضانی دانا، ل (۱۳۸۸). «آشنایی با اهمیت یخچال‌ها در زمین‌شناسی». مجله‌ی آموزشی رشد زمین‌شناسی. دوره‌ی پانزدهم. شماره‌ی ۲.

4. Bennett, K.D., 1990., Milankovitch Cycle and their Effect on Species in Ecological and Evolutionary Time, Paleobiology, vol. 18, no.1.

5. Berger A, Loutre MF (2002). "Climate: An exceptionally long interglacial ahead?". Science 297 (5585): 1287-1288.

6.Coope, G.R.,1979., Late Cenozoic fossil Coleoptera: evolution, biogeography, and ecology. Annual Review of Ecology and Systematic, vol. 10, no. 247-267.

7. Coppe, G.R., 1987, The response of late Quaternary insect communities to sudden climatic changes. Pp.421-438.

8. Crucifix, M., Loutre, A., and Berger, A., 2007, The Climate Response to the Astronomical Forcing, Solar Variability and Planetary Climates, pp.213-226.

9. Deeker, W., 1997. Earth's orbit and the recurring ice age, GSIRO Space Industry News, Issue 77.

10. Graham, R.W. 1986., Response of mammalian communities to environmental change during the late Quaternary .pp.300-313.

11. Grubic, A., 2006., The astronomic theory of climatic change of Milutin Milankovich, Episodes, vol.29.no.3

12. Imbrie J., and kipp, N.G., 1971., A new Micro paleontological method for quantitative paleoclimatology: application to a late Pleistocene Caribbean core. Pp.71-181.

13. Hiroki Y. and Matsumoto, R., 2003., Correlation of Miocene (18-12 Ma) sequence boundaries in central Japan to major Antarctic glaciations event. Sedimentary Geology Volume 157, Issues 3-4, 22 April 2003, Pages 303-315.

14. Muller, R.A. and MacDonald, G.J., 1995, Glacial cycles and orbital inclination, Nature 377, pp.107-108,.

15. Plummer, CH., C., Mcgeary, D. and Carlson, D.H, 2005., Physical geology, pp.288-311.

16. Robert H. Dott, J.R. and Roger L. Batten, 1981. Evolution of the earth, Hill Book company, third edithion.

17. Ruddiman, W.F. and Kutzbach, J.E., 1991., Plateau uplift and climate change scientific American, 66.74.

18. Shackleton, N.J., 2000, The 100,000-year ice- Age cycle identified and found to lag temperature, carbon dioxide, and orbital eccentricity, Science, vol. 289, no.5486.

19. Spaulding, W.G., E.B. Keopold, and T.R. van Devender, 1983., Late Wisconsin paleoecology of the American southwest. Pp.259-293.

20. Stager, J.C., 1988., Environmental change at Lake Cheshi, Zambia since 40,000 year B.P. Quaternary Research, vol.29, no.54-65.

21. Van Dam, J.A., Abdul Aziz, H. and Alvarez Sierra, M.A., 2006., Long-period astronomical forcing of mammal turnover, Nature 443, pp.6870691.

22. www.http:// Astronomical troubles for the astronomical hypothesis of ice ages. htm by Michael J. Order

23. www.http:// Astro-fact: Milutin Millankovich, Carmen Rush, 2007.

24. www.http:// en. Wikipedia.org/wiki/Apsidal-precession.

25. www.http:// Eo Library: Milutin Millankovich. htm.

26. www.http:// Ice age- Wikipedia, the free encyclopedia.

27. www.http:// Milankovitch cycles and Glaciation.

28. www.http:// Milankovitch cycles in paleoclimate.

29. www.http:// Milankovitch cycles - Wikipedia, the free encyclopedia.mht.

30. www.http:// Milutin Millankovich - Wikipedia, the free encyclopedia.

31. www.http:// Milankovitch Orbital Cycles.htm.

32. www.http:// Milanko/Paleoclimates.htm.Past Climates on Earth by Wilhelm Mueller.

33. www.http:// The Milankovitch insolation hypothesis for climatic cycle.

34. www.http:// The Seasons and the Earth's Orbit-Milankovitch cycles, U.S. Naval Observatory., aa.usno-// navy. Mil/faq.d.cs/seasons-orbit.htm.

35. www.http:// Why Do Glacial Age Occur, by World Web Travel Guide.

36. Wicander, R. and Mouroe, J., S., 2000., Historical geology, pp. 83, 224, 226, 463, 472, 473.

37. Zachos, J.C., Flower, B.P. and Paul, H., 1997. Orbitally paced climate oscillations across the Oligocene/Miocene boundary. Nature 388, pp.567-570.

38. Zachos, J., 2001., Earth orbit variation link to Global climate change, daily university science news.

ده شگفتی زمین‌شناسی جهان

نویسنده: گریک مورانو
ترجمه: مژگان خجو
دبیر آموزش‌وپرورش منطقه ۱۵ تهران

۱. صخره‌ی امواج

«موج»[1] نام صخره‌ی بزرگ، سرخ‌رنگ و شگفت‌انگیزی است که در مرز دو ایالت آریزونا و یوتای ایالات متحده قرار دارد. این صخره‌ی ماسه‌سنگی حاصل «دیاژنز» رسوبات بادی است که ۱۹۰ میلیون سال قدمت دارند. علاقه‌مندان بازدید از این ساختار زمین‌شناختی کمتر شناخته شده که به‌شدت نیز تحت محافظت قرار دارد، باید مسافتی در حدود ۴/۵ کیلومتر را با پای پیاده طی کنند.

۲. دره آنتیلوپ

«دره‌ی آنتیلوپ»[2] یا بز کوهی در سرزمین «ناوایو» نزدیک شهر «پاژه»[3] در ایالت آریزونا واقع شده است. در میان نقاط دیدنی جنوب غربی ایالات‌متحده، این دره‌ی شکافی بیش از هر جای دیگر مورد بازدید قرار می‌گیرد و از آن عکس‌برداری می‌شود. این ناحیه شامل دو دره‌ی شکافی مجزا و بسیار خوش‌عکس است که به ترتیب دره‌ی آنتیلوپ بالا یا «شکاف»[4] و دره‌ی آنتیلوپ پایین یا «مارپیچ»[5] نام دارند. سرخپوستان ناوایو دره‌ی آنتیلوپ بالا را «Tse'bighanilini» و پایینی را «Hastestwa-zi» می‌نامیدند که اولی به‌معنی «مکانی که آب از میان سنگ‌ها می‌گذرد» و دومی به‌معنی «کمان‌های سنگی پیچ‌خورده» است.

۳. گودال آبی بزرگ

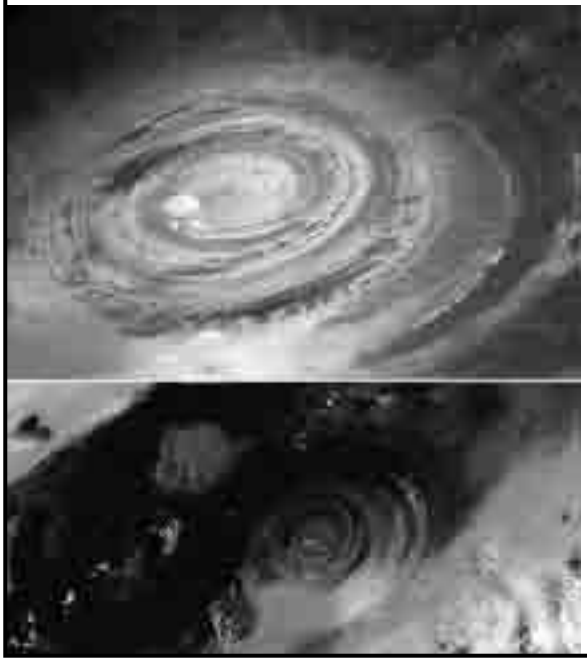
گودال آبی‌رنگ بزرگ، بخشی از ریف مرجانی «Light house» در دریای کارائیب است که در ۹۶ کیلومتری شرق ساحل شهر بلیز، پایتخت کشور کوچک بلیز، در آمریکای مرکزی واقع شده است. حفره‌ی بزرگ و در واقع کاملاً دایره‌ای شکل آن به قطر ۴۰۰متر، یکی از مبهوت کننده‌ترین جاذبه‌های غواصی جهان است که نمی‌توان مشابهی برای آن در زمین یافت. ژرفای آب در این گودال به ۱۴۵ متر می‌رسد و همین عمق زیاد آب عامل ایجاد رنگ آبی پررنگ آن است و موجب شده تا این‌گونه ساختارهای ریفی در سرتاسر جهان «گودال آبی» نامیده شوند.

۴. غار بلورین غول‌ها

این غار در اعماق معدنی در جنوب ایالت «چی‌هوآهوآ»[۶] در مکزیک کشف شده است. این بلورها در یک غار طبیعی که تماماً توسط سنگ میزبان در بر گرفته شده است، تشکیل شده‌اند. ژئودی سرشار از بلورهای شکوهمند ژیپس که بلندای آن‌ها به اندازه‌ی درختان کاج است و بعضی از آن‌ها حتی قطری بیش از یک تنه‌ی درخت دارند. این بلورهای نیمه‌شفاف طلایی و نقره‌ای‌رنگ دارای شکل‌ها و فرم‌هایی باور نکردنی هستند. غار بلورین غول‌ها در همان توده‌ی آهکی کشف شده است که میزبان توده‌ی معدنی نقره، روی و سرب است. احتمالاً سیالات گرمابی کانی‌سازی که فلزات را رسوب داده‌اند، ابتدا موجب انحلال سنگ‌های آهکی و در مراحل پایانی فعالیت خود، موجب تبلور بلورهای ژیپس شده‌اند.

۵. چشم صحرا

این ساختار زمین‌شناسی شکوهمند که در کشور موریتانی و در بخش جنوب غربی صحرای بزرگ آفریقا واقع شده، «چشم صحرا» نامیده می‌شود. قطری معادل ۴۸ کیلومتر دارد و حتی از فضا قابل مشاهده است. در آغاز تصور می‌شد که این پدیده حاصل یک برخورد شخانه‌ای است. اما اکنون زمین‌شناسان معتقدند که این ساختار حاصل بالاآمدگی زمین و فرسایش است. دلیل شکل دایره‌ای این پدیده، هنوز به‌صورت یک راز باقی مانده است.

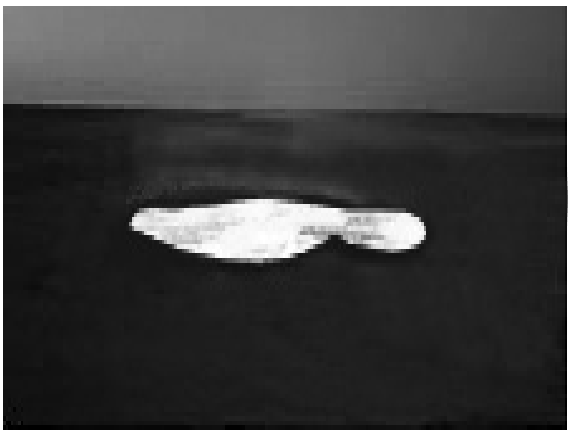


۶. غار دریاچه‌ی آبی

ناحیه‌ی «Mato Grosso do sul» و به‌ویژه، شهر آرام و ساکت «بونیتو»[۷] در برزیل، به داشتن دریاچه‌های شگفت‌انگیز زیرزمینی متعدد شهرت دارد. دریاچه‌ی زیرزمینی «Gruta Lago Azul» یا غار دریاچه‌ی آبی، با شهرت جهانی، یک اثر طبیعی جاودانه است که داخل آن پوشیده از استالاگتیت‌ها و استالاکمیت‌های فراوان و بستر یک دریاچه‌ی عظیم و شگفت‌انگیز آبی‌رنگ است. زیبایی این دریاچه واقعاً تحسین‌برانگیز است. باوجوداین که غار دریاچه‌ی آبی از نظر ساختارهای زمین‌شناسی از تنوع گسترده‌ای برخوردار است، اما تأثیر گذاری آن عمدتاً به‌خاطر رنگ آبی پررنگ دریاچه‌ی داخلی آن است.

۷. دروازه‌ی دوزخ

این پدیده در نزدیکی شهر «دروازه»[۸] در کشور ازبکستان واقع شده است و مردم محلی آن را «در جهنم» می‌نامند. ۳۵ سال پیش، هنگامی که زمین‌شناسان به منظور اکتشاف ذخایر گاز مشغول حفاری در این ناحیه بودند، ناگهان به یک حفره‌ی زیرزمینی بسیار بزرگ برخوردند که در نتیجه، تمام سایت حفاری با کلیه‌ی تجهیزات و کمپ‌های آن به اعماق زمین فرو رفتند. هیچ‌کس جرئت رفتن به درون این حفره را نداشت، زیرا فضای حفره پر از گاز بود. گاز خروجی را آتش زدند تا گازهای سمی در هوا منتشر نشوند و از آن زمان تا کنون، این گودال در حال سوختن است. به‌راستی کسی نمی‌داند از آن زمان تا کنون چه‌قدر گاز مرغوب سوخته و به‌هدر رفته است و تنها می‌توان حجم آن را بسیار عظیم تصور کرد.



۸. موج سنگی

«موج سنگی»[۹] یک ساختار سنگی طبیعی در غرب استرالیا است. این نام به‌دلیل شکل خاص آن که شبیه به یک موج بلند و درهم کوبنده‌ی اقیانوسی است، به این پدیده اطلاق شده است. هرچند که این توده‌ی سنگی چندین هکتار در سطح زمین برونزد دارد، اما بخش موجی شکل آن حدود ۱۵ متر ارتفاع و تقریباً ۱۱۰ متر طول دارد. یک جنبه‌ی موج سنگی که ندرتاً در عکس‌های آن

می‌توان مشاهده کرد، پایداری دیواره‌ی آن در نیمه‌ی بالایی این صخره است. این پدیده ی زمین‌شناختی از خطوط میزان توپوگرافی تبعیت می‌کند و آب باران را به سوی سدی که در سال ۱۹۵۱ در پایین دست این ناحیه و به همین‌منظور ساخته شده، هدایت می‌کند. چنین دیواره‌هایی در بسیاری از سنگ‌های مشابه در ناحیه‌ی «وت‌بلت»[10] استرالیا به چشم می‌خورد.

۹. تپه‌های شکلاتی

این ساختار زمین‌شناسی بسیارغیرعادی که «تپه‌های شکلاتی» نامیده می‌شود، در منطقه‌ی «بوهول»[11] فیلیپین قرار دارد و از حدود ۱۲۶۸ تپه‌ی دقیقاً مخروطی‌شکل و هم‌اندازه تشکیل شده که در ناحیه‌ای به وسعت بیش از ۵۰ کیلومتر مربع پراکنده شده‌اند.

فرضیه‌های متعددی در خصوص نحوه‌ی شکل‌گیری این تپه‌ها ارائه شده‌اند. این فرضیه‌ها از هوازدگی ساده‌ی آهک‌ها گرفته تا آتشفشانی زیردریایی و بالاآمدگی بستر دریا را شامل می‌شوند. نظریه‌ی جدیدی، انفجار یک آتشفشان فعال زیر دریایی را مطرح می‌کند که بر اثر آن، بلوک‌های سنگی عظیمی به اطراف پرتاب شده‌اند. این رسوبات آهکی، این بلوک‌ها را پوشانده‌اند و سپس بر اثر روراندگی پوسته‌ی اقیانوسی، بلوک‌ها از بستر دریا خارج شده و در سطح زمین آشکار شده‌اند.

پی نوشت

1. The Wave
2. Antelope Valley
3. Page
4. The Crack
5. Corkscrew
6. Chihuahua
7. Bonito
8. Darvaz
9. Wave Rock
10. Wheatbelt
11. Bohol

منبع

www.oddee.com ۲۰۰۹/۰۳/۲۷

پرسش‌های سومین المپیاد بین‌المللی علوم زمین (3rd IESO)

آزمون نوشتاری

۱۶ سپتامبر ۲۰۰۹

ترجمه: مسعود کیمیاگری
مدرس مراکز تربیت معلم اصفهان

گوهر طبیعت کم‌گویی است. چرا بادها و طوفان سراسر روز نمی‌وزند؟ زیرا زمینی که آن‌ها را نمایان می‌کند همیشه در حال تغییر است.

لائوزی ته‌آ ته چاین، سده‌ی چهارم پیش از میلاد

در جنوب [چین] مردی با دیدگاه‌های عجیب زندگی می‌کرد که **هوانگ لیائو** نام داشت. او از **شای** پرسید: چرا آسمان فرونمی‌افتد و زمین غرق نمی‌شود، و عامل باد، باران و غرش تندر چیست؟ شای سعی نکرد از پاسخ دادن طفره برود و بدون هیچ تأملی به او پاسخ داد و از همه‌چیز گفت.

ژووانگزی تیان زیا، سده‌ی چهارم پیش از میلاد

راهنمایی‌ها

- نام و ملیتتان را به انگلیسی روی جلد دفترچه‌ی پرسش‌ها بنویسید.
- زمان این آزمون سه ساعت است.
- پاسخ‌ها را خوانا بنویسید. به پاسخ‌های ناخوانا نمره‌ای تعلق نخواهد گرفت.
- پاسخ‌ها را کوتاه و با تأکید بر نکات اصلی بنویسید.
- لطفاً پاسخ‌هایتان را فقط در دفترچه‌ی سفید پاسخ‌نامه بنویسید.
- می‌توانید پاسخ پرسش‌ها را به زبان انگلیسی، زبان مادری‌تان یا هر دو بنویسید.
- پیش از شروع به پاسخ دادن، تمام گروه پرسش را به دقت بخوانید.
- هر پرسش نمره‌ی خاص خودش را دارد که جلوی آن نوشته شده است.

فرمول‌هایی برای مراجعه

$$m - M = -5 + 5 \times \log(d)$$

در این‌جا m قدر ظاهری، M قدر واقعی و d فاصله برحسب پارسک است. ۱ پارسک برابر ۳/۲۶ سال نوری است.

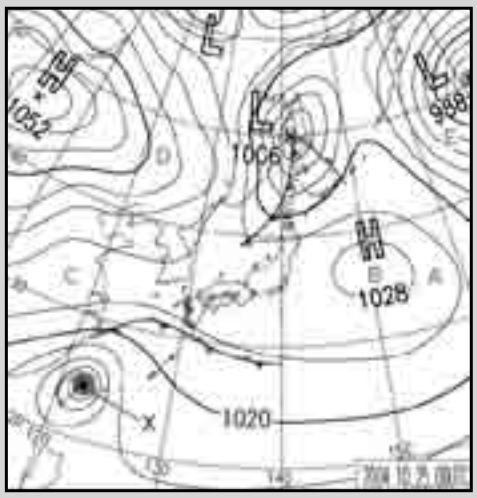
قانون استفان بولتزمان:

$$E = \sigma T_t$$

در این‌جا σ ثابت استفان بولتزمان و T دما برحسب درجه‌ی کلوین است.

هواکره و آب‌کره (نمره‌ی کل ۳۵)

۱. شکل زیر، نقشه‌ی هواشناسی سطحی منطقه‌ای در شمال اقیانوس آرام در زمان ۰۰ جهانی (UTC، همانند زمان جهانی گرینویچ) در تاریخ ۲۵ اکتبر ۲۰۰۴ است. لطفاً به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:



۱. خطوط کنتوری روی نقشه براساس بررسی کدام‌یک از متغیرهای هواشناختی ترسیم شده‌اند؟ (۱ نمره)

الف) ارتفاع ب) فشار پ) دما

ت) رطوبت ث) سرعت باد

۲. نشانه‌ی «X» (به رنگ سبز) کدام سامانه‌ی آب‌وهوایی را نشان می‌دهد؟ (۱ نمره)

الف) یک سیکلون فراحاره‌ای

ب) آنتی‌سیکلون قاره‌ای

پ) یک سیکلون حاره‌ای

ت) یک آنتی‌سیکلون مهاجر

ث) یک جبهه

۳. جهت باد در نقطه‌ی A به کدام یک از حالت‌های زیر نزدیک‌تر است؟ (۱ نمره)

الف) باد شرقی ب) باد جنوبی پ) باد غربی

ت) باد شمالی ث) باد در نقطه‌ی A آرام گرفته است.

۴. در کدام یک از پنج نقطه‌ای که با حرف‌های A و E مشخص شده‌اند، باد شدیدتری می‌وزد؟ حرف مربوط به نقطه‌ی مورد نظر را بنویسید. (۱ نمره)

۲. در هواکره کدام‌یک از گازهای زیر از نظر مکانی و در طول شبانه‌روز بیش‌تر از همه تغییر می‌کنند و بیش‌ترین تأثیر را بر آب‌وهوای منطقه دارند؟ (۱ نمره)

الف) CO_2 ب) CO پ) H_2O

ت) O_3 ث) He

۳. محتمل‌ترین دلیل این‌که طوفان‌های گردبادی به‌ندرت روی اقیانوس‌ها در نزدیکی استوا تشکیل می‌شوند، چیست؟ (۱ نمره)

الف) دمای سطح دریا بیش از حد زیاد است.

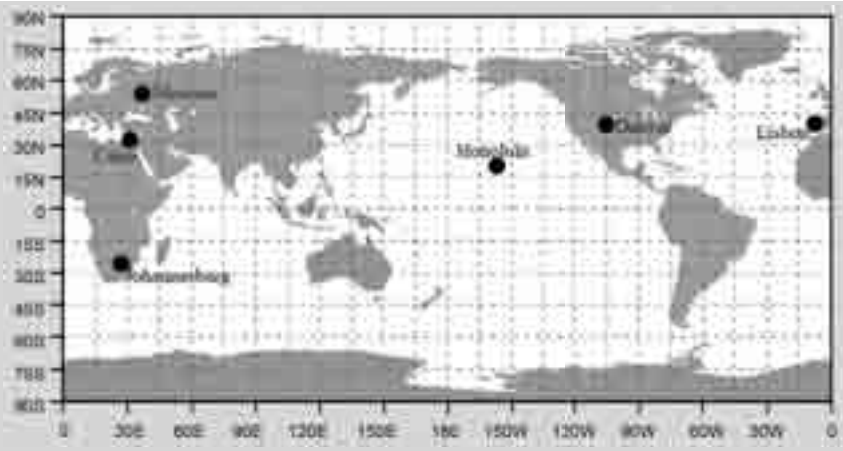
ب) شیب فشار بیش از حد ضعیف است.

پ) نیروی کوریولیس کافی نیست.

ت) همرفت نیروی کافی ندارد.

ث) بادها خیلی ضعیف‌اند.

۴. با در نظر گرفتن مقدار میانگین و چرخه‌ی سالانه‌ی دما، لطفاً به پرسش‌های صحیح/غلط زیر پاسخ دهید. می‌توانید از نقشه‌ی زیر که موقعیت شهرهای ذکر شده در عبارت‌ها در آن مشخص شده است، استفاده کنید.



۱) گستره‌ی کلی تغییرات دما در نیم‌کره‌ی شمالی نسبت‌به نیم‌کره‌ی جنوبی بیش‌تر است. (ص/غ)؟ (۱ نمره)

۲) میانگین دمای سالانه در مسکو (۵۶°N ،۳۸°E) از قاهره (۳۰°N ،۳۱°E) کم‌تر است. (ص/غ)؟ (۱ نمره)

۳) گستره‌ی تغییرات دمای سالانه در دنور (۴۰°N ،۱۰۵°W) کم‌تر از لیسبون (۳۹°N ،۹°W) است. (ص/غ)؟ (۱ نمره)

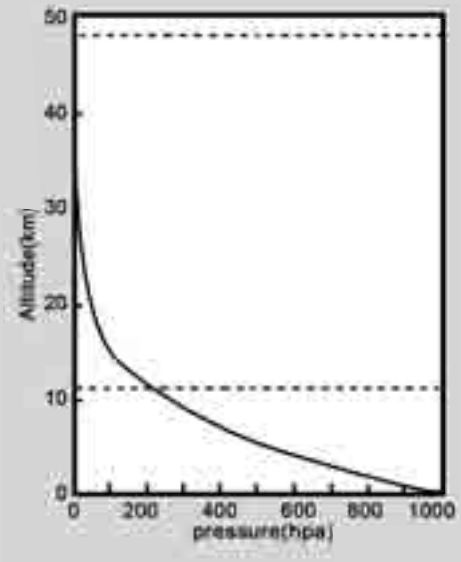
۴) دمای میانگین ماه جولای در هونولولو (۲۱°N ،۱۵۸°W) اندکی از ژوهانسبورگ (۲۶°S ،۲۸°E) کم‌تر است. (ص/غ)؟ (۱ نمره)

۵. در تروپوسفر زیرین، در کدام بخش روز بیش‌ترین احتمال وقوع آشفتگی در هوای بدون ابر وجود دارد؟ (۱ نمره)

الف) صبح ب) ظهر پ) بعدازظهر

ت) غروب ث) نیمه‌شب

۶. در شکل زیر، نیم‌رخ عمودی میانگین جهانی تغییرات فشار هواکره را از سطح دریا تا ارتفاع ۵۰ کیلومتری می‌بینید. لطفاً به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.



۱) واژه‌ی فشار در محور افقی معادل کدام‌یک از گزینه‌های زیر است؟ (۱ نمره)

الف) نیرو تقسیم بر سطح ب) جرم تقسیم بر مساحت

پ) چگالی ضرب در دما ت) جرم ضرب در فاصله

ث) وزن تقسیم بر حجم

۲) در کدام‌یک از این لایه‌های فشار، بیش‌ترین تغییرات ارتفاع (یعنی ضخامت) دیده می‌شود؟ (۱ نمره)

الف) ۱ تا ۱۰ هکتوپاسکال

ب) ۱۰۱ تا ۱۱۰ هکتوپاسکال

پ) ۵۰۱ تا ۵۱۰ هکتوپاسکال

ت) ۵۱۰ تا ۱۰۱۰ هکتوپاسکال

ث) ۱۰۰۱ تا ۱۰۱۰ هکتوپاسکال

۳) در هواکره‌ی ایستا، تغییرات فشار نسبت‌به ارتفاع با معادله‌ی هیدروستاتیک بیان می‌شود. در رابطه‌ی $\Delta p = \rho g \Delta z$، g شتاب گرانشی برحسب $(g = ۹/۸^{۱}\,m/s^{۲})m/s^{۲}$، ρ چگالی هوا برحسب $kg/m^{۳}$، و Δp و Δz اختلاف فشار برحسب پاسکال و ضخامت برحسب متر در دو ارتفاع ثابت‌اند. اگر چگالی متوسط هوا بین ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال (هر هکتوپاسکال ۱۰۰ پاسکال است) در حدود ۰/۹۱۰ کیلوگرم بر متر مکعب باشد، لطفاً به کمک این فرمول، ارتفاعی را که در آن فشار به ۵۰۰ هکتوپاسکال می‌رسد، بیابید. محاسباتتان را بنویسید. (۲ نمره)

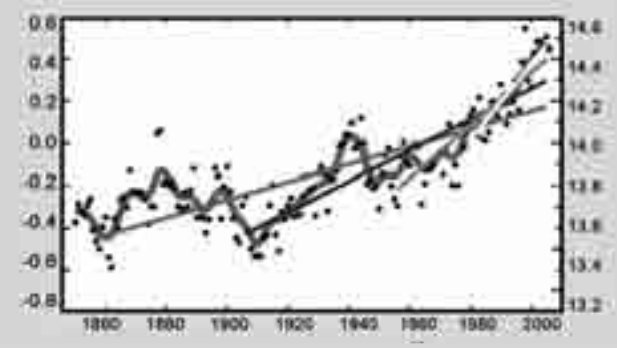
۷. اگر دمای هوایی را که از سوراخ تایر پنچر شده‌ی یک دوچرخه خارج می‌شود، $T_۱$ و دمای هوای اطراف دوچرخه را $T_۲$ بنامیم، کدام دما کم‌تر است؟ (۱ نمره)

۸. اگر در چین یک فوران آتشفشانی، مقدار زیادی گرد و غبار وارد هواکره شود، در منطقه‌ی مجاور آتش‌فشان گرد و غبار چه تأثیری بر دمای هوا دارد؟ (۱ نمره)

الف) افزایش ب) کاهش

پ) تغییری نمی‌کند ت) مشخص نیست.

۹. در شکل زیر، تغییرات دمای سطحی میانگین سالانه (نقاط سیاه‌رنگ) را بین سال‌های ۱۸۵۰ تا ۲۰۰۵ می‌بینید. تغییرات درازمدت دمای میانگین جهانی در سطح زمین شامل تغییرات دهه‌ای (منحنی آبی‌رنگ) و روندهای خطی (خط‌های راست) است. محور دست‌راست، دمای واقعی برآورد شده را نشان می‌دهد. محور دست‌چپی ناهنجاری‌های دما را نسبت‌به میانگین ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ نشان می‌دهد. لطفاً به این پرسش‌ها پاسخ دهید.



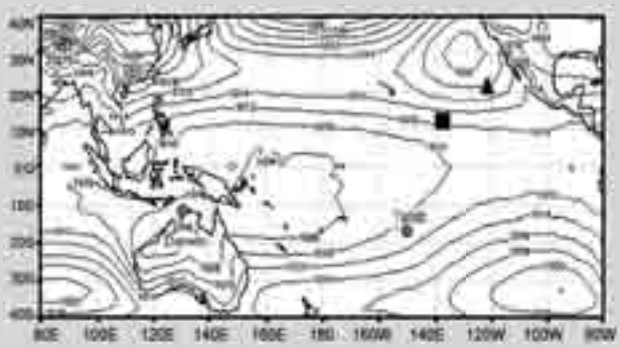
۱) روند خطی گرمایش (درجه‌ی سانتی‌گراد بر سال) در مورد دمای جهانی سطح زمین برای ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ سال گذشته به‌ترتیب با رنگ‌های زرد، نارنجی، ارغوانی و سرخ نمایش داده شده‌اند. در کدام دوره روند گرمایش بزرگ‌تر بوده است؟ (۱ نمره)

الف) ۲۵ سال گذشته ب) ۵۰ سال گذشته

پ) ۱۰۰ سال گذشته ت) ۱۵۰ سال گذشته

۲) لطفاً روند خطی گرمایش (درجه‌ی سانتی‌گراد بر سال) را برای ۵۰ سال گذشته (۱۹۵۶ تا ۲۰۰۵)، ۱۰۰ سال گذشته (۱۹۰۶ تا ۲۰۰۵) و نسبتشان (۵۰ سال قبل/ ۱۰۰ سال قبل) محاسبه کنید. (۲ نمره)

۱۰. در شکل زیر، توزیع فشار هوا در سطح دریا را برای ماه ژانویه در طول ۴۰ سال (اقلیم‌شناسی) در مورد بخش حاره‌ای اقیانوس آرام می بینید. باد سطحی، جریان‌های دریایی و دمای سطح آب دریا (sst) در اقیانوس آرام ارتباط تنگاتنگی دارند. لطفاً به پرسش‌های زیر پاسخ دهید. (در مورد پرسش‌های ۱۰-۱، ۱۰-۲ و ۱۰-۳ به شکل زیر مراجعه کنید.)

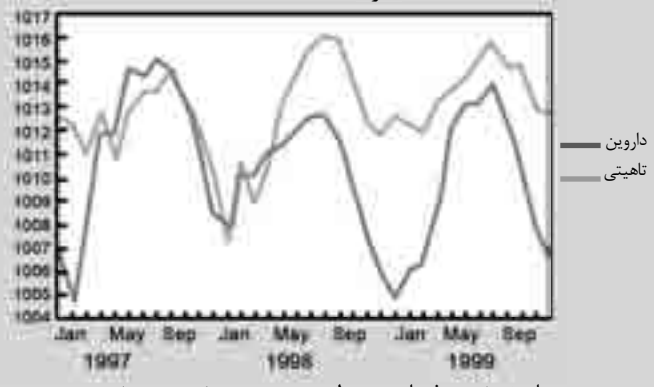


۱) لطفاً در شکل بالا، جهت باد تجارتی را در نقطه‌ی مشخص‌شده با «▲» و جهت جریان دریایی استوایی را در نقطه‌ی مشخص‌شده با «■» ترسیم کنید.

(لطفاً برای باد تجارتی از نشانه‌ی «→» و برای جریان استوایی

از نشانه‌ی «⇨» استفاده کنید). (۲ نمره)

۲) بادهای تجارتی با شیب فشار سطحی ارتباط دارند. دسته‌های زمانی فشار هوا در سطح دریا را در داروین (۱۳۱°E، ۱۲°S) و تاهیتی (۱۴۹°W، ۱۷°S)، در شکل زیر می‌بینید. لطفاً شیب فشار هوا در سطح دریا و سرعت باد آنالیزه را بین تاهیتی و داروین در ژانویه‌ی ۱۹۹۸، ۱۹۹۹ و C با ترتیب نزولی بنویسید (مثال: C <۱۹۹۹<۱۹۹۸). (۲ نمره)



پاسخ: شیب فشار در سطح زمین: ..... > ..... > .....

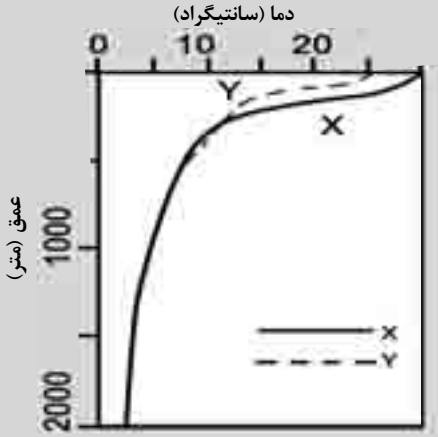
بادهای آلیزه: ..... > ..... > .....

۳) در ژانویه‌ی کدام سال، ۱۹۹۸ یا ۱۹۹۹، SST روی بخش شرقی استوایی اقیانوس آرام گرم‌تر است؟ (۱ نمره)

۱۱. شکل زیر نیم‌رخ درازمدت میانگین دما را از سطح آب تا عمق ۲۰۰۰ متری نشان می‌دهد. این نیم‌رخ‌ها در دو ایستگاه رسم شده‌اند (ایستگاه A قسمت استوایی بخش غربی اقیانوس آرام در ۱۴۰ درجه‌ی شرقی و ایستگاه B در قسمت شرقی بخش استوایی اقیانوس آرام با طول ۱۲۰ درجه‌ی غربی). کدام یک از عبارت‌های زیر درست‌اند؟ (۲ نمره)

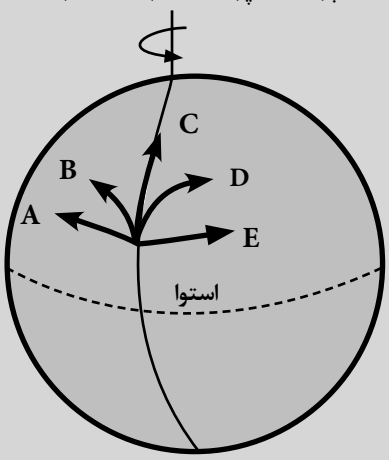
الف) نیم‌رخ‌های رسم‌شده برای A و B به‌ترتیب نمودارهای X و Y هستند.

ب) نیم‌رخ‌های رسم‌شده برای A و B به‌ترتیب نمودارهای Y و X هستند.

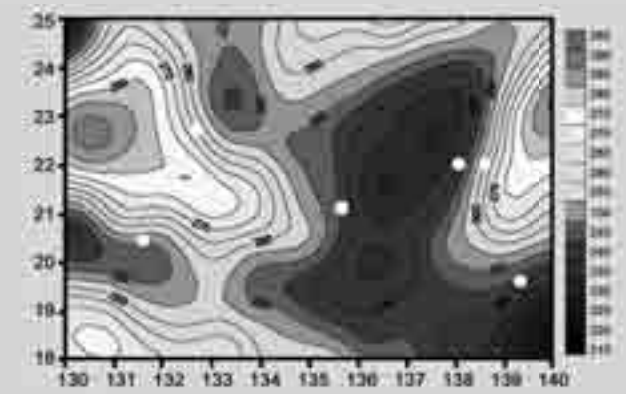


۱۲. در نیم‌کره‌ی شمالی، یک جریان اقیانوسی نیرومند به‌سوی شمال حرکت می‌کند. کدام فلش در شکل زیر این جریان را نشان می‌دهد؟ (۱ نمره)

الف) A ب) B پ) C ت) D ث) E



۱۳. گرداب‌های متوسط مقیاس را می‌توان با ارتفاع‌سنج‌های ماهواره‌ای تشخیص داد. شکل رنگی زیر خطوط تراز توپوگرافی سطح پویای دریا را در ناحیه‌ای از قسمت غربی اقیانوس آرام شمالی نشان می‌دهد. فاصله‌ی تراز ۵ سانتی‌متر است. به‌طور کلی، میدان جریان سطحی این گرداب‌ها را می‌توان براساس تعادل ژئوستروفیکی مشخص کرد. لطفاً با ترسیم فلش‌ها، جهت‌های جریان‌های سطحی را در شش نقطه‌ی سفیدی که در شکل می‌بینید، نشان دهید. (۳ نمره)



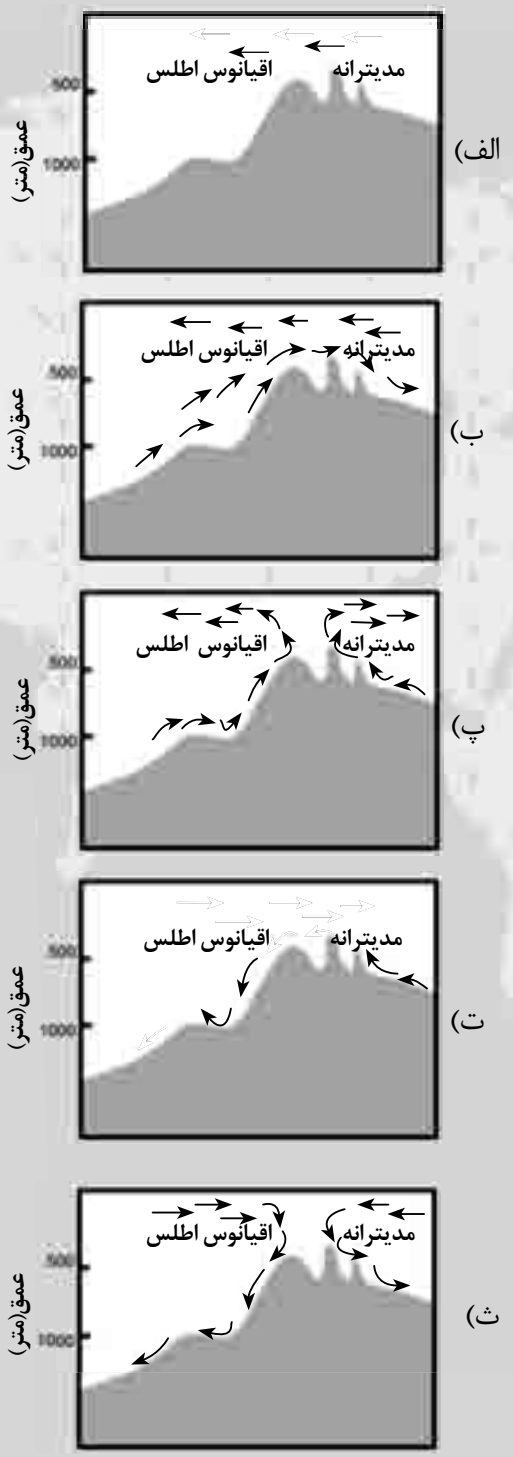
۱۴. می‌دانیم که آب دریای مدیترانه همیشه از اقیانوس اطلس شورتر است.

۱) رابطه‌ی میان تبخیر (E)، بارش (P) و رواناب رودها (R) در دریای مدیترانه را با کدام فرمول زیر می‌توان نشان داد؟ (۲ نمره)

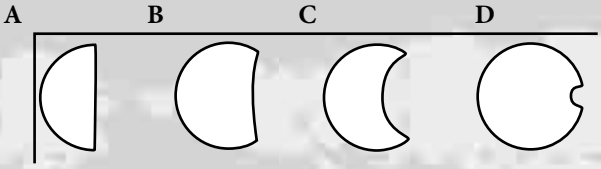
الف) R+P<E ب) R+P>E

پ) R+E<P ت) P+E<R

۲) کدام‌یک از الگوهای جریانی زیر بین دریای مدیترانه و اقیانوس اطلس درست است؟ (۲ نمره)



۱۵. قطر ماه حدود یک‌چهارم قطر زمین، و قطر خورشید ۱۰۰ برابر قطر زمین است. فاصله‌ی زمین از خورشید در حدود ۴۰۰ برابر از فاصله‌ی زمین تا ماه بیش‌تر است. در هر رویداد اخترشناسی، کدام شکل روشن زیر را می‌توانیم ببینیم؟ یک مورد مناسب از A تا D انتخاب کنید.



۱) خورشیدگرفتگی (۰/۵ نمره)

۲) ماه‌گرفتگی (۰/۵ نمره)

۳) در آینده، مردم خواهند توانست یک خورشیدگرفتگی را از روی سطح ماه ببینند.

کدام‌یک از الگوهای A تا D شکلی از خورشید است که از روی ماه می‌بینند؟

۴) در شرایط پرسش ۳، کدام پدیده را از روی زمین می‌توانیم ببینیم؟ (۰/۵ نمره)

الف) خورشیدگرفتگی ب) ماه‌گرفتگی

پ) زمین‌گرفتگی

۱۶. امروزه انرژی خورشید توسط واکنش‌های هم‌جوشی گرماهسته‌ای در هسته‌ی مرکزی آن تولید می‌شود. فرایند گرماهسته‌ای با تبدیل چهار هسته‌ی «X» به یک هسته‌ی سنگین‌تر انرژی تولید می‌کند. «X» کدامین هسته است؟ (۱ نمره)

الف) هیدروژن ب) هلیم پ) اکسیژن

ت) کربن ث) اورانیم

۱۷. اگر دمای درون سایه‌ی یک لکه‌ی خورشیدی ۱۵۰۰ درجه سردتر از فوتوسفر خورشید، و دمای خارج از لکه ۱۵۰۰ درجه‌ی کلوین سردتر باشد (دمای تقریبی آن در حدود ۵۸۰۰ درجه‌ی کلوین است) و B_1 را شارش انرژی به‌سوی بیرون سایه و B_2 را شارش انرژی از ناحیه‌ی اطراف لکه در نظر بگیریم، نسبت B_1 به B_2 کدام است؟ (۱ نمره)

الف) ۰/۰۰۴ ب) ۱/۳۵ پ) ۰/۷۴

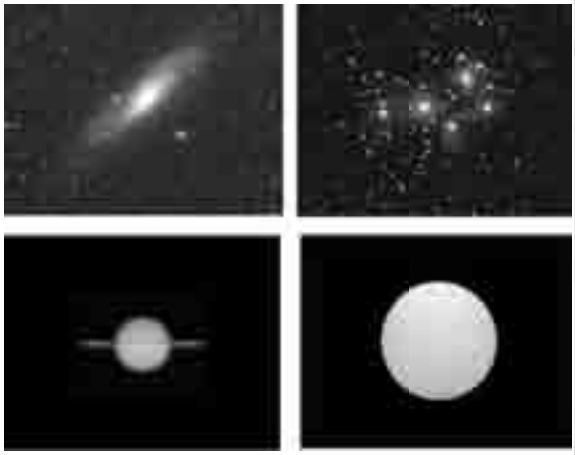
ت) ۳/۳۱ ث) ۲۲۳

۱۸. در فهرست زیر سال‌های کبیسه را مشخص کنید.

۱۸۹۰ ۱۹۷۲ ۱۹۹۸ ۲۰۰۰ ۲۰۰۲ ۲۱۰۰

۱۹. در عکس‌های زیر چهار جسم آسمانی را می‌بینید. این اجسام را به‌ترتیب اندازه‌شان از کوچک‌ترین تا بزرگ‌ترین مرتب کنید. پاسختان را به‌صورت A، B، C و D بنویسید.

( ) < ( ) < ( ) < ( )



الف)خوشه ی پروین ب) کهکشان اندرومدا

پ) خورشید ت) کیوان(زحل)

۲۰. با توجه به پرسش قبلی، جرم‌های آسمانی را طبق فاصله‌شان از زمین به‌ترتیب صعودی مرتب کنید. پاسختان را به‌صورت A، B، C و D بنویسید.

( ) < ( ) < ( ) < ( )

۲۱. اگر سیاره‌ها را با یک تلسکوپ از روی زمین مشاهده کنیم، کدام سیاره‌ها شبیه این هلال ماه –- دیده می‌شوند؟ دور سیاره‌های مورد نظر دایره بکشید.

تیر (عطارد) ناهید (زهره) بهرام (مریخ)

برجیس (مشتری) کیوان (زحل) اورانوس

نپتون

۲۲. مختصات نجومی نسرواقع (وگا) بعد 18h 36M 56/2s و میل ″۱′۴۷°۳۸ + می‌باشند. با فرض این‌که خورشید هنگام ظهر (۱۲:۰۰:۰۰) از روی نصف‌النهار بگذرد، در کدام تاریخ نسرواقع نیمه‌شب (۰۰:۰۰:۰۰) از نصف‌النهار خواهد گذشت؟ توجه داشته باشید که اعتدال‌های بهاری و پاییزی در سال ۲۰۰۹ به‌ترتیب ۲۰ مارس و ۲۳ سپتامبر رخ می‌دهند. (۲ نمره- در پاسختان محاسبات را نیز بیاورید.)

۲۳. در شکل زیر، سمتی از ماه را که رو به زمین است، می‌بینید. چهار عارضه‌ی سطحی ماه به نام‌های دریای ایمبریوم، دهانه‌ی تیکو، دهانه‌ی کوپرنیک و کوه‌های آپنینیوس در عکس دیده می‌شوند. با استفاده از اصل تداخل، سن این پدیده‌ها را تعیین کنید. سن‌های نسبی را از قدیم به جدید بنویسید. (۱/۵ نمره)

الف) دهانه‌ی کوپرنیک> دریای ایمبریوم> کوه آپنینیوس> دهانه‌ی تیکو

ب) دهانه‌ی تیکو> دهانه‌ی کوپرنیک> دریای ایمبریوم> کوه‌های آپنینیوس

پ) دریای ایمبریوم> کوه‌های آپنینیوس> دهانه‌ی کوپرنیک> دهانه‌ی تیکو

ت) کوه‌های آپنینیوس> دهانه‌ی کوپرنیک> دریای ایمبریوم> دهانه‌ی تیکو

ث) کوه‌های آپنینیوس> دریای ایمبریوم> دهانه‌ی کوپرنیک> دهانه‌ی تیکو

۲۴. هر جرم آسمانی که به بزرگی یک ستاره باشد، به‌خاطر وزنش در خود فرو می‌رود (رمبیدن)، مگر این‌که نیرویی مانع آن شود. خورشید هم دیرزمانی پایدار مانده است. بخش درونی خورشید تحت چه شرایطی در حال تعادل باقی مانده است؟ (۱ نمره)

الف) برهم‌کنش اتم‌های مانع رمبش گرانشی می‌شود.

ب) دافعه‌ی بین یون‌ها مانع رمبش گرانشی می‌شود.

پ) نیروی قوی درون‌هسته‌ای جلوی رمبش گرانشی

را می‌گیرد.

ت) فشار گرمایی جلوی رمبش گرانشی را می‌گیرد.

ث) میدان مغناطیسی مانع رمبش گرانشی می‌شود.

۲۵. دوره‌ی گردش هلالی سیاره‌های بیرونی را می‌توان با اندازه‌گیری زمان فاصله‌ی زمانی بین دو مقابله‌ی متوالی تعیین کرد. براساس رصدها، دوره‌ی تناوب هلالی بهرام (مریخ) در حدود ۷۷۹/۹ روز است. اگر دوره‌ی گردش انتقالی زمین ۳۶۵/۲۵۶۴ روز باشد، دوره‌ی گردش انتقالی بهرام (مریخ) چند روز است؟ (۲ نمره) (محاسباتتان را بنویسید).

۲۶. اخترشناسان امروزه عقیده دارند، در حدود ۴/۶ میلیارد سال پیش، سامانه‌ی خورشیدی از یک ابر بین‌ستاره‌ای متشکل از گاز و غبار به‌وجود آمده است. در تصویرهای زیر شکل‌هایی از مراحل تشکیل آن را می‌بینید. تصویرها را براساس مراحل فرایند تشکیل مرتب کنید. (۲ نمره)

خورشید داغ‌تر می‌شود، گازهای بخش درونی را می‌روبد و سنگ‌ریزه‌های درشت‌تر را برجای می‌گذارد.

شکل ب) سیاره‌ها در مدارشان دچار انبوهش شده‌اند.

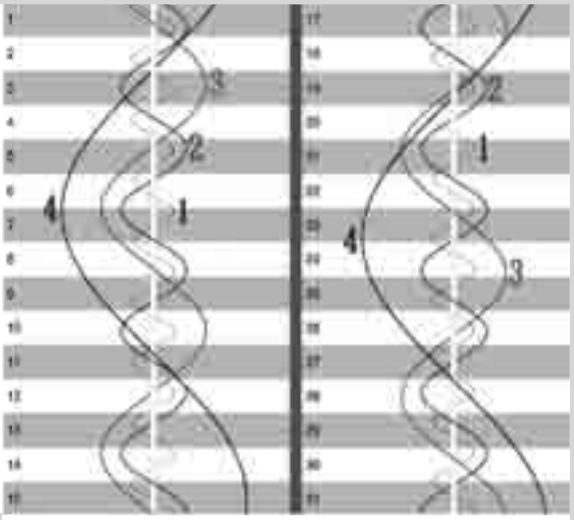
شکل پ) ابر سردی که به آرامی می‌چرخد، بر اثر گرانشش شروع به انقباض می‌کند.

شکل ت) پیش خورشید شروع به تابش کرده، و دیسکی از گاز و غبار آن را احاطه کرده است.

ث) در مرکز، پیش خورشید تشکیل شده است و ابر سریع‌تر می‌چرخد.

پاسخ: (پ) ← ( ) ← ( ) ← ( ) ← ( ) ← (ج) ←

۲۷. در نمودار زیر، موقعیت پیش‌بینی‌شده‌ی چهار قمر برجیس را می‌بینید. شماره‌های ۱، ۲، ۳، و ۴ به‌ترتیب ردآیو، اروپا، گانیمد و کالیستو را نشان می‌دهند. پهنای نوار سفید، دیسک ظاهری برجیس را نشان می‌دهد. حرف‌های E و W شرق و غرب را آن‌گونه که از روی زمین دیده می‌شوند، نشان می‌دهند. محور قائم، تاریخ را مشخص می‌کند. اکنون ما تصویری از برجیس و قمرهایش داریم که در اکتبر ۲۰۰۸ گرفته شده است، اما تاریخ آن معلوم نیست. به کمک نمودار پیش‌بینی‌شده، چهار قمر و تاریخ گرفته‌شدن عکس را تعیین کنید.



پاسخ: عکس در تاریخ..... اکتبر سال ۲۰۰۸ گرفته شده است.

پاسخ: قمرها عبارت‌اند از: a ( )، b ( )، c ( )، d ( )

۲۸. قدر ظاهری یک ستاره، تابناکی ظاهری آن است. مقدار این تابناکی به درخشندگی واقعی و فاصله بستگی دارد. از دیگر سو، قدر مطلق یک ستاره، درخشندگی آن در فاصله‌ی ۱۰ پارسکی از زمین است، پس تابع فاصله‌ی واقعی ستاره نیست. در جدول، قدر ظاهری و فاصله‌ی چهار ستاره را می‌بینید. قدرمطلق آن‌ها را محاسبه کنید (پاسختان را تا دو عدد اعشار بنویسید؛ برای مثال: XX.XX) و به این پرسش‌ها پاسخ دهید.

۱) به کمک داده‌های جدول، ستاره‌ای را که واقعاً درخشان‌تر است پیدا کنید. (۰/۵ نمره)

۲) درخشندگی کدامین ستاره ۱۰۰ برابر خورشید است؟ (۰/۵ نمره)

۳) (هر پاسخ درون جدول ۰/۲۵ نمره دارد)

ستاره	قدر ظاهری	فاصله (pc)	قدر واقعی
A	۲/۱	۲۹/۷۵	
B	۰/۵	٤۲/۹٤	
C	۰/۸	۱۹/۹٤	
D	-۰/۷	۹۵/۰۹	
خورشید	-۲٦/۷	------	٤/۸۳

۲۹. چهار نمونه‌ی کافی داریم که همه از کانی‌های مقیاس درس‌اند، اما توپازو آپاتیت در میان آن‌ها نیستند. آزمایش سختی به ما نشان داده است که:

۱) فقط یکی از چهار کانی از توپاز سخت‌تر است و ۲) تنها یکی از آن‌ها از آپاتیت نرم‌تر است. به‌علاوه، این دو کانی هردو مکعبی‌اند.

از این چهار کانی..... از آپاتیت نرم‌تر است. (۱ نمره)

الف) کلسیت ب) ژیپس پ) فلوریت

ت) کوارتز ث) تالک

۳۰ مهم‌ترین گاز گل‌خانه‌ای که در خاک توندرا و رسوبات سکوی قاره‌ای (فلات قاره) محبوس شده، کدام است؟ (۱ نمره)

الف) متان ب) کربن دی‌اکسید پ) بخار آب

ت) اتان ث) نیتروژن

ادامه دارد

اولین نقد کشوری کتاب درسی زمین‌شناسی

مریم عابدینی

اشاره

یکی از اهداف انتشار «رشد آموزش زمین‌شناسی»، انعکاس نظرات و درددل‌های معلمان زمین‌شناسی است. و تا آن‌جا که ما دریافته‌ایم مهم‌ترین دغدغه‌ی معلمان این درس، موضوع «تغییر نکردن کتاب درسی» مطابق با زمان‌بندی پیشنهادی، عدم تجانس کتاب با موضوع ارتقای معلومات دانش‌آموزان، حجم زیاد مطالب خصوصاً محفوظات نوشته و نانوشته (آن‌چه که معلم برای آماده‌سازی یا زمینه‌سازی عنوان می‌کند و دانش‌آموز باید بداند) و ساعات کم این درس، ما را بر آن داشت تا این انتقادها و پیشنهادها را انعکاس دهیم. حرف‌هایی که سال‌هاست در جلسات گروه‌های زمین‌شناسی آموزش‌وپرورش کشور شنیده می‌شود، اما گویی به گوش کسی خارج از جمع معلمان زمین‌شناسی نمی‌رسد و هم‌چنان همان کتاب‌های قدیمی با تغییرات نامحسوس تدریس می‌شوند.

اولین جلسه‌ی «نقد و بررسی کتاب‌های درسی زمین‌شناسی»، با حضور جمعی از سرگروه‌های زمین‌شناسی کل کشور در استان چهارمحال‌وبختیاری برگزار شد؛ جمعی که بی‌گمان برای نقد کتاب بهترین‌اند، چون نماینده‌ی معلمان زمین‌شناسی کل کشور هستند. پای حرف‌های این معلمان می‌نشینیم تا به‌طور مختصر و در حد بضاعت زمانی جلسه، برایمان از کاستی‌های کتاب‌های زمین‌شناسی دوره‌ی متوسطه بگویند:

خانم عابدینی، مدیر داخلی «رشد آموزش زمین‌شناسی»:

موضوع نقد کتاب درسی سابق و کتاب پیشنهادی از سوی «دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی» اهمیت زیادی دارد وعلی‌رغم این‌که همکاران تمایل کمتری به نقد کتاب دارند. از آن‌ها درخواست می‌کنم، مجدداً و با نگاهی تازه، کتاب را مورد نقد و بررسی قرار دهند و نظرهای سازنده‌شان را برای ما ارسال کنند. همان‌طور که مستحضر هستید، نقد مفید شرایط خاص خود را دارد و همکاران توجه داشته باشند که لازم است اشکالات کتاب، نکات مثبت آن و پیشنهادهایشان را برای بهبود کیفیت مطالب علمی کتاب در نقد خود جای دهند.

فرصت این جلسه محدود است، اما ما امیدواریم که بتوانیم در آینده جلسات نقد دیگری را در سایر استان‌های کشور و در جمع معلمان زمین‌شناسی آن استان‌ها برگزار کنیم.

متن و شکل‌های کتاب هماهنگ باشد

خانم شمسی کهریزی ـ استان کرمانشاه: اشکال های زیادی در کتاب وجود دارد که اغلب آن‌ها مطرح شده‌اند. مثلاً در مورد نظریه "Plate Tectonic" مؤلف در متن کتاب، نظریه را از گفته‌ها و منابع قدیمی برداشته است، اما شکلی که برای این نظریه انتخاب شده، مربوط به نظریه‌های جدیدتر است. به نظر من باید در این موارد هماهنگی وجود داشته باشد. حتی اگر سلیقه‌ی مؤلفان کتاب به گونه‌ای است که نظریه‌ی قدیمی را قبول دارند، باید سعی شود اشکال متناسب با همان نظریه در کتاب آورده شوند تا دوگانگی ایجاد نشود.

برای کمک به تدریس زمین‌شناسی هم پیشنهادی دارم. بد نیست در کنار کتاب درسی، کتاب‌های ساده‌ای برای همکاران غیرمتخصص (که تعدادشان هم زیاد است) منتشر شود که هم اصطلاحات زمین‌شناسی را به‌صورت مختصر توضیح دهد و هم تلفظ لغات انگلیسی در آن آورده شود.

آقای سید عبدالصاحب حسینی ـ استان کهکیلویه و بویراحمد: در مورد کتاب جدید که برای اظهار نظر در اختیار گروه‌ها قرار گرفته است باید بگویم، بهتر بود نسخه‌ی پیش‌نویسی از کتاب پیش‌دانشگاهی به همراه آن در اختیار همکاران قرار می‌گرفت؛ شاید به این صورت قضاوت بهتری در مورد هر دو کتاب صورت می‌گرفت.

آقای ملک‌محمدی ـ سرگروه دبیرخانه گروه زمین‌شناسی کشور: علت اساسی تمام سردرگمی‌ها در مورد کتاب جدید این است که رشته‌ی زمین‌شناسی در «دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی» متولی ندارد. در این دفتر، گروه‌های متفاوتی وجود دارند و هر گروهی هم یک کارشناس مسئول و یک سرگروه دارد. رشته‌ی زمین‌شناسی فعلاً بی‌سرپرست است. به همین خاطر هم مشکلاتی پیش می‌آید. برای مثال، فصل‌هایی از علوم زمین پیش‌دانشگاهی حذف و به کتاب سال سوم اضافه می‌شود، ولی کتاب زمین‌شناسی پیش‌دانشگاهی ناقص می‌شود.

آقای حسینعلی چهارنایی؟ـ استان گلستان: معلمان زمین‌شناسی استان گلستان محتوای درسی کتاب قدیمی را بررسی کردند و نتیجه‌ی این بررسی نیز به صورت بروشوری به دبیرخانه ارسال شد. این کتاب بیش از ۹۰درصد دبیر را در کلاس درگیر می‌کرد و ضریب مشارکت دانش‌آموز بسیار پایین بود. انتظار ما این است که کتاب جدید به گونه‌ای تألیف شود که ضریب درگیری دانش‌آموز در

کلاس بیش از معلم باشد. اگر در بخشی از کتاب جدید، ظرفیت‌های زمین‌شناسی و معادن کل ایران هم معرفی شود، بازخورد خوبی خواهد داشت.

علاوه بر این، پیشنهاد می‌کنم در کنار کتاب جدید حتماً سی‌دی کمک‌آموزشی هم در نظر گرفته شود تا دبیران در تدریس از آن کمک بگیرند.

آقای سعید علیزاده ـ استان گیلان: به‌نظر من بحث زلزله در کتاب پیش‌دانشگاهی بسیار کوتاه و فشرده بیان شده که با توجه به جذابیت موضوع برای بچه‌ها، بهتر است حجم آن بیشتر شود.

تعدادی غلط علمی هم در کتاب وجود دارد. برای مثال، شکلی که با عنوان «کوارتز بنفش» در کتاب آورده شده، مناسب نیست و در واقع غلط علمی است. من این ایراد را با ذکر منبع به دفتر تألیف اعلام کردم و نوشتم: اگر من اشتباه می‌کنم و در این منبع هم مطلب اشتباه نوشته شده‌اند، لااقل مرا توجیه کنید. از این دست خطاهای علمی زیاد است. مشکل دیگر هم این است که تصاویر کتاب بسیار نامناسب‌اند.

کتاب‌های درسی کاربردی‌تر شود

آقای محمد علی‌قلی نتاج ـ استان مازندران: بهتر است در کتاب‌های درسی مطالب کاربردی‌تری ارائه شوند. مثلاً وقتی مبحث کانی‌شناسی در کتاب می‌آید، خوب است که در انتهای فصل در مورد کاربرد کانی‌های متفاوت هم توضیحاتی داده شود. یا در مورد رسوب‌شناسی و پترولوژی هم همین‌طور. دانش‌آموز باید بداند مطالبی که می‌خواند، چه کاربردی دارد. خیلی‌وقت‌ها دانش‌آموز می‌پرسد: «اصلاً چه اهمیتی دارد کانی آبی نباشد و قرمز باشد؟ یا الیوین در یک سنگ به تالک و سرپانتین تبدیل نشود و کوارتز شود؟ خواندن این‌ها چه فایده‌ای دارد؟!»

معرفی نرم‌افزارهای مرتبط با علوم زمین هم خوب است. لزومی هم ندارد که برای هر فصل یک نرم‌افزار معرفی شود. کافی است که در پایان کتاب، نرم‌افزارهای زمین‌شناسی به‌صورت اجمالی و در حد دو سه صفحه معرفی شوند تا دانش‌آموز بداند الکترونیک هم در خدمت زمین‌شناسی است.

عنوان شده بود که کتب جدید دارای معیار دینی باشد. این پیشنهاد خوبی است، اما اولاً لازم است مطالب به گونه‌ای عنوان شود که معلم زمین‌شناسی بتواند آن را تدریس کند. در ثانی مطالب زمین‌شناسی به‌صورت نظریه است و امکان دارد در آینده رد شود. باید توجه داشت، دانش‌آموزی که مطلبی را از زمین‌شناسی و دین می‌شنود، بعداً فکر نکند مسائل علمی مطرح شده در دین اشتباه است. باید در مورد مسائل دینی که بسیار مهم و حساس هستند، به این نکات توجه شود.

آقای مرتضی دلاوری کوشان ـ استان مرکزی: در کتاب پیوستگی مطالب رعایت نشده است. مثلاً در بخشی از کتاب از موج S و P نام برده شده، اما در موردشان توضیحی نیامده است. بعد در جای دیگری از کتاب در مورد موج S و P توضیح داده شده است.

مشکل دیگر این است که در کتاب عناوین برخی مطالب گفته شده، اما حق مطلب ادا نشده است. مثلاً وضعیت مغناطیس زمین، در متون زمین‌شناسی و فیزیک برعکس گفته شده است. در زمین‌شناسی گفته می‌شود که الان زمین از نظر مغناطیسی در حالت طبیعی است، اما در فیزیک گفته می‌شود که در حالت وارونه است. بهتر است مطلب در کتاب بیشتر باز شود تا دانش‌آموز به علت این تفاوت در بیان مسئله پی ببرد. هم‌چنین، در بخش‌هایی از کتاب که برای مطالعه‌ی بیشتر دانش‌آموز در نظر گرفته شده، مطالب

بسیار جالبی وجود دارد که می‌توان آن‌ها را به متن کتاب منتقل کرد.

باید کاری کنیم که بازدید علمی برای دبیران و دانش‌آموزان زمین‌شناسی جنبه‌ی قانونی پیدا کند. یعنی اهمیت بازدید زمین‌شناسی در کتاب عنوان شود و یا در کنار مطالب، به جاذبه‌های زمین‌شناسی کشور اشاره شود تا دانش‌آموز حتی در تعطیلات هم مشتاق شود که از مناطق معرفی شده دیدن کند.

خانم ناهید فرزاد سیر ــ استان همدان: به نظر من این نقد و بررسی باید از کتاب‌های دوره‌ی راهنمایی شروع شود، به خاطر این‌که چینش و سازمان‌دهی محتوا از دوره‌ی راهنمایی دچار مشکل است. کما این‌که در کتاب‌های علوم به اندازه‌ی کافی به مباحثی مثل نقش آب در فرسایش و یا هوازدگی اشاره شده است و تکرار این مطالب در کتاب زمین‌شناسی پایه‌ی سوم لزومی ندارد. بهتر بود این مباحث با مطالب دیگری جای‌گزین می‌شد.

مشکل دیگر این است که در بعضی از فصل‌های کتاب علوم زمین، بدون هیچ پیش‌زمینه‌ای (خصوصاً در فصل اول) وارد مباحث اصلی شده‌اند؛ آن هم با روش اکتشافی که باعث می شود دانش‌آموز جا بخورد. بعد در ادامه‌ی کتاب می‌بینیم که مباحث دوباره با شیوه‌ی سخن‌رانی و سنتی ارائه شده‌اند. باید دید چرا این‌گونه است.

مشکل دیگر کتاب‌های زمین‌شناسی، تصاویر آن‌هاست. از تصویر به عنوان وسیله‌ی کمک آموزشی، بسیار محدود بهره گرفته‌اند. به علاوه ترجیح دارد از تصاویر پدیده‌های زمین‌شناسی کشورمان استفاده شود.

مسئله‌ی دیگر این است که برخی از فعالیت‌های عنوان شده در کتاب زائد هستند. نمونه‌ی آن فعالیت مربوط به مبحث هواشناسی در کتاب سال سوم است. ما بازدیدی از مرکز هواشناسی استان داشتیم و در این بازدید من از کارشناس هواشناسی سازمان خواستم که این فعالیت را توضیح دهد. آن طور که ایشان می‌گفت پیش‌بینی اصلاً بر این اساس صورت نمی‌گیرد. به جای فعالیت‌های زائد این چنینی می‌شود مباحث بهتری را جای‌گزین کرد.

اولین کنگره‌ی بین‌المللی زمین‌شناسی ایران

آزاده شاکری
کارشناس ارشد تکتونیک

اولین کنگره‌ی بین‌المللی زمین‌شناسی کاربردی در حالی در مشهد به کار خود پایان داد که جای خالی کنگره‌هایی در سطح بین‌المللی در حوزه‌ی زمین‌شناسی کشورمان خالی است. سال‌هاست که محققان علوم زمین به شرکت در همایش‌های «سازمان زمین‌شناسی کشور» و یا «انجمن زمین‌شناسی» خو گرفته‌اند و با آن‌که اخیراً همایش‌های تخصصی‌تری هم‌چون کنفرانس انجمن زمین‌شناسی مهندسی، همایش زمین‌شناسی اقتصادی و همایش انجمن زمین‌شناسی نفت و مانند آن نیز، از سوی مجامع و انجمن‌های علمی، انحصار این دو همایش را شکسته است، اما برگزاری کنگره‌ای تماماً به زبان انگلیسی و با حضور میهمانان خارجی، در فضای زمین‌شناسی کشور تازگی دارد. جای تأسف است که این کنگره با استقبال گرمی از سوی سرشناسان زمین‌شناسی کشور روبه‌رو نشد و تنها شاهد حضور معدودی از استادان به نام این رشته، آن هم غالباً از خطه‌ی خراسان بود. امید است به منظور تعامل هرچه بیشتر با مجامع زمین‌شناسی سایر کشورها و تبادل دستاوردهای علمی، باز هم شاهد برپایی چنین رویدادهایی باشیم.

اهداف کنگره: معرفی توانمندی‌های نخبگان علمی دانشگاهی به مجامع پژوهشی زمین‌شناسی بین‌المللی و تبادل‌نظر درخصوص دستاوردهای جدید علمی و کاربردی در ارتباط با علوم زمین تمدن بشری وابسته به زمین و معدن است. پس ضروری است که زمین را آن‌گونه که باید و شایسته است، بشناسیم و از آن به درستی استفاده کنیم

آغاز به کار کنگره

اولین کنگره‌ی بین‌المللی زمین‌شناسی کاربردی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد ششم تا هشتم اردیبهشت ماه ۱۳۸۹ در محل مجتمع آموزشی این دانشگاه برگزار شد. در مراسم افتتاحیه‌ی این کنگره، مهندس **محمدی‌زاده**، معاون رییس‌جمهور و رییس سازمان حفاظت محیط زیست، دکتر **طاهری**، معاون سازمان زمین‌شناسی کشور، **آقامیری**، مدیر کل سازمان حفاظت محیط‌زیست خراسان رضوی، مهندس **تقوایی**، مدیر کل منابع طبیعی خراسان رضوی، دکتر **عاشوری**، رییس دانشگاه فردوسی مشهد، دکتر **حلمی**، رییس دانشگاه آزاد اسلامی مشهد، تعدادی از زمین‌شناسان صاحب نظر کشورمان، ۶۰ میهمان خارجی از ۳۲ کشور جهان، و دانشجویان و محققان داخلی رشته‌ی زمین‌شناسی شرکت داشتند.

در مراسم افتتاحیه‌ی این کنگره‌ی بین‌المللی، دکتر **حبیب مولایی** گزارشی از فعالیت دبیرخانه‌ی کنگره در دو سال گذشته ارائه کرد. مولایی برگزاری موفق نخستین کنگره‌ی زمین‌شناسی در سال ۱۳۸۶ را مشوقی برای برپایی یک کنگره‌ی بین‌المللی با هدف معرفی توانمندی‌های نخبگان علمی دانشگاهی به مجامع پژوهشی زمین‌شناسی بین‌المللی و تبادل‌نظر درخصوص دستاوردهای جدید علمی و کاربردی در ارتباط با علوم زمین و گرایش‌های وابسته دانست.

دکتر مولایی درباره‌ی فعالیت‌های دبیرخانه‌ی کنگره اظهار داشت:

«دبیرخانه‌ی نخستین کنگره‌ی بین‌المللی زمین‌شناسی کاربردی در سال ۱۳۸۷ تشکیل شد و پس از ارسال حدود ۱۴ هزار ایمیل فراخوان، به دانشمندان و محققان علوم زمین در سرتاسر جهان، تشکیل کمیته‌ی علمی به تعداد ۲۸ نفر با ۱۴ عضو از کشورهای گوناگون جهان، طراحی و آماده‌سازی پوستر کنگره، و هم‌چنین راه‌اندازی وب‌سایت کنگره به دو زبان انگلیسی و فارسی، حدود ۸۰۰ مقاله و ۵۰۰ پوستر به دبیرخانه کنگره ارسال شد. از میان آن‌ها، ۶۰۰ مقاله و ۴۰۰ پوستر به منظور ارائه در این کنگره پذیرفته شد.»

در بخش بعدی مراسم افتتاحیه، دکتر حلمی، ریاست دانشگاه آزاد واحد مشهد، پس از خیرمقدم گویی به میهمانان کنگره، در مورد وضعیت کنونی و فعالیت‌های علمی و پژوهشی دانشگاه آزاد واحد مشهد گفت:

«دانشگاه آزاد اسلامی مشهد در آذرماه سال ۶۱ تأسیس شد و فعالیت آموزشی خود را از مهرماه سال ۱۳۶۲، در سه رشته و با ۱۷۰ دانشجو آغاز کرد. این دانشگاه هم اکنون دارای حدود ۲۵ هزار دانشجو در دوره‌های متفاوت تحصیلی از کاردانی تا دکترا در ۱۳۰ رشته‌ی تحصیلی است.»

دکتر حلمی با بیان این‌که از سال ۱۳۷۴ کارهای پژوهشی دانشگاه آغاز شده است، تصریح کرد: «۴۸۰ سخن‌رانی علمی داخلی، ۲۱۹ طرح پژوهشی خاتمه یافته، ۱۳۴ مقاله در همایش‌های خارجی و ۴۳۲ مقاله‌ی داخلی و ۱۸۰ مقاله ISI، ۵۴۱ مقاله‌ی پژوهشی، و ۱۳۲ مقاله‌ی علمی ـ ترویجی و ۷۶ کتاب آموزشی و کمک آموزشی نتیجه‌ی فعالیت‌های پژوهشی استادان و دانشجویان دانشگاه در سال‌های گذشته است.»

زمین‌شناسی از دید یک حافظ محیط زیست

مهندس محمدی‌زاده، معاون رییس جمهوری و رییس سازمان حفاظت محیط‌زیست، یکی دیگر از سخن‌رانان مراسم افتتاحیه بود. وی شناخت زمین را یکی از دلایل توسعه‌ی تمدن عنوان کرد و گفت: «شناخت انسان از محیط زیستش با شناخت زمین آغاز می‌شود. زمین‌شناسی و محیط زیست ارتباط بسیار تنگاتنگی با هم دارند، تا آن‌جا که تمدن بشری وابسته به زمین است.»

وی با اشاره به این‌که زمین‌شناسی دانشی پایه‌ای است، افزود: «انرژی لازم برای زندگی بشر از سوخت‌های فسیلی زمین تأمین می‌شود. تمامی سازه‌های مورد نیاز بشر بر پیکره‌ی زمین ساخته می‌شوند. پس ضروری است که زمین را آن‌گونه که باید و

شایسته است، بشناسیم و از آن به درستی استفاده کنیم. بدون شناخت زمین و محیط زیست، مسیر توسعه هموار نخواهد بود.»

وی با تأکید بر لزوم مطالعه‌ی استانداردها و توجه به اقلیم و شرایط اکولوژیکی محیط، پیش از فعالیت‌های معدنی، افزود: «فعالیت‌های معدنی در زمینه‌های متفاوت، از اکتشافات تا استخراج و حتی رهاسازی معادن متروکه، اثرات مخرب بسیاری از قبیل آلودگی هوای ناشی از حفاری، انفجار، بارگیری، تخلیه، آلودگی‌های صوتی، ایجاد ناامنی برای حیاط‌وحش، آلودگی آب‌ها و... روی محیط‌زیست دارد. ولی می‌توان با تدوین و به‌کارگیری استانداردهای لازم برای تمامی فعالیت‌های معدنی، از اثرات مخرب محیطی معدن روی محیط‌زیست کاست.»

معاون رییس جمهور در ادامه‌ی سخنانش گفت: «توجه به ارزش اقتصادی منابع زیست محیطی، افق جدیدی را در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌ها پیش‌رو خواهد گذاشت. باید ارزش هر متر مکعب آب، خاک و هوا معلوم شود تا هرگاه آلاینده‌ای مؤلفه‌های اصلی حیات، یعنی آب، خاک و هوا را تخریب کرد، بدانیم که چه‌قدر از دارایی‌هایمان کم شده است.»

مهندس محمدی‌زاده در بخش دیگری از سخن‌رانی خود، اهمیت مطالعات بین رشته‌ای هم‌چون استفاده از نتایج مطالعات زمین‌شناسی در پیش‌گیری از مخاطرات طبیعی، زمین‌شناسی پزشکی و نیز مدیریت پسماندها را یادآور شد. وی با اشاره به تنوع پدیده‌های زمین‌شناختی در کشورمان و با اشاره به لزوم بهره‌گیری از این پدیده‌ها در قالب برنامه‌های ژئوتوریسم و طبیعت گردی، بر حفظ و صیانت از آن‌ها تأکید کرد و گفت: «پدیده‌های زمین‌شناختی نه تنها برای مخاطب عام و خاص جذابیت بالایی دارند، بلکه موجب آگاهی مردم از قدرت خداوند نیز می‌شوند.»

پس از پایان مراسم افتتاحیه، میهمانان خارجی، مسئولان و محققان علوم زمین در محوطه‌ی مجتمع فرهنگی دانشگاه آزاد مشهد حاضر شدند و با نثار گل، به مقام شهدای گمنام ادای احترام کردند.

ارائه‌ی مقالات

برنامه‌ی ارائه مقالات با سه سخن‌رانی ویژه آغاز شد. دکتر **موسوی حرمی**، استاد دانشگاه فردوسی مشهد، دکتر **کومار پندیت**، استاد دانشگاه راجستان هند و دکتر **میچالیک**، کارشناس سازمان زمین‌شناسی اسلواکی، مقالات خود را ارائه دادند. علاوه بر مقالات یاد شده، در برنامه‌ی روز اول کنگره، ارائه‌ی ۵۸ مقاله‌ی دیگر به صورت شفاهی و ۴۹ مقاله به شکل پوستر و در روز دوم، ارائه‌ی ۸۶ مقاله‌ی شفاهی و ۱۴۹ پوستر در نظر گرفته شده است. مقالات در شش سالن مجزا و به زبان انگلیسی ارائه شدند.

برنامه‌های جنبی کنگره

در حاشیه‌ی این کنگره، نمایشگاه ظرفیت‌های زمین‌شناسی و معدنی استان خراسان رضوی نیز برگزار شد. یکی از کارخانجات تولید چینی‌آلات، گروه آمتیست، سازمان زمین‌شناسی استان خراسان رضوی و گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد در این نمایشگاه شرکت داشتند.

یکی از کارخانجات تولید چینی‌آلات، نمونه‌ی ظروف تولید شده توسط شرکت، مانند ظروف چینی و ظروف نشکن شیشه‌ای، قالب‌ها، مواد اولیه و رنگ‌های مورد استفاده در تولید ظروف شیشه‌ای، سرامیکی، چینی و... را در غرفه‌ای به نمایش گذاشته بود. علاوه بر این، تحقیقات انجام گرفته در آزمایشگاه تکنولوژی شیشه‌ی این شرکت نیز در این غرفه به شکل فهرست‌وار معرفی شده بود.

گروه آمتیست نمایشگاه و فروشگاهی کوچک از سنگ‌های زینتی با نام «سنگ‌های ماه تولد» در غرفه‌اش ترتیب داده بود.

پدیده‌های زمین شناختی نه تنها برای مخاطب عام و خاص جذابیت بالایی دارند، بلکه موجب آگاهی مردم از قدرت خداوند نیز می‌شوند

سازمان زمین‌شناسی با انتشارات خود به نمایشگاه آمده بود. اطلس زمین‌شناسی پزشکی ایران، اطلس توانمندی‌های ژئوپارک و ژئوتوریسم ایران، راهنمای عملیات صحرایی و مطالعات آزمایشگاهی، و هم‌ارزی واحدهای چینه‌نگاری سنگی ایران در پهنه‌های ساختاری ـ رسوبی عمده، کتاب‌های به نمایش گذاشته شده در غرفه‌ی سازمان زمین‌شناسی بودند. و چند CD آموزشی، تحت عنوان «لوت، دشت شگفت‌انگیز»، «آب و زمین» و «پدیده‌های زیبای زمین‌شناختی ایران» نیز، آثار دیجیتال این غرفه را تشکیل می‌دادند.

گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد هم با ویترینی پر از صدف به نمایشگاه آمده بود که به جز یکی دو فسیل گم‌شده در لابه‌لای صدف‌ها، اثری از زمین‌شناسی در آن دیده نمی‌شد. با این حال، تنوع صدف‌ها و

خطاطی‌های حک‌شده بر سطح برخی از آن‌ها، مخاطب را به این غرفه جذب می‌کرد.

سه بازدید صحرایی یک روزه از جاذبه‌های زمین‌شناسی اطراف شهرهای نیشابور، کلات و مشهد و برنامه‌ی ژئوتور (تور طبیعت گردی) برای بازدید از شهر یزد، از دیگر برنامه‌های این کنگره‌ی سه روزه بودند.

معاون پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد: «دانشگاه آزاد اسلامی مشهد در دهه‌ی آینده‌ی فعالیت خود قصد دارد در موضوعات پژوهشی و کیفیت ارائه‌ی خدمات ارتقا و جهشی صورت دهد. لذا برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی مورد توجه خاص است و در برنامه‌های دانشگاه جایگاه مهمی دارد.»

پایانی بر یک آغاز

نخستین کنگره بین‌المللی زمین‌شناسی کاربردی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد، هفتم اردیبهشت ماه با حضور مسئولان کشوری و استانی و هم‌چنین تعداد زیادی از اندیشمندان و صاحب‌نظران حوزه‌ی زمین‌شناسی داخل و خارج کشور، در مجتمع آموزشی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد، با معرفی مقالات برتر، به کار خود پایان داد. دکتر **بهارآرا** در مراسم اختتامیه‌ی این کنگره، برگزاری نخستین کنگره بین‌المللی زمین‌شناسی کاربردی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد را فرصتی مناسب برای اعضای گروه زمین‌شناسی دانست که از طریق ارتباط مستقیم با بهترین صاحب‌نظران این رشته در داخل و خارج از کشور، بر توسعه و ارتقای علمی خود بیفزایند. بهارآرا با بیان این که در گروه زمین‌شناسی ظرفیت‌های خیلی خوبی وجود دارد اظهار امیدواری کرد: «در آینده‌ی نزدیک ما، در این رشته جایگاه مناسب‌تری در عرصه‌ی بین‌المللی پیدا کنیم و به عنوان یک مرجع در این رشته شناخته شویم.»

در ادامه‌ی این مراسم، مهندس **عبدالملکی**، معاون پشتیبانی و توسعه‌ی استانداری خراسان رضوی، در سخنانی اظهار داشت: «خراسان رضوی با بیش از ۱۵۰ واحد دانشگاهی و بیش از ۲۲۰ هزار دانشجو و بهره‌مندی از استادان فکور و عالم، از لحاظ علمی موقعیت مناسبی در کشور دارد؛ به‌طوری که در سال گذشته، استان خراسان رضوی رتبه‌ی اول انجام فعالیت‌های پژوهشی را در هفته‌ی پژوهش به خود اختصاص داد. این استان دارای بیش از هفت هزار نخبه و مخترع است که برخی از آن‌ها حتی حدود ۱۳ اختراع را به ثبت رسانده‌اند.»

وی در خصوص توانمندی‌های معدنی استان گفت: «خراسان رضوی به دلیل برخورداری از محیط‌های متنوع کوهستانی و کویری، دارای ۱۷۰ کانی شناخته شده است که مهم‌ترین آن‌ها کانسار آهن شهرستان خواف با بیش از یک میلیارد و ۲۰۰ تن ذخیره‌ی معدنی و هم‌چنین بزرگ‌ترین معدن سنگ فیروزه در این استان است.»

دکتر **ملایی**، دبیر این کنگره، در حاشیه‌ی کنگره به خبرنگاران در خصوص مقالات برتر گفت: «از میان ۸۰۰ مقاله‌ی ارائه شده به این کنگره، ۶۳ مقاله به مرحله‌ی داوری ژورنال زمین شناسی راه یافتند که هم اکنون کار داوری ۱۷ مقاله به پایان رسیده و دارندگان این مقالات جوایز خود را دریافت داشته‌اند.»

وی ادامه داد: «از میان این ۱۷ مقاله، ۹ مقاله در جلد اول و ۸ مقاله‌ی دیگر نیز در جلد دوم ژورنال زمین‌شناسی به چاپ می‌رسد و سعی می‌کنیم که پس از تأیید دانشگاه و آموزش عالی بتوانیم این مقالات را در I.S.I نیز به ثبت برسانیم. علاوه بر این، ۱۵ مقاله نیز تاکنون نیمه داوری شده‌اند که تا این مرحله جزو مقالات خوب محسوب می‌شوند و در این مراسم از آن‌ها تقدیر شد.»

وی کارایی انجمن‌های بین‌المللی علمی را بسیار بالا دانست و گفت: «در حال حاضر برای راه‌اندازی انجمن زمین‌شناسی جهان اسلام در حال گفت‌وگو و تبادل‌نظر هستیم و تمام تلاش خود را برای راه‌اندازی این انجمن به‌کار می‌گیریم.»

معرفی کتاب

محمد حسن بازوبندی
مدرس مرکز مجتمع آموزش عالی پیامبر اعظم

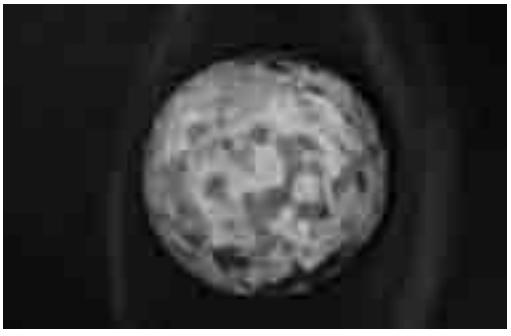
این کتاب مجموعه‌ی جامع، کامل و مصور از مفاهیم و اصطلاحات رایج و عمومی علوم زمین است و می‌تواند به عنوان یکی از منابع مصور آموزش عمومی علوم زمین، مورد استفاده‌ی علاقه‌مندان، مدرسان و فراگیرندگان علوم زمین قرار گیرد. در مورد ویژگی‌ها و اختصاصات آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- **مجموعه‌ی این اثر شامل ۴۵۰ تصویر رنگی از پدیده‌های مرتبط با علوم زمین است.**
- **کیفیت کاغذ آن در سطح عالی (گلاسه) است.**
- **اصول دانش زمین را به شیوه‌ای نو و قابل دست‌رس ارائه می‌دهد.**
- **ساختار موضوعی دانش‌نامه، بیش از ۲۰۰۰ واژه و مفهوم را در زمینه‌های موضوعی کلیدی گروه‌بندی می‌کند.**
- **سیستم ارجاع متقابل ساده‌ی آن، خواننده را به بخش‌های متفاوت کتاب راهنمایی می‌کند تا به سادگی بتواند موضوع‌های مرتبط را با هم بیابد.**
- **نمایه‌ی جامع آن، خواننده را به سرعت به سمت تعاریف گویا برای کمک به فهم زبان دانش زمین هدایت می‌کند.**
- **در بخش زندگی‌نامه‌های مختصر آن، از کار بیش از ۶۰ نفر از پیشگامان و دانشمندان علوم زمین، از ارسطو تا فرانسیس بوفورت قدردانی می‌شود.**
- **جدول‌های اطلاعات علمی را به تفصیل ارائه می‌دهد.**
- **مطالب و محتوای کتاب‌های درسی را به‌طور کامل پوشش می‌دهد.**

تهیه‌ی این کتاب به عنوان یک منبع، حداقل برای کتاب‌خانه‌ی واحد آموزشی ضروری به نظر می‌رسد. تهیه و مطالعه‌ی این اثر را به همکاران عزیز توصیه می‌کنیم.

داده‌های دوربین‌های «کسینی» به ترسیم مجدد مدلی از منظومه‌ی شمسی کمک می‌کند

ملیحه قنبری
دانشجوی دکتری چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی



عکس‌های گرفته شده توسط دوربین‌های ناسا که با فناوری یونی و اتم‌های خنثا کار می‌کند و «کسینی»[1] نام دارد، این فرضیه را مطرح می‌کنند که «هلیوسفر»[2] (منطقه‌ای از منظومه‌ی شمسی که تحت تأثیر انرژی خورشیدی قرار دارد) ممکن است آن‌گونه که براساس مدل‌های قبلی پیش‌بینی شده است، یعنی به شکل یک ستاره‌ی دنباله‌دار، نباشد. طبق مقاله‌ای که در تاریخ ۱۵ اکتبر در نشریه‌ی «ساینس»[3] به چاپ رسیده است، محققان آزمایشگاه فیزیک کاربردی جان هاپکینز[4]، مدل جدیدی از هلیوسفر را به نمایش گذاشتند. یکی از محققان این گروه به نام استامایتوس کریمیجیس[5] که مستقیماً روی داده‌های به‌دست آمده از این تصاویر تحقیق می‌کند، بیان کرده است: «آن‌چه را که ما طی ۵۰ سال گذشته تصور می‌کردیم، توسط این تصاویر کاملاً دگرگون شده است. خورشید در طول کهکشان سفر می‌کند، اما نه مانند یک ستاره‌ی دنباله‌دار، بلکه بیشتر شبیه یک حباب بزرگ گرد.»

اما این حیرت‌آور است که چگونه یک سلسله مشاهدات جدید و بی‌مانند، می‌تواند تمام تفاسیر و تفکراتی را که اغلب دانشمندان طی ۵۰ سال گذشته به آن معتقد بودند، دگرگون سازد. هم‌زمان با وزش باد خورشیدی از ناحیه‌ی خورشید، این باد یک حباب بین

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 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 متوسطه‌وپیش‌دانشگاهی)

مجله‌های بزرگسال عمومی
(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 بزرگسال 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) ◆ 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 پیش دبستانی

مجله‌های رشد عمومی و اختصاصی برای آموزگاران، معلمان، مدیران و کارکنان اجرایی مدارس، دانش‌جویان مراکز تربیت‌معلم و رشته‌های دبیری دانشگاه‌ها و کارشناسان تعلیم و تربیت تهیه و منتشر می‌شوند.

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

◆ **تلفن و نمابر:** ۸۸۳۰۱۴۷۸ ـ ۰۲۱

ستاره‌ای می‌سازد. در واقع، مدل مذکور بر مبنای این فرض استوار شده است که جریانات منسوب به فضاهای بین ستاره‌ای و تصادف آن‌ها با بادهای خورشیدی، واکنشی را کنترل می‌کند که باعث ایجاد یک دماغه با عمر کوتاه در مسیر حرکت منظومه‌ی شمسی می‌شود و به تشکیل دمی کشیده در جهت مخالف می‌انجامد.

تصاویر گرفته شده توسط کسینی، این فرض را مطرح می‌کنند که واکنش بین بادهای خورشیدی و جریانات بین ستاره‌ای، عمدتاً توسط فشار ذرات و انرژی و چگالی میدان مغناطیسی کنترل می‌شود. تصویربرداری با فناوری اتم‌های خنثای پرانرژی، قدرت این روش را در آشکار ساختن نحوه‌ی پراکندگی انرژی یون‌ها، ابتدا در «مگنتوسفر» زمین خودمان، سپس در مگنتوسفر عظیم‌الجثه زحل و حالا در شناسایی ساختارهای عظیمی که در اثر واکنش بادهای خورشیدی و فضاهای بین ستاره‌ای تشکیل می‌شود، نشان می‌دهد.

یک سوم دایناسورها فاقد طبقه‌بندی هستند

هم‌زمان با کشف یک فسیل جدید، ما این فرصت را پیدا می‌کنیم که مطالب بیش‌تری در مورد دایناسورها بدانیم؛ درست مانند حل کردن یک پازل. ساختار استخوانی دایناسور بین دو مرحله‌ی جوانی و بلوغ بسیار متغیر است. این موضوع می‌تواند باعث شده باشد که فسیل‌های متعلق به یک دایناسور جوان و یک دایناسور بالغ، به‌عنوان گونه‌های متفاوت نام‌گذاری و معرفی شده باشند. از این رو، «انجمن ملی جغرافیا» این موضوع را به‌صورت یک مسئله‌ی جدید مطرح کرده و عنوان «نام‌گذاری دوباره‌ی دایناسورها» را به آن داده است.

یافتن حلقه‌ی گمشده

تعدادی فسیل در شمال کشور چین متعلق به خزندگان پیدا شده‌اند که می‌توانند حلقه‌ی گمشده «پتروئوسا»[6]ها به‌حساب آید. این فسیل‌ها که به یاد چارلز داروین، «داروینوپتروئوس»[7] نام گرفته‌اند، خصوصیاتی بینابین اولین گونه‌های خزندگان و آخرین آن‌ها را در طول دوره‌ی مزوزوئیک دارا هستند.

پی‌نوشت

1. Cassini
2. Heliospher
3. Science
4. John Hopkins
5. Stamatios Krimigis
6. Peterousa
7. Darwinopeterous

همّت مضاعف، کار مضاعف

برگ اشتراک مجله‌های رشد

شرایط:

۱. پرداخت مبلغ ۷۰/۰۰۰ ریال به ازای یک دوره یک ساله مجله‌ی درخواستی، به صورت علی‌الحساب به حساب شماره‌ی ۳۹۶۶۲۰۰۰ بانک تجارت شعبه ی سه راه آزمایش (سرخه‌حصار) کد ۳۹۵ در وجه شرکت افست.

۲. ارسال اصل فیش بانکی به همراه برگ تکمیل شده‌ی اشتراک باپست‌سفارشی. (کپی‌فیش‌را نزدخودنگه دارید.)

◆ نام مجله های‌درخواستی:

.....

.....

.....

◆ نام و نام‌خانوادگی: .....

◆ تاریخ تولد: .....

◆ میزان تحصیلات: .....

◆ تلفن: .....

◆ نشانی کامل پستی:

استان: ..... شهرستان: .....

خیابان: .....

پلاک: ..... شماره‌ی پستی: .....

◆ در صورتی که قبلاً مشترک مجله بوده‌اید، شماره‌ی اشتراک خود را بنویسید:

کداشتراک: .....

امضا:

● صندوق پستی مرکزبررسی‌آثار: ۱۵۸۷۵/۶۵۶۷

● صندوق پستی امورمشترکین: ۱۶۵۹۵/۱۱۱

● نشانی اینترنتی: www.roshdmag.ir

● پست الکترونیک: Email:info@roshdmag.ir

● امور مشترکین: ۷۷۳۳۵۱۱۰ـ۷۷۳۳۶۶۵۶ـ۰۲۱

● پیام‌گیر مجله های رشد: ۸۸۳۰۱۴۸۲ـ۰۲۱

یادآوری:

◆ هزینه‌ی برگشت مجله در صورت خوانا و کامل نبودن نشانی و عدم حضور گیرنده، برعهده‌ی مشترک است.

◆ مبنای شروع اشتراک مجله از زمان دریافت برگ اشتراک خواهد بود.