بسم الله الرحمن الرحیم

رشد آموزش زمین‌شناسی

۶۱

فصلنامه‌ی آموزشی، تحلیلی و اطلاع رسانی
دوره‌ی پانزدهم/ شماره‌ی ۴/ تابستان ۱۳۸۹

سخن سردبیر ۲
گرمایش جهانی و کنترل آن/ حمید حجتی ۴
تقسیم مجدد دریای سرخ/ فرخ برزگر ۱۲
زمین‌شناسی و توان معدنی استان اصفهان/ سیدعلی آقانباتی ۱۶
شهاب و شخانه (شهاب سنگ)/ آنیا دانایی تبار- احمد رضایی ۲۲
نزدیکترین زمان فروزان آتشفشان‌ها/ بابک مستوفی‌زاده ۳۱
بررسی تاریخچه‌ی درس زمین‌شناسی در ایران/ آذر درخشانی ۳۹
تورب زاری در غرب کشور/ سیدمحمد مهدی حسینی ۴۲
ماه، تنها قمر زمین/ فرزانه رجائی ۴۴
امواج/ محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر ۴۸
طرح درس روزانه به روش کاوشگری/ آذر درخشانی ۵۲
آینده‌ی علوم زمین در قرن بیست‌ویکم/ رقیه اکبر اشرفی ۵۵
گفت‌وگو با مهندس علی اصغر خسروجردی/ حسینعلی چهارنایی ۵۸
گزارش سیزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران و ... ۶۲

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):
سید علی آقانباتی، محمد حسن بازوبندی، فرخ برزگر، سهیلا بوذری، مریم پیش بین، جهانبخش دانشیان، مریم عابدینی، مازیار نظری
• ویراستار: بهروز راستانی
• طراح گرافیک: میترا چرخیان

• نشانی دفتر مجله: تهران - ایرانشهر شمالی - پلاک ۲۶۶، صندوق پستی ۶۵۸۵-۱۵۸۷۵
• تلفن: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱ (داخلی ۳۷۴) • نمابر: ۸۸۳۰۱۴۷۸
• پایگاه اینترنتی: www.roshdmag.ir • رایانامه: info@roshdmog.ir
• کدمدیر مسئول: ۱۰۲ • تلفن پیام گیر نشریات رشد: ۸۸۳۰۱۴۸۲
• کد دفتر مجله: ۱۱۳ • نشانی امور مشترکین: تهران-صندوق پستی: ۱۶۵۹۵/۱۱۱
• کد امور مشترکین: ۷۷۳۳۶۶۵۶ - ۷۷۳۳۶۶۵۵
• چاپ: شرکت افست (سهامی عام) • شمارگان: ۵۰۰ 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: طاقدیس گنبدی جاده‌ی جلفا- جاده‌ی هادی‌شهر
عکس از: علی‌اصغر رحیم‌زاده‌پور
(دبیر دبیرستان شهید بهشتی آموزش‌وپرورش بناب)

سخن سردبیر

شواهد تاریخی نشان می‌دهد که پیشرفت علوم مختلف، از جمله علوم زمین، در اروپا، از دوره‌ی رنسانس آغاز شده و در قرن بیستم به اوج شکوفایی رسید؛ اما در ابتدای سده‌ی بیست‌ویکم این پیشرفت‌ها به گونه‌ای غیرقابل تصور و پیش‌بینی نشده متحول شد.

روزی نیست که حجم عظیمی از اطلاعات به‌صور مختلف به‌دست ما نرسد و از آن‌ها به‌گونه‌ای بهره نگیریم؛ اما چیزی که در این میان باید به آن اذعان کرد این است که از میان داده‌های علوم، به‌ویژه علوم پایه، که همه روزه به‌دست می‌آید، به نسبت، اخبار کمتری از علوم زمین مشاهده می‌شود. گو این‌که این نسبت در مقایسه با گذشته بسیار کمتر شده و دلیلش هم، حداقل در مورد کشور خودمان، این است که در طی گذشت چهل سال از عمر زمین‌شناسی سیستماتیک در ایران، ما به دانسته‌های فراوانی دست یافته‌ایم که قبلاً وجود نداشت.

همان‌گونه که بارها و در همین سرمقاله ها یادآور شده‌ام، در گذشته (تا چهل سال پیش) ما حتی یک سازند شناخته شده‌ی استاندارد از سنگ‌های ایران نداشتیم، از زمین‌شناسی ساختمانی در مورد ایران زمین هیچ‌گونه دانسته‌ای در دست نداشتیم پهنه‌های ساختاری را فقط در حد نام آن‌ها (مانند زاگرس، البرز، هزارمسجد) می‌شناختیم؛ ما نمی‌دانستیم که زاگرس چین‌خورده چیست و کجاست و زاگرس مرتفع به کدام قسمت از کوه‌های زاگرس گفته می‌شود، و به جرأت می‌توان گفت که حتی کلمه‌ی گسل را نشنیده بودیم و از گسل‌های مسبب زمین‌لرزه‌های مخرب کوچک‌ترین دانسته‌ای در دست نداشتیم. البرز را با نام قلل دماوند، سهند، سبلان و علم کوه و... می‌شناختیم نه زون البرز ـ آذربایجان، نه البرز مرکزی یا شرقی؛ اصلاً نامی مانند زون سنندج ـ سیرجان یا ارومیه دختر و... در فرهنگ زمین‌شناسی ما وجود نداشت. اما امروز، به همت والای دانش آموختگان علوم زمین کشورمان جایی از این خاک پهناور با ویژگی‌های و زیبایی‌های زمین‌شناسی‌اش وجود ندارد که اطلاعات پایه‌ای آن را نداشته باشیم، گو این‌که هنوز تا رسیدن به هم دوشی کشورهای پیشرفته فاصله‌ی زیادی داریم؛ ولی به‌شما اطمینان می‌دهم که در آینده‌ی نزدیک ما هم در این زمینه حرف‌های زیادی برای گفتن خواهیم داشت. نشان آن هم این است

که در طی زمان در حدود ربع‌قرن، تعداد مقالات ارایه شده برای یک گردهمایی از ۴۰، ۵۰ تا به ۸۵۰ رسیده است.

اما آن‌چه که در نظرم بود و سخن را به این‌جا کشید این است که سابقه‌ی شکوفایی علوم زمین را در اروپا، به‌صورت سیستماتیک کنونی، به دویست سال پیش‌نسبت می‌دهند که شاید به ترتیبی مربوط به سابقه‌ی تاریخی فرهنگشان باشد، ولی وقتی سوابق فرهنگی کشورمان را با آن‌ها مقایسه می‌کنیم می‌بینیم وقتی چهره‌هایی چون ابوعلی‌سینا، خوارزمی، سهروردی، رازی، خیام، و دیگران در فرهنگ اسلامی به آن‌گونه درخشیده‌اند که دستمایه‌ی اولیه و اصلی دانشمندان بعد از رنسانس اروپا بوده، این سؤال پیش می‌آید که آیا دانشمندان ایران، به‌ویژه پس از ظهور اسلام، به زمینی که در آن سال‌ها زندگی کرده‌اند و هر لحظه زیر پایشان بوده توجه نداشتند؟ آیا آن‌ها به موجودیت کوه‌های سر به‌فلک کشیده و دره‌های عمیق، آب‌های روان، دریاها و اقیانوس‌ها و... و چگونگی تشکیل آن‌ها فکر نمی‌کردند؟ به نظر من از دانشمندانی با آن درجات عالی از آگاهی‌های علمی بسیار بعید می‌نماید که از کلام شریف قرآن کریم مانند «و یتفکرون فی‌خلق السّموات والارض» بی‌خبر بوده و الهام‌های لازم را از آن نگرفته باشند. و در چگونگی به‌وجود آمدن این کره‌ی خاکی تفکر نکرده و از خود اثری در این زمینه برجای نگذاشته باشند.

از این دیدگاه است که ما، با کمک و همفکری اعضای هیئت تحریریه‌ی فصلنامه‌ی رشد آموزش زمین‌شناسی و اساتید فن، بر آن شده‌ایم که در این زمینه تحقیقاتی انجام دهیم و خلاصه این‌که جایگاه غنی فرهنگ اسلامی را در زمینه‌ی علوم زمین، مانند دیگر زمینه‌های آن مشخص نماییم. شما دوستان عزیز نیز در صورت تمایل می‌توانید در این امر مهم ما را یاری دهید و در صورتی‌که نوشتار یا کتابی معتبر، که توسط دانشمندان گذشته‌ی ایران در زمینه‌های علوم زمین نوشته شده باشد، برایمان ارسال دارید تا آن نوشتار را با رعایت امانت به نام خودتان چاپ کنیم و یا کتاب در مجله معرفی نماییم. امید است بدین‌صورت گامی به‌سوی اثبات موجودیت‌ها و سابقه‌ی فرهنگی زمین‌شناسیمان برداشته باشیم.

گرمایش جهانی و کنترل آن

حمید حجتی
دانشجوی کارشناسی ارشد زمین ریخت‌شناسی

چکیده

دمای متوسط زمین در طول قرن گذشته تقریباً ۰/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش یافته است. دانشمندان انتظار دارند که در طول ۱۰۰ سال آینده، متوسط دمای زمین ۱/۵ تا ۳/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش یابد. همین مقدار می‌تواند آب و هوای زمین را به‌طور بی‌سابقه‌ای تغییر دهد. ممکن است تغییرات بزرگی در سطح آب اقیانوس‌ها، مزارع کشاورزی، و هوایی که تنفس می‌کنیم یا آبی که می‌نوشیم، رخ دهد.

یکی از مهم‌ترین عوامل در تغییر اقلیم جهان امروزه گازهای گل‌خانه‌ای هستند. مهم‌ترین این گازها عبارت‌اند از: کربن‌دی اکسید، اکسید ازت، کلرو فلوئورکربن و متان که پرتوهای موج بلند را در جو زمین محبوس می‌کنند. یکی از فرضیه‌ها مربوط به افزایش مقدار کربن دی‌اکسید ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی است. میانگین دمای کره‌ی زمین طی سال‌های اخیر افزایش یافته است. این افزایش دما باعث ذوب شدن یخ‌های قطبی و بالا آمدن آب اقیانوس‌ها می‌شود. دانشمندان هشدار داده‌اند که افزایش گازهای گل‌خانه‌ای حیات مرجان‌ها و بسیاری از گونه‌های ماهی‌ها و جانداران دریا را تهدید می‌کند. دی‌اکسید کربن اضافی در هوا ناشی از سوختن سوخت‌های فسیلی، نه تنها سبب تغییرات آب‌وهوایی می‌شود، بلکه اسیدی‌شدن بیشتر اقیانوس‌ها را به دنبال دارد و حیات دریایی را که در از بین بردن دی‌اکسید کربن جو مؤثر است نیز، در معرض خطر قرار می‌دهد.

در این نوشتار، ابتدا تأثیر پدیده‌ی اثر گل‌خانه‌ای بر اکوسیستم زمین و موجودات زنده و هم‌چنین رابطه‌ی میان این پدیده را با گرمایش جهانی و حفره‌ی ازون بررسی می‌کنیم و سپس به تحلیل عوامل مؤثر در گرمایش زمین می‌پردازیم. در آخر نیز راهکارهایی را که برای جلوگیری از ادامه‌ی روند گرمایش زمین توسط دانشمندان پیشنهاد شده‌اند، بررسی می‌کنیم.

کلیدواژه‌ها: گازهای گل‌خانه‌ای، گرمایش جهانی، تغییر اقلیم، ازون، کربن دی‌اکسید، CFC، سوخت‌های فسیلی، حیات دریایی، پلانکتون‌ها، مرجان‌ها، متان.

در طول ۶۰ هزار سال گذشته، غلظت گاز CO_2 هرگز بیشتر از ۳۰۰ PPM نبوده است. تا سال ۲۰۰۴ که به ۳۷۹ PPM رسید

مقدمه

گازهایی را که موجب روی دادن اثر گل‌خانه‌ای در جو می‌شوند، «گاز گل‌خانه‌ای» می‌گویند. این گازها می‌توانند تا مدت زیادی حرارت را در خود نگه دارند. امروزه افزایش ورود بیش از حد گازهای گل‌خانه‌ای به جو زمین باعث افزایش دمای زمین شده است. از مهم‌ترین این گازها می‌توان بخارآب (۶۰ درصد)، دی‌اکسید کربن (۲۶ درصد) و متان را نام برد. دیگر گازهایی که اهمیت کمتری دارند عبارت‌اند از: اکسید نیتروژن، سولفید هگزافلوراید، هالوکربن‌ها مثل فرئون و دیگر کلروفلوئورکربن‌ها.

موارد زیر از جمله فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی انسان‌هاست که سبب افزایش این گازها می‌شوند:

۱. سوخت‌های فسیلی و جنگل‌زدایی ـ افزایش دی‌اکسید کربن.

۲. چرای دام‌ها و کشت‌های غرقابی مثل برنج ـ افزایش غلظت متان.

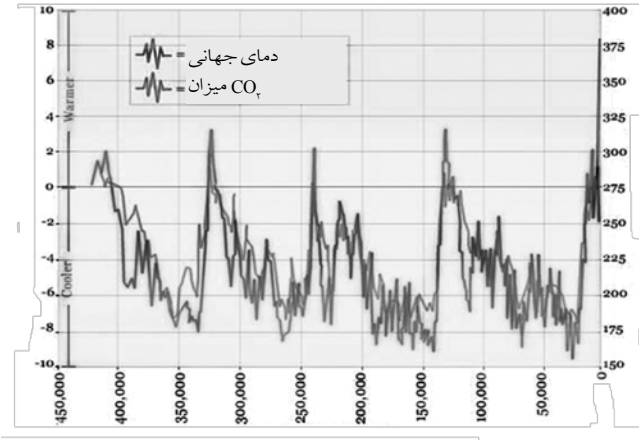
۳. استفاده از CFC (کلرو فلوئور کربن‌ها) در یخچال، فریزر و مبرودها.

دی‌اکسید کربن را می‌توان مهم‌ترین گاز گل‌خانه‌ای دانست. زیرا حجم بیشتری از آن در جو وجود دارد. احتراق سوخت‌های فسیلی (زغال‌سنگ، نفت و گاز) دلیل اصلی ازدیاد بیش از حد دی‌اکسید کربن است. اما برخی دیگر از دانشمندان با این نظر مخالف‌اند. آن‌ها می‌گویند که مطالعات انجام شده عموماً بر پایه‌ی مدل‌سازی‌های رایانه‌ای است و آب و هوای زمین بسیار پیچیده‌تر از آن است که بتوان رفتار آن را پیش‌بینی کرد. مطالعاتی که در سال ۲۰۰۱ توسط گروهی از محققان انگلیسی انجام شد، نشان می‌دهد که طبق اطلاعات ماهواره‌ای ۳۰ سال گذشته، تشعشعی که از زمین به فضا فرستاده می‌شود، کاهش یافته است. این یعنی اثر گل‌خانه‌ای هم‌گام با تولید بیشتر گازهای گل‌خانه‌ای، افزایش پیدا کرده است.

معاهده‌ی «کیوتو» با هدف موظف ساختن کشورهای جهان به کاهش اثرات گازهای گل‌خانه‌ای و پی‌آمدهای منفی گرم شدن زمین، میان کشورهای جهان به امضا رسید. در این معاهده مشخص شده است که تا چه سالی و تا چند درصد از گازهای گل‌خانه‌ای باید کاسته شود. گازهای موردنظر در این معاهده عبارت‌اند از: دی‌اکسید کربن، متان، اکسید نیتروژن، سولفورهگزافلوراید، HFCها و PFCها.

گازهای گل خانه‌ای

به دقت به سمت راست نمودار شکل ۱ نگاه کنید. سطح کربن دی‌اکسید در اتمسفر به‌طور ناگهانی افزایش پیدا می‌کند و از پایان عصر یخبندان (۱۲ هزار سال پیش) به تدریج تا حدود ۲۸۰ PPM در سال ۱۸۸۰ افزایش می‌یابد. این بالاترین میزان در طول تاریخ است، اما الگوی ثابتی دارد. در طول ۶۰ هزار سال گذشته، غلظت گاز CO_2 هرگز بیشتر از ۳۰۰ PPM نبوده است. تا سال ۲۰۰۴ که به ۳۷۹ PPM رسید.



شکل ۱. نمودار غلظت کربن دی‌اکسید طی چند هزار سال

چه چیز عامل این افزایش ناگهانی است؟ علت آن سوزاندن سوخت‌های فسیلی، یعنی زغال‌سنگ، نفت و گاز از زمان انقلاب صنعتی است. آینده‌ی آب و هوای زمین خیلی وخیم پیش‌بینی می‌شود. اما رابطه‌ی بین سطح گاز CO_2 در جو و دما شناخته شده است. این هشداری است که به ما می‌گوید ما در آغاز عصری گرم‌تر هستیم. در اولین نگاه ممکن است به نظر برسد که ما فقط در یک دوره‌ی زمانی الگویی متناوب قرار داریم. اما این‌جا یک تفاوت خیلی مهم مشاهده می‌شود: غلظت گاز CO_2 به‌صورت باورنکردنی بیشتر از هر دوره‌ی دیگری است.

مردمان گذشته متأثر از اقلیم و آب و هوا بوده‌اند و امروزه نیز همین‌طور است. دمای سرتاسر جهان در حال افزایش است. دهه‌ی ۱۹۹۰ گرم‌ترین دهه در طول هزاران سال گذشته بوده است. دمای سطح آب دریاها به اندازه‌ی ۰/۵ تا ۰/۸ سانتی‌گراد افزایش یافته است و در طول سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۳، دمای اقیانوس‌ها به اندازه‌ی ۰/۱ درجه از سطح تا عمق ۷۰۰ متری زیر دریاها افزایش یافته است.

جهان در ۱۰۰ سال گذشته ۰/۴۷ درجه‌ی سانتی‌گراد گرم‌تر شده است. پیش‌بینی می‌شود میانگین دمای جهان تا پایان قرن ۲۱، چهار درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش یابد. این گرم شدن چند درجه در مقایسه با گرمایش روزانه یا تنوع گرمایی که فصل‌ها دارند، به نظر بی‌اهمیت می‌آید. اگرچه این تغییرات خیلی بیشتر از تغییرات تجربه شده در طول ۱۰ هزار سال گذشته از زمان افزایش فرهنگ شهرنشینی تاکنون بوده است. زمین در طول ۴/۶ میلیارد سال عمر خود تغییرات اقلیمی فراوانی را دیده است، اما تغییرات کنونی که به علت سوزاندن سوخت‌های فسیلی توسط انسان است، اهمیت بیشتری دارد. در ادامه مواردی را ذکر می‌کنیم که اهمیت توجه به این هشدارها را نشان می‌دهند:

● **آب‌شناسی و یخچال‌های طبیعی:** یخچال‌ها در حال ذوب شدن هستند و پوشش یخی آن‌ها در حال کاهش است. با ذوب یخ‌ها، زیست محیط دریاها تغییر می‌کند.

● **دریاهای یخی:** گرمایش زمین باعث کاهش دریاهای یخی و نازک‌شدگی لایه‌های یخی آن‌ها می‌شود. علاوه بر این، گرم‌شدن سطح زمین باعث افزایش مقدار «امواج گرمایی»[1] و گرمایش لایه‌های پایینی جو و گرمای اقیانوس‌ها، کاهش دوران سرما، ذوب شدن یخچال‌های طبیعی، عقب‌نشینی دریاهای یخی و افزایش سطح آب دریاها در حدود ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر و در برخی مناطق، باعث افزایش باران‌های سیل‌آسا و برعکس در برخی مناطق باعث کاهش آن می‌شود.

● **حیوانات:** گرمایش زمین باعث تغییر در فراوانی گونه‌های جانوری و یا تغییر محدوده‌ی زندگی و فعالیت‌های زیستی شامل تکثیر، مهاجرت، ساختاربدنی و شکل‌های سازش آن‌ها می‌شود.

● **گیاهان:** گرمایش زمین عامل تغییر در فراوانی، تنوع، و هم‌چنین تغییر در پدیده‌های زیستی گیاهان، مانند تغییر در رشد آن‌هاست.

● **سلامت افراد:** یکی دیگر از نتایج تغییر اقلیم، تأثیر آن بر سلامت افراد است. «سازمان برآورد سلامتی جهان» در «گزارش سلامتی جهان ـ سال ۲۰۰۲» تخمین زده که تغییرات آب‌وهوا عامل تقریباً ۲/۴ درصد ابتلا به بیماری اسهال و ۶ درصد ابتلا به بیماری مالاریا در کشورهای متوسط جهان است. به علت فراگیری تغییرات اقلیمی، بیماری‌های عفونی مانند مالاریا یا مننژیت، اثرات مخربی روی سلامت بشر و گسترش مشکلات اقتصادی اجتماعی بزرگ در سایر نقاط جهان دارد. در چهارمین گزارش برآورد سلامتی که در سال ۲۰۰۷ توسط «طرح بین‌المللی تغییرات آب‌وهوایی» (IPCC) صورت گرفت می‌گوید: «فعالیت‌های بشری عامل جدیدی در گرمایش زمین در طول ۵۰ سال گذشته بوده است.»

فعالیت‌های انسانی باعث افزایش چهار گاز گل‌خانه‌ای به شرح جدول ۱ شده است.

گاز گلخانه‌ای	CFC	متان	ازون	اکسید ازت	دی‌اکسید کربن
درصد	۲۱	۱۲	۷	۶	۵۴

جدول۱. درصد گازهای گل خانه ای موجود در جو زمین

گاز NO_2 نیز از گازهای گل‌خانه‌ای مؤثر است که ۱۵۰ تا ۱۸۰ سال در جو باقی می‌ماند و به‌طور طبیعی تا جو فوقانی بالا می‌رود و باعث تخریب لایه‌ی ازون می‌شود

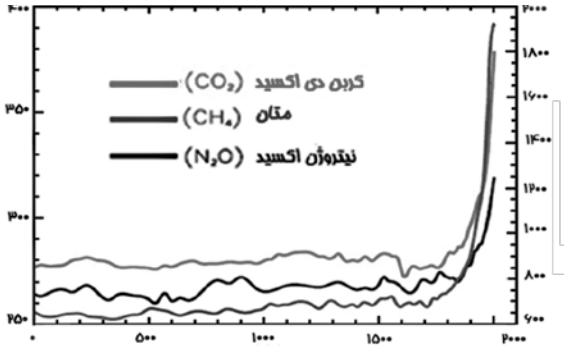
همه‌ی این گازها دارای ویژگی «ظرفیت گرمایش زمین»[۲] هستند. محققان هم اکنون تشخیص داده‌اند که در طول چند هزار سال، سطح این گازها به‌طور معناداری افزایش پیدا کرده است. در طول دوره‌ی انقلاب، این افزایش در اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی (زغال‌سنگ) در حجم‌های بالا برای به‌کار انداختن موتورهای بخار، صنعت، تولید برق و گرم کردن خانه‌ها شروع شده است. در نمودار ۲ مشاهده می‌شود که مصرف کربن دی‌اکسید، نیتروژن اکسید و متان به‌طور چشم‌گیری از سال ۱۸۰۰ افزایش یافته است، اما امروزه استفاده از سوخت‌های فسیلی برای تولید انرژی برق هزاران بار کمتر از مقداری است که در دهه‌ی ۱۸۰۰ بوده است.

گاز متان که حاصل فرایند پوسیدگی است، علی‌رغم درصد کم در مقایسه با دی‌اکسید کربن، ۵ تا ۱۰ برابر مستعدتر از این گاز در جذب حرارت است. متان در جو سالانه یک درصد افزایش می‌یابد که دو برابر درصد افزایش دی‌اکسید کربن است. گاز متان در اثر فعالیت‌هایی نظیر شالیکاری، دام‌داری، تخلیه‌ی گازهای طبیعی در «بیومس»[۳] دفع زباله‌ها، و مصرف انواع سوخت تولید می‌شود. تقریباً ۹۰ درصد متان موجود در جو تحتانی در فعل و انفعالات شیمیایی با «hydroxyl radicals» نابود می‌شود. اگرچه میزان این ماده در جو زمین بسیار کم است، اصلی‌ترین عامل از بین رفتن متان جو محسوب می‌شود. ماده‌ی hydroxyl radicals در اثر تجزیه‌ی بخار آب و واکنش‌های شیمیایی بین بخارآب و سایر گازهای موجود در جو تولید می‌شود.

گاز NO_2 نیز از گازهای گل‌خانه‌ای مؤثر است که ۱۵۰ تا ۱۸۰ سال در جو باقی می‌ماند و به‌طور طبیعی تا جو فوقانی بالا می‌رود و باعث تخریب لایه‌ی ازون می‌شود. درصد افزایش آن در سال ۰/۲ تا ۰/۳ درصد است و بیشتر در مناطق حاره‌ای تولید می‌شود، ولی به‌طور تخمینی ۲۰ درصد آن در اثر کودها و محصولات شیمیایی و احتراق سوخت‌های فسیلی به‌وجود می‌آید. کاتالیزگرها در کنترل انتشار این گاز نقش مؤثری دارند. استفاده از کودها برای رشد ذرت، یکی از عمده‌ترین عوامل انتشار اکسیدهای نیتروژن است. به‌طور کلی، حدود ۲۸ درصد از انرژی تابشی نخست توسط ابرها و تا حدودی عوامل موجود بر سطح زمین به فضا برمی‌گردد. مقدار کمتری نیز به‌وسیله‌ی اجسام داخل جو منعکس می‌شود. این انعکاس ۲۸ درصد، به «آلبیدو»[۴] زمین معروف است. از ۷۲ درصد انرژی تابشی خورشید که مستقیماً منعکس نمی‌شود، حدود یک چهارم آن توسط گازهای متفاوت جو و سه چهارم به‌وسیله‌ی سطح زمین جذب می‌شود. با وجود جذب تنها نیم میلیاردم انرژی خورشید توسط زمین، خورشید مؤثرترین عامل تغییرات جوی زمین است و با کاهش گرمای خروجی خورشید از تولد زمین تا به‌حال به میزان یک سوم، دمای سطح زمین هم‌چنان در یک محدوده‌ی باریک ثابت مانده است.

افزایش میزان کربن دی‌اکسید

تولید کربن دی‌اکسید به دست انسان‌ها که باعث شده است، سیستم طبیعی زمین در آن غرق شود و قادر به تحمل حجم CO_2 تولید شده نباشد. این حجم CO_2 چرخه‌ی طبیعی کربن را در طبیعت دچار مشکل کرده است. روند رشد اقتصادی جهان باعث تولید حجم زیادی کربن دی‌اکسید شده است که باید آن را مدیریت کرد. افزایش CO_2 (مقدار ۲۸۰ PPM) بیش از افزایش سایر گازها از زمان شروع انقلاب صنعتی بوده است. افزایش جهانی CO_2 در سال ۲۰۰۷ سومین افزایش سالانه از زمان اندازه‌گیری در سال ۱۹۵۸



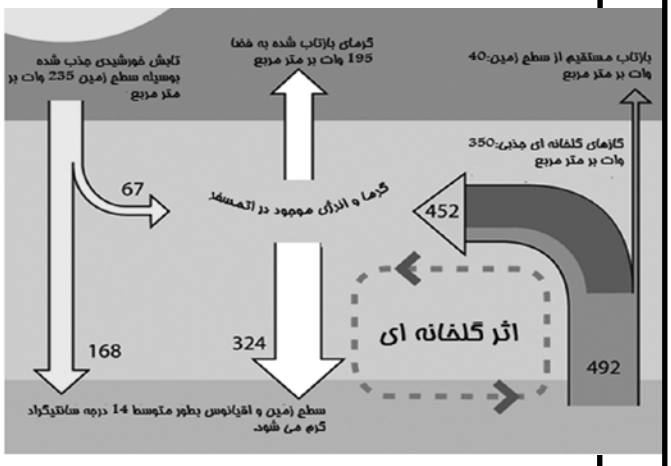
شکل ۲. نمودار غلظت گازهای گل‌خانه‌ای در طول ۲۰/۰۰۰ سال

شکل ۳. مقدار گاز کربن دی‌اکسید تولید شده توسط کشورهای گوناگون جهان

است که نشان می‌دهد ۲۰ درصد بیشتر از مقدار متوسط سالانه بوده است. آمریکا بزرگ‌ترین تولیدکننده‌ی کربن دی‌اکسید در جهان است. در شکل ۳ مقدار تولید کربن دی‌اکسید کشورهای گوناگون نشان داده شده است.

اثر گل‌خانه‌ای و تأثیر آن بر گرمایش جهانی

گرمایش جهانی بیان می‌کند که جو زمین در حال گرم شدن است. این گرما یکی از انواع عوامل تغییردهنده‌ی اقلیم کره‌ی زمین در گذشته بوده است و در آینده نیز ادامه خواهد داشت. چرا گرمایش جهانی مهم است؟ افزایش گرما می‌تواند روی فعالیت‌های انسان شامل محل زندگی، غذاها، رشد و نمو گیاهان و ارگانیسم‌ها تأثیرگذار



شکل ۴. نمودار اثر گل‌خانه‌ای و تابش خورشید

باشد. برای فهمیدن تأثیر آن ما مجبوریم که مقدار گرماشدن زمین را بدانیم. چه مدت طول کشیده که زمین گرم شده و عوامل گرمایش چه بوده است؟ پاسخ به این سؤالات به تصمیم‌گیری بهتر در مورد عوامل دیگری مثل منشأ آب و هوا و محصولات کشاورزی کمک می‌کند. در تعیین درجه‌ی حرارت جهان سه عامل مهم‌تر از سایر عوامل هستند:

- تغییرات شدت تابش نور خورشید که با شمارش لکه‌های خورشیدی اندازه‌گیری شده است.
- تراکم گاز کربن دی‌اکسید هوا.
- اثر ذرات کوچک معلق در هوا.

اثر گل‌خانه‌ای و رابطه‌ی آن با حفره‌ی ازون

بخش خیلی مهمی در بالای جو به نام «استرا توسفر» وجود دارد که ضخامت متوسط آن حدود ۲۳ کیلومتر است. در سه کیلومتر اول آن، دمای هوا ثابت است که لایه‌ای به نام «ازون اوسفر» در آن قرار دارد. مقدار ازون موجود در آن به قدری کم است که اگر آن‌را متراکم کنیم، ضخامتش از چند میلی‌متر تجاوز نمی‌کند، اما وجود آن برای جذب پرتوهای فرابنفش اهمیت بسزایی دارد. این لایه به‌وسیله‌ی فعالیت‌های شیمیایی بشر و تولید ترکیبات CFC تخریب می‌شود. CFCها جزو گازهای گل‌خانه‌ای هستند و رها شدن آن‌ها در جو باعث از بین رفتن ازون و افزایش گرمایش جهانی می‌شود.

میزان تراکم گاز دی‌اکسید کربن در سال ۲۰۰۴ به مقدار ۴۷ درصد افزایش یافته است. ماندگاری این گاز در جو بین ۵۰ تا ۲۰۰ سال است. هم‌چنین، گاز متان که در ۲۵۰ سال گذشته، ۱۵۵ درصد در جو زمین افزایش داشته است، ۲۰ درصد آلودگی زمین را تشکیل می‌دهد. آلاینده‌ی دیگر اکسید نیتروژن است که شش درصد گازهای گل‌خانه‌ای را تشکیل می‌دهد و در سال ۲۰۰۴ به میزان ۲۲ درصد افزایش داشته است.

از مهم‌ترین فوایدی که ازون برای بشر و کره‌ی زمین دارد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- جلوگیری از ورود پرتوهای فرابنفش به جو زمین؛
- ایجاد رعد و برق که باعث تازه‌تر شدن آب‌وهوا می‌شود.

در این‌جا به بررسی مهم‌ترین تأثیر سوراخ شدن لایه‌ی ازون، یعنی نفوذ پرتوهای فرابنفش به جو زمین می‌پردازیم. این پرتوها که تفکیکی از نور خورشید هستند، طول موج کوتاه و انرژی بالا دارند و برای موجودات زمین بسیار خطرناک‌اند. سوراخ شدن لایه‌ی ازون

باعث عبور غیرقابل کنترل تابش فرابنفش خورشیدی می‌شود که به افزایش دمای زمین، ذوب یخ‌های قطبی، و در نهایت به زیر آب رفتن خشکی‌ها می‌انجامد. هم‌چنین این پرتوها موجب سوختگی پوست، ابتلا به سرطان پوست، بیماری‌های چشمی، و نیز وارد آمدن خسارت‌های عمده به جانوران و گیاهان، و بالاخره انقراض حیات روی زمین می‌شود. پرتوهای فرابنفش α توسط ازون جذب نمی‌شوند و باعث پیری زودرس می‌شوند. پرتوهای فرابنفش β که خطرناک‌اند، تا عمق زیاد وارد آب می‌شوند و می‌توانند فیتوپلانکتون‌ها و سخت‌پوستان شناور در سطح دریا را که از اجزای اولیه زنجیره‌ی غذایی هستند، نابود کنند و باعث گسستگی زنجیره‌ی غذایی شوند. تحقیقات نشان می‌دهند که ۲۵ درصد تخریب ازون باعث نابودی ۱۰ درصد آبزیان طبقه‌ی فوقانی دریا و ۲۵ درصد آبزیان سطحی می‌شود.

اگر مصرف مواد مخرب لایه‌ی ازون متوقف شود، چرخه‌ی طبیعی تشکیل آن به حالت اولیه باز می‌گردد و حفره‌ی ازون در شرایط مناسب، دست کم در عرض ۵۰ سال ترمیم می‌شود. اما مشکل دیگری که در سال ۱۹۶۰ تشخیص داده شد، این است که گرم شدن زمین ترمیم لایه‌ی ازون را به تأخیر می‌اندازد. دانشمندان هشدار داده‌اند که اگر حتی مصرف گازهای CFC را کاهش دهیم، پدیده‌ی گرم شدن زمین که نتیجه‌ی تولید گازهای گل‌خانه‌ای است، ترمیم ازون را مشکل می‌کند. به عنوان یک تناقض، گرم شدن زمین، جو را در نزدیکی زمین حرارت می‌دهد و جایی را که ازون قرار دارد، هم‌چنان سرد نگه می‌دارد. این دمای پایین به‌ویژه در زمستان، باعث جمع شدن ابرهای استراتوسفر در قطب می‌شود؛ پدیده که آغازگر نابودی لایه‌ی ازون است.

اثر گل‌خانه‌ای و تأثیر آن روی حیات دریاها

دانشمندان هشدار داده‌اند، گازهای گل‌خانه‌ای حیات مرجان‌ها و بسیاری از گونه‌های ماهی‌ها و جان‌داران دریا را تهدید می‌کند. اسیدی شدن بیشتر اقیانوس‌ها را به دنبال دارد و حیات دریایی را که در از بین بردن دی‌اکسید کربن جو مؤثر است نیز، در معرض خطر قرار می‌دهد. به اعتقاد برخی از دانشمندان، در ۳۵ سال آینده همه‌ی تپه‌های مرجانی دنیا از بین می‌روند. اگرچه این پدیده در اثر دی‌اکسید کربن اضافی در جو بروز کرده است، اما این موضوع تنها به گرم شدن کره زمین مرتبط نیست، بلکه یک واکنش شیمیایی ساده بین هوا و دریاست. دی‌اکسید کربن با آب ترکیب می‌شود و اسید کربنیک تولید می‌کند که سبب اسیدی‌شدن بیشتر اقیانوس‌های قلیایی می‌شود. این در حالی است که برای صدها هزار سال، جانوران صدف‌دار، مرجان‌ها و پلانکتون‌ها خود را با استفاده از میزان ثابت کلسیم و کربن موجود در دریاها برای ساختن پوسته‌هایشان سازگار کرده‌اند.

با این یافته‌ها، نقش حیاتی اقیانوس‌ها در محدود کردن سطح دی‌اکسید کربن هوا باید بازنگری شود. پلانکتون‌ها به اندازه‌ی گیاهان و درختان در جذب کربن با اهمیت هستند. دانشمندان تخمین می‌زنند که حدود نیمی از ۸۰۰ میلیارد تن دی‌اکسید کربن موجود در هوا توسط دریاها بلعیده شده است. دانشمندان برجسته‌ی جهان، اسیدیته‌ی اقیانوس‌ها را به عنوان یک تأثیر بالقوه مخرب شناسایی کرده‌اند. این امر باعث کاهش توانایی اقیانوس‌ها برای از بین بردن کربن جو می‌شود و بر زنجیره‌ی غذایی دریاها تأثیر می‌گذارد.

راهکاریی برای کاهش حجم CO_2

امروزه هنگام تنفس، از هر یک میلیون مولکولی که وارد ریه‌های ما می‌شود، حدود ۳۸۰ مولکول دی‌اکسید کربن است. این در حالی است که در گذشته این عدد حدود ۲۸۰ مولکول بوده است. باید گفت سالانه حدود دو مولکول به این شاخص اضافه می‌شود که نشان‌دهنده‌ی افزایش غلظت CO_2 در سطح جهان است. در ابتدا آن‌که بهره‌وری از انرژی را بهبود بخشیده و منابع تجدیدپذیر را جای‌گزین سوخت‌های فسیلی (نفت، گاز، زغال‌سنگ) کنند.

الف) مدیریت کربن در پالایشگاه‌ها و مهار دی‌اکسیدکربن در نیروگاه‌ها

احتراق سوخت‌های فسیلی باعث تولید مقادیر عظیمی از دی‌اکسید کربن می‌شود. البته باید توجه داشت، مسئولیت حدود یک چهارم از انتشار دی‌اکسید کربن در سطح جهان برعهده‌ی نیروگاه‌های زغال‌سنگی است. در یک نیروگاه بزرگ و جدید هزار مگاواتی زغال‌سنگی، سالانه حدود شش میلیون تن گاز دی‌اکسیدکربن تولید می‌شود (که معادل انتشار گاز حاصل از دو میلیون خودروست). باید توجه داشت که طی چند دهه‌ی آینده (با ساخت حدود هزار نیروگاه بزرگ)، میزان تولید دی‌اکسیدکربن از این بخش دو برابر خواهد شد. این افزایش نیروگاه‌ها را می‌توان در کشورهای آمریکا، چین، هند و چند کشور دیگر انتظار داشت که یا در حال ساخت نیروگاه‌های جدید هستند یا تصمیم دارند واحدهای جدیدی را جای‌گزین واحدهای قدیمی‌تر کنند تا به سیستم‌های جداسازی دی‌اکسیدکربن مجهز باشد اثرات این موضوع کاهش یابد.

در سراسر جهان تعداد نیروگاه‌های زغال‌سنگی با توجه به روند افزایش قیمت نفت در حال افزایش است. به‌کارگیری «روش مدیریت کربن» (KBC) نشان داده است که بهبود مصرف انرژی، به تنهایی ۱۰ تا ۱۵ درصد میزان نشر دی‌اکسید کربن را کاهش می‌دهد. انتشار دی‌اکسید کربن در پالایشگاه‌ها به‌طور عمده از کوره‌ها، بویلرها، مولدها و فلرها صورت می‌گیرد. بین یک تا سه میلیون تن در سال دی‌اکسید کربن منتشر می‌شود. منظور از کنترل انتشار گاز دی‌اکسید کربن تنها اندازه‌گیری گاز سوخته شده نیست، اندازه‌گیری میزان نشر مولدها نیز ضروری است؛ زیرا به‌طور غیرمستقیم بر سیستم سوخت پالایشگاه تأثیر می‌گذارد. هم‌چنین میزان نشر فلرها و کوره‌ها نیز باید اندازه‌گیری شود.

ب) تزریق دی‌اکسید کربن در لایه‌های رسوبی زیرزمین و انباشتن کربن دی‌اکسید در زیر دریا

محققان معتقدند، در اکثر موارد بهترین راه‌حل همانا تزریق این گاز در لایه‌های رسوبی زیرزمین است که منافذ آن حاوی آب‌شور است. برای ایجاد شرایط مناسب باید این کار را در زیر لایه‌های حاوی آب آشامیدنی انجام داد؛ یعنی حدوداً باید در عمق ۸۰۰ متری زیرزمین انجام شود.

ابتدا باید به سراغ مناطقی رفت که تزریق دی‌اکسید کربن در آن‌ها سودآور نیز هست؛ یعنی مناطق نفتی قدیم که این تزریق می‌تواند تولید نفت خام آن‌ها را افزایش دهد. فرایند بازیابی نفت‌های باقی‌مانده در چاه‌های قدیمی از این جهت کارایی دارد که گاز دی‌اکسید کربن تحت فشار، از لحاظ شیمیایی و فیزیکی برای قرارگرفتن در منافذ خالی‌شده از نفت بسیار مناسب است. در این فرایند، کمپرسورها دی‌اکسیدکربن را به درون لایه‌هایی می‌رانند که نفت در آن‌ها باقی‌مانده است. نتیجه‌ی واکنش‌های شیمیایی، نفت خامی خواهد بود که راحت‌تر از منافذ سنگ‌ها خارج می‌شوند و به سمت چاه‌های تولید نفت حرکت خواهند کرد. نباید فراموش کرد که وجود دی‌اکسید کربن باعث کمترشدن تنش سطحی نفت خام می‌شود و حرکت آن را آسان خواهد کرد. از این‌رو می‌توان ادعا کرد، این تزریق باعث حیات مجدد چاه‌های قدیمی خواهد شد. فرایند تزریق دی‌اکسیدکربن در مناطق نفتی و گازی در کنار فرایند تزریق در لایه‌های حاوی آب‌شور به پیش خواهد رفت، چون تعداد لایه‌های حاوی آب‌شور بسیار بیشتر است. البته زمین‌شناسان نیز در فکر یافتن مناطق طبیعی کافی برای ذخیره‌سازی دی‌اکسیدکربن حاصل از سوخت‌های فسیلی طی قرن ۲۱ هستند.

براساس این طرح، دی‌اکسید کربن را می‌توان زیر بستر اقیانوس‌ها ذخیره کرد. براساس این پیشنهاد، گاز دی‌اکسیدکربن چندین کیلومتر زیرزمین پمپ و سپس زیر بستر دریاها تزریق می‌شود. تیم مشترک محققان دانشگاه هاروارد، «مؤسسه‌ی فنی ماساچوست» (MIT) و دانشگاه کلمبیا، در نشریه‌ی «اقدامات آکادمی ملی علوم آمریکا» گزارش دادند که در زیر دریاها فضای کافی برای ذخیره کردن میزان نامحدودی دی‌اکسید کربن متصاعد شده در جو وجود دارد. حامیان طرح می‌گویند هیچ خطری دربر ندارد و می‌توان آن را با فناوری‌های موجود اجرا کرد. پیشنهادهای قبلی برای مقابله با افزایش تصاعد دی‌اکسیدکربن، از طریق جمع‌آوری آن از جو و ذخیره‌ی آن زیرزمین عبارت‌اند از:

- ذخیره کردن دی‌اکسید کربن در میادین نفت و گاز، یا معادن زغال‌سنگ.
- ترزیق دی‌اکسید کربن در اعماق اقیانوس‌ها.
- تبدیل شیمیایی دی‌اکسید کربن به مواد جامد یا مایعاتی که از لحاظ ترمودینامیک پایدار هستند.

اما این شیوه‌ها نگرانی‌هایی ایجاد کرده بودند که مهم‌ترین آن‌ها خطر نشت از مخازن زمینی و هم‌چنین خطر حل شدن مقادیر عظیمی از دی‌اکسید کربن در آب اقیانوس‌ها و آسیب‌دیدن اکوسیستم‌های دریایی بود. براساس طرح تازه، گاز دی‌اکسیدکربن به عمق سه هزار متری دریا پمپ و سپس زیربستر اقیانوس تزریق می‌شود. فشار زیاد و دمای پایین در آن عمق، گاز کربن را به مایعی که فشرده‌تر از آب اطراف است، تبدیل می‌کند. آزمایش‌ها نشان می‌دهند که ترکیب‌هایی مانند یخ تشکیل خواهند شد که در آن‌ها، ملکول‌های آب مانند قفس عمل می‌کنند و ملکول‌های دی‌اکسید کربن را در داخل خود به دام می‌اندازند. به گفته‌ی محققان، به این ترتیب اطمینان حاصل می‌شود که گاز در رسوبات به تله می‌افتد و جای آن به قدری محکم است که حتی شدیدترین زلزله‌ها نمی‌تواند آن را آزاد کند.

ج) استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر

راهکار مؤثرتری است، ولی نباید از یاد برد که بشر هنوز به سوخت‌های فسیلی وابسته است و باید برای آلودگی آن به فکر چاره بود.

د) توسعه‌ی فیلتر کربنی کم‌قیمت

این فیلترهای کربنی کم قیمت ۹۰ درصد از دی‌اکسید

سوراخ شدن لایه‌ی ازون باعث عبور غیرقابل کنترل تابش فرابنفش خورشیدی می‌شود که به افزایش دمای زمین، ذوب یخ‌های قطبی، و در نهایت به زیر آب رفتن خشکی‌ها می‌انجامد

کربن موجود در دودکش نیروگاه‌های برق ـ که از زغال‌سنگ و سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کنند ـ را جذب می‌کنند. این فرایند جدید را «دی‌اکسید کربن زدایی»[5] می‌نامند که برای رفع نیاز مورد نیاز طراحی می‌شود و از فیلتری کم قیمت و ساده بهره می‌برد.

هـ) فرهنگ‌سازی در جامعه

آگاه‌سازی جامعه از اهمیت محیط زیست و آسیب‌پذیری آن و بالا بردن دانش عمومی برای کاهش تولید گازهای گل‌خانه‌ای.

نتیجه‌گیری

یکی از مهم‌ترین تهدیدها در حال حاضر، گرم شدن کره‌ی زمین است. علت اصلی گرم شدن زمین، استفاده‌ی بی‌رویه از سوخت‌های فسیلی و تولید گازهای گل‌خانه‌ای است که محیط زیست را به شدت تخریب می‌کند. این پدیده باعث بروز مشکلاتی مانند ذوب یخ‌های قطبی و بالا آمدن آب اقیانوس‌ها در حدود ده‌ها متر می‌شود که به از بین رفتن اسکله‌ها، سواحل دریاها و زمین‌های حاشیه‌ی دریاها می‌انجامد. گاز کربن دی‌اکسید حیات دریاها را هم به خطر می‌اندازد و باعث مرگ جان‌داران دریازی می‌شود. به علاوه، اکوسیستم دریاها را به خطر می‌اندازد و زنجیره‌ی غذایی و شبکه‌ی غذایی دریایی را دچار مشکل می‌کند. پس باید برای کنترل آن باید میزان تولید این گازها را کاهش داد با جای‌گزین کردن آن‌ها و یا توسعه‌ی جذب این گازها به‌وسیله‌ی جنگل‌ها.

گرمایش جهانی یکی از مشکلات بزرگ است اما نکات‌ریزی وجود دارد که قادر است تغییرات قابل توجهی را به‌وجود آورد. طی دهه‌ی اخیر، توجه مردم به اثرات فعالیت‌های بشر روی آب‌وهوای زمین معطوف شده است؛ خصوصاً فعالیت‌هایی نظیر احتراق سوخت در وسایل نقلیه و تولید گازهای گل‌خانه‌ای آنتروپوژنیک. هر یک از ما باید نقش خود را در کم کردن حجم گازهای گل‌خانه‌ای ایفا کنیم. بسیاری از گازهای گل‌خانه‌ای توسط وسایلی که ما روزانه از آن‌ها استفاده می‌کنیم، تولید می‌شوند و باعث به دام افتادن انرژی در جو و سرانجام گرم‌شدن زمین می‌شوند. ما باید به این نکته توجه داشته باشیم که آینده‌ی زمین بسیار خطرناک پیش‌بینی شده است و در صورتی که اقداماتی سازنده در این بخش انجام نشود، زندگی بشر در سال‌های پیش رو به خطر می‌افتد.

پی نوشت

1. Heat Waves
2. Global Warming Potential (GWP)
3. biomass
4. Albedo
5. Carbon Filter Process

(ظرفیت انعکاسی از میزان تابش الکترومغناطیس موج کوتاه رسیده به هر جسمی که به‌صورت درصد بیان می‌شود.)

منابع

۱. احمدی، حسن (۱۳۸۶). ژئومرفولوژی کاربردی (ج ۱). انتشارات دانشگاه تهران. فرسایش آبی.
۲. پژوهش‌های جغرافیایی، شماره‌ی ۳۷، سال ۱۳۷۸، انتشارات دانشگاه تهران.
۳. جعفرپور، ابراهیم (۱۳۷۳). اقلیم‌شناسی. انتشارات دانشگاه تهران.
۴. علیجانی، بهلول و کاویانی، محمدرضا (۱۳۷۱). مبانی آب‌وهواشناسی. انتشارات سمت.
۵. علیزاده، امین (۱۳۸۵). اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه فردوسی. مشهد.
۶. قائدی، سهراب (۱۳۸۵). تغییر اقلیم و علل آن. مجله‌ی زراندیش.
۷. کنت وانت و وهاب‌زاده، عبدالحسین (۱۳۸۳). مبانی محیط‌زیست. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
۸. مجموعه مقالات تغییر اقلیم (۱۳۸۲). دانشگاه اصفهان.
۹. منتظری، مجید (۱۳۸۷). جزوه‌ی اکوسیستم‌های طبیعی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف‌آباد.
۱۰. روزنامه‌ی اعتماد.
11. Pidwirny, Micheal (Lead Author); Howard Hanson (Topic Editor). 2008. “Greenhouse effect”. In: Encyclopedia of Earth. Cutler J. Cleveland (Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment)
12. www.hesforum.com
13. www.seed.slb.com
14. www.eea.europa.eu
15. www.electronews.ir
16. www.zebu.uoregon.edu
17. www.earthguid.ucsd.edu
18. www.global-greenhouse-warming.com
19. www.chubineh.persianblog.ir
20. www.hazhir.wordprwss.com
21. www. aftab.ir

تقسیم مجدد دریای سرخ

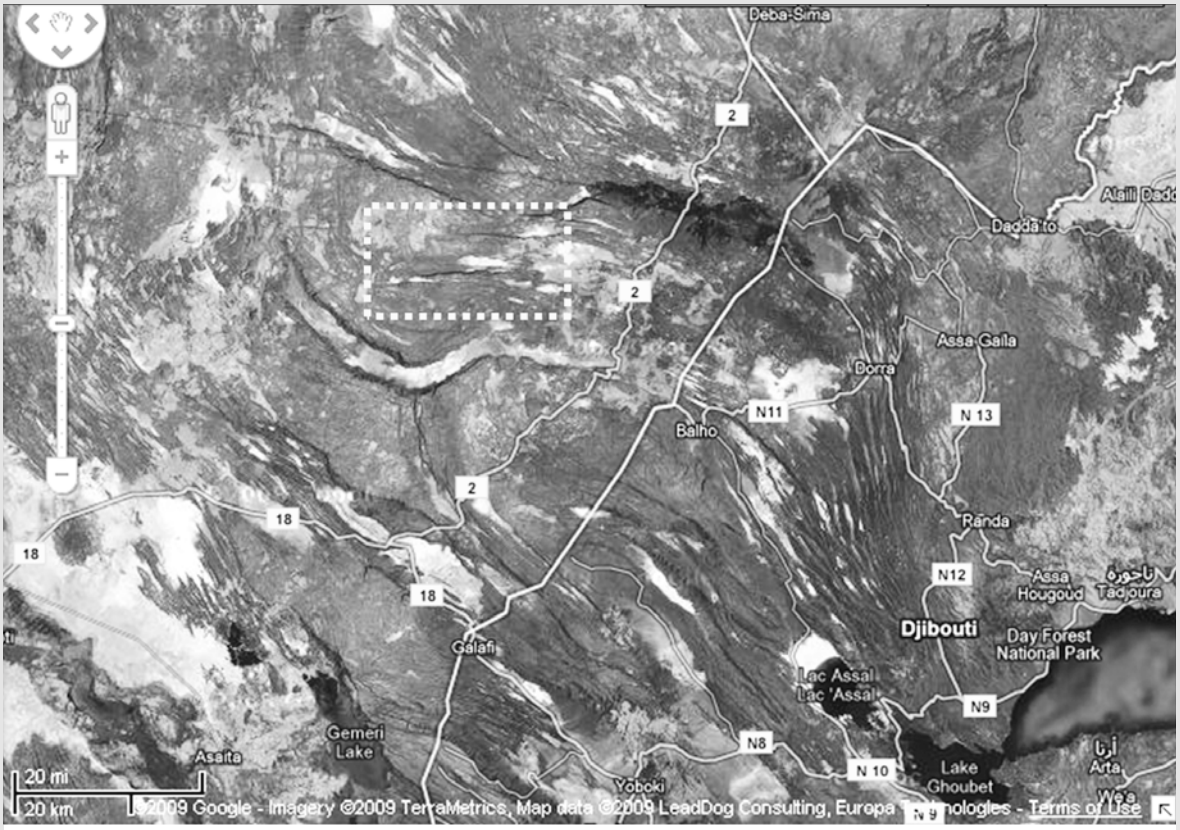
گردآوری و ترجمه:
فرخ برزگر
کارشناس ارشد سنجش از راه دور

اشاره

این نوشتار به تازگی در هفته‌نامه‌ی مشهور «Nature» (طبیعت) منتشر شده است. بر پایه‌ی آن‌چه که در این نوشتار آمده است، بررسی‌های انجام شده به یاری داده‌های تصویری ماهواره‌ای نشان می‌دهند که در صفحه‌ی تکتونیکی غربی و آفریقایی در محدوده‌ای در آفریقای خاوری و در کشور اتیوپی که «افار»[1] نامیده می‌شود، در شرف دور شدن از یکدیگر هستند که حاصل آن، کشیده شدن پوسته‌ی زمین و پهن شدن بخش پایانی دریای سرخ است (نگاره‌ی۱).

کلید واژه‌ها: زمین‌شناسی آفریقا، کافت، کافتی‌شدن، ماگما، زمین‌لرزه، پایش ماهواره‌ای، پوسته، گسل، آتش‌فشانی.

نگاره‌ی۱. برخوردگاه سه‌گانه‌ی افار. منطقه‌ای در اتیوپی که در آن، سه بخش از پوسته‌ی کره زمین، یکدیگر را تلاقی می‌کنند و سبب رویداد آتشفشان‌ها و زمین‌لرزه می‌شوند.



نگاره‌ی۲. عکس هوایی، شکاف‌ها و گسل‌های تشکیل شده در سپتامبر ۲۰۰۵. این شکاف‌ها روی منطقه‌ای که سنگ‌های ذوب شده‌ی پوسته در درون صفحه بالا آمده‌اند و به فاصله‌ی حدود ۱/۹۲ کیلومتری رویه‌ی زمین می‌رسند، شکل گرفته‌اند.

پدیده‌ی کافتی شدن

در سپتامبر گذشته، رویداد پیاپی زمین‌لرزه سبب آغاز جدایش بخشی از رویه‌ی سیاره‌ی ما در امتداد بخشی به درازای نزدیک به ۶۰ کیلومتری «کافت»[۲] آفریقای خاوری در محدوده‌ی یاد شده‌ی بالا شد. این نتایج که به کمک تصاویر برداشته شده توسط ماهواره رادارى «Envisat»، متعلق به «سازمان فضایی اروپا» و بررسی آن‌ها به یاری مقایسه‌ی داده‌های این ماهواره، قبل و بعد از رویداد زمین‌لرزه‌ها، میسر شد، نشان داد که در طول بیش از سه هفته، پوسته‌ی زمین در یک سوی کافت یاد شده به پهنای ۷/۸ متر از یکدیگر دور شده است و گدازه‌ی «ماگمایی»[۳] به حجمی که برای پر کردن ۲۰۰۰بار‌ه‌ی یک‌ورزشگاه‌فوتبال کافی‌بود،درامتدادیک‌شکاف قائم تزریق شده و پوسته‌ی جدیدی را شکل داده است؟(نگاره‌ی۲)

به گفته‌ی **تیم‌رایت**، نویسنده همکار این نوشتار که دستیار پژوهشی دانشگاه «انجمن پادشاهی انگلستان»[۴] نیز هست، بنابر اندیشه‌ی دست‌اندرکاران این پژوهش، در این مورد ویژه، پوسته و گوشته به آهستگی و در ژرفای بیشتر از ۱۰ کیلومتر ـ یعنی‌بخشی که داغ‌تر است ـ ذوب شده‌اند و با تشکیل گدازه (سنگ‌های ذوب شده)، سبب بالا آمدن از میان پوسته‌ای که فشردگی کمتری نسبت به سنگ‌های فراگیر داشته، شده است.

به بیان این پژوهشگر، گدازه‌ی انباشته در «اتاقک‌ها»[۵]ی گدازه‌ای موجود در ژرفای ۳ تا ۵ کیلومتر یا ژرفایی که در آن چگالی برابر چگالی سنگ‌های پوسته است، به آهستگی و تا سپتامبر گذشته در این اتاقک‌ها، جای گرفته و سرانجام با شکافتن پوسته سبب شکستگی و جدایش پدیدار و تزریق گدازه در امتداد این شکاف‌های

عمودی شده است.

این پدیده نخستین رویداد کافتی شدن است که از سال ۱۹۷۰ تاکنون روی داده است و گسترده‌ترین جدایش پوسته‌ی قاره‌ای کره‌ی زمین در دوره‌ی بهره‌گیری از روش‌های «پایش ماهواره‌ای»[۶] است دکتر رایت می‌گوید: «می‌دانستیم که فرایند کافتی شدن دائمی در افار به گونه‌ای است که صفحه‌ی عربی در تمامی درازای کافت از صفحه‌ی آفریقا دور می‌شود. هم‌چنین دریافته بودیم که تغییر شکلی که به آرامی و طی قرون متمادی انباشته می‌شود، در دوره‌ی کافتی شدن ناگهان رها می‌شود. اما نمی‌دانستیم که این تغییر شکل تا چه اندازه عظیم است.»

جابه‌جایی آهسته

طی ۳۰ میلیون سال گذشته، صفحه‌ی آفریقا و عربی فرایند کافتی شدن را طی می‌کرده‌اند و همین فرایند سبب تشکیل دریای سرخ شد. طی این بازه از زمان، فرونشست پهناور افار به پهنای ۱۸۶ مایل تشکیل شد. ولی زمین هم‌چنان به حرکت آهسته‌ی خود ادامه داده و اکنون بسیار سریع‌تر از پیش در حال طی دوره‌ی کافتی شدن است. در عمل و به‌طور میانگین، هر کناره به اندازه‌ی دو سانتی‌متر در سال از یکدیگر دور می‌شدند، اما این رویداد نشان داد که این حرکت «دوره‌ای»[۷] و نامنظم است و این موضوع، خطرات قابل ملاحظه‌ای را برای ساکنین این محدوده در چند سال آینده پیش خواهد آورد.

این جدایش آخری ـ که باید آن‌را به فرایندهای پیشین کافتی شدن افزود ـ در حال شکستن شمال خاوری اتیوپی واریتره از بقیه‌ی آفریقاست و می‌تواند سبب پدیداری دریای عظیمی شود. البته ممکن است پدیداری آن چند میلیون سال به درازا بکشد، ولی هم‌زمان فرصت بی‌سابقه‌ای در اختیار دانشمندان قرار داده است که این شکستگی را طی زمان حاضر پایش کنند.

دکتر رایت می‌گوید: «می‌دانستیم که فرایند کافتی شدن دائمی در افار به گونه‌ای است که صفحه‌ی عربی در تمامی درازای کافت از صفحه‌ی آفریقا دور می‌شود

طی ۳۰ میلیون سال گذشته، صفحه‌ی آفریقا و عربی فرایند کافتی شدن را طی می‌کرده‌اند و همین فرایند سبب تشکیل دریای سرخ شد

رویداد آتشفشانی

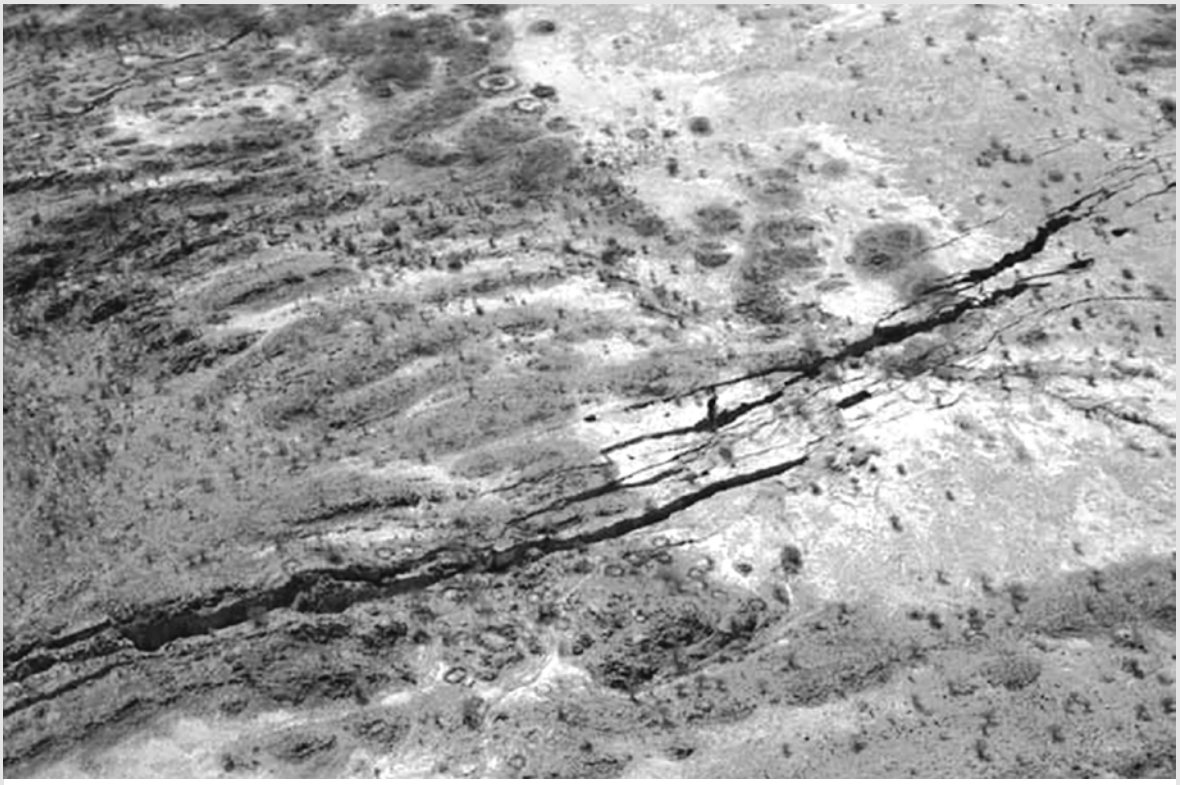
افزون بر این بررسی‌ها، پژوهشگران دیگری نیز در این ناحیه از اتیوپی ـ که سه بخش از پوسته‌ی زمین در آن به‌هم می‌رسند ـ در حال بررسی رویدادهای آتشفشانی هستند. این آتش‌فشانی‌ها نیز می‌توانند تقسیم قاره‌ی آفریقا را تشدید کنند و همان‌گونه که گفته شد، سبب پدیداری اقیانوسی جدید شوند.

در عمل، دو رویداد آتش‌فشانی که در سپتامبر ۲۰۰۵ در این منطقه رویداد نیز سبب جدایشی به درازای ۶۰ کیلومتر شد و به دانشمندان این امکان را داد که حرکات تکتونیکی کره‌ی زمین را به نحو مطلوبی بررسی کنند. این پژوهشگران می‌گویند، اگرچه گسل‌ها و درزها ـ که معمولاً در ژرفای بستر اقیانوس‌ها پدید می‌آیند، فرایندی اصلی هستند که به کمک آن‌ها قاره‌ها می‌شکنند و به‌تدریج از هم دور می‌شوند، اما بررسی‌های انجام شده در مورد رویدادهای آتش‌فشانی‌های مذکور نیز نشان داده‌اند، مرزهای با فعالیت شدید آتش‌فشانی در امتداد لبه‌ی صفحات تکتونیکی نیز می‌توانند در بخش‌هایی با وسعت زیاد شکسته و جدا شوند.

آزمایشگاه طبیعی افار

به گفته‌ی **اِتالی عارف**، پژوهشگر دانشگاه آدیس آبابا در اتیوپی، معمولاً چنین پدیده‌ای زیر اقیانوس‌ها روی می‌دهد که غیرقابل دست‌رسی است و تجربه اندوزی را بسیار مشکل و با هزینه‌ی زیاد ممکن می‌سازد. اما در افار، یک آزمایشگاه طبیعی برای دست‌یابی به تجارب لازم، برای ما به‌وجود آمده است. او می‌گوید در درازای ۶۰ کیلومتر جدایش، نشانه‌هایی در اختیار دانشمندان قرار داده شده است، که به کمک آن‌ها می‌توان، به آن‌چه در آینده ممکن است در این ناحیه روی دهد، که پی برد.

هم‌اکنون به آرامی بستر اقیانوسی در حال تشکیل شدن است ـ



نگاره‌ی ۳. دو تصویر از قاره‌ی آفریقا. در تصویر(ب) محدوده‌ی افار (شامل جیبوتی، اریتره و اتیوپی) تا موزامبیک مشاهده می‌شود.

که ممکن است چندین میلیون سال به درازا بکشد ـ و از فرونشست افار (شامل اتیوپی، اریتره و جیبوتی) تا موزامبیک امتداد یافته است (نگاره‌ی۳).

پروفسور **کن مک‌دانلد** از دانشگاه کالیفرنیا، در این‌باره می‌گوید: «نتایج این پژوهش دستاورد بزرگی است که به‌ما در درک از چگونگی کافتی شدن قاره‌ای ـ که به پدیداری اقیانوس‌های جدید منجر می‌شود ـ کمک می‌کند و برای نخستین‌بار نشان داده می‌شود که فعالیت‌های روی بخش کافتی می‌تواند دوره‌ی اصلی تزریق ماگما و تغییر شکل‌های همراه آن‌را روی بخش‌های مجاور معرفی کند.»

اما **پروفسور سیندی ابینگر** از دانشگاه اِچستر ـ که در این مطالعات دخیل بوده است ـ می‌گوید: چنین رویداد بزرگی حاوی خبر خوبی برای ساکنان منطقه‌ای که این پدیده‌ها در آن روی می‌دهد، نیست.

منطقه‌ی افار به داشتن معادن کم و آتشفشان‌های فعال مشهور است و در عین حال، یکی از پست‌ترین و داغ‌ترین نقاط روی کره‌ی زمین محسوب می‌شود. ابینگر از سال ۲۰۰۵ که فوران رویداد، در این منطقه و ۱۲ رویداد لرزه‌ای ـ با شدّت کمتر ـ را در آن اندازه‌گیری کرده است و به کمک همکارانش، هم‌چنان به پایش این کافت ادامه می‌دهد تا از چگونگی تکامل آن آگاهی یابد.

پی‌نوشت

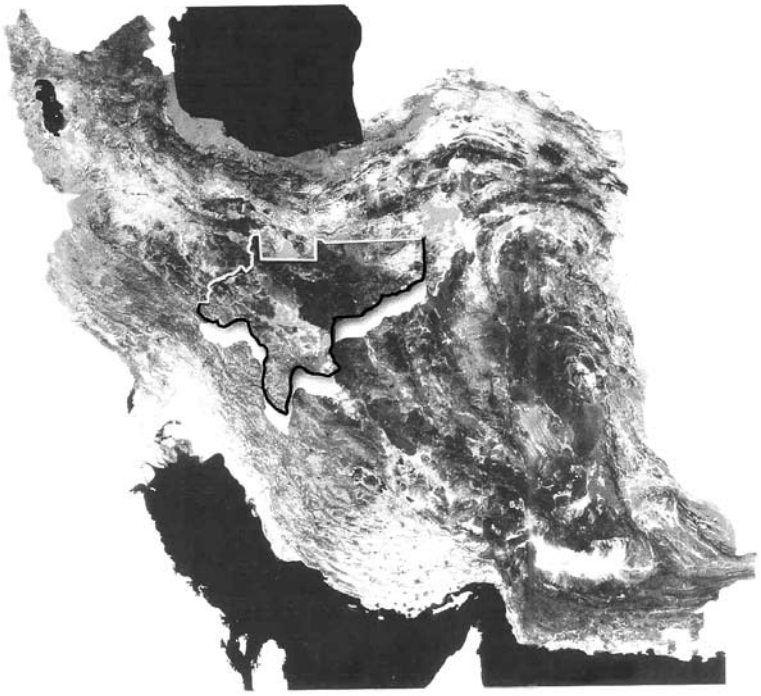
1. Afar
2. Rift
3. Magma
4. ROyal Society University
5. Chambers
6. Satellite Monitoring
7. Episodic

منابع

www.LivesScience.com

زمین‌شناسی و توان معدنی استان اصفهان

سیدعلی آقانباتی
عضو هیئت علمی پژوهشکده علوم زمین‌شناسی
و اکتشافات معدنی کشور



درامد

یکی از شاخه‌های اصلی و مهم در علوم زمین که بنیان اقتصادی هر مملکت را تشکیل می‌دهد، زمین‌شناسی اقتصادی است که در آن به شناخت منابع و ذخایر معدنی می‌پردازند.

سرزمین‌های دنیا، هر کدام بر پایه‌ی ویژگی‌های زمین‌شناسی خود، از ذخایر معدنی ویژه‌ای برخوردارند که اصطلاحاً به آن‌ها «مواد خام» گفته می‌شود. برای مثال در کشورهای نفت‌خیز، نفت خام به عنوان منبع اصلی درامد و پایه‌گذار اقتصاد آن‌ها به حساب می‌آید که پس از استخراج از معادن، با فراوری‌های لازم بیش از ۷۰ هزار نوع مشتقات از آن حاصل می‌شود.

کشور ما خوش‌بختانه از دیدگاه زمین‌شناسی اقتصادی و دارا بودن معادن و ذخایر زیرزمینی از کشورهای صاحب نام جهان به‌شمار می‌آید. به علاوه، با توجه به وسعت زیادش، در هر ایالتی از ایالات زمین‌شناسی ایران، نوعی ماده‌ی معدنی در ارتباط با ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه یافت می‌شود. به این بهانه و به منظور آشنایی مخاطبان با ویژگی‌های زمین‌شناسی و ذخایر معدنی هر استان، به‌طور جداگانه آن‌ها را بررسی کرده‌ایم. در این شماره به زمین‌شناسی و توان معدنی اصفهان پرداخته‌ایم که از نظر گرامی‌تان می‌گذرد.

کلیدواژه‌ها: توان معدنی، اکتشافات موضوعی، اکتشافات ناحیه‌ای زمین‌شناسی و توان معدنی استان اصفهان.

از نظر زمین‌شناسی، در استان اصفهان توالی‌های گسترده از نهشته‌های رسوبی، سنگ‌های دگرگونی و آذرین به سن‌های گوناگون رخنمون دارند

موقعیت جغرافیایی

استان اصفهان با حدود ۱۰۵٬۲۶۳ کیلومتر مربع وسعت، بین استان‌های مرکزی، سمنان، فارس، یزد، خراسان، لرستان، خوزستان، چهارمحال و بختیاری و استان بویراحمد و کهگیلویه قرار دارد (راهنمای شماره‌ی ۱). مرکز استان شهرستان اصفهان است که تا تهران ۴۳۵ کیلومتر فاصله دارد.

آب و هوای استان به‌طور کلی معتدل خشک نیمه‌صحرایی است. با این حال، آب و هوا در نواحی کوهستانی غرب استان نیمه‌مرطوب ـ سرد و پیرامون شهرستان‌های نائین، خور و انارک از نوع صحرایی است. از نظر پوشش گیاهی، استان اصفهان از جمله مناطق کم پوشش محسوب می‌شود.

استان اصفهان به لحاظ قرارگیری در مرکز ایران موقعیت ارتباطی و تجاری خوبی با استان‌های مجاور دارد. این استان از جمله قطب‌های صنعتی کشور محسوب می‌شود. از جمله ویژگی‌های معدنی آن، وجود معادن سرب، روی، طلا، تالک، خاک نسوز، سنگ چینی و... است که در بخش معادن استان به آن اشاره خواهد شد.

جایگاه و ویژگی‌های زمین‌شناسی

استان اصفهان یکی از گسترده‌ترین استان‌های کشور است که در بخش مرکزی فلات ایران قرار دارد. از نظر زمین‌شناسی، در استان اصفهان توالی‌های گسترده از نهشته‌های رسوبی، سنگ‌های دگرگونی و آذرین به سن‌های گوناگون رخنمون دارد. سنگ‌های دگرگونی منسوب به پرکامبرین ـ پالئوزوئیک به طور عمده در نواحی خاوری و نهشته‌های مزوزوئیک و سنوزوئیک در دیگر بخش‌های استان برونزد دارند. نوار ماگمایی ارومیه ـ دختر، در یک روند شمال غرب جنوب شرق از بخش میانی استان عبور می‌کند (راهنمای شماره‌ی ۲).

از دیدگاه ساختاری، استان اصفهان گستره‌ای است که از خاور به باختر مشتمل بر پهنه‌های ساختاری ایران مرکزی، ارومیه ـ دختر، سنندج ـ سیرجان و بخش‌هایی از بلندی‌های زاگرس وسعت دارد. از این‌رو، در سیر تحول و تکوین استان اصفهان، پارینه حوضه‌هایی از انواع میان قاره‌ای، کمان ماگمایی تا گودال‌های اقیانوسی قابل شناسایی است. ویژگی‌های ساختاری و تکتونیکی ـ رسوبی گفته شده، به سبب شکل‌گیری و تفکیک قلمروهای متالوژنیک و کانسارهای گوناگون پدید آمده‌اند. از همین‌رو، وجود کانسارهای همزادی و دگرزادی در انواع گوناگونی، ناشی از فعالیت‌های ماگمایی و گرمایی متأثر از آن، از ویژگی‌های استان اصفهان است.

وجود اندیس‌ها، نشانه‌ها و کانسارهایی از انواع طلا، سرب، تنگستن، مس، نقره، گارنت، دولومیت و... به همراه طیف وسیع سنگ‌های تزئینی، از جمله توانمندی‌های معدنی ـ اقتصادی استان اصفهان است.

توان معدنی

استان اصفهان در مرکز ایران و در وضعیتی قرار گرفته است که از نظر ساختار زمین‌شناسی موقعیت خاصی دارد. به گونه‌ای که بخشی از هر سه زون مهم زمین‌شناسی و زمین‌ساخت ایران، یعنی زون سنندج ـ سیرجان (ارومیه ـ دختر) از منطقه‌ی کاشان و گلپایگان تا مرداب گاوخونی، زون زاگرس چین‌خورده در جنوب و جنوب غرب استان از منطقه‌ی فریدون‌شهر تا سمیرم، و زون ایران مرکزی در شمال شرق استان (منطقه‌ی خور و بیابانک) را در گستره‌ی خود جای داده است. ویژگی‌ها و خصوصیات هر یک از این واحدها باعث شده‌اند، از نظر فعالیت‌های زمین‌ساختی و آتش‌فشانی و فرایندهای بعدی، در این استان ذخایر متنوع معدنی اعم از فلزی و غیرفلزی که طی سال‌های متمادی مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند، به‌وجود آیند (راهنمای شماره‌ی ۳).

ظرفیت بالقوه‌ی استان عبارت‌اند از:

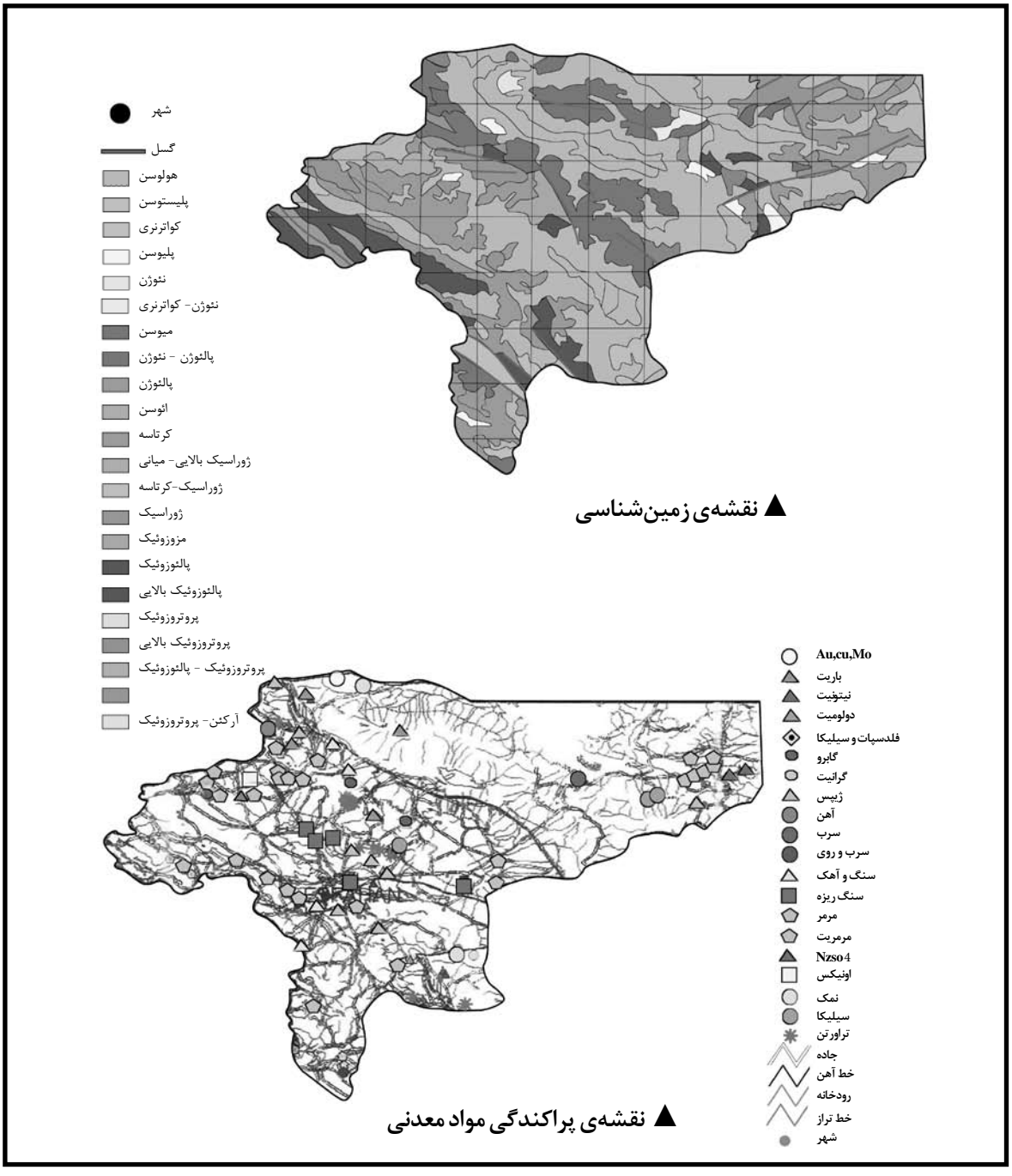
الف) مس ـ مولیبدن ـ طلای کال کافی و طلای خونی انارک

منطقه‌ی خونی و کال کافی انارک، جزو معادن قدیمی مس ـ مولیبدن

است. بررسی‌ها و مطالعات زمین‌شناسی و اکتشافی اخیر نشان داده‌اند، کانی‌سازی طلا به دو صورت نوع پورفیری مس ـ مولیبدن طلادار و زون طلا ـ پلی متال رگه‌ای مورد شناسایی قرار گرفته است. بر این اساس، مطالعات اکتشافی تکمیلی با اعتبارات ملی در این کانسار ادامه دارد.

ب) طلای کوه دم اردستان

«کوه دم» در ۷۰ کیلومتری شمال شرق اردستان با ظرفیت‌های متنوع مس، آهن، منگنز، تنگستن، بیسموت و دیگر فلزات است. بخشی از آن به نام «کوه دم ـ I» به دلیل ظرفیت طلا مورد شناسایی قرار گرفته که هم‌اکنون اکتشاف آن با اعتبار استانی در دست اجراست.



▲ نقشه‌ی زمین‌شناسی

▲ نقشه‌ی پراکندگی مواد معدنی

راهنمای شماره‌ی ۱

ج) گارنت جندق

این ظرفیت که به‌صورت گارنت شیست در شرق جندق گسترش دارد، علاوه بر قابلیت ساینده‌گی می‌تواند به‌عنوان سنگ‌های نیمه قیمتی مورد بررسی قرار گیرد.

د) پتاس گاوخونی

شورابه‌های گاوخونی به لحاظ دارا بودن پتاس، مورد اکتشاف کامل قرار گرفته و دارای گواهی‌نامه‌ی کشف به‌نام «سازمان زمین‌شناسی کشور» است.

و) گارنت فشارک

این ذخیره به‌صورت «اسکارن گارنت‌دار» مورد اکتشاف قرار گرفته است که به عنوان یک ظرفیت معدنی گارنت، به‌منظور تولید پودر ساینده مطرح خواهد بود.

هـ) مواد معدنی فلزی

براساس گزارش‌های مطالعات زمین‌شناسی و اکتشافی شرکت «تکنواسپورت»، ظرفیت‌های متعددی از مواد معدنی فلزی از جمله مس در منطقه‌ی انارک وجود دارند که بعضی از آن‌ها به دلیل پرتوزایی در اختیار سازمان انرژی اتمی ایران قرار دارند و هیچ‌گونه فعالیتی روی آن‌ها انجام نمی‌گیرد (مس طالمسی).

وجود اندیس‌ها، نشانه‌ها و کانسارهایی از انواع طلا، سرب، تنگستن، مس، نقره، گارنت، دولومیت و... به همراه طیف وسیع سنگ‌های تزئینی، از جمله توانمندی‌های معدنی ـ اقتصادی استان اصفهان است

فعالیت‌های زمین‌شناسی انجام شده

الف) بررسی‌های زمین‌شناسی

مطالعات زمین‌شناسی انجام شده در استان اصفهان، در راستای شناخت ویژگی‌های زمین‌شناسی ویژه‌ی توان معدنی استان بوده که در دو مقیاس متفاوت زیر سامان داده شده‌اند.

۱. بررسی‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۲۵۰٬۰۰۰

بررسی‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۲۵۰٬۰۰۰ در محدوده‌های جغرافیایی چهارگوش‌هایی واقع بین ۱/۵ درجه‌ی طول و یک درجه‌ی عرض جغرافیایی، و در مساحتی حدود ۱۵٬۰۰۰ کیلومترمربع صورت گرفته است. تمام استان اصفهان با حدود ۱۲ برگ نقشه‌ی زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۲۵۰٬۰۰۰ به نام‌های آران، کوه گوگرد، جندق، خور، انارک، کاشان، گلپایگان، نائین، اصفهان، شهرکرد، بروجن و آباده پوشیده می‌شود (راهنمای شماره‌ی ۴).

تمامی نقشه‌های مذکور توسط سازمان زمین‌شناسی بررسی و به مرحله‌ی چاپ و انتشار رسیده‌اند. به جز گزارش ۱:۲۵۰٬۰۰۰ بروجن که در دست تدوین است، سایر گزارش‌های مذکور منتشر شده‌اند و در دست‌رس هستند.

۲. بررسی‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰٬۰۰۰

نقشه‌های ۱:۱۰۰٬۰۰۰ دارای ارزش کیفی بالاتری هستند و به‌طور عموم در مناطق کلیدی و دارای توان معدنی تهیه می‌شوند. تمام استان اصفهان با حدود ۴۹ برگ نقشه‌ی زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰٬۰۰۰ پوشیده می‌شود (راهنمای شماره‌ی ۵). از مجموعه‌ی فوق تعداد ۲۹ برگ نقشه‌ی زمین‌شناسی که اولویت اکتشافی دارند، به مرحله‌ی چاپ و انتشار رسیده‌اند. بدین ترتیب، از حدود ۷۱ درصد استان نقشه‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰٬۰۰۰ موجود است که می‌توان در برنامه‌های اکتشافی و سایر برنامه‌های عمرانی ـ اقتصادی از آن‌ها استفاده کرد. بخش باقی‌مانده‌ی استان (حدود ۲۹ درصد) مناطق بیابانی و کویر هستند که نقشه‌های ۱:۲۵۰٬۰۰۰ موجود پاسخ‌گوی نیازهای احتمالی موجود است و لذا در اولویت بررسی‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰٬۰۰۰ قرار ندارند.

۳. نقشه‌های زمین‌شناسی موضوعی

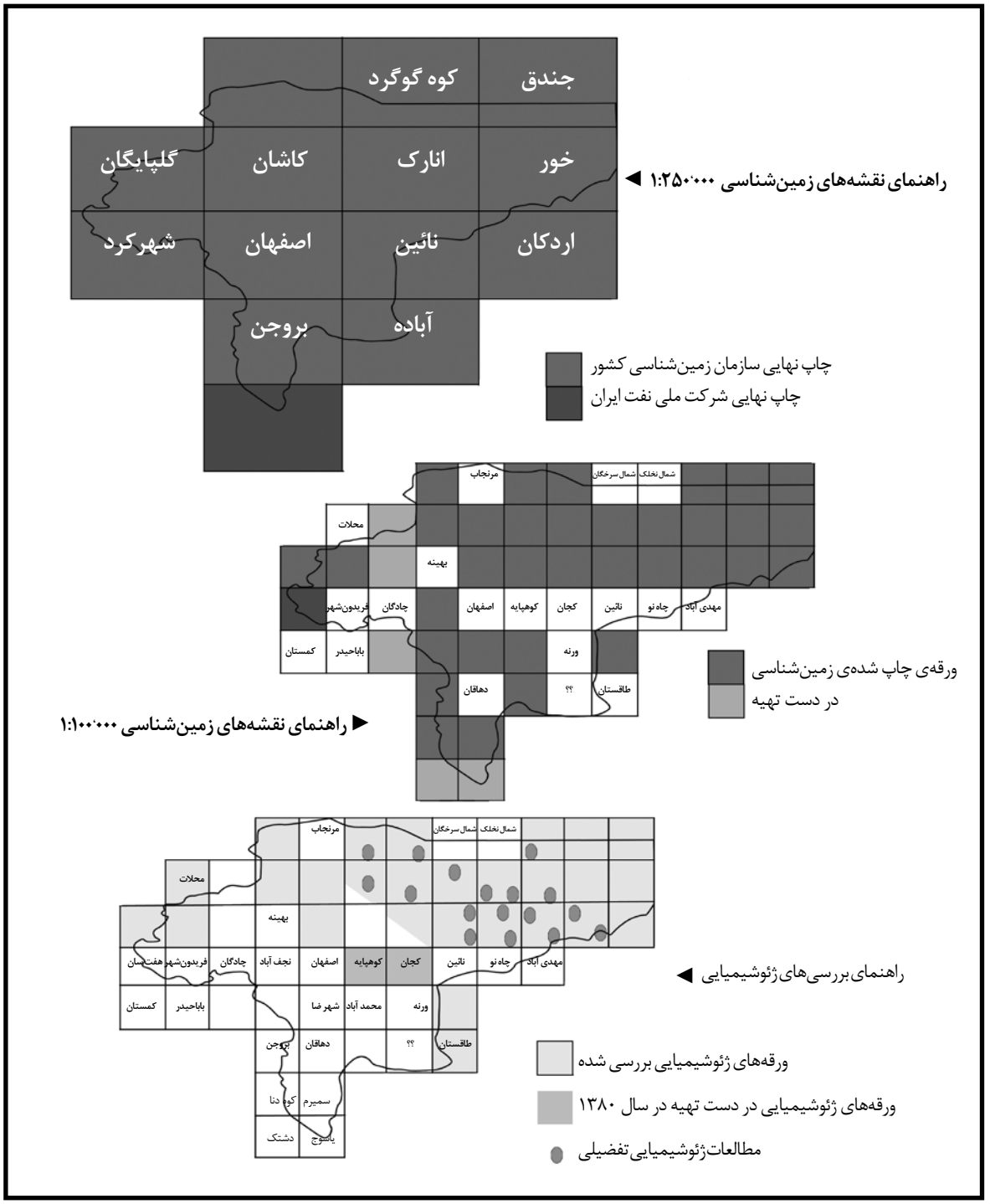
جدا از نقشه‌های سیستماتیک ناحیه‌ای، چند نقشه‌ی موضوعی که از استان اصفهان تهیه شده است عبارت‌اند از:

- نقشه‌ی تکتونیک انارک به مقیاس ۱:۵۰۰٬۰۰۰
- نقشه‌ی متالوژنی انارک به مقیاس ۱:۵۰۰٬۰۰۰ (به همراه گزارش توصیفی)
- نقشه‌های ژئوفیزیک هوایی کل استان به مقیاس ۱:۲۵۰٬۰۰۰ (به تعداد ۱۲ برگ)

ب) بررسی‌های اکتشافی

در بخش شرقی استان اصفهان، تمرکزهایی از مواد معدنی گوناگون وجود دارند که از گذشته‌ی دور مورد معدن‌کاری و بهره‌برداری بوده‌اند. به لحاظ سابقه‌ی معدن‌کاری کهن در این بخش از اصفهان، سازمان زمین‌شناسی، با استفاده از خدمات کارشناسی

راهنمای شماره‌ی ۲



شرکت تکنواکسپورت اولیه، فعالیت‌های زمین‌شناسی و اکتشافی گسترده‌ای در نواحی پیرامون انارک و نخلک داشته است که گاه در مقیاس منطقه‌ای و حتی در مقیاس‌های تفصیلی بوده‌اند. گزارش‌های تهیه شده در این راستا به‌طور درخور توجهی مورد استفاده‌ی طرح‌های اکتشافی هستند که از آن جمله می‌توان به طرح اکتشاف مس ـ طلا در «کال‌کافی» اشاره کرد.

فعالیت‌های اکتشافی انجام شده در استان اصفهان به دو روش ناحیه‌ای و موضوعی و به شرح زیرند:

۱.اکتشافات ناحیه‌ای

بخش بیشتر اکتشافات ناحیه‌ای انجام شده در استان اصفهان به روش ژئوشیمیایی است که عموماً در مقیاس ناحیه‌ای و گاه در مقیاس نیمه‌تفصیلی و یا تفصیلی صورت گرفته است (راهنمای شماره‌ی ۶). حاصل اکتشافات ناحیه‌ای، شناخت مناطق کانه‌دار و معرفی آن‌ها برای اکتشافات موضوعی است. اکتشافات ژئوشیمیایی انجام شده در نقشه‌های ۱:۱۰۰٬۰۰۰ کاشان، نطنز، طرق، گلپایگان، کوهپایه، کجان، سروبالا، لطیف، کوه دم، سرخشاد، نخلک، انارک، عیش، زواره، کوه یخاب، قلوسه‌دار، عروسان، خور، بیاضه، مصر، فرخی، اوروسب، جندق، چوپانان، کبودان صورت گرفته که گستره‌ای در حدود ۶۲٬۵۰۰ کیلومترمربع از استان اصفهان را زیر پوشش دارد.

۲.اکتشافات موضوعی

● شرکت تکنواکسپورت شوروی سابق در قالب پروژه‌ی ایران مرکزی، بخشی از استان اصفهان را مورد بررسی‌های اکتشافی قرار داده است که در برخی نواحی تا مرحله‌ی مطالعات تفصیلی نیز پیش رفته‌اند. برای نمونه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

● در منطقه‌ی کوه دم، واقع در شمال اردستان در درون ولکانیک‌های ائوسن، چندین رگه‌ی سیلیسی مس ـ طلادار وجود دارد که بزرگ‌ترین آن‌ها ۸ ـ۷ متر پهنا و ۳۰۰ـ۲۵۰ متر طول دارد. در این منطقه، از محل اعتبارات استانی از سال ۱۳۷۸، طرحی اکتشافی به اجرا درآمده که هم اکنون نیز در دست انجام است. نتایج آنالیز برخی نمونه‌ها، میزان طلا را به‌طور متوسط سه گرم در تن نشان می‌دهد. با خاتمه‌ی پروژه‌ی مذکور، چنان‌چه نتایج به‌دست آمده در کل مثبت باشد، ادامه‌ی آن از محل اعتبارات استانی و توسط اداره‌ی کل معادن و فلزات استان اصفهان انجام خواهد گرفت.

● در منطقه‌ی کال‌کافی ـ خونی واقع در ۴۰ کیلومتری شرق معدن نخلک، در سال ۱۳۷۶ پروژه‌ی اکتشاف مواد معدنی توسط وزارت متبوع به اجرا درآمد که در ادامه‌ی آن در سال‌های ۷۷ و ۷۸ در قالب یکی از پروژه‌های طرح «اکتشاف سراسری ذخایر معدنی» با اعتبار جمعاً ۴۲۰ میلیون ریال، در وسعت ۶۰ کیلومترمربع به اجرا درآمده است. یادآوری می‌شود کانسار کال‌کافی ـ خونی در واقع دو مجموعه‌ی کانی‌سازی است:

۱ـ۲. کال‌کافی که یک استوک میکروگرانیتی به ابعاد ۱/۲ کیلومترمربع است که دارای مس ـ مولیبدن ـ طلای پورفیری است. مطالعات تفصیلی انجام شده توسط تکنواکسپورت ذخیره‌ای بالغ بر ۲۴۵ میلیون تن کانسنگ با عیار متوسط ۰/۲۵ درصد مس و ۰/۰۲۵ درصد مولیبدن را در این منطقه مشخص می‌کند (۶۱۲/۵۰۰ تن مس و ۱۲۵۰ تن مولیبدن). با عملیات اکتشافی که تاکنون در این توده در قالب طرح اکتشاف سراسری انجام گرفته، مشخص شده است که این محل از لحاظ طلا نیز حائز اهمیت است. میزان عیار اندازه‌گیری شده‌ی اولیه‌ی طلا ۰/۵ـ۰/۲ گرم در تن است. ضمناً نوع کانی‌سازی پورفیری است. لذا با وجود عیار پایین، به لحاظ بالا بودن میزان ذخیره که احتمالاً ۵۰ تن طلاست، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. یادآور می‌شود، نظر به این‌که پراکندگی میزان طلا در این ناحیه یکنواخت نیست، لذا شناسایی مناطق پرعیار و برنامه‌ریزی برای انجام عملیات اکتشافی تفصیلی منوط به اخذ نتایج مناسب از عملیات اکتشافی است که هم‌اکنون در دست اقدام است.

۲ـ۲. منطقه‌ی خونی در فاصله‌ی دو کیلومتری از کال کافی قرار دارد و در واقع در حاشیه‌ی توده‌ی کال کافی قرار گرفته است. نوع کانی‌سازی در این جا رگه‌ای و شامل سرب، روی و طلاست که در رگه‌های سیلیسی تمرکز یافته‌اند. عیار طلا ۲ تا ۴۰ گرم در تن (با توجه به اندازه‌گیری‌های جدیدی توسط طرح اکتشاف سراسری ذخایر معدنی) است. این منطقه به‌عنوان ذخیره‌ی طلای با عیار بالا و ذخیره‌ی پایین قابل بررسی است.

در حال حاضر «سازمان صنایع و معادن» متقاضی هر دو محدوده‌ی فوق است که از نظر حوزه‌ی اکتشافی، واگذاری کانسار رگه‌ای طلای خونی بلامانع است. ولی در رابطه با کال‌کافی بهتر است نتایج مطالعات که هم‌اکنون در جریان است، مشخص شود تا در صورت مثبت بودن نتایج، نسبت به واگذاری آن به سازمان صنایع و معادن کل اقدام شود.

شرکت تکنواکسپورت شوروی سابق در قالب پروژه‌ی ایران مرکزی بخشی از استان اصفهان را مورد بررسی‌های اکتشافی قرار داده است که در برخی نواحی تا مرحله‌ی مطالعات تفصیلی نیز پیش رفته‌اند

منابع

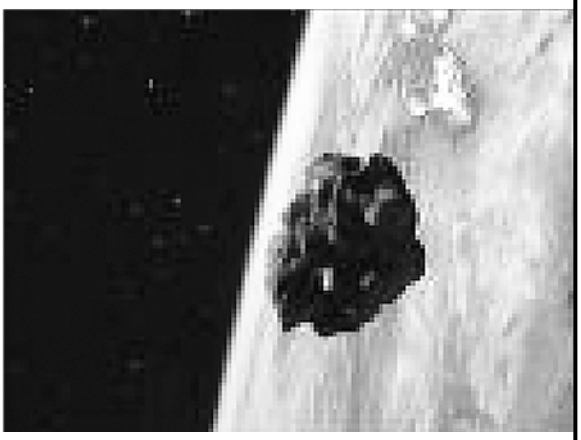
۱. نقشه ها وگزارش های زمین شناسی و معدنی استان اصفهان
۲. قربانی م۱۳۸۱دیباچه ای بر زمین شناسی اقتصادی ایران پایگاه داده های علوم زمین
۳.نقشه های ژئوشیمیایی مقیاس۱۰۰۰۰۰: ۱استان اصفهان سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

شهاب و شخانه (شهاب‌سنگ)

آنیا دانایی‌تبار
کارشناس زمین‌شناسی، شرکت مهندسین مشاور زرناب اکتشاف
احمد رضایی
کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، شرکت معدنی سنگ آهن آک‌کهور

مقدمه

در سده‌های اخیر توجه انسان به تحولات نجومی به طرز قابل توجهی افزایش یافته است. گرچه پرتاب اقمار مصنوعی و موشک‌ها و فضاپیماها تا حد زیادی در این اقبال عمومی دخالت دارد، ولی با تمام این احوال نجوم تنها دانشی است که از ادوار گذشته، بشر به آن علاقه‌مند بوده و دل‌بستگی داشته است. ستاره‌شناسی و نجوم یکی از چند دانشی است که انسان در آن دل‌پذیرترین و شگفت‌آورترین نکته‌ها را درمی‌یابد. میدان تحقیقات نجومی و آزمایش‌های مربوط به حوضه‌ی فضا، گرچه محدود و خارج از دسترسی است، ولی می‌توان با پرداختن به فعالیت‌های غیرحرفه‌ای (آماتوری)، سهمی از این تحقیقات را به خود اختصاص داد.



جهان شکافی، دل‌پذیرترین دانش‌هاست. اگر همه‌ی آدمیان سعادت آن را داشته باشند که لحظاتی چند از زندگی را در اندیشه‌ی شگفتی‌های جهان به سر آرند و دمی از زندان زمین به فراخنای آسمان پناه برند و در پهنه‌ی بیکران کهکشان‌ها غرق شوند، آن‌گاه بر پیکر زمین به جز پاک دلی چیزی به جای نمی‌ماند.

شهاب

شهاب یا تیرشهاب، خطی از نور است که هنگام سوختن شهابواره در جو زمین ایجاد می‌شود. در یک شب صاف و بدون مهتاب، حدود ۱۰ شهاب در ساعت قابل رؤیت هستند. تعداد شهاب‌های قابل مشاهده در حدود ساعت ۴ بامداد به حداکثر می‌رسد، زیرا بیننده در قسمتی از زمین قرار می‌گیرد که مستقیماً در جهت غبارهای فضایی است. بهترین زمان مشاهده‌ی شهاب‌ها هنگام رگبار شهاب‌هاست؛

وقتی که زمین از یک جریان غباری بر جای مانده از یک ستاره‌ی دنباله‌دار می‌گذرد.

شهابواره‌ها اجرامی هستند که در فضای بین سیاره‌ای در حال گردش‌اند و ممکن است با زمین برخورد کنند. هنگامی که با سرعت ۱۱۷۰ کیلومتر در ساعت وارد بخش بالایی اتمسفر می‌شوند، به شهاب تبدیل می‌شوند و در ارتفاع بین ۱۱۰ و ۷۰ کیلومتری، دنباله‌ای نورانی از خود باقی می‌گذارند. وقتی این اجرام به زمین می‌رسند، «شخانه» نامیده می‌شوند. مطالعه‌ی این شخانه‌ها اطلاعات ارزشمندی درباره‌ی نحوه‌ی تشکیل آن‌ها، مواد تشکیل‌دهنده و تاریخ جهان در اختیار دانشمندان قرار می‌دهد؛ چون شهاب‌ها احتمالاً بقایای فعالیت‌هایی هستند که در ابتدا جهان ما را شکل بخشیدند.

ساختمان شخانه‌ها

علوم اخترشناسی، زیست، شیمی و زمین‌شناسی به مطالعه‌ی شخانه‌ها می‌پردازند. مطالعات نشان می‌دهند که شخانه‌ها انواع متفاوت دارند:

✓ نوع سنگی که شامل سیلیکات‌هاست می‌باشد.
✓ نوع فلزی که از آهن و نیکل تشکیل شده است.
✓ نوع سنگی ـ فلزی که مخلوطی از سنگ و فلز است.

بیشتر سنگ‌های فوق کندریت‌هایی هستند دارای «کندرول» و گویچه‌هایی با چند میلی‌متر قطر که منشأ معدنی آن‌ها معلوم نیست و دانه‌های «اولیوین» و «پیروکسین» دارند. کندریت‌ها، طبق میزان تغییرات آب و تغییرات دمایشان پیش از رسیدن به زمین، تقسیم‌بندی می‌شوند.

کندریت‌های کربن‌دار از نظر زیست اخترشناسان بیشترین اهمیت را دارند. در این کندریت‌ها کربن یافت می‌شود که ترکیب آن سومین مشخصه‌ی کندریت‌هاست. این نوع کندریت‌ها حدود پنج درصد شخانه‌ها را تشکیل می‌دهند. در قرن نوزدهم مطالعات سنگ‌های حامل کندریت‌های کربن‌دار نشان داد که دارای هیدروکربن‌هایی هستند، شبیه هیدروکربن‌های «کروژن»[1] که ماده‌ی جامدی است و در منابع نفت نظیر سنگ نفت یافت می‌شود. بین سال‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۷۰، **هارولداوری**، برنده‌ی جایزه‌ی نوبل شیمی، یک رشته تجزیه‌های شیمیایی و ایزوتوپی انجام داد که وجود ترکیبات بودار را که قطعاً منشأ فرازمینی دارند، تأیید کرد.

عناصر تشکیل‌دهنده‌ی شخانه‌ها

منطقه‌های اطراف حفره‌های شخانه‌ای، منابع غنی مواد شخانه‌ای هستند. از نواحی اطراف حفره‌های بزرگ، خروارها شخانه به دست آمده است. با وصل کردن همه‌ی انواع شخانه‌ها به یکدیگر درمی‌یابیم که ده عنصر زیر بیش از ۹۹ درصد وزن ماده‌ی شخانه‌ها را تشکیل می‌دهند.

عنصر	درصد وزن	عنصر	درصد وزن
کلسیم	۱/۶	اکسیژن	۳۴/۶
نیکل	۱/۴	آهن	۲۵/۶
آلومینیوم	۱/۴	سیلیسیم	۱۷/۸
سدیم	۰/۷	منیزیم	۱۳/۹
فسفر	۰/۱۶	گوگرد	۲

جدول ۱. عناصر موجود در شخانه‌ها

نحوه‌ی تشکیل شخانه‌ها

اغلب شخانه‌ها از سیارک‌ها ناشی می‌شوند که بعضی از آن‌ها ممکن است ۱۰۰ تا ۴۰۰ کیلومتر قطر داشته باشند و بعداً خرد شده و یا در اثر برخورد با اجرام دیگر، قسمتی از آن‌ها ساییده شده باشد. مثلاً، شخانه «واکامواراتا» در اثر برخورد سیاره‌ای کوچک که بخشی از آن مذاب بوده و فعالیت‌های آتشفشانی داشته است و سیاره‌ی کوچک دیگری با هسته‌ی فلزی، به وجود آمده است. در نهایت، خرده پاره‌های هر دو سرد شده و به صورت مخلوطی از مواد معدنی درآمده است که نیم آن سنگی و نیمی فلزی است. این نوع کمیاب «مزوسیدریت» نامیده می‌شود.

اسید آمینه در شخانه‌ها

جان کرونین، پژوهشگر دانشگاه آریزونا، با مطالعه‌ی شخانه‌ی «مارکیسون» که در سال ۱۹۶۹ در استرالیا سقوط کرد، به این نتیجه رسید که در ساختمان آن اسیدهای آمینه وجود دارد. در ساختمان شخانه‌ها تاکنون اشکال گوناگونی از کربن نظیر گرافیت، سیلیکان کارباید و الماس یافت شد. کرونین ۷۴ نوع اسید آمینه متفاوت، ۸۷ هیدروکربن بودار، ۱۴۰ ترکیب چربی‌دار، ۱۰ مولکول قطبی و از همه مهم‌تر، پنج پایه‌ی نیتروژنی که در DNA و RNA یافت می‌شوند، در شخانه‌ها کشف کرده است.

از ۲۰ نوع اسید آمینه‌ی یافت شده، هشت مورد از آن‌ها در ساخت پروتئین در حیات زمینی دخیل هستند، نظیر گلیسرین، آلانین، والین و لوسین. کرونین مواد اولیه این اسید آمینه‌ها را نیز یافته است که موادی چون کربوکسامیدها هستند. به گفته‌ی او با اندکی تلاش می‌توان از مولکول‌های بین ستاره‌ای اسید آمینه به دست آورد و مواد اولیه‌ی بین ستاره‌ای آن‌هاست که برای ساختن ترکیبات آلی یافت شده در شخانه‌ها لازم می‌باشد.

جدول ۲. مواد اولیه‌ی بین ستاره‌ای و پلیمرهای بیولوژیکی

پلیمرهای بیولوژیکی	آیا در شخانه‌ها یافت می‌شوند؟	مواد اولیه‌ی تشکیل‌دهنده‌ی حیات	مواد اولیه
پروتئین	بلی	اسیدهای آمینه	$RCHO, HCN, NH_2, H_2O$
اسید نوکلئیک‌ها	بلی	پیورین‌ها	HCN, H_2O
اسید نوکلئیک‌ها	بلی	پیریمیدین‌ها	$HCN, H_2O, CHCCN$
اسید نوکلئیک‌ها	خیر	ریبوزها	H_2CO
غشأها (پوسته‌ها)	بلی	فسفات‌ها	$PN.CP$

مواد بین ستاره‌ای در شخانه‌ها

جدول ۲ نشان‌دهنده‌ی مواد اولیه‌ی بین ستاره‌ای (ترکیبات یافت شده در شخانه‌ها) و پلیمرهای بیولوژیکی است که مبنای حیات را تشکیل می‌دهند.

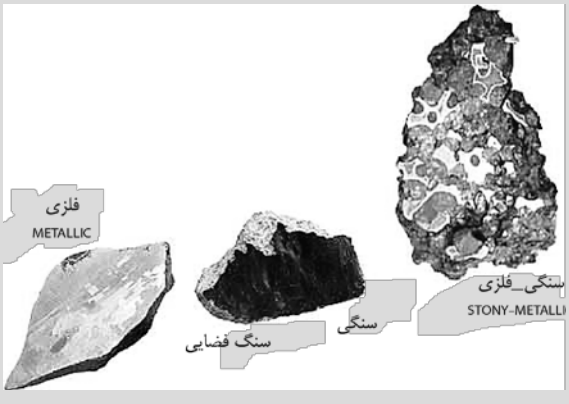
اندازه‌ی شخانه‌ها

طبق براوردهای اخیر، هر روز ۱۰ هزار تن شخانه به زمین می‌رسد. بیشتر این جرم‌ها فوق‌العاده ریزند، به طوری که جو زمین به هنگام عبورشان هیچ‌گونه تأثیر خاصی بر آن‌ها نمی‌گذارد. این ذرات احتمالاً دست نخورده به زمین می‌رسند. حداکثر بُعد آن‌ها یک صدم سانتی‌متر است. با ماهواره‌های مخصوص می‌توان این ذرات را، به هنگام عبور از فضا، جمع‌آوری کرد. این ذرات کوچک و تقریباً غیرقابل ادراک را شخانه‌های کوچک یا شخانه‌های ریز می‌نامند.

پس از آن‌ها به شخانه‌هایی برمی‌خوریم که حداکثر بعد آن‌ها یک سانتی‌متر است. ذراتی که هنگام عبور از جو زمین، روشنایی ایجاد می‌کنند، از همین نوع شخانه‌ها هستند. شخانه‌های بزرگ‌تر به ندرت وارد جو زمین می‌شوند، اما در صورت ورود به جو زمین، خطوط نورانی‌تری تولید می‌کنند. همین‌طور که اثرهای نوری چشم‌گیرتر می‌شوند، اثرهای صوتی نیز رفته رفته به وقوع می‌پیوندد. شخانه‌های به وزن ۴/۵ کیلوگرم یا بیشتر، ضمن عبور از جو، کاملاً از هم نمی‌پاشند و قطعه‌های کوچک ولی قابل شناخت آن‌ها به سطح زمین می‌رسند. اثرهای نوری و صوتی این قبیل شخانه‌ها روی مردم، از تولید ترس خفیف همراه با از جا پریدن تا وحشت شدید متفاوت‌اند. شخانه‌ها، سطح‌های سختی چون پشت‌بام‌ها را بدون ایجاد ترک به وضوح سوراخ کرده‌اند و از لایه‌های یخ استخرها و دریاها و سقف‌های فلزی اتومبیل گذشته‌اند.

آیا شخانه‌ها حامل حیات‌اند؟

زمانی این نظریه رواج داشت که شخانه‌ها حامل تخم‌های زنده‌اند و بنابراین به انتشار زندگی در نقاط گوناگون جهان کمک می‌کنند. امروزه دیگر کارشناسان این نظریه را قبول ندارند. با این حال، بعضی دانشمندان بر آن‌اند که شخانه‌ها ممکن است دارای نشانه‌ی غیرزنده‌ای از موجودهای زنده‌ای باشند که زمانی در نقاط دوردست آن سوی زمین، زندگی می‌کرده‌اند.



در شخانه‌ها ترکیب‌های آلی یا کربن‌دار، غالباً به صورت مختلط‌های بسیار سازمان‌یافته‌ای که به یاخته‌ها شباهت دارند، پیدا شده است. هر چند بعضی دانشمندان معتقدند که این دلیل محکمی مبنی بر وجود حیات دیگری در جهان است، اما این مختلط‌ها را می‌توان به وسیله‌ی فرضیه‌های دیگری نیز تبیین کرد. این مختلط‌ها ممکن است طی مدتی طولانی در فضا که معلوم شده است عناصر ترکیب‌دهنده‌ای چون کربن، هیدروژن، ازت و اکسیژن را دارا بوده است، تشکیل شده باشند. ممکن است ارگانیسم‌های زمینی آن‌ها را آلوده کرده باشند. حتی ممکن است این آلوده‌کننده‌ها (مختلط‌های یاخته‌گونه) ضمن عبور شخانه از جو ما و یا قرار گرفتن شخانه بر زمین، وارد آن شده باشند.

اکثر شخانه‌هایی که به طور تصادفی پیدا شده‌اند، فلزی هستند. شخانه‌های سنگی به خاطر شباهتشان به سنگ‌های زمینی غالباً پیدا نمی‌شوند.

گودال‌های شخانه‌ای

زمین در زمان حیاتش توسط شخانه‌های بی‌شماری بمباران شده است. شدت بمباران‌ها حدود ۳/۵ میلیارد سال پیش به اوج خود رسید و گودال‌هایی در زمین به وجود آورد که اکنون در اثر فرسایش از بین رفته‌اند. گودال‌هایی که بعدها تشکیل شده‌اند، باقی‌مانده و بیش از ۱۵۰ گودال تاکنون شناسایی شده‌اند. تعدادی از این گودال‌ها، صدها میلیون سال پیش و تعدادی دیگر در قرن بیستم تشکیل شده‌اند. اگر جرم یک شخانه کمتر از هزار کیلوگرم باشد، قبل از این‌که به فاصله‌ی ۲۰ کیلومتری سطح زمین برسد، سرعت ورود آن به جو زمین توسط مقاومت جو بسیار کاهش می‌یابد و بعد از این کاهش، شخانه وارد میدان جاذبه می‌شود. وقتی که نیروی جاذبه‌ی زمین با نیروی مقاومت جو در مقابل شخانه برابر باشد، افزایش سرعت شخانه متوقف می‌شود. این سرعت معروف به «سرعت پایانی» در حدود ۰/۱ کیلومتر (۰/۰۶ مایل) در ثانیه است.

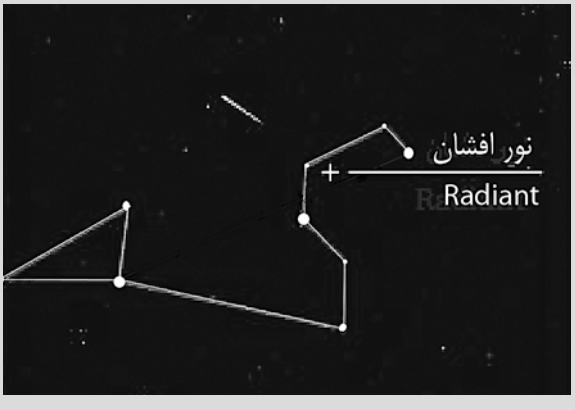
شخانه‌های عظیم‌الجثه

اگر جرم اولیه‌ی شخانه از ۹۸۵ تن تجاوز کند، جو زمین توان کند کردن حرکت آن را ندارد و شخانه روی زمین سقوط می‌کند و نتایج مخربی به بار می‌آورد. خوش‌بختانه چنین حوادثی بسیار کم اتفاق می‌افتند. بزرگ‌ترین شخانه‌ای که تاکنون یافت شده، شخانه‌ی «هوبا» نام دارد با حدود ۵۹ تن وزن. این شخانه اکنون در محل سقوط خود در نامیبیا، در جنوب غربی آفریقا قرار دارد.

سن شخانه‌ها

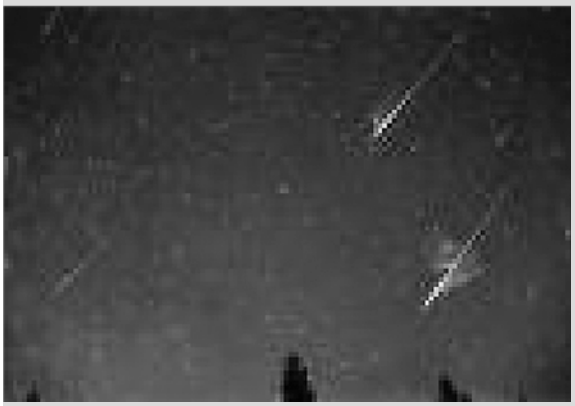
در تعیین سن شخانه‌ها روش‌هایی نظیر روش‌های محاسبه‌ی سن سنگ‌های زمینی منتخب به کار می‌رود. بعضی نتیجه‌ها نشان می‌دهند، چه مدتی از انجماد شخانه‌ها گذشته است. در موارد دیگر، سن استنتاجی، سن نورگیری است؛ یعنی طول مدتی که نمونه‌های آزمایشی در معرض تشعشع کیهانی قرار داشته‌اند، تعیین می‌شود. سن بعضی از شخانه‌ها کمتر از ۷۵ میلیون سال گزارش شده است، سن بعضی دیگر ممکن است سر به میلیاردها سال بزند. طبق یک براورد، شخانه‌ی «مونت ایلیف» آفریقای جنوبی، تقریباً هفت میلیارد سال بیشتر از زمین یا خورشید عمر دارد.

شخانه‌ی گودال «بارینگر» در ایالات آریزونای آمریکا که ۱۷۵ متر عمق دارد، حدود ۴۰ هزار سال پیش تشکیل شده است.



رگبار شهاب‌ها

بعضی از گروه‌های شهاب‌ها، برخلاف سقوط غیرقابل پیش‌بینی شخانه‌ها، در فاصله‌های زمانی کم و بیش منظمی در آسمان ظاهر می‌شوند. این نمایش‌ها را رگبارهای شهابی می‌نامند. شمار شهاب‌های یک رگبار در دوره‌ی نهایی فعالیت رگباری، کاملاً متغیر است. ممکن است حداقل آن در عرض یک ساعت، ۵ و یا حتی کمتر باشد و حداکثر آن به حدود ۷۵ برسد. با این حال، گاهی تواتر ظهور یا شمار شهاب‌ها بسیار بیشتر است. در عرض یک ساعت ممکن است هزاران شهاب مشاهده شوند. مثلاً براورد شده است که حدود ۳۵ هزار شهاب در عرض یک ساعت در جریان رگبار شهابی اسدی نوامبر ۱۸۳۳ به زمین افتادند. این نمایش تماشایی یک باران شهابی تند واقعی بود که تقریباً همه‌ی بینندگان را وحشت‌زده کرد. از دیگر رگبارهای شهابی تماشایی باید رگبارهای شهابی «جیاکوپینید» یا نوازدهای اکتبر ۱۹۳۳ و ۱۹۴۶ و «رگبار اسدی» سپیده‌دم ۱۷ نوامبر ۱۹۹۶ را نام برد.



در بعضی موارد، رگبارهای شهابی را از روی ستارگان دنباله‌دار نام‌گذاری می‌کنند. مثلاً نام جیاکوپینیدها از نام ستاره‌های دنباله‌دار «جیاکو پینید» و نیز نام بیلای‌ها از ستاره‌ی دنباله‌دار «بیلا» گرفته شده است. با این حال به‌طور کلی، صورتی که در آن مدار روشن یا مرئی یک رگبار شهابی واقع شده است، در نام‌گذاری رگبار شهابی نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. غالباً مشاهده شده است که مدار رگبار شهابی با مدار ستارگان دنباله‌دار تطابق دارد و در نتیجه، دانشمندان به‌طور کلی به این نتیجه می‌رسند که رگبارهای شهابی خرده‌ریزه‌هایی از ستارگان دنباله‌دار موجودند.

گودال‌های شخانه‌ای روی زمین

گودال‌های شخانه‌ای در تمام قاره‌های زمین یافت می‌شوند. نام و مشخصات تعدادی از آن‌ها در جدول ۳ آمده است.

گودال	مکان	قطر
بارینگر	آریزونا	۲/۱ کیلومتر (۰/۷ مایل)
نیوکیک	کانادا	۴/۳ کیلومتر (۲/۱ مایل)
چیکسولوب	مکزیک	۱۸۰ کیلومتر (۱۱۲ مایل)
ولف گریک	استرالیا	۰/۸۸ کیلومتر (۰/۵ مایل)
ریس	آلمان	۲۴ کیلومتر (۱۵ مایل)
گاسر بلاف	استرالیا	۲۲ کیلومتر (۱۳/۷ مایل)
لونار	هند	۸/۱ کیلومتر (۱/۱ مایل)
باتلاق شور پرتوریا	آفریقای جنوبی	۱/۱ کیلومتر (۰/۲ مایل)

جدول ۳. گودال‌های شخانه‌ای

چه‌طور شخانه پیدا کنیم؟

تصورش را بکنید، در حال قدم زدن غرق در افکار خود و خسته از ناهمواری راه، سنگ‌ها را به این‌سو و آن‌سو پرتاب می‌کنید. در حالی که شاید آن سنگ به ظاهر بی‌ارزش، گوهری باشد گران‌بها که خود را به شما رسانده است. وقتی تکه سنگی که وارد جو می‌شود، آن‌قدر بزرگ باشد که تمام آن در اثر اصطکاک نسوزد، بخشی از آن به زمین می‌رسد و به صورت سنگی سوخته به نظر می‌آید که به آن «شخانه» گفته می‌شود. این اجرام تاریخ منظومه‌ی شمسی را به همراه خود دارند. به دلیل اهمیت علمی آن‌ها، یکی از فعالیت‌های منجمان آماتور پیدا کردن شخانه‌هاست. شخانه‌ها آن‌قدر با ارزش هستند که قیمت بعضی از آن‌ها (نوع ماه یا مریخی آن‌ها) از طلای خالص هم‌وزن خود بیشتر است.

یافتن شخانه‌های سنگی مشکل‌تر است، زیرا خیلی شبیه به سنگ‌های زمینی هستند. نوع آهنی ـ سنگی نیز کمیاب است و در آن‌ها سنگ و فلز با هم مخلوط شده‌اند. شخانه‌های آهنی عمدتاً از آهن و نیکل تشکیل شده‌اند و بسیار کم در معرض هوازدگی قرار می‌گیرند. بنابراین احتمال پیداکردنشان بیشتر است.

برای شخانه فرقی نمی‌کند که در کجا سقوط کند و احتمال فرود آن در هر جای کره‌ی زمین یکسان است. گفته می‌شود که در هر کیلومتر مربع از سطح زمین در هر میلیون سال، حداقل یک شخانه سقوط می‌کند. اما جست‌وجوگران به نکاتی توجه می‌کنند تا این شانس را افزایش دهند. شخانه‌ها (به‌خصوص نوعی آهنی) به دلیل سوختن سیاه و براق هستند. جست‌وجوگران مناطقی را برای این کار انتخاب می‌کنند که کمتر دچار تحولات شده باشد و زمین آن دارای سطحی روشن و خالی از سنگ‌های سیاه زمینی باشد؛ چون در این صورت احتمال رخ‌نمایی شخانه زیاد است. به همین دلیل، بسیاری از کشف‌ها در قطب جنوب انجام شده‌اند. در این مناطق، جست‌وجوگران حرفه‌ای با کمک چرخبال در ارتفاع پایین پرواز می‌کنند و با دوربین‌های خود، سطح یخ‌ها را نظاره می‌کنند تا سنگ سیاهی را ببینند.

پس یکی از مهم‌ترین شرایط یک شخانه، سیاه بودن است. سپس باید آن را بررسی کرد. چون شخانه دچار سوختگی شدید شده است، معمولاً دارای لبه‌ی تیز و برنده نیست. اگر در سطح آن آثار سوختگی و حفره‌های ناشی از آن باشد، احتمال بیشتر می‌شود. در مقایسه با سنگ‌های زمینی، این اجرام آسمانی کمتر دچار زنگ و هوازدگی می‌شوند و می‌توان در نگاه اول به این تفاوت ظاهری پی برد. معمولاً شخانه‌ها چگال‌تر از سنگ‌های مشابه زمینی هستند. بیشتر شخانه‌ها (مخصوصاً نوع آهنی) دارای خواص مغناطیسی هستند، بنابراین همیشه با خود یک آهن‌ربا داشته باشید. اگر سنگی که شما پیدا کردید، خواص ذکر شده را داشته باشد، احتمالاً شخانه است، ولی نظر قطعی را آزمایش‌های دقیق نمونه‌برداری و طیف‌سنجی می‌تواند اعلام کند. اگر سنگ شما از این آزمایشات سربلند بیرون آمد، آن‌گاه شما گنجینه‌ای گران‌بها دارید که پس از میلیاردها سال و پیمودن میلیون‌ها کیلومتر، به دستتان رسیده است. در زندگی هر شخانه چهار دوره‌ی زمانی مجزا وجود دارد.

۱. سن زمینی

منظور مدت زمانی است که از سقوط شخانه بر سطح زمین می‌گذرد. برای شخانه‌هایی که سقوط آن‌ها مشاهده شده، این زمان به دقت معلوم است. اما سن زمینی شخانه‌هایی که بعدها پیدا می‌شوند، ابتدا معلوم نیست. شهابواره‌ها هنگامی که در مدارشان به دور خورشید می‌گردند، در معرض بمباران پرتوهای کیهانی هستند. این پرتوها پیش از آن‌که در عمق شهابواره به دام بیفتند، در واکنش با اتم‌های پیکره‌ی آن، ایزوتوپ‌های گوناگونی می‌آفرینند که برخی از آن‌ها ناپایدارند و پس از گذشت چند سال، به عناصر سبک‌تر متلاشی می‌شوند. جو زمین پس از سقوط شخانه، از آن در مقابل پرتوهای کیهانی محافظت می‌کند. عموماً سن زمینی شخانه‌ها از چند ده تا چند هزار سال است، اما بسیاری از شخانه‌های قطب جنوب بیش از ۵۰ هزار سال پیش فرود آمده‌اند.

۲. سن تابش پرتوهای کیهانی

دومین سن هر شخانه، دوره‌ای است که طی آن، شخانه به صورت جرم کوچکی در مداری به دور خورشید می‌گردید. پرتوهای کیهانی با برخی اتم‌های هر تکه سنگ یا توده‌ی آهن ـ نیکل که در فضا قرار دارد، واکنش می‌کنند. ظاهراً در فضا فقط تعداد کمی از شخانه‌های سنگی برای بیش از ۴۰ میلیون سال، از خطر تخریب بر اثر خردشدگی در امان می‌مانند. شخانه‌های آهنی از این نظر خوش اقبال‌ترند، زیرا به مراتب سخت‌ترند و اندازه‌گیری‌های مناسب نشان می‌دهند که دست کم به مدت هزار میلیون سال به شکل اجرامی چند متری در فضا دوام آورده‌اند.

۳. سن پیدایش

منظور مدت زمانی است که از آخرین تغییر عمده‌ی دمای زیاد شخانه می‌گذرد. مثلاً سن پیدایش «کندریت‌های بازالتی» (نوعی شخانه)، طول زمانی است که آن‌ها پس از تبلور از حالت مذاب، گذرانده‌اند. سن پیدایش هر دو نوع سنگی و فلزی شخانه تقریباً ۴۵۵۰ میلیون سال است.

۴. سن ماقبل پیدایش

سن ماقبل پیدایش برای هر عنصر، فاصله‌ی زمانی میان پیدایش آن در یک ستاره تا شرکت آن در تشکیل سیارات یا شخانه‌هاست. بسیاری شخانه‌های سنگی، محصولات حاصل از شکافت پلوتونیوم را در خود دارند. پلوتونیوم عنصر ناپایداری است که به سرعت متلاشی می‌شود و نیمه عمر آن فقط ۸۲ میلیون سال است، در حالی‌که اورانیوم ۲۳۸، نیمه عمری برابر ۴۵۰۰ میلیون سال دارد. اندازه‌گیری محصولات حاصل از تلاشی پلوتونیوم در شخانه‌ها حکایت از آن دارد که سن ماقبل پیدایش پلوتونیوم، حدود ۱۵۰ میلیون سال است. یعنی خود پلوتونیوم اولیه تنها حدود ۱۵۰ میلیون سال پیش از پیدایش خورشید و سیارات، در یک ستاره پدید آمده است.

شخانه‌ها و پایان عصر انسان

تهران، خبرگزاری‌ها: گروهی از ستاره‌شناسان، مهندسان و دانشمندان در همایش «انجمن پیشبرد علوم آمریکا» از سازمان ملل متحد درخواست کردند، با توجه به نزدیک شدن کم سابقه‌ی برخورد یک شخانه‌ی بزرگ به کره‌ی زمین در سال ۲۰۳۶، سازمان ملل متحد مسئولیت اقدامات لازم برای جلوگیری از برخورد این قبیل اجسام آسمانی با زمین را تقبل کند. به گزارش «رویترز»، منجمان در حال بررسی مسیر حرکت شخانه‌ای به نام «آپوفیس» هستند که ممکن است یک در ۴۵ هزار، روز ۱۳ آوریل سال ۲۰۳۶ با زمین برخورد کند. ناسا قصد دارد در آینده‌ی نزدیک برنامه‌ی شناسایی شخانه‌های دارای خطر برخورد با زمین را گسترده‌تر کند و صدها سنگ آسمانی با این مشخصات را زیر نظر بگیرد. به گفته‌ی **راستی اشوایکارت**، فضانورد بازنشسته، خطر شخانه‌ها تنها به شخانه‌ی آپوفیس مربوط نمی‌شود و نیاز به تعیین اصولی مشخص در زمینه‌ی مواجهه با این قبیل وقایع ضروری به نظر می‌رسد.

لوئیس آلوارتس چنین استنباط کرد که ۶۵ میلیون سال پیش، شخانه‌ای به قطر بیش از ۱۰ کیلومتر با زمین برخورد کرد

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهند، در طول میلیون‌ها سال قبل، بیش از ۲۰۰ شخانه‌ی بزرگ با زمین برخورد کرده و باعث از بین رفتن نسل‌های بی‌شماری از جان‌داران و گیاهان و تخریب سطح زمین شده‌اند. بدترین واقعه مربوط به ۶۵ میلیون سال قبل بوده است که نسل دایناسورها را از بین برد

و پس از انفجار و ایجاد حفره‌ای عظیم، تمامی آن تبخیر شد؛ بروز یک آتش‌سوزی عظیم در کره‌ی زمین. دود حاصل از این انفجار، به علاوه ذرات منتشر شده از باقی‌مانده‌ی شخانه، به وسیله‌ی جریان هوا در سایر نقاط پراکنده شد. ابر سیاهی تمام سطح زمین را احاطه کرد و مانع رسیدن نور خورشید به زمین شد. با نرسیدن نور خورشید به زمین و کاهش شدید دما، تمامی موجودات زنده و گیاهان بر اثر سرما از بین رفتند. پس از فرونشستن گرد و غبار حاصل از انفجار که دارای درصد زیادی «ایریدیوم» بود، تمام سطح کره‌ی زمین از لایه‌ی نازکی به نام «K-T» پوشانده شد. بسیاری از دانشمندان به ویژه دیرین‌شناسان، ابتدا با این فرضیه مخالف بودند، ولی با پیدا شدن حفره‌ی عظیمی به قطر بیش از ۱۸۰ کیلومتر زیر شهر «چیکسولوب» واقع در «پنی سولای یاکاتان» مکزیک در سال ۱۳۷۰ خورشیدی که مکان برخورد شخانه با زمین را نشان می‌داد، اثبات این فرضیه بسیار ساده شد.

در گذشته دانشمندان در مورد احتمال تکرار چنین پدیده‌ای تردید داشتند، ولی با برخورد اولین تکه‌ی شخانه‌ی «شومیکرلوی ـ ۹» با سیاره‌ی عظیم مشتری در سال ۱۳۷۴، تمامی تردیدها از بین رفت. شدت این انفجار معادل ۱۰ میلیون بمب هیدروژنی و ارتفاع شعله‌ی قارچ مانند آن نزدیک به دو هزار کیلومتر بود. پس از انفجار، لکه‌ی سیاهی بر فراز منطقه‌ی برخورد در این سیاره ایجاد شد که می‌توانست فرضیه‌ی قبلی را به خوبی اثبات کند. بعد از اولین برخورد، ۲۰ شخانه‌ی بزرگ و کوچک دیگر با این سیاره برخورد کردند و بشر یکی از پدیده‌های نادر و حیرت‌انگیز کهکشانی را به چشم خود دید.

در این زمان بود که چنین سؤالی مطرح شد: «اگر یکی از این شخانه‌ها با زمین برخورد می‌کرد، چه اتفاقی می‌افتاد؟» در صورتی که یکی از شومیکرها به قطر دو تا سه کیلومتر و با سرعتی بیش از

۲۰۰ هزار کیلومتر در ساعت می‌توانست پس از عبور از جو زمین با سطح خاکی آن برخورد کند، انفجاری معادل ده‌ها میلیون بمب هیدروژنی را به وجود می‌آورد. حفره‌ی حاصل از این برخورد به اندازه‌ی منطقه «رودآیلند» می‌شد و هر آن‌چه در زمین وجود داشت، از بین می‌رفت. ابر و غبار ایجاد شده از ورود نور خورشید جلوگیری می‌کرد و برای مدت‌ها یخبندان شدیدی زمین را فرا می‌گرفت. اگر این شخانه، درون اقیانوسی سقوط می‌کرد، در اثر این برخورد، امواجی به ارتفاع ده‌ها کیلومتر ایجاد می‌شد که می‌توانست هر آن‌چه بر سر راهش وجود دارد، از بین ببرد.

تاکنون شخانه‌های بی‌شماری با زمین برخورد کرده‌اند و حفره‌های ایجاد شده به وسیله‌ی آن‌ها در طول میلیون‌ها سال، بر اثر عوامل طبیعی چون سایش خاک و یا پوشش گیاهی، از بین رفته‌اند. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهند، در طول میلیون‌ها سال قبل، بیش از ۲۰۰ شخانه‌ی بزرگ با زمین برخورد کرده و باعث از بین رفتن نسل‌های بی‌شماری از جان‌داران و گیاهان و تخریب سطح زمین شده‌اند. بدترین واقعه مربوط به ۶۵ میلیون سال قبل بوده است که نسل دایناسورها را از بین برد. ۳۰۰ هزار سال پیش نیز، شخانه‌ی دیگری در صحرای استرالیا با زمین برخورد کرد که گودالی به قطر تقریبی ۱۲۰ و عمق ۳۰ متر به وجود آورد. وزن تقریبی این شخانه ۵۰ هزار تن تخمین زده شده است. از آن‌جا که فرود آن در مکان دورافتاده‌ای اتفاق افتاده، خسارت وارده بر موجودات زنده و گیاهان اندک بوده است. احتمال برخورد یک شخانه با این اندازه تقریباً هر ۱۵ هزار تا ۲۵ هزار سال یک‌بار و احتمال برخورد شخانه‌های بزرگ‌تر هر ۱۵ میلیون سال یک‌بار پیش‌بینی شده است. ۴۹ هزار سال پیش، در اثر برخورد یک شخانه‌ی آهنی به صحرای آریزونامی آمریکا، حفره‌ای به قطر تقریبی یک کیلومتر ایجاد شد و هر آن‌چه را که در صدها کیلومتری از آن قرار داشت، از بین برد.

در سال ۱۲۸۷ خورشیدی (۱۹۰۸ میلادی)، در منطقه‌ی دورافتاده‌ی «تانگوسکا» در سیبری، برخورد شدید شخانه‌ای با زمین اتفاق افتاد که دانشمندان قطر آن را ۳۰ متر ارزیابی کردند. این شخانه که پس از ورود به جو زمین در ارتفاع هشت کیلومتری منفجر شد، هر آن‌چه را که در شعاع ۱۵ کیلومتر در سطح زمین قرار داشت، به شدت منهدم ساخت. شعاع تخریب نهایی حاصل از این برخورد ۴۰ کیلومتر براورد شد و چون در منطقه‌ی جنگلی فرود آمده بود، باعث از بین رفتن بیش از ۶۰ میلیون اصله درخت شد. به علت دورافتادگی این منطقه، دانشمندان ۱۹ سال بعد، از این واقعه مطلع شدند و به تحقیق در مورد آن پرداختند.

در اواخر سال‌های ۱۹۴۰، دو سقوط شخانه‌ای تماشایی به وقوع پیوست. در بامداد ۱۲ فوریه‌ی ۱۹۴۷، در «اوسوری تایگا»، شمال شرقی و «لادی وستک»، در اتحاد شوروی یک شخانه‌ی فلزی جامد، ناگهان متلاشی و خرد شد و به صورت یک «رگبار آهن» فرو بارید و بیش از ۱۲۰ حفره به وجود آورد. بعضی از حفره‌ها به اندازه‌ای بزرگ بودند که می‌توانستند یک ساختمان دو طبقه را در خود جای دهند.

یکی از جرم‌های بازسازی شده، به وزن ۱۷۴۵ گرم، بزرگ‌ترین شخانه‌ی سقوط کرده‌ی مشاهده شده‌ای است که تاکنون در جهان بازسازی کرده‌اند. طبق براورد دانشمندان، شخانه‌ی «اوسوری» که در اتحاد شوروی به شخانه‌ی «سیخوت آلاین» معروف است، پیش از برخورد با جو زمین، بیش از یک صد تن وزن داشته است.

۱۸ فوریه ۱۹۴۸، در کانزاس، نبراسکا و ایالت‌های مجاور، صدها هزار نفر سقوط یک شخانه‌ی سنگی را به چشم خود تماشا کردند. جرم اصلی این شخانه که به «استان فورناس» معروف است، بیش از یک تن و بزرگ‌ترین شخانه‌ای است که تاکنون در جهان بازسازی شده است. طبق محافظه‌کارانه‌ترین براوردها، وزن کل شخانه‌ی اصلی پیش از برخورد با جو، باید بیش از ۱۰ تن بوده باشد.

حال سؤال این است که: آیا ما باید همواره نگران برخورد شخانه‌ها با زمین باشیم؟ راه‌حل رفع این نگرانی تنها در ارتقای فناوری برای جلوگیری از وقوع این حوادث خلاصه می‌شود. امروزه سؤال مهم آن نیست که بدانیم آیا این واقعه اتفاق خواهد افتاد یا نه، بلکه باید بدانیم این اتفاق چه زمانی رخ خواهد داد. در سال ۱۳۷۵ خورشیدی (۱۹۹۶ میلادی)، شخانه‌ای به قطر تقریبی ۵۲۰ متر از فاصله‌ی ۴۵ هزار کیلومتری زمین ـ کمی دورتر از کره‌ی ماه ـ عبور کرد که نفس اخترشناسان را در سینه حبس کرد. این نزدیک‌ترین جسمی بود که تاکنون رصد شده بود و در صورت برخورد با زمین، می‌توانست انفجاری معادل ۵ تا ۱۲ هزار مگاتن انرژی به وجود آورد. موضوع نگران‌کننده در این مورد آن بود که اخترشناسان فقط چهار روز قبل از عبور این شخانه به وجود آن پی بردند.

در دو دهه‌ی قبل، دانشمندان فضا در مورد برخورد شخانه‌ها با کره‌ی زمین نگرانی‌های بسیاری داشتند، زیرا دریافته بودند که زمین همواره در خطر برخورد یکی از شخانه‌هاست. بیشتر شخانه‌ها از کمربند جاذبه‌ی سیارات فرار می‌کنند و به واسطه‌ی جاذبه‌ی زیاد سیاره‌ی مشتری، وارد منظومه‌ی شمسی می‌شوند و به سمت خورشید می‌روند. در گذشته این تفکر وجود اشت که تعداد شخانه‌های بزرگ کم است، ولی پیشرفت فناوری در چند دهه‌ی اخیر و ردیابی شخانه‌ها به وسیله‌ی دستگاه‌های حسگر، ماهواره‌ها، دوربین‌های نجومی پیشرفته و نظایر آن نشان داد که تعداد آن‌ها کم نیست و همواره خطر برخورد یکی از آن‌ها با زمین وجود دارد. قطر این اجرام که به اختصار «اجسام نزدیک به کره‌ی زمین» (NEOs) نامیده شده‌اند، از چند متر تا چندین کیلومتر است. به تازگی دانشمندان آن‌ها را «سنگ‌های آسمانی بالقوه خطرناک» (PHA) نامیده‌اند.

اخترشناسان می‌دانند که تعداد بی‌شماری از این شخانه‌ها در فضا با سرعت و اندازه‌های متفاوتی در حرکت هستند و می‌توانند تهدیدی جدی برای زمین باشند. به عبارت ساده‌تر، ما در مسیر حرکت بسیاری از شخانه‌ها قرار داریم.

جلوگیری از برخورد شخانه‌ها با زمین

دانشمندان فضا به تازگی پیشنهاد کرده‌اند که با ارسال سفینه‌های فضایی، مسیر حرکت شخانه‌ها را تغییر دهیم. اولین آزمایش انجام گرفته در این زمینه، برخورد شدید یک فضاپیما، با شخانه‌ی «تمپل یک» در چهارم تیرماه ۱۳۸۴ بود که شدت انفجار آن به ۵/۴ تن ماده‌ی TNT می‌رسید. دانشمندان با شادی فراوان این واقعه را جشن گرفتند، ولی این برخورد مانند نسیمی بر چهره‌ی این شخانه بود و سرعت آن را فقط ۰/۰۳ سانتی‌متر بر ثانیه کاهش داد. شاید بسیاری این واقعه را ناچیز قلمداد کنند، ولی این اولین گام بشر برای محافظت از خانه‌ی خود بوده است.

پی نوشت

1. kerogen

منابع

1. http://www.bbcnews.
2. fa.wikipedia.org
3. http://www.edu.tebyan.net
4. http://www.newtime
5. www.ceerang.com/showthread
6. www.persianstar.com/content/view
7. www.alef.ir/content/view
8. http://www.daneshnameh.roshd.ir
9. www.kashef.ropage.com
10. www.nightsky.ir
11. www.irannewsagency.com

نزدیک ترین زمان فوران آتش‌فشان‌ها

بابک مستوفی‌زاده
فوق‌لیسانس زمین‌شناسی، دبیر فیزیک منطقه‌ی ۲

چکیده

مشاهدات اخیر از وقایع لرزشی در آتشفشان‌ها، حاکی از حرکات فرکانس پایین (بلند دوره) قبل از وقوع فوران‌هاست. افزایش جریان سیالات (ماگما و محلول‌های هیدروترمال) عبور کننده از کانال‌های هدایت ماگما، ضرباتی پی‌درپی به دیواره‌های شکاف وارد می‌سازد که با در نظر گرفتن خاصیت الاستیکی دیواره‌ها، شرایط مناسبی برای رزونانس مجرای انتقال ماگما به‌وجود می‌آید. در نهایت نیز، ارتعاش دیواره‌های مسیر به بیشترین مقدار خود می‌رسد. در چنین حالتی است که دستگاه آتشفشان بسیار مستعد فوران قریب‌الوقوع خواهد شد. بنابراین، حرکات لرزشی فرکانس پایین و ضربان‌های هماهنگ می‌توانند ابزارهای مناسبی برای پیش‌بینی فوران قریب‌الوقوع هر آتشفشان باشند.

کلید واژه‌ها: رزونانس، لرزش‌های فرکانس پایین، شکستگی ماگما، گرانروی، ارتعاش دیواره، اصل برنولی، ضربه‌ی آب.

مقدمه

رخدادهای آتشفشانی از جمله پدیده‌های زمین‌شناختی هستند که به لحاظ داشتن نشانه‌هایی مقدم بر فعالیت اصلی خود (مانند خروج گازها، بالا آمدگی قسمت دهانه و آشکار شدن زلزله‌هایی با فرکانس به ویژه پایین)، مورد توجه زمین‌شناسان و ژئوفیزیک‌دانانی واقع شده‌اند که قصد پیش‌بینی قریب‌الوقوع فوران یک آتشفشان را دارند. در میان نشانه‌های فوق، پیدایش لرزش‌های با فرکانس پایین (کمتر از ۱۰ هرتز) از اواسط دهه‌ی ۱۹۸۰ به بعد، به لحاظ این‌که لرزش‌های مذکور ارتباط نزدیکی را با جریان‌های ماگما در سیستم مجاری آتشفشان داشتند، مورد توجه و تأکید بیشتری قرار گرفته است. چوئت[1] ۱۹۸۵، حرکات فرکانس پایین را برای اولین‌بار در فوران سال ۱۹۸۵ آتشفشانی در کلمبیا کشف کرد. سپس بر همین اساس، به پیش‌بینی فوران آتشفشان‌های «ردات»[2] آلاسکا (۱۹۸۹) و «گالراس»[3] (۱۹۹۲) کلمبیا دست زد. قبل از فوران گالراس، در سال ۱۹۹۱ این آتشفشان در حال خروج گاز از شکاف موجود در گنبد گدازه‌ای دهانه بود که همانند یک شیر یا سوپاپ ایمنی عمل می‌کرد. به همین‌خاطر انتظار یک حادثه‌ی فورانی نمی‌رفت، زیرا هر از چند گاهی با باز شدن این شکاف، مقداری گاز از آن خارج می‌شد.

چوئت به آتشفشان‌شناسان کلمبیایی پیشنهاد کرد که بعد از هر بار بسته شدن شکاف، مقداری گاز از آن خارج می‌شد.

چوئت به آتشفشان‌شناسان کلمبیایی پیشنهاد کرد که بعد از هر بار بسته شدن شکاف، مراقب حرکات

فرکانس پایین که در لرزه‌نگاشت‌ها پدیدار می‌شوند، باشند. به عقیده‌ی او، بسته شدن شکاف به معنی کاهش فعالیت آتشفشان نیست، بلکه گازهای جدا شده از ماگما، به علت ضربان‌های ماگما، از سمت پایین در حال پمپاژ شدن بیشتر به درون شکستگی‌های موجود در سنگ‌ها هستند و این امر باعث افزایش فشار سیستم می‌شود. به هر حال، گنبد گدازه‌ای در بهار ۱۹۹۲ بسته شد و در ظاهر این پدیده رکودی در فعالیت آتشفشان بود. ولی در یکی از روزهای تابستان همان سال، آتشفشان‌شناسان با یک سلسله از سیگنال‌های منحصر به‌فرد در لرزه‌نگاشت‌ها مواجه شدند که این‌ها همان حرکات فرکانس پایین بودند. ثبت این حرکات در لرزه‌نگاشت‌ها شروع تند و سریعی داشت که به تدریج از دامنه‌ی حرکات کاسته می‌شد تا این‌که پس از چند دقیقه محو می‌شدند. از اولین روز آشکار شدن این حرکات، تقریباً هر روز هشت باند لرزشی ثبت می‌شد. ۱۴ روز بعد گنبد گدازه‌ای دهانه‌ی آتشفشان منفجر گردید. چوئت عامل این حرکات را از دیدگاه فیزیکی به پدیده‌ی «رزونانس» یا تشدید کانال‌های انتقال ماگما و دیگر سیالات آتشفشان نسبت داد.

عقاید موجود در مورد تولید ارتعاشات فرکانس پایین، شرایط تولید «رزونانس»[۴] (تشدید) در مجاری آتشفشانی را با آن‌چه که در لوله‌های صوتی دیده می‌شود، مقایسه می‌کنند. بر این اساس، با توجه به این‌که در زمان‌های نزدیک به فوران، جریان سیالات درون آتشفشان شدت می‌گیرند، تأثیر حرکات تند و سریع سیالات از کانال‌های عبور دهنده، به ارتعاش دیواره‌های مسیر منجر می‌شوند؛ البته لازمه‌ی این امر آن است که دیواره‌های مسیر حرکت خاصیت الاستیکی داشته باشند. از سوی دیگر، به موازات این لرزش‌ها شاهد رشد یا بالا رفتن گنبد ولکانیکی دهانه‌ی آتشفشان هستیم (مرحله‌ی قبل از انفجار). بنابراین، آشکار شدن این حرکات زبان گویای یک آتشفشان است که رسیدن فشار داخلی دستگاه آتشفشان به بیشترین حد ممکن اعلام می‌کند [Chouet, 1985]. پس از این مرحله است که با فرونشینی دهانه، انفجار آتشفشانی و پرتاب مواد از دهانه‌ی آن رخ می‌دهد بنابراین، حرکات فرکانس پایین پنجره‌ای است مستقیم به درون یک آتشفشان تا از وضعیت داخلی دستگاه آتشفشان آگاه شویم.

البته نقش رزونانس مجاری آتشفشانی در پیدایش لرزش‌های فرکانس پایین، یک روی سکه است. یعنی اگر قرار بر این باشد که جریان ماگما و دیگر سیالات درونی آتشفشان، به رزونانس دیواره‌ی مجاری انتقال یابد و به دنبال آن امواج فرکانس پایین تولید شود، بنابراین طبق قاعده‌ی رزونانس، امواج ارتعاشی که از زمین‌لرزه‌های نواحی اطراف به حفره‌های درونی حاوی ماگما (مانند اتاقک‌های ماگمایی آتشفشان‌ها) برخورد می‌کنند، ممکن است با ارتعاش این حفره‌ها و در نتیجه ماگمای موجود در آن‌ها، شرایط وقوع یک فوران آتشفشانی را فراهم آورند و این همان روی دیگر سکه است.

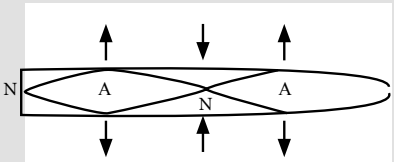
فیزیک رزونانس

تمایل یک سیستم برای نوسان با یک دامنه‌ی ماکزیمم تحت «فرکانس»[۵] معینی موسوم به فرکانس رزونانسی را تشدید یا رزونانس می‌گویند. اشیای پیرامون ما و حتی بدن موجودات زنده به‌طور طبیعی دارای فرکانس لرزشی هستند. یعنی اگر جسمی در حال ارتعاش (منبع ارتعاشی) در نزدیکی آن‌ها قرار داشته باشد، چنان‌چه فرکانس منبع برابر فرکانس ارتعاش طبیعی جسم ساکن باشد، در این صورت آثار نوسان ابتدا به‌صورت خفیف در جسم ساکن ظاهر می شود و تدریجاً بر دامنه‌ی آن‌ها افزوده می‌شود؛ تا جایی که آن جسم با بیشترین دامنه مرتعش خواهد شد و انرژی ارتعاشی که با مجذور دامنه متناسب است، به بیشترین مقدار خود می‌رسد. البته باید توجه داشت که هر فرکانس ارتعاشی نمی‌تواند به تشدید منجر شود و باید فرکانس‌های دو جسم، برابر یکدیگر باشند. حتماً تاکنون شاهد لرزش پنجره‌های یک ساختمان، به علت ارتعاشات تولید شده از موتور یک اتومبیل در نزدیکی آن بوده‌اید، در حالی‌که در همین زمان، ارتعاشات تولید شده از دیگر منابع، فاقد چنین قابلیتی هستند. یا این‌که در یک زمین‌لرزه، ساختمان‌هایی که فرکانس لرزشی آن‌ها برابر فرکانس لرزشی امواج زمین‌لرزه است، لرزش بیشتری را نسبت به دیگر سازه‌هایی خواهند داشت که چنین توازنی را نداشته باشند.

تولید صدا در سازهای موسیقی مانند فلوت که همانند یک لوله‌ی صوتی عمل می‌کنند، نتیجه‌ی تشدیدی است که در اثر عبور جریان هوا از درون آن‌ها اتفاق می‌افتد. شخصی که به فلوت می‌دمد، برای این‌که بتواند صدای طنین‌اندازی را در اثر رزونانس ایجاد کند، باید نحوه‌ی دمیدن خود را که همان فرکانس لرزشی است، طوری تنظیم کند که با فرکانس لرزشی فلوت که مقدارش به طول آن بستگی دارد، برابر شود. در این عمل، امواجی پایدار یا ایستا در طول لوله تولید می‌شوند، به‌طوری که جریان سیال عبور کننده به شکلی خواهد بود که دیواره‌ی لوله

را در موقعیت‌هایی به طرف بیرون (افزایش فشار) و در موقعیت‌های دیگر به طرف داخل (کاهش فشار) می‌کشد (شکل ۱).

از سیستم‌های رزونانسی، برای تولید ارتعاشاتی با یک فرکانس مشخص، و یا حذف فرکانس‌های خاصی از میان یک موج مرکب متشکل از چند فرکانس (مثلاً حذف موج مزاحم یا Noise) استفاده می‌شود.

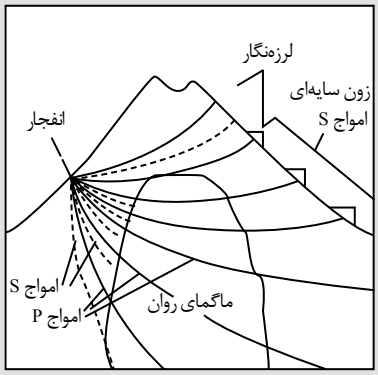


شکل ۱. نمایش یک لوله‌ی صوتی بسته. جریان هوا از درون لوله باعث تولید امواج ایستاده و تشدید در دیواره‌های لوله می‌شود. این امواج در برخی نقاط، دیواره‌ی لوله را به طرف بیرون و در موقعیت‌های دیگر به طرف داخل می‌کشد. فرکانس موج تولید شده به طول لوله[6] بستگی دارد.

برای رخداد رزونانس در سیستم آتشفشان، به یک مشدد[7] نیاز است که نقش یک لوله‌ی صوتی ساده را ایفا کند. این مشدد شامل مجرای انتقال ماگما، شکستگی‌های جانبی و اتاقک ماگمایی در اعماق است و سیالاتی که از میان آن‌ها عبور می‌کنند، ماگما و سیالات هیدروترمال هستند.

ردیابی صعود ماگما

بررسی‌های آتشفشان‌شناسی به منظور تشخیص فوران احتمالی یک آتشفشان نشان می‌دهند که افزایش دمای سطح زمین، افزایش در انتشار گازهای آتشفشانی با چگالی بالا از دهانه (مانند گازهای SH_2 و SO_2)، ارتفاع گرفتن گنبد ولکانیکی در دهانه و بررسی‌های لرزه‌نگاری از طریق تولید امواج درونی به کمک انفجار در دامنه‌ی آتشفشان، می‌توانند شواهدی از صعود ماگما به طرف سطح زمین باشند (شکل ۲).

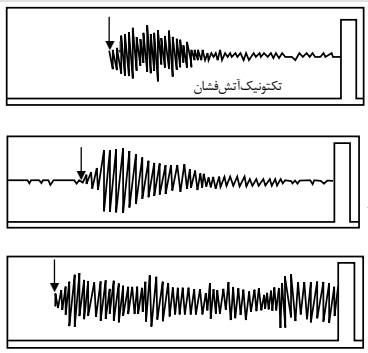


شکل ۲. تشخیص نزدیک شدن ماگما به سطح زمین از طریق لرزه‌نگاری، انفجار مصنوعی، امواج درونی طولی (p) و عرضی (s) را تولید می‌کند که به اطراف نقطه‌ی انفجار منتشر می‌شوند. امواج s، به لحاظ این‌که از محیط‌های مایع نمی‌توانند عبور کنند، توسط لرزه‌نگارها دریافت نمی‌شوند. در نتیجه، منطقه‌ی سایه‌ی امواج s در نقطه‌ی مقابل انفجار به‌وجود می‌آید.

لرزش‌های آتشفشان

آن‌چه که موضوع بحث تولید لرزش‌های فرکانس پایین را تشکیل می‌دهد، برای اولین‌بار توسط برنارد چوئت، از محققان «سازمان زمین‌شناسی آمریکا»، در جریان تحقیق روی آتشفشانی در کلمبیا (۱۹۸۵) ارائه شد. به عقیده‌ی وی، جریان‌های سیالات در حفره‌ها و کانال‌های انتقال ماگما، قبل از فوران موجب لرزش دیواره‌های مجاری انتقال می‌شوند. این حرکات به مناطق اطراف منتقل می‌شوند و قابل دریافت توسط لرزه‌نگارها هستند. از آن‌جا که این لرزش‌ها صرفاً به حرکات ماگما مربوط می‌شوند، بنابراین می‌توان ارزیابی مناسبی را از وقوع فوران برای آتشفشانی که به شرایط بحرانی رسیده باشد، به انجام رساند. تجزیه و تحلیل لرزش‌هایی که توسط لرزه‌نگارها دریافت می‌شوند نشان می‌دهد، لرزش‌های یک آتشفشان از نوع امواج طولی P و دارای سه شکل زیر هستند:

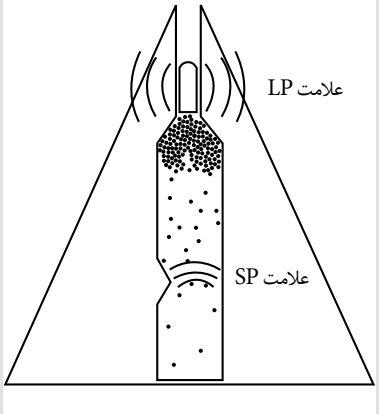
- لرزش‌های با فرکانس بالا یا دوره‌ی تناوب کوتاه (SP)[8] (شکل ۳a)
- لرزش‌های با فرکانس پایین یا دوره‌ی تناوب بالا (LP)[9] (شکل ۳b)
- لرزش‌ها یا «ضربان‌های هماهنگ»[10] (شکل ۳c)



شکل ۳. تصویر لرزه‌نگاشت‌های حرکات لرزشی آتش‌فشان:
a) لرزش‌های آتش‌فشانی تکتونیکی: این حرکات به حرکات تکتونیکی پوسته‌ی زمین که در محل گسل‌ها روی می‌دهد، شباهت دارند، و پس از رسیدن به دامنه‌ای بیشینه، تدریجاً از مقدار دامنه کاسته می‌شود.
b) لرزش‌های بلند دوره یا فرکانس پایین: شروع این حرکات (برخلاف حرکات شکل a) به صورتی است که دامنه‌ی آن‌ها ابتدا به مقدار بیشینه‌ای افزایش و سپس تدریجاً کاهش می‌یابند تا جایی که محو شوند.
c) ضربان‌های هماهنگ: شروع آن‌ها مشابه حرکات شکل b است، ولی در ادامه، به‌طور متناوب در دامنه‌ی حرکت افزایش و کاهش تدریجی وجود دارد.

۱. حرکات فرکانس بالا (SP)

نیروی حاصل از صعود ماگما، شکستگی‌هایی را در بخش‌های فوقانی‌تر به‌وجود می‌آورد تا از طریق آن‌ها، ماگما بتواند به طرف بالا صعود کند. بنابراین، این جنبش‌ها اولین نشانه‌ی قبل از فعال شدن آتشفشان هستند و به زلزله‌های تولید شده از حرکات صفحات لیتوسفر و گسل‌ها شباهت دارند. به همین دلیل به آن‌ها حرکات تکتونیکی ـ آتشفشانی (VT) نیز گفته شده است (شکل۴). چون این امواج ابتدا توسط لرزه‌نگارها دریافت می‌شوند، بنابراین به امواج A موسوم‌اند (شکل ۳a). دامنه‌ی فرکانس این حرکات ۱ تا ۵ هرتز است.



شکل ۴. نمایی کلی از موقعیت نسبی سرچشمه‌ی امواج لرزشی با دوره‌ی کوتاه (SP)، یا فرکانس بلند و دوره‌ی بلند (LP)، و یا فرکانس کوتاه. امواج لرزشی SP دارای سرچشمه‌ای عمیق‌تر هستند. امواج LP منشأ کم‌عمق‌تر دارند و احتمالاً حاصل ضربات متوالی گازهای تجمع یافته زیر گنبد گدازه‌ای دهانه هستند.

۲. حرکات فرکانس پایین (LP)

این نوع لرزش‌ها که به امواج B نیز موسوم‌اند (شکل ۳b)، آخرین اخطار را در قریب‌الوقوع بودن فوران آتشفشانی نشان می‌دهند. به‌طوری که ظاهر شدن این ارتعاشات در لرزه‌نگاشت‌ها، حاکی از صعود بیشتر ماگما و جدا شدن گازها[11] از آن (شکل ـ۴) و در نتیجه، افزایش بیش از حد فشار در سیستم مجاری آتشفشان است. در برخی موارد، امکان دارد با خروج گازهای سولفید هیدروژن و دی‌اکسید گوگرد از دهانه نیز همراه شود. پیدایش این امواج و اندازه‌گیری‌ها روی «گنبد ولکانیکی»[12] دهانه نشان می‌دهند که با آشکار شدن لرزش‌های فرکانس پایین، گنبد ولکانیکی بر آمدگی بیشتری پیدا می‌کند. زمانی‌که این حرکات به پایان می‌رسند، از میزان تورم کاسته می‌شود. سرانجام، با فرونشینی گنبد ولکانیکی، خروج مواد پیروکلاستیک آغاز می‌شود [Voight, et al, 1998]. تغییرات فشاری که روی دیواره‌ی کانال‌های هدایت ماگما که در اثر عبور جریان ماگما به‌صورت «امواج حلقوی»[13] اعمال می‌شوند، ارتعاشاتی با فرکانس پایین تولید می‌کنند که دامنه‌ی آن‌ها بین ۰/۵ تا ۳ هرتز تغییر می‌کند.

۳. ضربان‌های هماهنگ

گاهی در لرزش‌های آتشفشان‌های فعال، با نوعی از ارتعاشات فرکانس پایین مواجه می‌شویم که حرکات آن‌ها تناوبی و منظم‌اند. این وضعیت در نمودار سیسموگرام به‌خوبی قابل تشخیص است (شکل ۳c). این حرکات که زمین‌لرزه‌های منظمی هستند، حاصل هدایت ماگما به طرف بالا و رسیدن آن به زیر سنگ‌های فوقانی است و نسبت به دیگر حرکات فرکانس پایینی که قبلاً توضیح آن‌ها داده شد، پایداری و بقای بیشتری دارند. به‌طوری که مدت این حرکات ممکن است از چند دقیقه تا چند روز به طول بینجامد [Julian, 1994]. دامنه‌ی فرکانسی این حرکات مشابه نوع B است و همانند آن‌ها، نشانه‌ی خوبی برای وقوع یک فوران هستند.

سازوکارهای آزادسازی سیگنال‌های فرکانس پایین

بحث‌هایی را که در مورد انتشار سیگنال‌های فرکانس پایین صورت گرفته‌اند از دو دیدگاه بررسی می‌کنیم: دیدگاه اول، به وقوع شکستگی‌هایی در ماگما، و دیدگاه دوم به تشدید یا رزونانس کانال‌های انتقال ماگما اعتقاد دارد.

۱. شکستگی ماگما

صحبت از شکستگی، تغییر شکل یک جسم جامد را تداعی می‌کند. ولی شکستگی ماگما که حالت مایعی را دارد، چگونه است؟ شکستگی ماگما می‌تواند این مسئله را توجیه کند که چرا لرزش‌های فرکانس پایین، علامت وقوع فوران هستند. اصولاً لرزش‌ها پدیده‌هایی وابسته به گسیختگی محسوب می‌شوند. با توجه به‌این‌که منشأ لرزش‌های فرکانس پایین را باید در ماگمای صعود کننده جست‌وجو کرد، بنابراین لازمه‌ی این امر برقراری حداقل شرایط نیمه‌جامد در ماگماست تا امکان تغییر شکلی به‌صورت شکستگی وجود داشته باشد. این امر با افزایش چسبندگی[14] (گرانروی) ماگما امکان‌پذیر است.

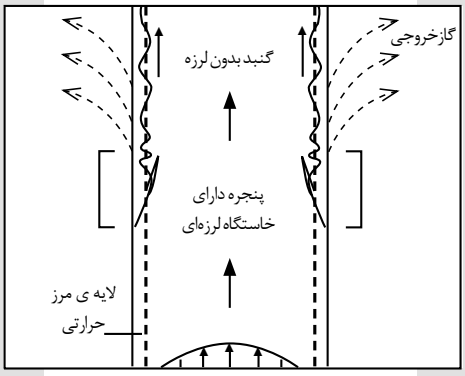
در حین صعود ماگما، به علت خروج گازها و آب از ماگما، چسبندگی آن افزایش می‌یابد (به‌ویژه در نزدیکی‌های دیواره‌ی مجرای انتقال ماگما). ممکن است افزایش چسبندگی ماگما آن‌قدر باشد که مسیر انتقال ماگما را در قسمت‌های فوقانی مسدود کند. هم‌چنین، رشد و انبساط حباب‌های گاز در چنین وضعیتی به سختی صورت

می‌پذیرد. اگر صعود ماگما به طرف بالا به اندازه‌ی کافی کُند باشد، حباب‌های موجود در آن فرصت کافی برای ملحق شدن به یکدیگر و نفوذ به شکاف سنگ‌ها را خواهند داشت. افزایش زیاد چسبندگی ماگما باعث می‌شود، ماگما اصطلاحاً حالت شکننده پیدا کند. بالا بودن چسبندگی و کشیده شدن ماگما در کناره‌ها، با افزایش تنش برشی همراه است. به طوری که وقتی میزان «استرین برشی» از حد 10^{-7} پاسکال فراتر رود، در ماگمایی که چسبندگی بالایی دارد، شکستگی‌های برشی تشکیل می‌شود [Neuberg, et al 2006]. شکستگی‌ها، مکان‌های تخلیه‌ی سریع گازها به درون آن‌ها هستند [Tuffen, et al, 2003] و جریان گازها از درون آن‌ها، سرعت صعود ماگما را بیشتر می‌کند (شکل۵). به این ترتیب، شرایط به گونه‌ای خواهد شد که به لحاظ افزایش سرعت صعود، دستگاه آتشفشان مستعد انفجار می‌شود. بنابراین ملاحظه می‌شود که برای تولید لرزش‌های فرکانس پایین به دو شرط نیاز است:

۱. حضور ماگمایی با گرانروی بالا.

۲. شکستگی برشی ماگما.

برداشت‌های صحرایی از دایک‌های ریولیتی، وجود پوشش‌های شیشه‌ای (ابسیدین) را در نزدیکی دیواره‌ها تأیید می‌کنند. این لایه‌ها حامل گسل‌های کوچک و غالباً در حد سانتی‌متر هستند. ویژگی جالب توجه در این گسل‌ها آن است که ادامه‌ی جابه‌جایی و روند گسل‌ها در این لایه‌ها محو می‌شود. بنابراین، آیا این گسل‌ها در شرایط یک ماگمای داغ به‌وجود آمده‌اند؟ آیا ممکن است منشأ لرزش‌ها همین گسل‌ها باشند؟



شکل۵. طرحی از کانال عبور ماگما که در آن، در اثر کشیدگی ماگمایی که در کناره‌ها چسبندگی بیشتری را نسبت به بخش میانی دارد، شکستگی‌های برشی به وجود می‌آیند و از طریق آن‌ها، گازهای محلول در ماگما آزاد می‌شوند. لرزش‌ها از جایی منشأ می‌گیرند که در آن‌جا شکستگی ماگما روی دهد، یعنی موقعیت «Window Seismogenic» سرعت جریان ماگما در قسمت میانی دایک بیشتر از کناره‌های آن است.

۲. رزونانس کانال‌های انتقال ماگما

تفکر دیگر در تولید لرزش‌های فرکانس پایین، تأثیر ضربات تدریجی و مداوم سیالاتی است که به شکاف‌های واقع در زیر گنبد ولکانیکی دهانه وارد می‌شوند. تأثیر یک ضربه روی سطح کوچکی از شکافی با دیواره‌های الاستیکی (تغییر شکل‌پذیر) که حامل سیال با گرانروی بالا و تراکم‌پذیری است، باعث تحریک دیواره‌ها برای مرتعش شدن و رزونانس می‌شود [Chouet, 1987 & Julian, 1994]. چوئت در تفسیر سیستم تولید کننده‌ی لرزش‌های فرکانس پایین عقیده داشت که ایجاد شکاف‌ها و باز شدن ناگهانی آن‌ها، به علت افزایش فشار، و هم‌چنین، ضربان‌های ماگمایی که از سمت پایین وارد می‌شوند، به ورود ناگهانی ماگما به داخل شکاف‌های صفحه‌ای شکلی منجر خواهند شد که به زیر گنبد ولکانیکی دهانه منتهی می‌شوند.

عکس‌العمل حاصل از برخورد ماگما به انتهای مسدود شکاف، به‌صورت یک موج صوتی بر می‌گردد تا جایی که به یک مانع منعکس کننده‌ای برخورد کند؛ به‌طوری که دوباره برمی‌گردد. چوئت این فرایند را به پدیده‌ی «ضربه‌ی آب»[15] تشبیه کرده است. این عمل رفت و برگشتی موج صوتی، درون سیستم مجاری آتشفشان ادامه می‌یابد و در عین حال، از انرژی موج طی برخوردهای متوالی کاسته می‌شود. ولی اگر این کاهش انرژی توسط ضربان‌های متوالی که به تعبیری عمل پمپاژ ماگما را انجام می‌دهند، جبران شود، دامنه‌ی امواج تدریجاً افزایش می‌یابد تا این‌که به یک حالت تشدید یا رزونانسی برسد و با رزونانس طبیعی شکاف برابری کند. در این مرحله، به علت آن‌که فشار داخلی سیستم بیشتر از وزن سنگ‌های فوقانی است، انفجار دهانه‌ی آتشفشان رخ خواهد داد. وقایع قبل از این مرحله به‌صورت امواج لرزشی است که تعداد آن‌ها با گذشت زمان افزایش می‌یابد.

حد بحرانی لازم برای رزونانس شکاف، با دو پارامتر مشخص می‌شود:

۱. درجه‌ی سختی شکاف[16] (C): که عبارت است از: $C = \frac{bL}{\mu d}$ و توانایی شکاف را در مرتعش شدن و تولید علائم ارزشی نشان می‌دهد.

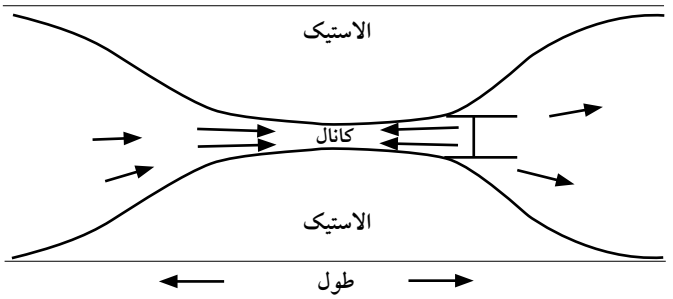
۲. کاهش میرایی گرانروی[17] (f): که عبارت است از: $f = \frac{2\eta L}{\rho_f d^2 \alpha}$ و تأثیر گرانروی سیال را روی دوام و پابرجایی رزونانس نشان می‌دهد.

کمیت‌های موجود در رابطه‌های فوق

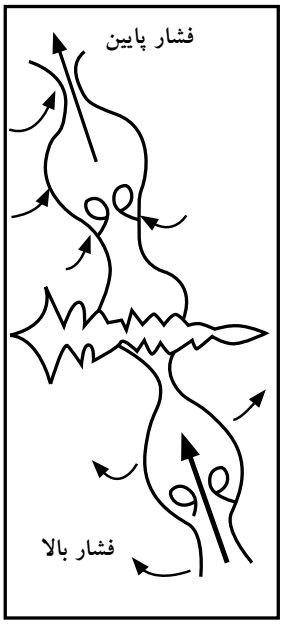
عبارت‌اند از: L=طول شکاف، b= مدول بالک[18]، μ = مدول سختی[19]، d= پهنای شکاف، η= گرانروی یا چسبندگی، ρ_{ϕ} = دانسیته‌ی سیال عبور کننده، α = سرعت متراکم شدن جامد فرکانس، پهنای امواج و فاصله‌بندی برجستگی‌های شکل امواج، به سختی سطوح شکاف بستگی دارد. به‌طوری که با افزایش کمیت سختی، از فرکانس و پهنای امواج تولیدی کاسته خواهد شد.

شکل۶، طرح مدلی است که تولید ارتعاشات فرکانس پایین را در یک سیستم سیال ـ جامد به‌تصویر می‌کشد [Julian, 1994&2000]. این سیستم مسیری با دیواره‌های الاستیکی را نشان می‌دهد که در آن، ماگما از یک موقعیت فشار بالا به طرف فشار پایین حرکت می‌کند. به هرحال مسلم است، می‌باید سازوکار وجود داشته باشد که جریان سیال را پشتیبانی کند. طبق «اصل برنولی»[20]، اگر قرار بر این باشد که سرعت جریان سیال در طول مسیر حرکت افزایش یابد، فشار وارد بر سیال باید کاهش پیدا کند. این حالت از طریق کشیده شدن دیوارهای مسیر به طرف یکدیگر ممکن می‌شود. در نتیجه کانال باریکی ایجاد خواهد شد که سرعت جریان سیال در آن بیش از دیگر نقاطی است که در آن‌ها دیواره‌های مسیر در اثر بالا بودن فشار، از یکدیگر دور می‌شوند. این وقایع به صورت متوالی در طول دیوارهای کانال همانند یک موج ارتعاشی منتقل می‌شوند.

شکل۷. بررسی‌های آزمایشگاهی را نشان می‌دهد [Benson et al, 2008] که روی یک نمونه‌ی بازالتی آتشفشان انجام شده است. این نمونه به شکل استوانه‌ای تهیه شده و حفره‌ی استوانه‌ای کوچک‌تری نیز داخل آن به‌وجود آمده است. به اطراف نمونه چندین مبدل متصل شده‌اند. این نمونه که از آب نیز اشباع است، تحت تأثیر فشار همه جانبه‌ی ۶۰مگاپاسکال (معادل عمق تقریبی ۲km زیر آتشفشان) قرار می‌گیرد. در مرحله‌ی اول اجرا، نمونه تحت تأثیر استرین ثابتی تا مرحله‌ی شکستگی برشی (فشار ۴۸۰ مگاپاسکال) قرار می‌گیرد. شکستگی با ایجاد یک گسل برشی کوچک و ناحیه‌ی تخریب شده‌ی اطراف آن همراه است. در مرحله‌ی دوم اجرای آزمایش، بارگذاری از بالای نمونه به سرعت حذف می‌شود. در نتیجه، سیال ذخیره شده در شکستگی‌های اولیه و نیز گسل جدید، به سرعت از طریق استوانه‌ی میانی تخلیه می‌شود. تخلیه‌ی سریع سیال که با جریان تندی همراه است، به ارتعاش دیواره‌های مسیر می‌انجامد. این ارتعاشات توسط مبدل‌های متصل به نمونه ثبت می‌شوند.



شکل۶. مدل تولید ارتعاشات با فرکانس پایین، از طریق ارتعاش دیواره‌های مسیر حرکت، در مقاطعی از مسیر که فشار کمتر باشد، دیواره‌های کانال به‌طرف یکدیگر کشیده می‌شوند. به این ترتیب، باریکه‌ای به‌وجود می‌آید که در آن، سیال جریان خطی و سریعی را دارد. در موقعیت‌هایی که فشار بیشتر است، دیواره‌ها از یکدیگر دورتر می‌شوند و سیال جریانی غیرخطی و آرام‌تری را خواهد داشت.

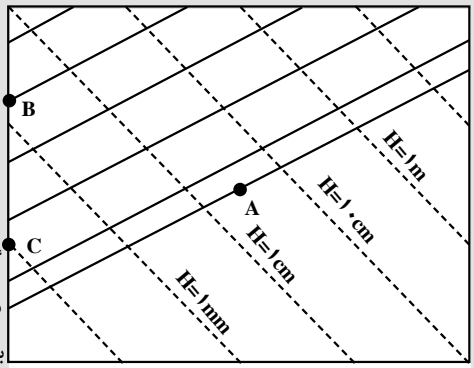


شکل۷. تصویری از برش میکروسکوپی به عمل آمده از نمونه‌ی مورد آزمایش (سمت چپ). به حالت موجی سطوح شکستگی و پخش‌شدگی ذرات جدا شده از دیواره‌ها که در اثر ارتعاش دیواره‌ها رخ داده است، توجه کنید. در سمت راست، مدل استنباط شده از نمونه‌ی مورد آزمایش نشان داده شده است. مکان‌های تولید جریان حلقوی در مسیر عبور سیال نشان داده شده است.

اثر سرعت جریان سیال بر ارتعاش دیواره

سرعت جریان سیال (U) از درون کانال یا شکاف (دایک) که همانند یک موج حلقه‌ای شکل حرکت می‌کند، تقریباً با عبارت $\beta\sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}\varepsilon}$ برابر است [Balmforth, et al, 2006]. در این عبارت داریم: β= سرعت موج برشی در سنگ، دانسیته‌ی سنگ (جامد)، ρ_f= دانسیته‌ی مایع، ε= کمیتی که نسبت عرض کانال به طول $(\frac{H}{L})$ آن را نشان می‌دهد.

شرایطی که طی آن، جریان عبور کننده از کانال بتواند با ارتعاش دیواره‌های آن، به عنوان سرچشمه‌ای برای تولید امواج فرکانس پایین باشد، در شکل۸ نشان داده شده است. در این نمودار، سرعت‌های موج حلقوی (U) سیال عبور کننده از کانال، با کمیت ε، برای چند مقدار ρ_f و با فرض $\beta = 1 km/s$ و $\rho_s = 2500 kg/m^3$، مقایسه شده است.



شکل۸ نمایش ε در مقابل U. توضیحات لازم در متن آورده شده است.

با توجه به این‌که نسبت عرض به طول (ε) دایک‌ها معمولاً 10^{-3} تا 10^{-2} است، جریان عبور کننده برای ماگمایی با دانسیته‌ی $3000 kg/m^3$، می‌باید برابر $10 m/s$ باشد تا امکان تولید لرزش‌های هماهنگ فرکانس پایین وجود داشته باشد. برای تولید لرزشی با فرکانس تقریباً ۱ هرتز، جریان عبوری ماگما $20 m/s$ و $\varepsilon=10^{-3}$ است. این وضعیت، دایکی (کانال عبور ماگما) با طول تقریبی ۲۰متر و عرض تقریباً ۲ سانتی‌متر را نتیجه خواهد داد (نقطه‌ی A در شکل۸). به هر حال احتمال تولید لرزش‌های هماهنگ فرکانس پایین از طریق امواج حلقوی، در ماگماهای بازالتی که چسبندگی کمتری دارند، به حاشیه‌ی دایک محدود می‌شود. این امر برای ماگماهای اسیدی که چسبندگی بیشتری دارند، در صورتی امکان‌پذیر خواهد بود که جریان ماگما به حد کافی بالا باشد.

در مورد سیالات گازی، به علت داشتن چسبندگی و دانسیته‌ی بسیار پایین، چنان‌چه ε برای کانال عبوری همان مقادیر معرفی شده در بالا باشد، امواج حلقوی برای تولید لرزش‌های فرکانس پایین ایجاد نمی‌شوند (جریان خطی است). به هرحال اگر قرار باشد یک سیال گازی با دانسیته‌ی $1 kg/m^3$، طی یک حرکت حلقوی شکل از درون کانال، لرزشی در حدود ۱ هرتز تولید کند و با توجه به کوچک بودن ε برای کانال‌های هدایت سیالات گازی ($10^{-4} > \varepsilon > 10^{-5}$)، سرعت سیال باید حتی از $100 m/s$ فراتر برود (نقطه‌ی B در شکل ۸).

در میان گازهای موجود در ماگما، گازهای H_2O و CO_2 به این دلیل که گرانروی جنبشی (η/ρ_f) پایینی دارند، برای تولید امواج حلقوی بهترین شرایط را دارند. مثلاً H_2O در دمای $500°C$ و فشار ۵۰ مگاپاسکال، دارای دانسیته‌ای (ρ_f) معادل $300 kg/m^3$ و گرانروی (η) آن تقریباً معادل 4×10^{-5} پاسکال در ثانیه است. سرعت جریان سیال برای تولید امواج حلقوی (با فرض $\beta = 1 km/s$ و $\rho_s = 2500 kg/m^3$) برای سنگ‌های متخلخل به علت کاهش ρ_s در آن‌ها و برای سنگ‌های تا حدودی ذوب شده و اشباع شده از سیال، به‌علت پایین بودن β در آن‌ها، کاهش می‌یابد (نقطه‌ی C در شکل ۸).

بنابراین، ناپایداری جریان سیال به شکلی که بتواند به صورت موج حلقوی حرکت کند، باعث ارتعاش دیواره‌های کانال برای تولید امواج با فرکانس پایین خواهد شد.

مشخصات رزونانسی ساختارهای ماگمایی

همان‌طور که در مبحث فیزیک رزونانس ملاحظه شد، اجسام ساکنی که فرکانس لرزشی یا رزونانسی آن‌ها برابر فرکانس لرزشی عوامل ارتعاشی نزدیکی خود باشد، پس از مدتی خود به خود مرتعش خواهند شد؛ تا جایی که فرکانس لرزشی آن‌ها برابر فرکانس لرزشی عامل ارتعاش شود. مثلاً آزاد شدن ناگهانی انرژی در زمین‌لرزه‌های مناطق اطراف می‌تواند به ارتعاش دیواره‌ی اتاقک‌های ماگمایی با فرکانسی برابر با فرکانس طبیعی لرزشی آن‌ها می‌انجامد. در نتیجه آن‌ها را مستعد فوران می‌کند. بررسی‌هایی که در این مورد روی آتشفشان «البروس»[21]، واقع در دامنه‌ی شمالی رشته کوه قفقاز در روسیه انجام شده است نشان می‌دهد، اتاقک ماگمایی این آتشفشان نسبت به برخورد امواج فرکانس بسیار پایین با دامنه‌ی ۲۵٪ -۱۴٪ هرتز واکنش نشان می‌دهد [Sobisevich,etal,2002]. بنابراین، ساختارهایی که در برگیرنده‌ی ماگما هستند، دارای ویژگی ارتعاشی هستند که ارتباط نزدیکی با شکل هندسی آن‌ها دارد؛ یعنی:

الف) ساختارهایی که به‌شکل دایک هستند، تحت تأثیر آن دسته از عوامل ارتعاشی به حالت تشدید یا رزونانس می‌رسند که رابطه‌ی بین درازای عمودی دایک (L) و فرکانس ارتعاشی آن (f) به‌صورت $L = \frac{a}{2f}$ باشد. دراین رابطه، کمیت a بیانگر سرعت انتشار صوت در ماگما (2km/s-1) است. مثلاً اگر قرار باشد دایکی با فرکانس ۵ هرتز به حالت تشدید درآید، باید درازای آن ۲۰۰-۱۰۰ متر باشد.

ب) در ساختارهای بزرگ کروی شکل، مانند اتاقک‌های ماگمایی آتشفشان‌ها، رابطه‌ی بین شعاع اتاقک (r) با فرکانس ارتعاشی آن (f) به‌صورت $r = \frac{4/4a}{2\pi f}$ است که با فرض مقادیر مشابه در بالا، مقدار شعاع اتاقک ماگمایی ۱۴ـ۷ کیلومتر محاسبه خواهد شد.

پی‌نوشت

1. Chouet
2. Redoubt
3. Galeras
4. Resonance

۵. به تعداد ارتعاشات در مدت یک ثانیه فرکانس می‌گویند.

۶. مثلاً در یک لوله‌ی صوتی بسته، رابطه‌ی طول لوله با فرکانس موج تولید شده عبارت است از $F = \frac{nV}{4L}$ که در آن: V= سرعت صوت، L= طول لوله و n=۱،۳،۵،... تعداد هارمونیک‌هاست (شکل ۱ هارمونی سوم را نشان می‌دهد).

7. Resonator
8. Short period
9. Long period
10. Harmonic tremor

۱۱. حلالیت گازهای محلول در ماگما به فشار یا عمق استقرار ماگما بستگی دارد. به‌طوری که با کاهش فشار (صعود ماگما)، گازهای محلول در ماگما به صورت حباب‌هایی از آن جدا می‌شوند.

12. Volcanic dome

(یک ناحیه‌ی برآمده در دهانه‌ی بعضی از آتشفشان‌ها که در اثر خروج آهسته‌ی ماگمای غلیظ ایجاد می‌شود و همانند درپوش بطری، مجرای خروجی آتشفشان را مسدود می‌کند.)

13. Roll wave

(امواجی هستند که در مقیاس بزرگ‌تر در سطح آب دریا به‌صورت یک تونل پدیدار می‌شوند.)

14. Viseosity

(مقاومت یک سیال در برابر جریان یافتن را، گرانروی یا چسبندگی می‌گویند. معمولاً گرانروی به‌صورت ضریب گرانروی بیان می‌شود که عبارت است از نسبت تنش برشی به سرعت تغییر شکل برشی.)

15. Water hammer

عملکرد این پدیده چنین است که اگر در یک سیستم لوله‌کشی به هم مرتبط، شیر فلکه‌ای که آب از آن در حال جریان است، به سرعت بسته شود، نیروی حاصل از برخورد آب به محل شیر مسدود کننده (که با صدای «دنگ» همراه است)، به صورت یک موج ارتعاشی به عقب برمی‌گردد تا به مانع دیگری (مثلاً یک شیر بسته‌ی دیگر) در مسیر برخورد کند تا این‌که دوباره برمی‌گردد. این حرکت رفت و برگشتی تا زمانی که انرژی موج تحلیل رود، ادامه خواهد داشت. رخداد فوق نمایشی از پدیده‌ی فیزیکی رزونانس است.

16. Crack stiffness
17. Viscouse damping loss
18. Bulk modulus

(این کمیت بیانگر میزان مقاومت جسم در برابر فشردگی است.)

19. Rigidity

کمیتی است که عدم انعطاف‌پذیری یا مقاومت در برابر تغییر شکل را برای یک جسم جامد بیان می‌دارد. با توجه به شکل مقابل که تغییر شکل یک جسم جامد را نشان می‌دهد، این رابطه را می‌توان نوشت:

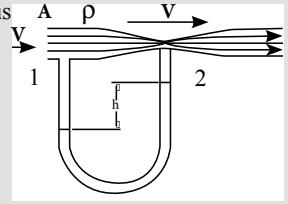
$$G = \frac{\tau}{r} = \frac{\frac{A}{\Delta x}}{\frac{\Delta x}{l}} = \frac{Fl}{A\Delta x}$$

کمیت‌های موجود در این رابطه عبارت‌اند از: F= مقدار نیروی وارده، l = طول اولیه، A= مساحتی که نیرو اثر می‌کند و Δx = جابه‌جایی افقی.

20. Bernoulli's Principlc

(اگر فشار یک‌سیال طی حرکت آن کاهش یابد، می‌باید بر سرعت آن افزوده شود و برعکس.)

21. Elbrus



در شکل مقابل، فشار سیال در بخش A بیشتر از فشار در a است، ولی سرعت سیال کمتر است و برعکس. مثال:

۱. اگر دوش حمام را باز کنیم، پرده‌ی حمام به طرف آب در حال ریزش کشیده می‌شوند؛ چرا که بین پرده و آب در حال ریزش یک محدوده ی کم فشاری به وجود می‌آید.

۲. در طوفان های سهمگین (هاریکن)، شیشه های ساختمان ها به طرف بیرون شکسته می‌شوند، نه طرف داخل. چون جریان شدید هوای بیرون، محدوده ی کم فشاری را ایجاد می‌کند.

منابع

1. Benson, p. ; Vinciguerra, Meredith, p. ; Young, R, p. (2008). "Laboratory Simulation of Volcano Seismicity" Science Magazine, Vol 322 no 5899 pp 249-252.
2. Caplan- Auerbach, J; Petersen, T. (2005). "Repeating coupled earthquakes at Shishaldin Volcano, Alaska" Journal of Volcanology and Geothermal Research 145(2005) 151-172.
3. Chouet, B. (1985)." Excitation of a Buried Magmatic Pipe: A Seismic Source Model for Volcanic Tremor", J. Geophys. Res., 90 (B2), 1881-1893.
4. Konstantinou, K.l; Schlindwein, V. (2002). "Nature, Wavefield properties and source mechanism of volcanic tremor: a review" Journal of Volcanology and Geothermal Research 119 (2002) 161-187.
5. Neuberg, J.W.' Tuffen, H.; Collier, L.; Green, D.; Powell, T.; Dingwell, D. (2005). "The trigger mechanism of low-frequency earthquakes on Montserrat". Jornal of Volcanology and Geothermal Geothermal Research. 153(2006) 37-50.
6. http://adsabs.harvard.edu/abs/2003AGUFM.V31B,.01N
7. http://adsabs.harvard.edu/abs/1988JGR...93.4375C
8. http://alex.uipe.ru/enq/publicatons/pdf/6-06 Elbrus Resonance 6 Pages version.pdf
9. http://books.google.com/books?isbn=0595412602
10. http://en.wikipedia.org/wiki/Bernard Chouet
11. http://en.wikipedia.org/wiki/harmonic tremor
12. http://en.wikipedia.org/wiki/water hammer
13. http://en.wikipedia.org/wiki/prediction of volcanic activity
14. http://Linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/So377027362004997
15. http://palanethearth.nearc.ac.uk/features/story.aspx?id=303
16. http://roma.rm.ingv.it/archivio-in-evidenza/bensonscience2008final.pdf
17. http://wapedia.mobi/en/harmonic
18. http://www.flow3d.com/news/sum05.html
19. http://www.geo.mtu.edu/volcanoes/hazards/p[rimer/eq-html
20. http://www.match.ubc.ca/~nib/research/geotremor.pdf
21. http://www.pbs.org/wgbh/nova/volcano/Chouet.html
22. http://www.pbs.org/wgbh/nova/volcano/seis lpe.htm
23. http://www.tulane.edu/~sanelson/geol204/volhaz&pred.html
24. http://Volcanoes.usqs.gov/activity/methods/seismic/index.php
25. http://www.ucl.ac.uk/~ucfbpmb

بررسی تاریخچه‌ی درس زمین‌شناسی در ایران

آذر درخشانی
دبیر زمین شناسی منطقه۱۵ تهران

شاید برای هر دبیری که تدریس درس زمین‌شناسی را بر عهده دارد و یا دانش‌آموزانی که این درس را می‌خوانند، این سؤال ایجاد شود که درس زمین‌شناسی از چه زمانی وارد دبیرستان شده است. تاکنون در این زمینه چه کتاب‌هایی تألیف و تدریس شده‌اند. محقق پس از بررسی، اطلاعات به دست آمده را مطابق جدول زیر در اختیار علاقه‌مندان قرار می‌دهد.

سال	نام کتاب	نام مؤلف	تعداد صفحه	پایه و مقطع
۱۳۱۰	زمین‌شناسی مقدماتی	سرار چیبا گیکی	۱۷۰	اول و دوم متوسطه
۱۳۱۱	سندی در دست نبود	.....	.....	.....
۱۳۱۲	سندی در دست نبود	.....	.....	.....
۱۳۱۳	سندی در دست نبود	.....	.....	.....
۱۳۱۴	زمین‌شناسی یا معرفه‌الارض	ح - بهرامی	۷۹	سوم دبیرستان
	زمین‌شناسی	امین میرهادی	۲۴۸	ششم علمی و ادبی دبیرستان‌ها
۱۳۱۵	زمین‌شناسی	امین میرهادی	۹۱	سوم دبیرستان
	زمین‌شناسی	مرتضی هاشمی	۱۰۱	
۱۳۱۶	سندی در دست نبود	.....	.....	.....
۱۳۱۷	سندی در دست نبود	.....	.....	.....
۱۳۱۸	سندی در دست نبود	.....	.....	.....
۱۳۱۹	زمین‌شناسی	ح - بهرامی	۱۱۲	سوم متوسطه
	زمین‌شناسی	یدالله سحابی- امین میرهادی	۲۲۳	
۱۳۲۰	سندی در دست نبود	.....	.....	.....
۱۳۲۱	سندی در دست نبود	.....	.....	.....
۱۳۲۲	سندی در دست نبود	.....	۱۱۲	.....
۱۳۲۳	زمین‌شناسی	یدالله سحابی-امین میرهادی	۲۲۳	اول متوسطه
۱۳۲۴	سندی در دست نبود	.....	.....	.....
۱۳۲۵	سندی در دست نبود	.....	.....	.....
۱۳۲۶				
۱۳۲۷	زمین‌شناسی	ح - بهرامی - دکتر مدرسی	۹۶	اول متوسطه
۱۳۲۸	زمین‌شناسی	علی زرگری- محمود بهزاد - صادق مبین	۱۰۹	سوم متوسطه
۱۳۲۹	زمین‌شناسی و تکامل موجودات زنده	علی زرگری- محمود بهزاد - صادق مبین	۹۸	ششم طبیعی
۱۳۳۰	زمین‌شناسی	امین میرهادی- محمد شاهین- محمدعلی دفتری	۱۴۸	سوم متوسطه
	زمین‌شناسی و تکامل موجودات زنده	امین میرهادی- محمد شاهین- محمدعلی دفتری و هاشمی	۲۰۹	ششم طبیعی

سال	نام کتاب	نام مؤلف	تعداد صفحه	پایه و مقطع
۱۳۳۱	زمین‌شناسی	تشکری- خیامی- سردادور و هندسی	۷۹	سوم متوسطه
۱۳۳۲	زمین‌شناسی و تکامل موجودات زنده	احمد ثابت‌قدم حقیقی	۱۲۹	ششم طبیعی
۱۳۳۳	زمین‌شناسی	علی زرگری- صادق مبین- محمود بهزاد	۱۵۱	سوم دبیرستان
۱۳۳۴	سندی در دست نبود	.....	.....	.....
۱۳۳۵	سندی در دست نبود	.....	.....	.....
۱۳۳۶	سندی در دست نبود	.....	.....	.....
۱۳۳۷	زمین‌شناسی و تکامل	حسین گل‌گلاب- مصطفی فاطمی- تقی ثابت‌اشرف	۱۹۳	ششم طبیعی
	زمین‌شناسی و تکامل	عبدالکریم قریب- اسماعیل خیامی‌افتخاری- ثابتی اشرف-خدایاری- خیامی- قریب- یزدانیان	۲۳۲	
۱۳۳۸	سندی در دست نبود	.....	.....	.....
۱۳۳۹	زمین‌شناسی و تکامل	افتخاری - ثابتی اشرف - خدایاری - خیامی- قریب- یزدانیان	۲۳۲	ششم طبیعی
۱۳۴۰	زمین‌شناسی	ح - بهرامی	۱۱۲	سوم دبیرستان.
۱۳۴۱	سندی در دست نبود	.....	.....	.....
۱۳۴۲	زمین‌شناسی و تکامل	حسین گل‌گلاب - مصطفی فاطمی - تقی ثابت‌اشرف - عبدالکریم قریب - اسماعیل خیامی	۱۹۷	چهارم دبیرستان
۱۳۴۳	زمین‌شناسی و تکامل	حسین گل‌گلاب - مصطفی فاطمی - تقی ثابت‌اشرف - عبدالکریم قریب - اسماعیل خیامی	۲۱۴	ششم طبیعی
۱۳۴۴	زمین‌شناسی و تکامل	حسین گل‌گلاب - مصطفی فاطمی - تقی ثابت‌اشرف- عبدالکریم قریب - اسماعیل خیامی	۲۱۴	ششم طبیعی
۱۳۴۵	زمین‌شناسی و تکامل	حسین گل‌گلاب - مصطفی فاطمی - تقی ثابت‌اشرف - عبدالکریم قریب - اسماعیل خیامی	۲۰۵	ششم طبیعی
۱۳۴۶	زمین‌شناسی و تکامل	حسین گل‌گلاب - مصطفی فاطمی - تقی ثابت‌اشرف- عبدالکریم قریب - اسماعیل خیامی	۲۰۵	ششم طبیعی
۱۳۴۷	زمین‌شناسی و تکامل	حسین گل‌گلاب - مصطفی فاطمی - تقی ثابت‌اشرف- عبدالکریم قریب - اسماعیل خیامی	۲۰۵	ششم طبیعی
۱۳۴۸	زمین‌شناسی و تکامل	حسین گل گلاب- مصطفی فاطمی- تقی ثابت اشرف-عبدالکریم قریب-اسماعیل خیامی	۲۰۵	ششم طبیعی
۱۳۴۹	زمین‌شناسی و تکامل	حسین گل گلاب- مصطفی فاطمی- تقی ثابت اشرف-عبدالکریم قریب-اسماعیل خیامی	۲۰۵	ششم طبیعی
۱۳۵۰	زمین‌شناسی و تکامل	حسین گل گلاب- مصطفی فاطمی- تقی ثابت اشرف-عبدالکریم قریب-اسماعیل خیامی	۲۰۵	ششم طبیعی
۱۳۵۱	زمین‌شناسی و تکامل	حسین گل گلاب- مصطفی فاطمی- تقی ثابت اشرف-عبدالکریم قریب-اسماعیل خیامی	۲۷۸	ششم طبیعی

۱۳۵۲	زمین‌شناسی و تکامل	حسین گل گلاب- مصطفی فاطمی- تقی ثابت اشرف-عبدالکریم قریب-اسماعیل خیامی	۲۷۸	ششم طبیعی
۱۳۵۳	زمین‌شناسی و تکامل	حسین گل گلاب- مصطفی فاطمی- تقی ثابت اشرف-عبدالکریم قریب-اسماعیل خیامی	۲۷۲	ششم طبیعی
۱۳۵۴	سندی در دست نبود	.....	.....	.....
۱۳۵۵	زمین‌شناسی	حسین دانشفر- محمد پاکروان	۱۶۳	سوم تجربی
۱۳۵۶	زمین‌شناسی و تکامل	حسین گل گلاب- مصطفی فاطمی- تقی ثابت اشرف-عبدالکریم قریب-اسماعیل خیامی	۲۳۰	ششم طبیعی
	زمین‌شناسی	حسین دانشفر- محمد پاکروان	۱۴۸	چهارم دبیرستان
	زمین‌شناسی	حسین دانشفر- محمد پاکروان	۱۶۲	سوم تجربی
۱۳۵۷-۵۸	زمین‌شناسی	حسین دانشفر- محمد پاکروان	۱۶۳	سوم تجربی
	زمین‌شناسی	عمادالدین کواری- سیامک آگاه- حسین دانشفر	۱۴۸	چهارم تجربی
سال	نام کتاب	نام مؤلف	تعداد صفحه	پایه و مقطع
۱۳۵۹-۷۲	زمین‌شناسی	حسین دانشفر- محمد پاکروان	۱۶۳	سوم تجربی
	زمین‌شناسی	حسین دانشفر- عمادالدین کواری	۱۷۴	چهارم تجربی
۱۳۷۳	زمین‌شناسی	علی درویش‌زاده- حسن مدنی- محمود صداقت- احمد حسینی- علی هاشمی	۲۳۶	سوم
	زمین‌شناسی	حسین دانشفر- عمادالدین پاکروان	۲۱۳	سوم تجربی
	زمین‌شناسی	حسین دانشفر- عمادالدین کواری	۱۹۸	چهارم تجربی
۱۳۷۴	زمین‌شناسی	علی درویش‌زاده- حسن مدنی- محمود صداقت- احمد حسینی- علی هاشمی	۲۳۶	سوم
	زمین‌شناسی	حسین دانشفر- عمادالدین پاکروان حسین دانشفر- عمادالدین کواری	۲۱۳	سوم تجربی
	زمین‌شناسی	علی درویش‌زاده- حسن مدنی		
	علوم زمین	محمود صداقت- علی هاشمی	۱۹۸ ۱۷۸	چهارم تجربی پیش‌دانشگاهی
۱۳۷۵	زمین‌شناسی	علی درویش‌زاده- حسن مدنی- محمود صداقت- احمد حسینی- علی هاشمی	۲۳۶	سوم تجربی
	علوم زمین	علی درویش‌زاده- حسن مدنی- محمود صداقت- علی هاشمی ـ دانشفر	۱۷۸	پیش‌دانشگاهی
	زمین‌شناسی	حسین دانشفر - عمادالدین کواری	۱۹۸	چهارم تجربی
۱۳۷۶-۷۸	زمین‌شناسی	علی درویش‌زاده- حسن مدنی- محمود صداقت- احمد حسینی ـ علی هاشمی	۱۸۰	سوم تجربی
	علوم زمین	علی درویش‌زاده- حسن مدنی- محمود صداقت- علی هاشمی ـ دانشفر	۱۷۸	پیش‌دانشگاهی
۱۳۷۹	زمین‌شناسی	علی درویش‌زاده- حسن مدنی- محمود صداقت- احمد حسینی ـ علی هاشمی	۱۴۴	سوم تجربی
	علوم زمین	گروه زمین‌شناسی دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی	۱۶۴	پیش‌دانشگاهی
۱۳۸۰-۸۳	زمین‌شناسی	علی درویش‌زاده- حسن مدنی- محمود صداقت- احمد حسینی ـ علی هاشمی	۱۴۴	سوم تجربی
	علوم زمین	حسن مدنی- محمود صداقت- علی هاشمی- دانشفر- حسینی	۱۶۴	پیش‌دانشگاهی

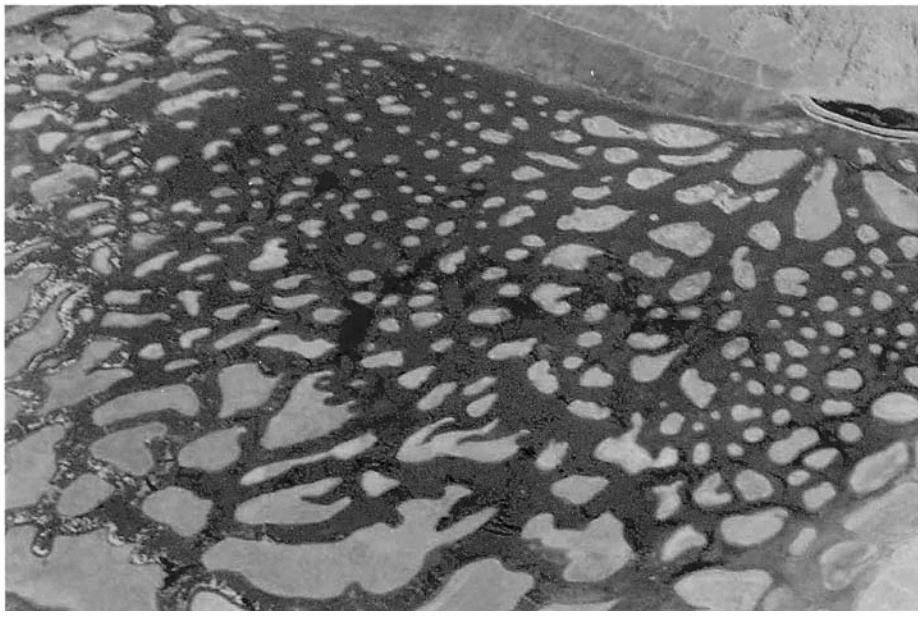
تورب زاری در غرب کشور

سیدمحمدمهدی حسینی
کارشناس‌ارشد اکولوژی دبیر آموزش و پرورش کیاکلا، مازندران

به اکوسیستم‌هایی که در اثر فرایند تجزیه‌ی ناقص مواد آلی تحت‌تأثیر غرقاب شدن خاک یا پایین بودن درجه‌ی حرارت محیط، «تورب» یا «زغال‌سنگ ناقص» (نارس) را به وجود می‌آورند، «تورب‌زار»[1] اطلاق می‌شود. بعضی از تورب‌زارها به دلایل متفاوتی از قبیل جریان‌های آب سطحی، پستی و بلندی، افزایش ارتفاع تالاب ناشی از تورم تورب، یا استقرار گیاهان ایجادکننده‌ی جزایر یا «هاموک»[2]، صاحب ویژگی‌های ریختی منظمی از توزیع مناطق خشک درون آب می‌شوند.

مناطق خشک مذکور عموماً متشکل از شبکه‌ای از استخرها و جزایر هستند که به آن‌ها «تالاب الگویافته»[3] می‌گویند.

تالاب «هشیلان» در فاصله‌ی ۳۶ کیلومتری شمال غربی شهر کرمانشاه واقع است. وسعت آن ۴۵۰ هکتار است و حدود ۱۳۱۰ متر از سطح دریای آزاد ارتفاع دارد. تالاب شامل بخش‌های آب‌گرفته (استخر) و ۴۰۶ جزیره (هاموک) با اندازه و اشکال متفاوت دایره‌ای، تخم‌مرغی، اشکی و نعل اسبی است (تصویر ۱). تالاب در منطقه‌ای گرم و خشک واقع است و آب آن به‌طور عمده از دو چشمه‌ی پرآب در بخش شمالی تالاب و تا حدی از نزولات جوی تأمین می‌شود.



تصویر ۱. تالاب هشیلان: جزایری با اشکال متفاوت و سراب در بالای تصویر

در بخش‌های آب‌گرفته، گیاهان آب‌زی نظیر نی، لویی و جگن، و در جزایر، گیاهان خشکی‌زی مانند گون، خشخاش، تمشک و انواع گندمیان وجود دارند. حضور چنین سیستمی در مناطق با عرض جغرافیایی متوسط نظیر ایران دور از انتظار است، زیرا اقلیم گرم و خشک حاکم بر این مناطق معمولاً شرایط لازم برای تراکم ماده‌ی آلی و ایجاد تورب‌زار را فراهم نمی‌سازد. مشابه چنین تالابی در مناطق سردسیر و تحت قطبی جهان وجود دارد.

سنجش میزان ماده‌ی آلی و دانه‌بندی مربوط به ۲۵۷ نمونه‌ی به دست آمده از تالاب هشیلان در اعماق متفاوت (۳۰ تا ۳۰۰ سانتی‌متری) نشان می‌دهد که ۱۹ درصد نمونه‌ها، تورب با بیش از ۲۵ درصد ماده‌ی آلی بودند و مشابه سایر تالاب‌های الگویافته‌ی جهان، لایه‌ای از تورب (زغال‌سنگ ناقص) در بخش‌های تحتانی تالاب وجود دارد. البته این لایه‌های زغال‌سنگ ناقص کاملاً یکپارچه نیستند، بلکه به همراه خاک‌های معدنی در سراسر تالاب پراکنده‌اند.

الگوی استقرار هاموک‌های تالاب هشیلان و هم‌چنین لایه‌شناسی رسوبات این تالاب مؤید این نظریه است که احتمالاً در آخرین دوره‌ی یخبندان، این منطقه یک تورب‌زار یکپارچه بوده است

الگوی استقرار هاموک‌های تالاب هشیلان و هم‌چنین لایه‌شناسی رسوبات این تالاب مؤید این نظریه است که احتمالاً در آخرین دوره‌ی یخبندان، این منطقه یک تورب‌زار یکپارچه بوده است، ولی به دنبال گرم‌تر شدن هوا و افزایش آب‌های سطحی منابع اصلی تغذیه‌کننده‌ی تالاب، جریان آب سطحی افزایش یافته و باعث فرسایش تورب‌زار به صورت کنونی شده است. توجه به اشکال جزایر نشان می‌دهد، آن دسته از هاموک‌هایی که در جهت جریان‌های آب درون تالاب قرار دارند، در جهت شمال به جنوب کشیده شده و به صورت جزایر دراز، بیضی و اشکی شکل درآمده‌اند. در حالی که هاموک‌هایی که در حاشیه‌ی تالاب قرار گرفته و تحت‌تأثیر جریان آب نبوده‌اند، دایره‌ای شکل‌اند.

یکی دیگر از جنبه‌های اهمیت تالاب هشیلان علاوه بر الگویافتگی، آن است که جزایر (هاموک) تالاب هشیلان با خاک معدنی، تحت‌تأثیر محیط آبی تالاب قرار نداشته و در شرایط کاملاً خشک واقع شده‌اند. همین موضوع، حضور گیاهان خشک مناطق نیمه‌کویری نظیر گون، خشخاش، شیر طیور و... را روی جزایر سبب شده است. امکان دارد رسوب ذرات معلق هوا در اثر فرسایش بادی در این منطقه‌ی خشک، نقش مهمی در شکل‌گیری جزایر داشته باشد. بنابراین چنین به نظر می‌رسد که دو عامل فرسایش آبی و بادی، شکل‌گیری سیمای تالاب هشیلان نقش عمده‌ای داشته‌اند.

تصویر۲. بخش‌های آب‌گرفته‌ی تالاب شامل بوته‌های متراکم جگن

پی‌نوشت

1. Peatland
2. Hummock
3. Patterned mire

منبع

سیدمحمدمهدی حسین (۱۳۸۲). اکوتاکسیکولوژیروزخانه‌ای گاماسیاب. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد.

ماه تنها قمر زمین

فرزانه رجایی
دانشجوی دکترای زمین‌شناسی
دبیر زمین شناسی منطقه ۲ تهران

چکیده

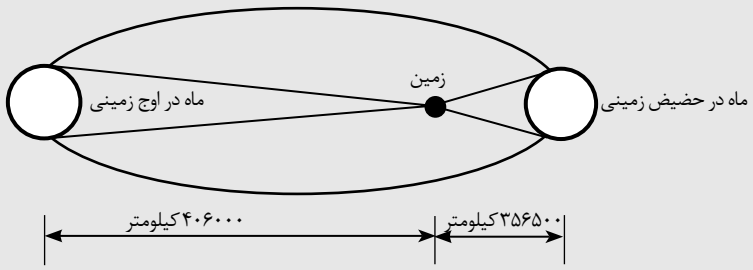
زمین یک قمر دارد. این قمر در حالی که زمین به دور خورشید می‌گردد، گرد زمین حرکت می‌کند. با آن‌که $\frac{۱}{۵۰}$ حجم و $\frac{۱}{۸۰}$ جرم زمین را دارد، تأثیرش بر زمین اهمیت زیادی دارد. «جزر و مد»[۱] نمونه‌ای از اثرهای ماه بر زمین است. بخشی از اطلاعات ما درباره‌ی ماه، با کمک تلسکوپ به دست آمده است، ولی بخش زیادی حاصل مشاهدات با چشم غیرمسلح است. شناخت این همسایه‌ی زیبا و نزدیک برای ما ساکنان زمین ضروری است.

کلیدواژه‌ها: ماه، جزر و مد، اهله‌ی ماه.[۲]

مقدمه

می‌دانیم که همواره یک روی ماه به سوی زمین است و روی دیگر آن، همیشه از ما پوشیده است. آن سویی که ما نمی‌بینیم، بسیار شبیه به رویی است که ما می‌بینیم؛ با این تفاوت که «دریا»[۳]هایش کمتر و کوچک‌ترند. (دریا به غلط نام‌گذاری شده و منظور ناحیه‌های تیره و همواره ماه است.)

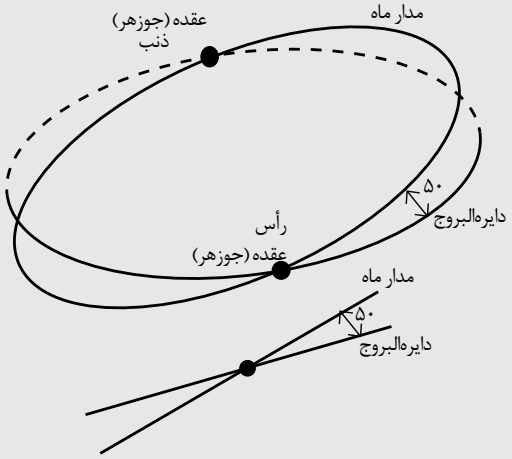
ماه در مداری[۴] بیضی شکل که در زمین در یکی از کانون‌های آن است، به دور زمین می‌گردد. نقطه‌ای بر این مدار که از همه‌ی نقاط دیگر به زمین نزدیک‌تر است، «حضیض زمینی»[۵] نامیده می‌شود که مقدار آن ۳۶۰ هزار کیلومتر است. نقطه‌ای بر این بیضی که از همه‌ی نقاط دیگر از زمین دورتر است، «اوج زمینی»[۶] نام دارد و فاصله‌ی آن از زمین ۴۰۰ هزار کیلومتر است (شکل ۱).



شکل ۱. مسیر حرکت ماه به دور زمین

تأخیر هر روزه‌ی ماه

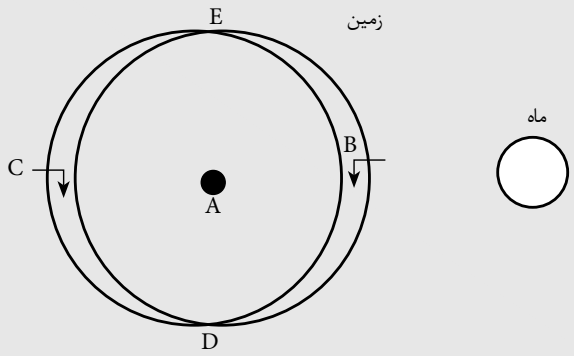
چنین به نظر می‌رسد که ماه مسیر خود را بسیار سریع‌تر از خورشید می‌پیماید. زیرا یک سال طول می‌کشد تا خورشید دور کامل خود را، یعنی «دایره‌البروج» (مسیر ظاهری خورشید بر کره‌ی آسمان) را طی کند، ولی ماه حرکت انتقالی به دور زمین را در یک ماه انجام می‌دهد. این حرکت ظاهراً تندتر موجب می‌شود که ماه هر روز کمی (در حدود ۵۱ دقیقه) دیرتر از روز قبل طلوع کند (شکل ۲).



شکل ۲. حرکت انتقالی خورشید و ماه

جزر و مد (کشند)

سطح اقیانوس‌ها، در تمام نقاط روی زمین به فواصل زمانی کم و بیش منظم بالا می‌آید و پایین می‌رود. به‌طور متوسط فاصله‌ی زمانی بین دو مد متوالی ۱۲ ساعت و ۲۵/۵ دقیقه است؛ درست نصف زمانی که طول می‌کشد تا ماه ظاهراً یک دور کامل را به دور زمین بپیماید (نصف ۲۴ ساعت و ۵۱ دقیقه). این امر تصادفی نیست. علت اصلی جزر و مد یا کشند اقیانوس‌ها، نیروی گرانش ماه است، ولی خورشید هم در این پدیده سهمی دارد. در شکل ۳، ایجاد جزر و مد را به‌طور اغراق‌آمیز مشاهده می‌کنید.



شکل ۳. جزر و مد

A مرکز زمین را نمایش می‌دهد. B توده‌ی آبی است بر سطح زمین که در سمت ماه قرار دارد و C توده‌ی آبی است که در سوی دیگر زمین جای دارد. نیروی گرانش ماه به B، A و C وارد می‌شود. شدت نیروی گرانشی ماه در B از همه بیشتر (نزدیک‌تر به ماه) و در C از همه کمتر است (دورتر از ماه). اختلاف این کشش‌ها سبب می‌شود که:

الف) در B مد وجود داشته باشد، زیرا با نیروی بزرگ‌تری از A به سمت ماه کشیده می‌شود.

ب) در C مد وجود داشته باشد، زیرا زمین جامد از زیر آب کشیده می‌شود و در نتیجه سطح آب در C نسبت به زمین بالا می‌آید.

ج) در دو سوی دیگر زمین، یعنی D و E، جزر وجود داشته باشد، زیرا آب از آن نقاط خارج می‌شود تا آب لازم برای مد تأمین شود.

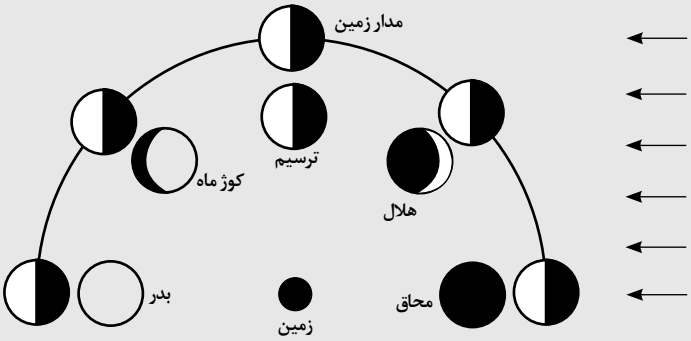
اثر خورشید در جزر و مد فقط در حدود هفت درصد نیروی ماه است، زیرا فاصله‌ی آن بسیار بیشتر است.

وقتی نیروهای مولد جزر و مد[۷] ماه و خورشید هماهنگ با هم عمل کنند ـ مثلاً به هنگام ماه نو که هر دو در یک طرف زمین هستند ـ جزر و مدهای حاصله در حداکثرند. وقتی خورشید و ماه با هم زاویه‌ی ۹۰° بسازند، جزر و مد به حداقل می‌رسد.

از طرف دیگر، هرگاه ماه در حضیض زمین قرار گیرد، نیروی مولد جزر و مد به اندازه‌ی ۲۰ درصد بیش از قبل می‌شود.

اهله‌ی ماه

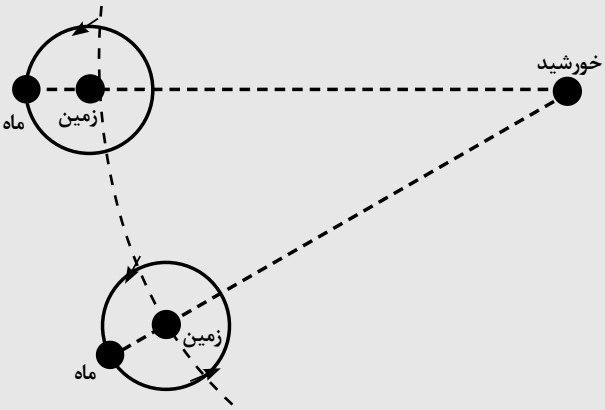
تغییرات ظاهری سیمای ماه، از هلال نازک تا قرص تمام و سپس دوباره تا هلال نازک، معلول گردش آن به دور زمین است (شکل ۴).



شکل ۴. اهله‌ی ماه. پنج دایره‌ی واقع بر مدار چرخش ماه، نیم‌کره‌ی روشن ماه را نشان می‌دهند. در پنج دایره‌ی داخلی، شکل ماه به صورتی که از زمین دیده می‌شود، نشان داده شده است.

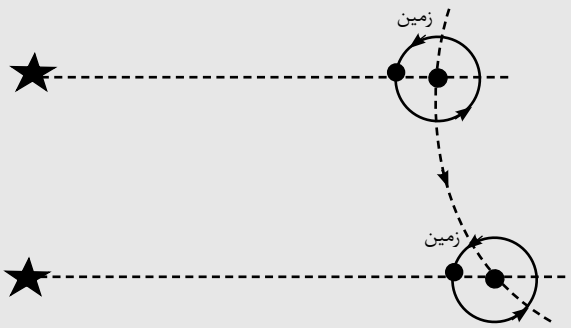
ماه هلالی[8] و ماه نجومی[9]

الف) ماه هلالی: فاصله‌ی زمین بین دو «محاق»[10] یا دو «بدر»[11] متوالی ماه است. مدت آن ۲۹ روز یا دقیق‌تر، ۲۹ روز و ۱۲ ساعت و ۴۴ دقیقه و ۲/۷۸ ثانیه است. تعریف ماه هلالی به مجموعه خورشید، زمین و ماه بستگی دارد. تعریف دیگر ماه هلالی این است: «مدت زمان متوسطی که از یک بار قرار گرفت خورشید، زمین و ماه بر یک خط، تا بار دیگر طول می‌کشد». ماه هلالی را ماه قمری هم می‌خوانند (شکل ۵).



شکل ۵. ماه هلالی. بعد از یک ماه هلالی، خورشید، ماه و زمین، باز هر سه بر یک خط خواهند بود.

ب) ماه نجومی: کوتاه‌تر از ماه هلالی است و طول مدت آن برابر با ۲۷ روز و هفت ساعت و ۴۳ دقیقه و ۱۱/۴۷ ثانیه است. تعریف ماه نجومی بر ستارگان ثابت آسمان مبتنی است؛ یعنی: «مدت میان دو بار متوالی که زمین و ماه با ستاره‌ی ثابت واحدی بر یک خط قرار گیرند» (شکل ۶).



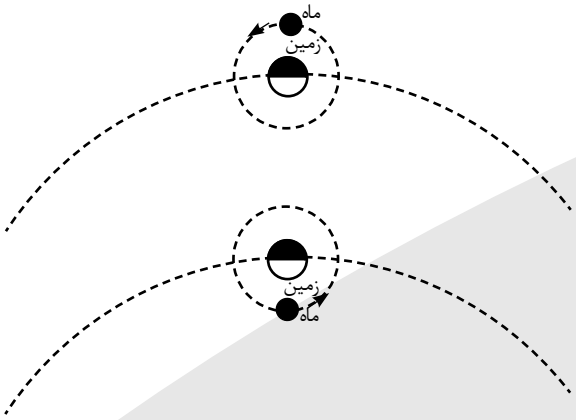
شکل ۶. ماه نجومی. یک دورا کامل ماه به دور زمین از دید ناظری در ستاره‌ای دوردست.

ماه هلالی طولانی‌تر است، زیرا هم زمان با گردش ماه به دور زمین، زمین نیز به دور خورشید می‌گردد. ماه باید اندکی جلوتر برود تا مجدداً هر سه جرم بر یک خط قرار گیرند.

مسیر حرکت ماه به دور خورشید

ماه نسبت به زمین، بیضی صاف و همواری را با سرعتی می‌پیماید که فقط اندکی نسبت به مقدار متوسط ۱ کیلومتر در ثانیه، تغییر می‌کند. ولی سرعت و مسیر ماه نسبت به خورشید کاملاً متفاوت است. مسیر آن موج‌دار و سرعتش متغیر است. تقریباً در نیمی از مواقع، ماه در بیرون مدار زمین قرار دارد و سرعت آن نسبت به خورشید ۳۰/۵ کیلومتر بر ثانیه است. (جمع دو سرعت و حداکثر است.) در سایر مواقع، ماه در داخل مدار زمین است و سرعت آن نسبت به خورشید ۲۹ کیلومتر بر ثانیه است. (تفاضل دو سرعت و حداقل است.)

پس به نظر می‌رسد که ماه متناوباً در مدار زمین پس و پیش می‌رود و سرعتش از حداکثر به حداقل می‌رسد. در واقع مسیر زمین نیز به دور خورشید، مارپیچی[12] و سرعت آن متغیر است (شکل ۷).



شکل ۷. مسیر ماه گرد خورشید و زمین. نیمی از اوقات ماه در بیرون مدار زمین و هم جهت با زمین حرکت می‌کند و بقیه موانع، ماه در داخل مدار زمین است و در جهت مخالف زمین حرکت می‌کند.

ناظری که از بالا به قطب شمال نگاه کند، ماه را خواهد دید که در خلاف جهت عقربه‌های ساعت به دور محورش می‌چرخد (شکل ۷).

نتیجه

سفینه‌ی فضایی «سورویور»[۱۳] (۱۹۶۸) نتایج زیر را در مورد ماه نشان داد:

- سطح ماه می‌تواند وزن سفینه‌ای را تحمل کند.
- خاک ماه دانه دانه است و دانه‌ها اندازه‌های متفاوتی دارند.
- ذرات مانند ماسه‌ی تر، به هم می‌چسبند.
- خاک قابل تراکم و چگالی حدود ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.
- اجسام متعددی بر سطح ماه هستند. برخی سخت و برخی خرد شونده‌اند.
- مواد سطح ماه شبیه بازالت خرد شده هستند. سن بعضی چهار میلیارد سال است.
- در همه جای ماه غبار وجود دارد. این غبار که به هر کس و هر چیز می‌چسبد، معلول برخورد دائمی ماه به شهاب‌واره‌هاست.
- ماه اکنون به صورت جامد و درون آن نسبتاً سرد است.
- لرزه‌های کم ماه به علت جزر و مد زمین و برخورد شهاب‌سنگ‌هاست.
- بدون جو، انتقال صوت و صحبت کردن امکان‌پذیر نیست.
- فلق و شفقی ندارد. طلوع و غروب ناگهانی است. آسمان آبی نیست، بلکه سیاه است. خورشید فقط دایره‌ای از نور است.

جسمی که در ماه به هوا پرتاب شود، شش برابر بیشتر از زمین بالا می‌رود و سرعت گریز آن کم است. در نتیجه فقدان جو در ماه ثابت می‌شود. از طرف دیگر، طیف نور ماه همان طیف نور خورشید است، پس در سطح ماه هیچ گازی وجود ندارد.

دامنه‌ی تغییرات دما در سطح ماه بسیار زیاد است. در دو هفته‌ی پیاپی که در معرض اشعه‌ی خورشید است، دمای آن حدود ۱۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و در دو هفته‌ی تاریکی به دمایی حدود ۱۵۰- درجه‌ی سانتی‌گراد می‌رسد. گرمای خورشید از سطح ماه به عمق آن نفوذ نمی‌کند. با توجه به تمام این موارد، با آن‌که نمونه‌هایی از یخ در آن دیده شده است، ولی اثری از حیات در آن وجود ندارد.

پی‌نوشت

1. Tide
2. Phases moon
3. maria
4. Orbit
5. Perigee
6. apogee
7. Tidal Force
8. Synodic month
9. Lunar month
10. new moon
11. Full moon, apparent motion
12. Spiral
13. Surveyor

منابع

۱. اسن، سین (۱۳۸۵). نشریه‌ی علوم زمین.
۲. خواجه‌پور، م.ر (۱۳۸۶). نجوم به زبان ساده. مؤسسه‌ی جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی. تهران.
3. http://www.moonsociety.org
4. http://www.persianstar.com

امواج

ترجمه: محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر
کارشناس گروه فیزیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی

در این مقاله، در قالب چند پرسش و پاسخ که به استفاده از مرجع معتبری تدارک دیده شده است، با استفاده از مفاهیم فیزیکی به پرسش‌هایی در حیطه‌ی علوم زمین و دریا پاسخ گفته می‌شود.

کلیدواژه‌ها: موج منفرد (سولیتون)، حفره‌های کشندی، کهکشند، مهکشند، جزرومد در خلیج کوچک فاندی، آب مرده.

۱. امواج منفرد: در سال ۱۳۸۴، **جان اسکات‌راسل**[1]، مهندس و معمار نیروی دریای بریتانیا، موج عجیبی را روی تنگه‌ای در نزدیکی «دینبرگ» مشاهده کرد. قایقی سریعاً توسط اسب‌هایی در آب کشیده می‌شد تا این‌که اسب‌ها ناگهان ایستادند و قایق متوقف شد. اما پشته‌ی آب در جلوی قایق متوقف شد، بلکه با سرعت چهارمتر بر ثانیه به حرکت خود در طول تنگه ادامه داد. راسل، سوار بر اسب، توانست این پشته‌ی آب را که در حدود $\frac{۱}{۳}$ متر ارتفاع و ۱۰ متر طول داشت، تا حدود ۳ کیلومتر دنبال کند؛ پیش از آن‌که در پیچ‌وتاب‌های تنگه ناپدید شود. او از این متحیّر شده بود که ظاهراً موج در طول حرکت خود تلف نمی‌شد.

اگر شتکی در یک رود ایجاد کنید، امواج حاصل در زمان نسبتاً کوتاهی تلف می‌شوند و قطعاً نخواهند توانست چندین کیلومتر را حرکت کنند. چه‌چیزی باعث شد تا موج راسل این قدر متفاوت از موج‌های دیگر باشد؟

پاسخ: اگر قایقی سریع‌تر از سرعت امواج روی آب در یک تنگه حرکت کند، سینه‌ی قایق تمایل دارد که آب را در جلوی آن پشته کند. اگر سرعت قایق فقط کمی بیشتر از سرعت موج باشد، آب به قله‌ها و دره‌های مجزایی تبدیل می‌شود. اگر قایق سریع‌تر حرکت کند، دره‌ها پر می‌شوند و آب پشته شده، برآمدگی واحدی می‌شود که به آن موج **منفرد (سولیتون)** می‌گویند.

راسل **موج** منفردی را دید که هنگام توقف ناگهانی قایق از آن جدا شد. تحلیل ریاضی چنین موجی بسیار سخت است، اما خود موج منفرد ساده است. به طور طبیعی، امواجی که روی آب روانه می‌شوند، براساس طول **موج** مرتب می‌گردند که به این فرایند «پاشندگی» گفته می‌شود. بنابراین اگر یک شتک، دسته‌ای از امواج با طول موج‌های متفاوت را گسیل کند، این امواج دست‌خوش پاشندگی می‌شوند و پس از طی مسافتی نیز از بین می‌روند.

در یک **موج** منفرد، آشفتگی در سطح آب توسط خود موج تقویت می‌شوند که این مانع از پاشندگی موج و در نتیجه موجب حفظ شکل موج می‌گردد. در واقع، یک موج منفرد باید مسافتی بسیار طولانی را طی کند، چرا این موج به‌خاطر چسبندگی (اصطکاک درون) کم‌آب، انرژی خود را بسیار تدریجی از دست می‌دهد.

در یک موج معمولی، گرچه یک بسته‌ی آب در مسیری دایره‌ای یا بیضوی حرکت می‌کند، اما در جهت حرکت موج انتقال می‌یابد. مثلاً اگر شما با شتکی، امواج را بر سطح یک حوض ایجاد کنید، فقط امواج و نه آب، در حوض به حرکت در می‌آیند. موج منفرد متفاوت است، چون آب را انتقال می‌دهد. راسل به منظور نشان دادن این موضوع، با استفاده از چند قایق که توسط اسب‌هایی کشیده می‌شوند، امواج منفرد را در طول تنگه‌ی بلندی روانه داشت. او دریافت که عمق آب در انتهای دورتر تنگه افزایش و در انتهای نزدیک‌تر (به همان نسبت) کاهش یافته است.

۲. حفره‌های کشندی: چرا وقتی یک جریان کشندی وارد رود خانه‌ای می‌شود و سپس به سمت بالای آن حرکت می‌کند، آب ورودی دیواری متلاطم موسوم به «حفره‌ی کشندی»[۲] را به‌وجود می‌آورد که می‌تواند هنگام عبور از نقطه‌ای معین در رودخانه، عمق آب را به میزان زیادی افزایش دهد؟ ممکن است در برخی رودخانه‌ها (مثل رودخانه‌ی سورن[۳] در انگلستان) و در برخی مواقع خاص (وقتی جریان کشندی قائم باشد)، موجی که رو به بالای رودخانه حرکت می‌کند، چنان بلند باشد که موج‌سوارها بتوانند چند کیلومتر روی آن موج‌سواری کنند.

سال‌ها پیش از آن‌که موج‌سواری به عنوان یک ورزش مطرح شود، ماهی‌گیران قایق خود را در دهانه‌ی رودخانه قرار می‌دادند تا از یک حوزه‌ی کشندی برای رفتن به بالای رودخانه سواری بگیرند. ظاهراً این استفاده از حفره‌های کشندی برای ناخداها و خدمه‌ی کشتی‌های نیروی دریای سلطنتی انگلستان که در سال ۱۸۸۱ رودخانه ی «چین ـ تانگ ـ کیانگ»[۴] در چین را مسّاحی می‌کردند، ناشناخته بود. یک شب، در حالی که کشتی‌ها در رودخانه لنگر انداخته بودند، خدمه‌ی کشتی‌ها غرش هولناکی را شنیدند. حدود ۳۰ دقیقه بعد، یک حفره‌ی کشندی کشتی‌ها را گیر انداخت و به رغم آن‌که موتور کشتی‌ها طوری تنظیم شده بود که با قدرت تمام با حرکت کشتی مقابله کند، آن‌ها را حدود یک کیلومتر به بالای رودخانه برد. این غرش ناشی از تلاطم داخل حفره‌ی کشندی بود که حتی می‌توانست کشتی‌ها را واژگون کند.

پاسخ: یک حفره‌ی کشندی وقتی به‌وجود می‌آید که مقدار زیادی آب به سمت بالای یک رودخانه جریان یابد و یک دیوار متلاطم تنها و یا دنباله‌ی صاف و کوتاهی از قله‌ها و دره‌ها را تشکیل دهد. بهترین شرایط برای ایجاد حفره‌ی کشندی عبارت‌اند از:

۱. تغییرات عظیم کشندی در ارتفاع آب بستری که رودخانه به آن می‌ریزد.

۲. کم‌عمق بودن رودخانه با کناره‌هایی شیب‌دار و مدخلی‌قیف‌مانند.

وقتی امواج با طول موج بلند در آب عمیق‌تر به شکل یک قیف باریک شوند و به آب کم‌عمق مدخل و سپس رودخانه بریزند، این آب یک جبهه یا دیواره می‌سازد. در یک **پیش‌موجی**[۵]، ارتفاع و عمق قله‌ها و دره‌ها افزایش می‌یابد و جبهه‌ی قله‌ها پرشیب‌تر می‌شود تا این‌که قله‌ها جای دره‌ها را بگیرند. نتیجه، دیواری واحد و یا تپی از آب، موسوم به **موج منفرد** است که برخلاف جهت جریان طبیعی رودخانه به سمت بالای رودخانه حرکت می‌کند. اگر یک حفره‌ی کشندی قایق‌سواری را غافل‌گیر کند، می‌تواند ویرانگر باشد.

در این زمینه می‌توان به یک مثال تاریخی در سال

امواجی که روی آب روانه می‌شوند، براساس طول موجب مرتب می‌گردند که به این فرایند «پاشندگی» گفته می‌شود

یک حفره‌ی کشندی وقتی به‌وجود می‌آید که مقدار زیادی آب به سمت بالای یک رودخانه جریان یابد و یک دیوار متلاطم تنها و یا دنباله‌ی صاف و کوتاهی از قله‌ها و دره‌ها را تشکیل دهد

۱۸۴۳ اشاره کرد که در آن، دختر **ویکتور هوگو**، نویسنده‌ی معروف قرن ۱۹ میلادی ، بر اثر یک حفره‌ی کشنده در پایین «رودخانه‌ی سین»[۶] افتاد و چون شنا بلد نبود، غرق شد.

۳. جزر و مد: چه چیزی باعث جزر و مد می‌شود؟ چرا اکثر مناطق ساحلی دو جزر و مد در روز دارند، ولی بقیه فقط یکی دارند؟

پاسخ: پاسخ ساده‌ای برای این پرسش وجود دارد. دلیل اصلی جزر و مد، جاذبه‌ی گرانشی وارد این ماه بر اقیانوس‌های زمین است؛ گرچه این نیرو آن‌قدر قوی نیست که آب را بلند کند. چون این نیرو در سطح کره‌ی زمین تغییر می‌کند (در طرفی که رو به ماه قرار دارد، قوی‌تر و در طرف مخالف آن، ضعیف‌تر است)، با کشیدن آب به موازات خطی که زمین را به ماه وصل می‌کند، شکل توزیع آب را تغییر می‌دهد. بر اثر این کشیده شدن آب، دو برآمدگی در توزیع آب ایجاد می‌شود: یکی در مقابل ماه و دیگری در جهت مخالف آن.

اگر زمین نمی‌چرخید، آن‌گاه هم منطقه‌ی ساحلی واقع در برامدگی مقابل ماه، و هم منطقه‌ی ساحلی واقع در برآمدگی مخالف، در کل روز دارای مد بودند. ولی چرخش زمین به این معناست که هر منطقه‌ی ساحلی در طول یک روز از هردو برآمدگی می‌گذرد و بنابراین، دو بازه برای مَد وجود خواهد داشت.

چند عامل وجود دارد ه موضوع را پیچیده می‌کند:

الف) برآمدگی‌ها دقیقاً در طول خطی قرار ندارند که از کره‌ی زمین و ماه می‌گذرد. زیرا حرکت آب با اصطکاک درون آب و نیز خطوط ساحلی مواجه می‌شود. این اصطکاک، پاسخ آب به کشیدن آن توسط ماه را به تأخیر می‌اندازد. بنابراین، ممکن است نقطه‌ی مَد در یک شهر بندری یک یا چند ساعت پس از زمانی رخ دهد که ماه در بالاترین نقطه‌ی خود در آسمان قرار دارد. برای مثال، نقطه‌ی مَد در «کانال انگلیس»[۷] چند ساعت به تأخیر می‌افتد، چون حرکت آب با مقاومت قابل توجهی مواجه‌می‌شود.

ب) نیروی گرانشی وارد از خورشید نیز می‌خواهد بر توزیع آب اثر بگذارد. ولی تأثیر خورشید، تقریباً کمتر از نصف تأثیری است که ماه دارد. گرچه خورشید بسیار بزرگ‌تر از ماه است، ولی فاصله‌ی آن از زمین نیز بسیار بیشتر است. در حین هلال ماه نو و ماه کامل، خورشید و ماه هم‌ردیف می‌شوند و مجموع اثرهای کشندی آن‌ها به ایجاد جزر و مدهای بزرگ‌تری موسوم به «مهکشند»[۸] می‌انجامد. وقتی جهت زمین با خورشید و ماه زاویه‌ی ۹۰° می‌سازد، مجموع این اثرها «کهکشند»[۹] به‌وجود می‌آورد. به خاطر این پیچیدگی‌هاست. که برخی از مناطق ساحلی فقط یک جزر و مد قابل توجه در روز دارند.

۴. جزر و مد در خلیج کوچک فاندی: جزر و مدهای خلیج «فاندی»[۱۰] (در نوا اسکوتیای[۱۱] کانادا) حیرت‌آور است. گاهی اختلاف بین پایین‌ترین و بالاترین سطح آن در عرض چند ساعت به ۱۵ متر می‌رسد. چرا دامنه‌ی جزر و مد در آن‌جا می‌تواند این‌قدر زیاد باشد، ولی در جاهای دیگر خیر؟

پاسخ: برای آن‌که آب یک وان حمام را به نوسان در آورید، کافی است آن را با یک چوب پهن به‌طور متناوب به بالا و پایین فشار دهید.

اگر این فشار را طوری زمان‌بندی کنید که بالا و پایین شدن چوب وقتی صورت گیرد که آب در یک سر وان بالاترین ارتفاع را داشته باشد، قوی‌ترین نوسان‌ها را خواهید داشت. با این نحوه‌ی زمان‌بندی می‌توان گفت که شما آب را به‌طور تشدیدی پمپاژ می‌کنید، و فاصله‌ی زمانی بین پمپاژها با دوره‌های نوسان وان مطابقت دارد.

با پمپاژ تشدیدی، می‌توان آب درون یک خلیج را نیز به نوسان واداشت. برای مثال، اثرهای کشندی

ناشی از ماه تمایل دارند تا نوسان‌هایی در یک خلیج ایجاد کنند و آب را به چلپ و چلوپ وا دارند. اما چون زمان‌بندی اثرهای کشندی با دوره‌ی نوسان خلیج‌ها مطابقت ندارد، این نوسان‌ها برای بیشتر خلیج‌ها کوچک است. در حالی‌که خلیج فاندی متفاوت است: دوره‌ی نوسان این خلیج تقریباً ۱۳/۳ ساعت است که به ۱۲/۴ ساعت بین مدها نزدیک است. در نتیجه چلپ و چلوپ آب خلیج فاندی قابل ملاحظه است.

گزارش‌های تاریخی حاکی از آن‌اند که تغییرات کشندی در خلیج‌فاندی به تدریج افزایش یافته‌اند، چرا که دوره‌ی تشدید این خلیج به تدریج به دوره‌ی تغییرات کشندی نزدیک شده است. امکان دارد این انتقال ناشی از تغییر شکل خلیج بر اثر افزایش ارتفاع سطح دریا باشد.

۵. **آب مرده:** کشتی «فرام»[۱۲]، هنگام سفر به قطب در سال ۱۸۹۳، با پدیده‌ای در ساحل شمالی سیبری مواجه شد که اکنون آن را «آب مرده»[۱۳] می‌نامند. این کشتی می‌توانست با سرعت ۶ یا ۷ گره دریایی حرکت کند، اما در آب مرده، با این‌که هوا و آب هر دو آرام بودند، فقط توانست با سرعت ۱/۵ گره دریایی حرکت کند. به‌علاوه، کنترل روی کشتی کم بود. در واقع، ناخدای کشتی مجبور شد در مسیرهای خمیده حرکت کند تا از منطقه‌ی آب مرده بگریزد. این آب تفاوت آشکاری با آب اقیانوس‌های دیگر نداشت. پس، چه عاملی باعث این کاهش سرعت و از دست دادن کنترل سکان کشتی شد؟

پاسخ: آب مرده زمانی شکل می‌گیرد که لایه‌ای از آب نسبتاً شیرین روی آب شور قرار گیرد. این اتفاق هنگامی ممکن است رخ دهد که رودخانه‌ای به اقیانوس بریزد. دو سطح مشترک در این‌جا نقش دارند: سطح مشترک «هوا ـ آب شیرین» و سطح مشترک «آب شیرین ـ آب شور». طبیعتاً، انرژی موتور کشتی امواجی را در طول سطح مشترک اول ایجاد می‌کند. ایجاد موج را نوعی مقاومت وارد به کشتی تصور کنید.

در آب مرده، کشتی دو دسته موج را در طول هر یک از سطوح مشترک ایجاد می‌کند و در نتیجه مقاومت به‌طور چشم‌گیری بیشتر است. هرچه کشتی سعی کند که سریع‌تر حرکت کند، انرژی آن سریع‌تر در طول امواج داخل و در سطح مشترک آب شیرین ـ آب شور تخلیه می‌شود.

سینه‌ی کشتی، در بالای نخستین قله‌ی موج داخلی واقع است. آبی که دقیقاً زیر این قله قرار دارد، با حرکت در خلاف جهت حرکت کشتی، با حرکت آن مخالفت می‌کند. طول کشتی فرام به‌گونه‌ای بود که سکان نیز در بالای قله‌ای از موج داخلی قرار داشت و در نتیجه نمی‌توانست نقش زیادی در کنترل کشتی بازی کند.

آب مرده زمانی شکل می‌گیرد که لایه‌ای از آب نسبتاً شیرین روی آب شور قرار گیرد. این اتفاق هنگامی ممکن است رخ دهد که رودخانه‌ای به اقیانوس بریزد

پی‌نوشت

1. John Scott Rossel
2. Tidal bore
3. Sever River
4. Chein-tang-kiang River
5. Undular jump
6. Seine River
7. English Channel مسیری به طول 35 کیلومتر است که جنوب انگلستان را از شمال فرانسه جدا می‌کند. مترجم
8. Spring tides
9. Neap tides
10. Fundy
11. Nova scotia
12. Fram
13. Ddead wafer

منبع

Jearl walker, The Flying Circus of Physics, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 2007.

طرح درس روزانه به روش کاوشگری: (برگزیده جشنواره الگوهای برتر تدریس استان تهران)

مشخصات کلی	**نام درس: زمین‌شناسی**	**موضوع: نوع کانی‌ها و بافت (سنگ‌های آذرین)**		
	پایه‌ی تحصیلی: سال سوم تجربی	**فصل: ششم**	**صفحات: ۹۱ تا ۹۴**	
	تاریخ: ۸۶/۵/	**مدت: ۳۰ دقیقه**	**نام دبیر: آذر درخشانی**	
	مدرک تحصیلی: لیسانس	**دبیرستان سلمان فارسی**	دبیر زمین شناسی منطقه۱۵تهران	
	منطقه: ۱۵	**استان: تهران**		
فعالیت‌های قبل از آموزش	**هدف کلی**	**آشنایی با چگونگی تشکیل سنگ‌های آذرین و انواع بافت در آن**		
	رئوس مطالب	نوع کانی‌ها بافت		
	هدف‌های جزئی	دانش‌آموز بعد از گذراندن این درس باید: ● تأثیر نوع کانی‌ها بر ظاهر سنگ را بداند. ● با چگونگی تبلور کانی‌ها از ماگمای جذاب آشنا باشد. ● با کانی‌های اصلی در سنگ‌های آذرین آشنا باشد. ● با بافت و انواع آن در سنگ‌های آذرین آشنا باشد. ● توجه به طبیعت در او تقویت شده باشد.		
	هدف‌های رفتاری	دانش‌آموز پس از پایان درس باید بتواند: ● درباره‌ی تأثیر نوع کانی‌ها بر ظاهر سنگ‌های آذرین در گروه بحث و نتیجه را اعلام کند. (نگرش) ● علت رنگ روشن در سنگ‌های اسیدی و رنگ تیره در سنگ‌های بازی را توضیح دهد. (شناختی ـ درک و فهم) ● توالی تشکیل کانی‌ها را در سری واکنشی بوون توضیح دهد. (شناختی ـ درک و فهم) ● از بین سنگ‌های داده شده، سنگ‌های آذرین را مشخص و نام‌گذاری کند. (شناختی ـ بکار بستن) ● بافت در سنگ‌های آذرین را تعریف کند. (شناختی ـ دانش) ● انواع بافت در سنگ‌های آذرین را نام ببرد. (شناختی ـ دانش) ● به نوع و بافت سنگ‌های آذرین علاقه نشان دهد و نمونه‌هایی را جمع‌آوری کند و به کلاس بیاورد. (نگرشی ـ مهارتی) ● به پاسخ دادن به سؤالات از طریق رایانه و... علاقه نشان دهد. (نگرشی ـ مهارتی)		
	رفتار ورودی	دانش‌آموز پس از پایان درس: ● انواع کانی‌های ماگمایی را می‌شناسد. ● نحوه‌ی تشکیل سنگ‌ها از کانی‌ها و کانی‌ها از عناصر را می‌داند. ● علت درشت بلور و ریز بلور بودن کانی‌ها را می‌داند.		
	ارزش‌یابی ورودی و ایجاد انگیزه	دانش‌آموزان کانی‌های جعبه‌ی شماره‌ی ۱ را شناسایی و نام‌گذاری می‌کنند. (معلم به یک مورد سؤال اکتفا می‌کند)		
	روش‌ها و وسایل آموزشی	روش تدریس: کاوشگری به شیوه‌ی استقرا ـ بحث گروهی ـ پرسش و پاسخ مواد و وسایل آموزشی: انواع کانی‌های ماگمایی ـ انواع سنگ‌های آذرین ـ جعبه‌ی سنگ و کانی ـ پوستر جدول بوون (در صورت نیاز) ـ رایانه ـ ویدیو پروژکتور و پرده‌ی نمایش ـ سی‌دی ـ کتاب		

	فعالیت‌های معلم	فعالیت‌های دانش‌آموز
فعالیت‌های ضمن تدریس به همراه ارزشیابی تکوینی	با ورود به کلاس و سلام و احوال‌پرسی، با نگاه به دانش‌آموزان حضور و غیاب می‌کنم.	ــــــــــ
	ــــــــــ	تکالیف جلسه‌ی قبل را تحویل دبیر می‌دهند.
	تکالیف دانش‌آموزان را بررسی می‌کنم و سپس نمره می‌دهم.	ــــــــــ
	گام اول شیوه‌ی کاوشگری (مفهوم‌سازی) چند نمونه از کانی‌های ماگمایی را که درون جعبه‌ی اول است، به تمام گروه‌ها می‌دهم/	کانی‌ها را شناسایی و نام‌گذاری می‌کنند و داخل جعبه قرار می‌دهند.
	گام دوم شیوه‌ی کاوشگری (تفسیر ـ درک روابط علت و معلولی(طرح پرسش: فراوانی هر یک از این کانی‌ها بر ظاهر سنگی که از آن تشکیل می‌شود، چه تأثیری می‌گذارد؟	احتمالاً دانش‌آموزان باید بتوانند بگویند که اگر کانی‌های روشن در سنگ فراوان‌تر باشند، ظاهر سنگ را روشن و اگر کانی‌های رنگ تیره در یک سنگ فراوان باشند، رنگ آن را تیره می‌کنند.
	توضیح دبیر: بچه‌ها، قبلاً در مورد سیلیکات‌های تیره و روشن و عناصر سازنده‌ی آن‌ها صحبت شده. سیلیکات‌های تیره، آهن و منیزیم فراوان دارند و به سنگ‌های غنی از این کانی‌ها، بازی یا فوق بازی می‌گویند و سیلیکات‌های روشن بیشتر K، Na و Al دارند و سنگ‌های غنی از این کانی‌ها اسیدی نامیده می‌شوند.	ــــــــــ
	توضیح دبیر: در درس گذشته در مورد چگونگی تشکیل ماگما مطالبی را آموختید. امروز عکس حالت ذوب، یعنی تبلور ماگما را یاد می‌گیرید. حالا یک نفر داوطلب شود و عناصر به هم ریخته روی تخته را که نشان‌دهنده‌ی حالت ذوب است، به شکل متبلور شده نمایش دهد.	دانش‌آموزی از یک گروه پای تخته می‌آید و از عناصر به هم ریخته مولوکول‌های متبلور شده می‌سازد.
	گام سوم شیوه‌ی کاوشگری (فرضیه‌سازی) توضیح دبیر: حالا ماگما می‌خواهد از اعماق زمین به سطح زمین نزدیک و یا حتی خارج شود. به نظر شما چه اتفاقی برای ماگما می‌افتد؟ در گروه فکر کنید و پاسخ دهید. البته می‌توانند از جدول صفحه‌ی ۹۳ کتاب استفاده کنند. (مستدل ساختن فرضیات)	جواب‌ها می‌توانند متفاوت باشند: ● به نظر من ماگما تغییری نمی‌کند. ● ماگما تغییر می‌کند، چون از عناصرش در تبلور استفاده می‌شود. ● هرچه ماگما به سطح زمین نزدیک می‌شود، دمایش کمتر می‌شود. ● هرچه ماگما بالاتر می‌آید، فشار لایه‌های روی آن کمتر و حرکت ماگما سریع‌تر می‌شود.

		فعالیت‌های معلم	فعالیت‌های دانش‌آموز
فعالیت‌های ضمن تدریس به همراه ارزشیابی تکوینی		تصویری از جدول بوون با طرحی جدید روی پرده نمایش می‌دهم و نظر دانش‌آموزان را با توضیحات خود تلفیق می‌کنم (ضمیمه‌ی شماره‌ی ۱).	
		سپس نمونه‌هایی از سنگ‌های آذرین را به هر گروه می‌دهم و از آن‌ها می‌خواهم که مطابق جدول نمونه‌ها را طبقه‌بندی کنند. (مفهوم‌سازی ـ ضمیمه‌ی شماره‌ی ۲).	با توجه به جدول بوون، نمونه‌ها را طبقه‌بندی می‌کنند. البته برای دانش‌آموزان این سؤال پیش می‌آید که مثلاً از گروه سنگ‌های بازی، نام دو سنگ در جدول وجود دارد و حالا آن‌ها کدام نام را انتخاب کنند.
		به منظور ایجاد فرصت تفکر برای دانش‌آموزان، اعلام می‌کنم که به گروه اول سنگ‌هایی داده‌ام که با گروه‌های بعدی متفاوت است. سپس از گروه‌های دیگر می‌خواهم که از هر گروه یک نفر به عنوان نماینده کنار گروه اول جمع شوند تا ببینند که سنگ‌های آن‌ها با سنگ‌های گروه اول چه تفاوتی دارد. (تفسیر کردن)	دانش‌آموزان سنگ‌ها را با هم مقایسه می‌کنند و احتمالاً به این نتایج می‌رسند: ● گروه اول سنگ‌های ریز بلور دارد، ولی گروه‌های دیگر سنگ‌های درشت بلور دارند. ● گروه اول سنگ‌های روشن‌تری دارد، ولی گروه‌های دیگر سنگ‌های تیره‌تری دارند. (ساختن اصل)
		امتیاز دانش‌آموزان به‌صورت انفرادی و گروهی در فهرست‌وارسی (چک‌لیست) ثبت و در نمرات مستمر آن‌ها دخالت داده می‌شود. سپس توضیح می‌دهم که سنگ‌های آذرین درونی درشت بلورتر و تیره‌تر و سنگ‌های آذرین بیرونی ریز بلورتر و کمی روشن‌تر هستند.	
		تصاویری به کمک سی‌دی یا پرینت رنگ از انواع بافت در سنگ‌های آذرین نشان داده می‌شود. (ضمیمه‌ی شماره‌ی ۳)	
جمع‌بندی		از کتاب استفاده می‌شود.	
فعالیت‌های پس از تدریس	ارزش‌یابی پایانی	آزمون‌سازی با استفاده از رایانه: تعدادی سؤال برای هر گروه آماده شده است و بلافاصله سی‌دی آن به دانش‌آموزان داده می‌شود. هر گروه به سؤالات خود پاسخ می‌دهد. سپس رایانه نتیجه‌ی آزمون را با اعلام و تعداد جواب‌های صحیح و غلط و نمره‌ی پایانی، خواهد داد. (ضمیمه‌ی شماره‌ی ۴)	
	ارائه‌ی تکلیف	۱. دانش‌آموزان در طول هفته در صورت امکان، نمونه‌هایی دستی از سنگ‌های آذرین را از محیط اطراف جمع‌آوری کنند و با ذکر نام سنگ (با حدس زدن) و محل یافت شدن آن و نوع بافت آن، به کلاس بیاورند و ویترین آزمایشگاه مدرسه را کامل کنند. ۲. مبحث ماگماتیسم و سنگ‌های آذرین را در قالب نرم‌افزاری دل‌خواه به کلاس ارائه دهند. ۳. معادن سنگ‌های آذرین موجود در استان محل زندگی خود را به کمک اینترنت بیابند و به برخی از موارد کاربرد آن‌ها اشاره کنند. ۴. از طریق منابع اطلاعاتی، سه معدن گرانیت و گابرو را در ایران بیابند (به انجام دو مورد اکتفا شود).	
		منابع: ۱. کانی‌ها و سنگ‌ها، مؤلف دکتر عبدالکریم قریب ۲. مبانی زمین‌شناسی، ترجمه‌ی دکتر رسول اخروی. ۳. سایت www.ngdir.ir	

آینده‌ی علوم زمین در قرن بیست‌ویکم: ذخایر، علوم، صنعت

رقیه اکبر اشرفی
کارشناس ارشد مرکز تحقیقات
سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

چکیده

علوم زمین دانشی است که با هدف برآوردن نیاز بشر به کشف مواد خام و انرژی و نیز درک فرایندهای مرتبط با زمین، به منظور کنترل و کاهش اثرات مخاطرات طبیعی شکل گرفته است. با پیشرفت علم زمین‌شناسی، بر پیچیدگی‌های این علم افزوده شده و به لحاظ تخصصی نیز گسترش بیشتری پیدا کرده است. اما زمین‌شناسان امروزی بیش از گذشته از جامعه فاصله گرفته‌اند. در دهه‌ی ۱۹۹۰ و بعد از آن، زمین‌شناسان با مشکل کاهش تدریجی تأمین سرمایه که منعکس‌کننده‌ی ناتوانی جامعه در شناخت ارزش و جایگاه این علم بوده است، چالش‌های بسیاری داشته‌اند و در حال حاضر، وضعیت کنونی آن‌ها خوشایند نیست. چرا که علم زمین‌شناسی از جهات بسیاری می‌تواند با زندگی مدرن امروزی ارتباط تنگاتنگ داشته باشد. اما باوجود گنجینه‌ی بزرگی که از علوم زمین وجود دارد، کار چندانی در زمینه‌ی ایجاد ارتباط آن با جامعه‌ی مدرن انجام نشده است. لذا بقای آن در آینده، به توسعه و پیشرفت سیستم‌ها و نیز تولید محصولاتی بستگی دارد که بتواند نیازهای بشر در قرن بیست‌ویکم را برآورده سازد. نیل به این هدف به ایجاد تغییرات اساسی در فرهنگ جامعه‌ی علوم زمین و نیز پذیرش و کاربرد استانداردهای مناسب، سیستم‌های مدیریت اطلاعات و نیز ابتکارات تازه برای دست‌یابی به توسعه‌ی بیشتر نیاز دارد.

کلید واژه‌ها: علوم زمین، نقشه‌برداری زمین‌شناسی، تأمین سرمایه، ارتباط با جامعه، نیازهای زندگی مدرن، سیستم‌ها و محصولات.

مشکلات پیش‌رو

بسیاری از زمین‌شناسان در جهان پر رمز و راز خود، برای تهیه‌ی نقشه‌ها و ارائه‌ی گزارش‌هایی فعالیت می‌کنند که زبان آن‌ها تنها برای متخصصین زمین‌شناس قابل درک است. اما متأسفانه، در جهانی که مملو از اطلاعات گسترده، دقیق و پویاست، کاربرد و ارتباط آن‌ها رو به افول است.

علم زمین‌شناسی بر مبنای تأمین نیازهای اجتماعی شکل گرفته است؛ برای مثال، نیاز به کشف مواد خام و منابع انرژی، و نیز درک اصول فرایندهای مرتبط با علوم زمین به منظور کنترل و کاهش اثر مخاطرات طبیعی. دانش زمین‌شناسی توانسته است، به پرسش‌های متداول پاسخ دهد و ارتباط این علم و ارزش آن را برای اکثریت جامعه مشخص سازد. با پیشرفت علم زمین‌شناسی، بر پیچیدگی‌های این علم افزوده شده و به لحاظ تخصصی نیز گسترش بیشتری پیدا کرده است.

متخصصان غالباً با مسائل زمین‌شناسی پیچیده‌ای مواجه می‌شوند که تنها با کمک اطلاعات دوبعدی موجود قابل حل هستند. به علاوه، پیچیدگی و ابهام‌های آن‌ها نیز با شیوه‌های زبانی و ارتباطی که روزبه‌روز گسترش بیشتری می‌یابند، بیان می‌شوند. اختلاف در عقاید علمی، غالباً به تفاوت‌های منطقه‌ای به لحاظ نوع واژگان علمی مربوط می‌شود. در حالی که دانشمندان منطقه‌ای، ظرافت و لطافت خاصی را برای زبان زمین‌شناسی قائل هستند، به سادگی ممکن است برای دانشمندان خارج از این منطقه، زبان آن‌ها پیچیده و متناقض به‌نظر آید.

متأسفانه، زمین‌شناسان به جای آن‌که در صدد حل این مشکل برآیند، روزبه‌روز منزوی‌تر می‌شوند و از محیط جامعه فاصله می‌گیرند. به‌طوری که به جای فعالیت در عرصه‌های گسترده‌تر، در محدوده‌های منطقه‌ای خود فعالیت می‌کند. متخصصان زمین‌شناس به‌طور خاص افرادی خلاق هستند و از دنیای پر رمز و رازی که در آن هستند، لذت می‌برند. اما کمتر می‌کوشند تا آن را به سایرین نیز انتقال دهند. این مسئله موجب شده است، بشتر از جامعه‌ی خود فاصله بگیرند.

حرکت به سوی آینده

تنها تهیه‌ی اطلاعات و تأمین خدمات نمی‌تواند کافی باشد و می‌باید شیوه‌های مناسبی برای ارائه‌ی خدمات ایجاد شوند، به‌طوری که عموم بتوانند دست‌رسی سریعی به اطلاعات مورد نیاز به شکل معقول داشته باشند. روشن است، نقشه‌ها و گزارش‌های زمین‌شناسی که در گذشته منتشر شده‌اند، نمی‌توانند نیازهای امروز را برطرف سازند. اکثر اوقات، دانش موجود در مورد علوم زمین، به دلیل بی‌اطلاعی کاربران از وجود آن‌ها، بلااستفاده می‌مانند. زیرا یا امکان دست‌رسی سریع به اطلاعات آن‌هم به شکل قابل استفاده وجود ندارد یا در عین برخورداری از سطح کیفی بالا، حجم آن‌ها چندان زیاد نیست. اطلاعات علوم زمین و یافته‌های حاصل ازآن می‌باید به شیوه‌ای شفاف و واضح و نیز مختصر و فشرده ارائه شوند. در قرن بیست‌ویکم، ساکنان زمین برای کسب اطلاعات به اینترنت روی آورده‌اند چرا که با کمک آن می‌توانند، حجم زیادی از اطلاعات به‌روز شده را برای تأمین نیازهای خاص خود جمع‌آوری کنند.

مدیریت اطلاعات

نظام‌های مدیریت اطلاعاتی (IM) علوم زمین که برای دست‌یابی به نتایج یا داده‌های مجزا طراحی شده‌اند، نمی‌توانند نیازهای جدید امروزی را براورده سازند. لذا لازم است مجدداً از نو طراحی شوند. با تجزیه و تحلیل نظام‌های اطلاعاتی موجود، کارشناسان به این نتیجه رسیده‌اند که هرچند اجرای نظام‌های اطلاعاتی در برخی واحدها به شیوه‌ای بسیار مدرن انجام می‌شود، در سطح عادی، این نظام‌های غالباً نامناسب هستند و یکپارچه‌سازی و تکمیل داده‌ها با مشکلاتی روبه‌روست.

برای حل این مشکل، می‌توان نوعی راهبرد IM واحد ایجاد کرد که بر مبنای توسعه‌ی یک سلسله سیاست‌ها، طرح‌ها و استانداردهای یکپارچه و منسجم شکل گرفته باشد. در حقیقت، هدف ایجاد زیرساختار اطلاعاتی ثابتی است که بتواند تسهیل کننده‌ی روال یکپارچه‌سازی اطلاعات به منظور حمایت و پشتیبانی از نظام‌های اطلاعاتی آنلاینی باشد که توسط بخش‌های دولتی و خصوصی ارائه می‌شوند. لازم است برای هر برنامه‌ی جدید مطرح شده، یک طرح IM پایه‌گذاری شود که با راهبرد IM واحد سازگار و قابل پذیرش باشد. البته سرمایه گذاری‌های دیگری نیز در حال حاضر در زمینه‌ی دیجیتالیزه‌سازی نقشه‌ها و گزارش‌هایی که در گذشته تهیه شده‌اند، در حال انجام است.

استانداردهای علوم زمین

برای آن‌که از این سرمایه‌گذاری‌های بیشترین منافع حاصل شود، مسئله‌ی حائز اهمیت اجرای استانداردهای مشخص خصوصاً مرتبط با زبان علمی است. لغت‌نامه‌های علوم زمین به‌طور مرسوم برای برآوردن نیازهای علمی مرتبط، بدون هرگونه نگرانی در رابطه با پیامدهای تبادل و یکپارچه‌سازی داده‌های اطلاعاتی، شکل گرفته و توسعه پیدا کرده‌اند. به منظور ایجاد این استانداردها لازم است استانداردهای مرکزی و هسته‌ای به‌گونه‌ای که به سهولت قابل درک باشند، تهیه شوند و بدین‌ترتیب، از گرایش متخصصان زمین‌شناس به تلاش‌های بی‌نتیجه برای دست‌یابی به استانداردهای پیچیده و دشوار جلوگیری شود. می‌توان گفت این استانداردها تا حد زیادی توانسته‌اند نیازهای افراد غیرمتخصص به اطلاعات علوم زمین و نیز ۸۰ درصد نیاز نیروهای متخصص را براورده سازند. بنابراین، تشکیل کمیته‌ی بین‌المللی استانداردهای نقشه‌برداری دیجیتالی زمین (ICEDMAS) می‌تواند بهترین گزینه برای ایجاد روابط کاری نزدیک بین دانشمندان بین‌المللی با تجارب حرفه‌ای متفاوت در زمینه‌ی علوم زمین باشد. دانش‌های حال حاضر که با استفاده از چارچوب‌های استاندارد موجود به شکل واحد درآمده و توسط

ابزارهای کارتوگرافی ترکیب شده‌اند، می‌توانند به پیشرفت جامعه‌ی بشری در سطح جهانی و ملی کمک کنند.

جست‌وجو، تجسم‌سازی و دست‌رسی به اطلاعات

حتی اگر مدیریت اطلاعات به خوبی انجام شود، دانش علوم زمین تنها زمانی ارزشمند خواهد بود که به سهولت یافته شود و قابل دست‌رس باشد. موتورهای جست‌وجوگر آنلاین و کاتالوگ‌های «متادیتا»ی[1] دیجیتالی علوم زمین از ابزارهای مناسب برای یافتن اطلاعات هستند و کسب استانداردهای ISO (سازمان استاندارد بین‌المللی) مربوط به متادیتا و کاتولوگ‌های آنلاین نیز تضمین‌کننده‌ی سازش‌پذیری گسترده‌ی آن‌هاست.

پس از جمع‌آوری داده‌های علوم زمین از طریق شبکه‌ی آنلاین، مراحل بعدی عموماً شامل تجسم‌سازی و ایجاد امکان دست‌رسی به این اطلاعات است. مجدداً تأکید می‌شود که مطابقت با استانداردهای بین‌المللی در این زمینه بسیار حائز اهمیت است و در این مورد، استانداردهایی چون «OGC»[2] برای مثال، «خدمات نقشه‌برداری تحت وب»[3] از جمله استانداردهای بین‌المللی مطرح شده هستند.

محصولاتی برای استفاده‌ی کاربران غیر مرسوم

کاربرد سیستم‌های آنلاین جست‌وجو و دست‌رسی به اطلاعات برای کاربران متخصصی ایده‌آل است که دقیقاً می‌دانند دنبال چه هستند و از دانش واژگان علوم زمین در سطح مناسبی برخوردارند. متأسفانه، تنها یک درصد از کاربران، از نحوه‌ی استفاده از اطلاعاتی که می‌باید به جست‌وجوی آن‌ها بپردازند، آگاهی دارند. بقیه، یعنی ۹۹ درصد آن‌ها قادر نیستند، به نحو مطلوب و مؤثری از داده‌های علوم زمین استفاده کنند.

بنابراین لازم است فعالیت‌ها و اقدامات بیشتری برای طراحی و توسعه‌ی سیستم‌ها و محصولاتی انجام شود که با کمک آن‌ها بتوان اطلاعات و دانش علوم زمین را به شیوه‌ای قابل درک برای افراد غیر متخصص ارائه کرد. برای مثال، تطبیق سیستم‌های انتقال داده به گونه‌ای که بتواند به نیاز گروه‌های خاص علاقه‌مند پاسخ دهد و قادر به انتقال اطلاعات داده‌ای به شیوه‌ای ساده و در حجم‌های اطلاعاتی بالا باشد.

پوستر و کاتالوگ، نقش بسزایی در آموزش مردم در زمینه‌ی ارتباط علم زمین‌شناسی با زندگی آن‌ها ایفا می‌کنند. به این منظور، می‌توان یک سلسله از پوسترهای زمین‌شناسی شهری برای ساکنین شهر تهیه کرد که نشان دهنده‌ی ارتباط فرایندهای زمین‌شناسی و تأثیر آن بر زندگی بشر باشند. هم‌چنین می‌توان پوسترهایی نیز در رابطه با تغییرات آب‌وهوایی که معرف ارتباط بین علوم زمین و گرم شدن جهانی زمین باشند، برای افزایش سطح آگاهی افراد جامعه ارائه کرد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهند، فعالیت‌هایی که در این زمینه در برخی کشورها انجام گرفته‌اند، بسیار موفق بوده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحقیقات علوم زمین، هنوز حجم زیادی از اطلاعات موجودات که پردازش نشده‌اند و یا می‌باید بر اساس دانش جدید مجدداً پردازش شوند. هم‌چنین لازم است، پایگاه داده‌ی علوم زمین با لینک‌ها و الگوریتم‌های مرتبط ایجاد شود که امکان تکمیل آن‌ها با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده از دسترسی مستقیم به منطقه، پردازش اولیه‌ی نقشه‌های پایه، و نیز تجسم سازی اطلاعات پایگاه داده در اشکال موضوعی و نیز از جنبه‌های کاربردی متفاوت میسر باشد. طبقه‌بندی و پیش پردازش محتوای اطلاعات پایگاه داده‌های علوم زمین، و نیز تجسم‌سازی آن‌ها می‌باید بر اساس چارچوبی کلی ازاستانداردها انجام گیرد که برای متخصصان علوم زمین و هم‌چنین عموم مردم قابل استفاده باشد.

پی‌نوشت

1 .Metadata
2 .Open GIS Consortium
3 .web Mapping Service

منابع

1 .Broome ,John ,The future of geosciences in the21 st century, 2004, Earth Sciences Sector, Natural Resources Canada, Ottawa, Ontario, Canada, KIA 0E8.
2. David R. Soller, Thomas M. Berg., The national geological map database project: Overview and progress, 2005.
3. Http://www.nrcan.gc.ca
4. http://cgkn.net
5. www.usgs.gov

گفت‌وگو

در فرصت‌های مناسب از روش فعال استفاده می‌کردم

پای صحبت مهندس علی‌اصغر خسروجردی

گفت‌وگو: حسینعلی چهارنایی

سرگروه هسته تخصصی زمین‌شناسی گروه‌های آموزشی
سازمان آموزش‌وپرورش استان گلستان

❍ چه‌طور شد که به زمین‌شناسی علاقه‌مند شدید؟

● وضع این رشته در گذشته با امروز فرق می‌کرد. معادن عظیم و دست‌نخورده و لزوم استفاده از آن‌ها سبب شد که نیاز به متخصصان این رشته به شدت احساس شود. برای تحصیل زمین‌شناسی، به اطلاعات قوی در ریاضی، فیزیک و شیمی نیاز است. لذا در کنکور سراسری اجباراً زمین‌شناسی انتخاب اول یا دوم هر داوطلب بود و داوطلب مجاز نبود این رشته را در انتخاب‌های بعدی یا اولویت آخر قرار دهد. بنابراین، بهترین‌ها در رشته‌ی زمین‌شناسی پذیرفته می‌شدند. بعداً کاهش ضریب زمین‌شناسی در کنکور سراسری اهمیت این درس را از دید دانش‌آموزان کاهش داد.

در سال ۱۳۷۹ در کنکور دوره‌ی فوق‌لیسانس شرکت کردم و در «پژوهشکده‌ی علوم زمین» (سازمان زمین‌شناسی ایران) قبول شدم. در آن موقع ۴۵ سال داشتم و شاید در این درس، برای تحصیل سن و سال مطرح نباشد. از استادان خوب خود برای بالا بردن سطح اطلاعاتم کمال استفاده را بردم. برای پایان‌نامه معتقد بودم که باید جای سخت و استاد سخت‌گیر انتخاب کرد تا انسان در رشته‌ی خود به ورزیدگی دست پیدا کند. روزهای سخت زندگی من همیشه بهترین خاطرات را نیز برایم به همراه داشته‌اند.

روش تدریس شما چگونه بود؟

من معلمی را هنگامی شروع کردم که روش سنتی تدریس بر جو کلاس‌ها حاکم بود. با این حال بسیار علاقه‌مند بودم که همیشه در تدریسم، تازگی و ابتکارات جدید وجود داشته باشد. بنابراین در فرصت‌های مناسب، از خلاقیت‌های متفاوت استفاده می‌کردم. شعرهایی درباره‌ی زمین سروده بودم که برایشان می‌خواندم. گاهی هم اشعاری از شاعران قدیم را درباره‌ی افلاک و ستارگان، برایشان قرائت می‌کردم. جدول‌هایی هم طراحی می‌کردم که موضوع آن در رابطه با درس همان روز زمین‌شناسی بود. این کارها سبب پرورش ذوق و بروز استعدادهای دانش‌آموز می‌شد و توجهشان را به درس زمین‌شناسی بر می‌انگیخت. با این روش، بسیاری از اصطلاحات را به خوبی خوب متوجه می‌شدند. برای شاگردان کلاس‌هایم سنگ و کانی می‌بردم، به‌طوری که سنگینی وسایلم، گاهی مایه‌ی تعجب همکاران رشته‌های دیگر می‌شد. برنامه‌ی گردش علمی با

دانش‌آموزان هم معمولاً در برنامه‌ی کارم بود.

از سال ۱۳۸۰ به‌بعد کم‌کم روش‌های فعال تدریس در آموزشگاه‌ها رونق گرفت و در فرصت‌های مناسب از روش فعال در کلاس درس استفاده می‌کردم. از آزمایشگاه مدرسه برای تدریس تشخیص کانی‌ها کمک می‌گرفتم و از محیط مدرسه برای آزمایش‌هایی مانند تعیین زاویه‌ی آفتاب و زاویه‌ی سایه و نظایر آن بهره می‌جستم. یکی از کارهای دیگرم، ابداع کارنامه‌ی ماهانه‌ی زمین‌شناسی و اجرای آن بود که برای بعضی کلاس‌هایم انجام دادم. پر کردن کارنامه در هر ماه برای هر دانش‌آموز چنان وقتم را می‌گرفت که هنگام زنگ تفریح فرصت خوردن چای را از دستم می‌دادم و در منزل هم وقت زیادی روی آن صرف می‌کردم.

❍ لطفاً در مورد کارنامه‌ی زمین‌شناسی توضیح بیشتری بدهید؟

● دراین کارنامه، علاوه بر درج نمراتِ پرسش‌های کلاسی، امتحانی و تست، نتیجه‌ی تمام فعالیت‌های دانش‌آموز اعم از پاسخ به تمرین‌ها و سؤال‌ها و شرکت فعال در فرایند یادگیری در کلاس، در طول یک ماه، به صورت کمّی و کیفی در نظر گرفته می‌شد و به نظر مدیر و ولی دانش‌آموز نیز می‌رسید.

❍ نظر شما درباره‌ی روش‌های فعال تدریس چیست؟

● فکر می‌کنم در سال‌های آینده، اگر دبیری از الگوهای روش‌های نوین تدریس استفاده نکند، حتی اگر در رشته‌ی خود بسیار توانمند باشد، نمی‌تواند کلاس خوبی را برگزار کند. حالا دیگر پیش رفتن با روش تدریس معلم محوری و سنتی، هم سخت است و هم نتیجه‌ی مطلوب را نمی‌دهد. دانش‌آموزان فقط سواد معلم را ارزیابی نمی‌کنند، بلکه توانایی وی را در روش تدریس نیز زیر ذره‌بین قرار می‌دهند. اگر دبیری هرچند توانا،

مهندس علی‌اصغر خسروجردی در یک نگاه

مهندس علی‌اصغر خسروجردی سرگروه بازنشسته هسته تخصصی زمین‌شناسی گروه‌های آموزشی سازمان آموزش‌وپرورش استان گلستان متولد ۱۳۳۴ در شهر سبزوار می‌باشد. به‌خاطر حرفه‌ی پدرش در شهرهای متفاوتی اقامت داشته. دوره‌ی دبستان را در شهر قوچان و دبیرستان را در شهر بجنورد گذرانده و در سال ۱۳۵۳ در دانشگاه تهران برای تحصیل در رشته‌ی زمین‌شناسی پذیرفته شد. در سال ۱۳۵۸ فارغ‌التحصیل شد و سپس با درجه‌ی افسری به همراه تیپ گرگان، به جبهه‌های دفاع مقدس رفت. در سال ۱۳۶۱ به استخدام آموزش‌وپرورش درآمد و در شهر «گمیشان»، از شهرهای ترکمن‌نشین حاشیه‌ی دریای خزر، به کار تدریس زمین‌شناسی مشغول شد. مدتی نیز در شهرستان‌های آق‌قلا و علی‌آباد تدریس کرد و در نهایت به گرگان منتقل شد.

در بازدید میدانی از گل‌فشان گمیشان گلستان

در جمع دانش‌آموزان دره زردق آزادشهر گلستان

منحصراً با روش سنتی به کلاس وارد شود، آن‌ها فکر می‌کنند که حرفی برای گفتن ندارد. زیرا دانش‌آموزان برای آموختن و فراگیری دروس منتظر بروز ایده‌های نو و خلاقیت‌های جدید از دبیران خود هستند. ما اگر از کسی توقع خلاقیت داریم، باید اول خودمان چشمه‌ای از آن را نشان دهیم و اندیشه‌ی او را به سمت بروز خلاقیت سوق دهیم. دایره‌ی تفکر دانش‌آموزان در حال گریز از فراگیری به روش‌های سنتی است و استفاده از روش‌های فعال، ما را در مرکز چشم‌انداز وسیعی از پیشرفت‌های آموزشی قرار می‌دهد که هم برای دبیران و هم برای دانش‌آموزان جذاب و آموزنده است. البته در درس زمین‌شناسی می‌توان بسیاری از مطالب را روی زمین و در بازدیدهای میدانی آموزش داد. ایجاد علاقه‌مندی در دانش‌آموزان، یکی از نتایج این نوع آموزش است.

❍ آیا مقاله، یا کتابی دارید؟

● بله. یک کتاب تست زمین‌شناسی سال سوم و علوم زمین پیش‌دانشگاهی نوشته‌ام که تا کنون هفت بار در سطح کشور تجدید چاپ شده است و در سایت «آدینه‌بوک» هم به صورت اینترنتی به فروش می‌رود. در دو سمینار با ارائه‌ی مقاله شرکت کرده‌ام: سمینار علوم زمین تهران در بهمن ۱۳۸۱ و سمینار آموزش زمین‌شناسی زاهدان در اسفند ۱۳۸۵. چندین مقاله برای «فصل‌نامه‌ی علوم زمین» فرستاده‌ام که اغلب آن‌ها چاپ شده‌اند. در هفته‌نامه‌های استان گلستان مقالاتی درباره‌ی معادن استان دارم. تعدادی از مقالاتم نیز روی سایت‌های اینترنتی قرار دارند.

❍ از فعالیت‌های خودتان در گروه‌های آموزشی برایمان بگویید.

● ابتدا این نکته را عرض کنم که گروه‌های آموزشی، برای پیشبرد اهداف آموزشی، مانند بازوهای پرتوانی عمل می‌کنند. من هفت سال سرگروه زمین‌شناسی شهرستان گرگان بودم. طی این مدت، کلاس‌های آموزش ضمن خدمت زیادی برای دبیران درخواست دادم. البته تعدادی از این کلاس‌ها در شهرستان گرگان، بودجه‌ی خاصی نداشتند و برای تعطیل نشدن دوره و انجام صرفه‌جویی، خودم کارهای مدیر دوره تا پیش خدمت دوره را بدون چشم‌داشت مادی انجام می‌دادم. تهیه‌ی لوازم، مکان، استاد، پذیرایی به تنهایی خیلی سخت بود و وقتم را خیلی می‌گرفت. یک بار هم زخم معده گرفتم که الحمدلله خوب شدم. با امکانات محدودی که داشتیم چند نشریه‌ی علمی ـ آموزشی زمین‌شناسی در شهرستان گرگان برای استفاده‌ی دبیران استان به چاپ رساندیم.

در هسته‌ی تخصصی زمین‌شناسی استان سه سال فعالیت داشتم که دو سال آن را سرگروه بودم. در آن‌جا نیز چند دوره‌ی آموزشی به اتفاق همکار خوب و فعالم، آقای امیری مقدم برگزار کردیم و همان زحمات را متحمل شدیم؛ البته این بار دو نفری. نتیجه‌ی این زحمت‌ها رضایت همکاران بود. از برگزاری کارگاه‌های آموزشی هم به علت تأثیر آن‌ها در امر آموزش، غافل نبودم. از کارهای خوب دیگری که در هسته‌ی تخصصی صورت گرفت، انجام برنامه‌ی بازدید میدانی به صورت ماهانه بود. بر اساس این برنامه، در اولین جمعه‌ی هر ماه، از یکی از مناطق دیدنی استان که از نظر زمین‌شناسی مناسب بود، به همراه دبیران زمین‌شناسی استان بازدید می‌کردیم. برنامه‌ریزی برای مکان و زمان بازدید، ساعت حرکت و محل تجمع را اول سال تنظیم می‌کردیم و به تمام شهرستان‌ها می‌فرستادیم. و هماهنگی‌های لازم با شرکت کنندگان را چند روز قبل از حرکت انجام می‌دادیم. در مجموع، روزهای پرکاری داشتیم که نتیجه‌ی آن، بالا رفتن توانایی علمی دبیران، فراهم آمدن فرصت برای بحث‌های علمی و برجای ماندن خاطرات خوبی بود. تشکیل «انجمن علمی ـ آموزشی زمین‌شناسی» استان نیز از فعالیت‌های دیگری بود که با پشتیبانی دوستان توانا و علاقه‌مند آن را پی‌گیری کردم و به نتیجه رسید. من در مهر ۱۳۸۸ بازنشسته شدم و اکنون مسئولیت هسته‌ی تخصصی زمین‌شناسی به عهده‌ی همکار ارجمند و پرتوان، جناب آقای **چهارنایی** است. ضمناً، تلاش‌های سرگروه قبلی استان، آقای **قزلسفلو** در مینودشت نیز فراموش شدنی نخواهد بود.

زمین
چه می‌نازی به کوته زندگانی؟
مرا بنگر که باشم در جوانی
بود سنم چهارونیم میلیارد
که بگذشته است این ایام چون باد
جوانم من هنوز و پر غرورم
زمینم، با نشاط و پر سرورم
بزرگم، گِردم و گردنده هستم
به دور خویشتن چرخنده هستم
نمایانم رخم بر مهر شیدا

شب و روز آید از این روی پیدا
مدارم هست بعد از تیر و ناهید
تمایل اندکی دارم به خورشید
از این کج محور من می‌شود راست
هر آنچ از اعتدال و سرد و گرماست
کسوف آن‌گاه بنماید به من چهر
چو ماه من دریغش آید از مهر
چو باشم بین خورشید و رخِ ماه
بیفتد سایه‌ام بر ماه آن‌گاه
خسوف آید پدید و ماه گیرد
ز دریا مد در این هنگام خیزد
اگرچه صد صفا بر چهره دارم
درونم آتش سوزنده دارم
مرا بس قله‌ی آتش فشان است
که از قلبی پر از آتش نشان است
به‌جایی گر زمین را لرزه افتاد
ز نیروی فراوانم خبر داد
تعلّق بر همه جان‌دار دارم
پلانکتون تا که پستان‌دار دارم
همه موجود را حق حیات است
چه انسان یا که حیوان یا نبات است
مکن آلوده این آب و هوا را
طبیعت را، محیط با صفا را
که از آلودگی خیزد زیان‌ها
بیفتد عاقبت در رنج جان‌ها
بلاهای طبیعی در کمین است
گه آموزش علم زمین است
به دل پس گوهر دانایی افکن
به دست آری گهرها از دل من

▲ در جمع دبیران زمین‌شناسی استان گلستان

▼ مراسم تجلیل از مهندس علی اصغر خسروجردی توسط رییس سازمان آموزش و پرورش، عیسی پایین محلی، در جمع دبیران زمین شناسی استان گلستان

کارنامه‌ی زمین‌شناسی دانش آموزان سوم تجربی
دخترانه‌ی نمونه‌ی قندهاری در ماه مهر

نام و نام خانوادگی: فهیمه آزاد راه
میانگین نمرات پرسش‌های کلاسی ۸
کلیه نمرات از ده نمره است
میانگین نمرات امتحانی ۸
نمره تست ـ
نمره تست کنکور (با تأثیر مثبت) ـ
تمرینات و فعالیت‌هایی که باید در منزل انجام شود.
انجام نداده انجام با تأخیر انجام داده×
کیفیت پاسخ به سؤالات، تمرینات و فعالیت‌هایی که باید در منزل انجام شود.
متوسط خوب× عالی
فرایند فراگیری در کلاس (شامل دقت پیرامون مطالب درس، خلاقیت، کوشش در حل مسائل و پاسخ سؤالات مطرح شده در کلاس)
متوسط× خوب عالی
امضای دبیر امضای مدیر امضای ولی

کارنامه‌ی زمین‌شناسی دانش آموزان سوم تجربی
دخترانه‌ی نمونه‌ی قندهاری در ماه آبان

نام و نام خانوادگی: فهیمه آزاد راه
میانگین نمرات پرسش‌های کلاسی ۱۰
میانگین نمرات امتحانی ۹/۲۵
نمره تست ۹
نمره تست کنکور (با تأثیر مثبت) در آذرماه انجام خواهد شد
تمرینات و فعالیت‌هایی که باید در منزل انجام شود.
انجام نداده انجام با تأخیر انجام داده×
کیفیت پاسخ به سؤالات، تمرینات و فعالیت‌هایی که باید در منزل انجام شود.
متوسط خوب عالی×
فرایند فراگیری در کلاس (شامل دقت پیرامون مطالب درس، خلاقیت، کوشش در حل مسائل و پاسخ سؤالات مطرح شده در کلاس)
متوسط خوب× عالی
امضای دبیر امضای مدیر امضای ولی

سیزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسان ایران
و گزارش بیست‌وهفتمین گردهمایی علوم زمین

همایش‌ها، گردهمایی‌ها، کنفرانس‌ها و سمپوزیوم‌ها در هر زمینه که باشند اهداف خاصی را دنبال می‌کنند، ولی در فرجام همگی در یک هدف که همانا تبادل دانسته‌ها و دستیابی به یافته‌های جدید و به‌کارگیری آن‌ها در موارد مختلف می‌باشد اشتراک دارند. همه ساله تعداد بی‌شماری همایش در سراسر دنیا برگزار می‌شود که در آن‌ها و کارشناسان و دانش آموختگان رشته‌های مختلف علوم، یافته‌های خود را در معرض دید و قضاوت صاحب‌نظران قرار می‌دهند و با بهره‌گیری از نظریات و پیشنهادهای دیگران و به‌کارگیری نتایج آن‌ها، رشد علمی ـ فنی و اقتصادی جامعه‌ی خود می‌افزایند.

از حدود ۲۷ سال پیش تا به‌امروز که سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور اقدام برگزاری گردهمایی‌های سالانه‌ی علوم زمین نموده، نتایج مطلوبی از آن‌ها حاصل شده که در چند کلام می‌توان آن را خلاصه نمود.

ـ در سال‌های ابتدای این گردهمایی‌ها تعداد مقالات دریافتی از دانش‌آموختگان علوم زمین به زحمت به ۴۰ تا ۵۰ مورد می‌رسید ولی در گردهمایی امسال آمار مقالات دریافتی به ۸۶۱ مقاله رسیده بود، و این یعنی رشدی در حدود ۲۰ برابر، که واقعاً قابل تعمق است.

ـ با تشکیل «انجمن زمین‌شناسی ایران» این انجمن نیز از حدود ۱۳-۱۲ سال پیش اقدام به برگزاری همایش‌های سالانه‌ی علوم زمین نموده و با تعدادی مقاله که آن‌هم منزلت خاص خودش را داشته، امسال با توافق‌ها و تعامل‌های انجام شده‌ی قبلی بین مسئولین برگزاری گردهمایی و انجمن زمین‌شناسی به‌صورت یک‌جا و در یک زمان و مکان انجام شد که این نیز در جای خود قابل بحث و امیدواری به هماهنگی‌های آینده این گردهمایی‌ها با نتایج مطلوب‌تر می‌باشد.

ـ در گذشته چیزی به اسم گروه‌های کاری (Work shop) و یا نمایشگاه دستاوردهای علوم زمین وجود نداشت، ولی از حدود ۱۰ سال پیش به این‌سو این نمایشگاه‌ها هر ساله دایر می‌شوند که این خود نوعی اطلاع‌رسانی مهمی می‌باشد و بدین‌وسیله شرکت

کنندگان در گردهمایی‌ها از وجود شرکت‌ها و مؤسسات فعال در زمینه‌های علوم زمین آگاهی می‌یابند.

ـ نمایش فیلم از پدیده‌های گوناگون زمین‌شناسی، همراه با رونمایی اولین اطلس توانمندی‌های ژئوپارک، که با همت آقای امری کاظمی کارشناس سازمان زمین‌شناسی تهیه و تدوین شده بود از شاخصه‌های برجسته‌ی این گردهمایی در سال‌های اخیر است.

ـ تقدیر و سپاس از دانش آموختگان پیشگام در علوم زمین

انتخاب کتاب سال، زمین‌شناس سال، برترین ترجمه‌ی سال و بالاخره گزینش نقشه‌های برتر زمین‌شناسی و دانشجوی برتر سال از دیگر ویژگی‌های با ارزش این گردهمایی‌هایی بود که بعضی موارد آن برای نخستین‌بار صورت گرفت.

ـ مقالات در زمینه‌های مختلف علوم زمین شامل زمین‌شناسی مهندسی،چینه‌شناسی،فسیل‌شناسی،رسوب‌شناسی،زمین‌شناسی دریایی، ژئوفیزیک، تکتونیک و لرزه‌مین ساخت، سنگ‌شناسی، دورسنجی، GIS، زیست‌محیطی،

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

با مجله‌های رشد آشنا شوید

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

مجله‌های عمومی دانش‌آموزی

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

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

مجله‌های عمومی بزرگسال

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

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

مجله‌های اختصاصی

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

رشد برهان راهنمایی (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دوره‌ی راهنمایی تحصیلی)، رشد برهان متوسطه (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه و پیش دانشگاهی)، 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 زمین شناسی، رشد آموزش فنی و حرفه‌ای، رشد آموزش پیش دبستانی

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

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

نمابر: ۸۸۳۰۱۴۷۸ـ۰۲۱

تلفن: ۸۸۸۴۹۰۹۹ـ۰۲۱

E _ mail:info@roshdmag.ir www.roshdmag.ir

کانه آرایی و فرآوری، زمین‌شناسی نفت و بعضی موضوعات اختصاصی دیگر، دارای تنوع و جذابیت‌های چشمگیری بودند. به‌هرحال آنچه که امسال به عنوان بیست‌وهفتمین گردهمایی علوم زمین و سیزدهمین همایش زمین‌شناسی ایران برگزار شد امیدهای فراوانی در دل علاقه‌مندان علوم زمین به‌وجود آورد که قابل تقدیر و تقدیس است.

ـ همایش با سخنان آقای جمشید مجیدی دبیر همایش بدین‌گونه آغاز شد که:

بدون تردید در سالیان اخیر در عرصه‌ی علم و دانش ایران زمین، در بخش زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، شاهد دستاوردهای ارزشمند و نوینی هستیم که حاصل زحمات بی‌وقفه‌ی اندیشمندان و متفکران والامقام بوده است. در ادامه نامبرده از سامان‌بخشی پژوهش‌ها از طریق انتقال این دستاورد در نشست‌های سالانه سخن گفت و در پایان آمار تعداد مقالات رسیده (۸۶۱ مورد) را اعلام نمود که از میان آن‌ها، بعد از داوری‌های تخصصی، ۵۱۹ مقاله برای ارائه در همایش برگزیده شده بود. از این تعداد ۱۸۰ تای آن‌ها به‌صورت ارایه‌ی شفاهی و ۳۳۹ مقاله پوستری بوده‌اند.

ـ اختتامیه‌ی همایش با حضور و سخنرانی جالب آقای علی‌اکبر محرابیان، وزیر محترم صنایع و معادن، برگزار شد. آقای وزیر ضمن قدردانی از زحمات دست‌اندرکاران برگزاری همایش از پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه‌ی علوم زمین در کشور تقدیر نمود و یادآور شدند که این پیشرفت‌ها توجه کشورهای عضو اکو و امریکای جنوبی و مرکزی را نیز جلب نموده به گونه‌ای که مسئولین کشورهای مزبور اظهار تمایل به همکاری‌هایی را با ایران نموده و آماده‌اند که از تجربیات کارشناسان ایرانی، در زمینه‌های مختلف علوم زمین بهره‌گیری نمایند.

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

برگ اشتراک مجله های رشد

شرایط:

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

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

- **نام مجله های درخواستی :**

.....

.....

.....

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

استان: ..... شهرستان: .....

خیابان: .....

پلاک: ..... کدپستی: .....

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

امضا:

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

یادآوری:

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