



آموزش
رشد

۵۸

زمین شناسی

آموزشی، تحلیلی و اطلاع رسانی
دوره‌ی پانزدهم، شماره‌ی ۱، پاییز ۱۳۸۸
ISSN: 1735-4838



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

• مدیر مسئول: محمد ناصری

• سردبیر: مصطفی شهبازی

• مدیر داخلی: مریم عابدینی

• هیئت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):

سید علی آقاباتی، محمد حسن بازو بندی،
فرخ برزگر، سپیلا بوذری، مریم پیش بین،
جیانبخش دانشیان، مریم عابدینی، مازیار نظری

• ویراستار: بهروز راستانی

• طراح گرافیک: میترا چرخیان

سخن سردبیر	۲
زمین لرزه‌ی ونچوان چین و حرکت پوسته به سمت شرق فلات تبت	۴
زمین شناسی و توان معدنی استان خوزستان	۱۴
اندازه گیری تشعشعات الکترو مغناطیسی و پیش بینی زمین لرزه	۱۸
نگاهی کلی به انواع کانسارهای آهن و	۲۵
تداخل سنجی راداری زمینی، اندازه گیری نرخ جابه جایی و اعلام	۳۰
ارزش فسیل ها در ادبیات عامیانه	۳۴
انقراض دایناسورها نتیجه برخورد شخانه	۴۶
انرژی های فنا پذیر و لزوم جای گزینی آن ها	۴۸
گفت و گو	۵۷
پرسش های دومین المپیاد علوم زمین	۵۹

• مجله‌ی رشد آموزش زمین شناسی، پذیرای مقالات پژوهشی- کاربردی استادان محترم دانشگاه‌ها و دانشکده‌های زمین شناسی، زمین شناسان، مدرسان، دبیران گرامی و صاحب نظران علوم زمین است. • مقالات ارسالی باید در راستای هدف‌های مجله و مرتبط با ساختار برنامه‌ی آموزش و پدیده‌های زمین شناسی ایران باشند، اولویت داده می‌شود. • مقالات ارسالی باید با معیارهای تحقیق و پژوهش‌های مطرح شده در کتاب‌های درسی وزارت آموزش و پرورش هماهنگی داشته باشند (ارجاع دقیق، استفاده از منابع دست اول، رعایت اصول تحقیق و پژوهش و...). • مقالات باید حروف چینی شده و یا با خط خوانا روی کاغذ A4 و با فاصله‌ی مناسب بین سطرها و بدون خط خوردگی، با رعایت حاشیه‌بندی مناسب نوشته شوند. • حجم مقالات حداکثر ۱۰ صفحه دست‌نویس باشد. • تصویر، عکس، نمودار یا جدول مورد نیاز 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 صفحه‌های 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. • معرفی نامیه‌ی کوتاهی از نویسنده یا مترجم همراه یک قطعه عکس، عنوان و آثار وی پیوست باشد. • آرای مندرج در مقالات، بیانگر نظر مجله نیست و نویسنده مسئول هر گونه پاسخگویی به آن است. • فصلنامه‌ی رشد آموزش زمین شناسی 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:

ساخت مخروط در مخروط، یک ساخت دیانازی در رسوبات، به ویژه در شیل‌هایی است که حاوی مقادیری کانی‌های کربناته هستند. این گونه ساخت‌ها بیشتر در کتکرسین‌های آهکی موجود در شیل‌ها مشاهده می‌شوند. چگونگی شکل‌گیری این ساخت‌ها همواره مورد گفت‌وگوی زمین‌شناسان بوده است. برخی معتقدند که به‌دلیل رشد کلسیت فیبری شکل در اثر فشار ناشی از وزن رسوبات فوقانی در هنگام دیانازی دفنی، و یا فشار ناشی از رشد کتکرسین‌ها به‌وجود آمده‌اند. بعضی از زمین‌شناسان نیز عقیده دارند که این ساخت‌ها در اثر رشد موجی شکل بلورها در زمان دیانازی تشکیل شده‌اند.

عکس از مهندس امیرمحمد جمالی کارشناس زمین‌شناسی مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران

• نشانی دفتر مجله: تهران، صندوق پستی ۶۵۸۵-۱۵۸۷۵ تهران - ایران
• دورنگار: ۰۲۱-۸۸۳۱۴۷۸-۰۲۱ تلفن امور مشترکین: ۰۲۱-۷۷۳۳۶۶۵۶
• تلفن دفتر مجله: ۰۲۱-۸۸۳۱۴۷۸-۰۲۱ (داخلی ۳۷۴) شمارگان: ۹۰۰۰ نسخه چاپ: شش کت افسست (سهامی عام) • شماره‌ی پیام‌گیر نشریات رشد: ۰۲۱-۸۸۳۱۴۷۸-۰۲۱
• مدیر مسئول: ۰۲۱-۸۸۳۱۴۷۸-۰۲۱ شماره‌ی پیام‌گیر نشریات رشد: ۰۲۱-۸۸۳۱۴۷۸-۰۲۱

سخن‌سرپر

۱. مدیر داخلی فصل نامه، پس از مراجعت از اهواز، محل برگزاری «همایش سالانه ی انجمن زمین شناسان ایران»، خبرهای خوبی به همراه آورده بود. این که بیش از ۹۰۰ مقاله برای این همایش ارسال شده بود، رکوردی قابل تحسین است. زمین شناس نمونه ی سال (دکتر فریدمُر) نیز برگزیده شد که جای بسیار خوش وقتی است. ولی این که از مهندس محمد حسن نبوی، به عنوان یکی از پیشگامان زمین شناسی ایران تجلیل به عمل آمد، هم جای بسی خوش حالی و هم جای شگفتی همراه با افسوس دارد.

خوش حالی از این که بالاخره به قول معروف «نمردیم و دیدیم از یک زمین شناس ایرانی در جامعه مان یاد شد و از بیش از ۴۰ سال خدمتش به زمین شناسی مملکت تجلیل به عمل آمد. این کار بسیار پسندیده و جای امیدواری است که در آینده تکرار شود». ان شاء الله. و اما جای شگفتی و افسوس دارد که چرا تاکنون به این فکر نیفتاده بودیم، در حالی که همه ساله از چوپان نمونه گرفته تا استادان رشته های متفاوت علوم و هنر، مخترعین و مکتشفین، کارگران نمونه، کارمندان نمونه، صنعتگران نمونه و هزاران نمونه ی دیگر به عنوان «چهره های ماندگار» به گونه ای و در مراسم گوناگون تشویق و تجلیل می شود، آیا چهره های برجسته ای چون شادروانان دکتر سحابی، دکتر قریب، مهندس خادم، دکتر بزرگ نیا و... نمی توانستند از چهره های ماندگار علوم زمین ایران باشند و از خدمات آن ها در حداهدای یک شاخه گل تقدیر شود؟ حال جوایزی چون ماشین های سواری و لوح های تقدیر بلورین و زرین و... پیشکش.

تاکنون و به مناسبت هایی چندبار در همین سرمقاله (سخن سردبیر) از نادیده گرفتن ارزش های علوم زمین و دانش آموختگان آن سخن گفته شده است و بار دیگر هم مجبورم تکرار کنم. از زمان اکتشاف و استخراج نفت در این مملکت بیش از یکصد سال (۱۲۸۶ هجری شمسی) می گذرد و ما داریم نان زمین شناسی را می خوریم، ولی نمی دانیم از کجا و به وسیله ی چه کسانی این ماده ی حیاتی (نفت) شناخته می شود و به دست آورده ایم می شنویم و می خوانیم که فلان میلیارد دلار از فروش نفت به دست آورده ایم و تمام مخارج مملکتمان را از آن تأمین می کنیم، ولی نمی دانیم نفت هم یک ماده ی معدنی است که مانند هزاران ماده ی معدنی دیگر، از دل زمین

در میدان‌های نفتی به دست می‌آید و شناسایی این میدان‌ها فقط به وسیله‌ی دانش‌آموختگان علوم زمین صورت می‌گیرد و لاغیر.

در زندگی روزمره، ما از هزاران نوع مصنوعات دارای خاستگاه معدنی استفاده می‌کنیم، ولی نمی‌دانیم ماده‌ی اولیه آن‌ها چیست، خاستگاه آن کجاست و توسط چه کسانی شناسایی و استحصال می‌شود؟ از کارد و چنگال و قاشق آشپزخانه، استکان و نعلبکی، دیگ و سه پایه گرفته تا صنایع عظیم فولاد و مس، خودرو، هواپیما، آب، برق، انرژی و... همه و همه خاستگاه زمینی - معدنی دارند که فقط به وسیله‌ی افراد به خصوصی به نام زمین‌شناس و معدنکار شناخته می‌شود و به دست می‌آید. حال چرا این افراد چنین مورد بی‌مهری هستند، نه کسی علت آن را می‌داند و نه کسی حاضر به پاسخ‌گویی به آن است. به همین دلیل است که تجلیل از نبوی را شگفتی می‌دانیم و از غفلت از بزرگداشت استادان این رشته که در قید حیات نیستند، با افسوس یاد می‌کنیم.

۲. اطلاع یافتیم که امسال هم مانند سال‌های گذشته، «المپیاد جهانی علوم زمین» در کشور تایوان برگزار شد و باز هم ما (یعنی دانش‌آموزان حائز شرایط ما) در این آزمون مهم شرکت نداشتیم و نتوانستیم شایستگی‌های نخبگانمان را مانند سایر رشته‌ها در این رشته نیز به جهانیان ثابت کنیم. در حالی که می‌دانیم، ایرانیان از مستعدترین نسل‌های بشری هستند که در همه‌ی زمینه‌ها آن‌را به منصفی ظهور رسانده‌اند، چرا این توان عظیم بالقوه را ندیده می‌گیریم؟ باز هم همان سؤال‌های سطور بالا مطرح می‌شوند که جواب‌گویی ندارند. امیدواریم با بدعتی که در همایش انجمن زمین‌شناسان در اهواز گذاشته شد، در آینده در سطح کلان از بزرگان و دانش‌آموختگان این رشته از علوم پایه یاد شود؛ ولو با یک «شاخه گل»، ان شاء الله.

والسلام

زمین لرزه ی ونچوان چین و حرکت پوسته به سمت شرق فلات تبت

ترجمه ی: سهیلا بوذری *

اشاره

زمین لرزه ی دوازدهم مه ۲۰۰۸ میلادی «ونچوان»^۱ موجب وارد آمدن آسیب جدی به شهر ونچوان و تخریب شدید شهرهای «ینگزیو»^۲، «بیچوان»^۳ و «کوینگچوان»^۴ شد. در این زمین لرزه که بزرگی آن $M_s=8$ بود، بیش از ۳۰۰ کیلومتر گسیختگی سطحی و حدود ۲/۵ تا ۴ متر جابه جایی عمودی در طول ساختار گسل «ینگزیو - بیچوان»^۵ یا گسل F۲ ایجاد شد. میزان گسیختگی سطحی به سمت شمال بیچوان کاهش یافته و با حرکت راستالغز راست بر ساختار گسل و جابه جایی حدود ۲ متر قابل پی گیری است. زمین لرزه ی ونچوان شاهده ی بر حرکت پوسته به سمت شرق فلات تبت است که در تداوم هم گرایی قاره هند و اوراسیا به وجود آمده است.

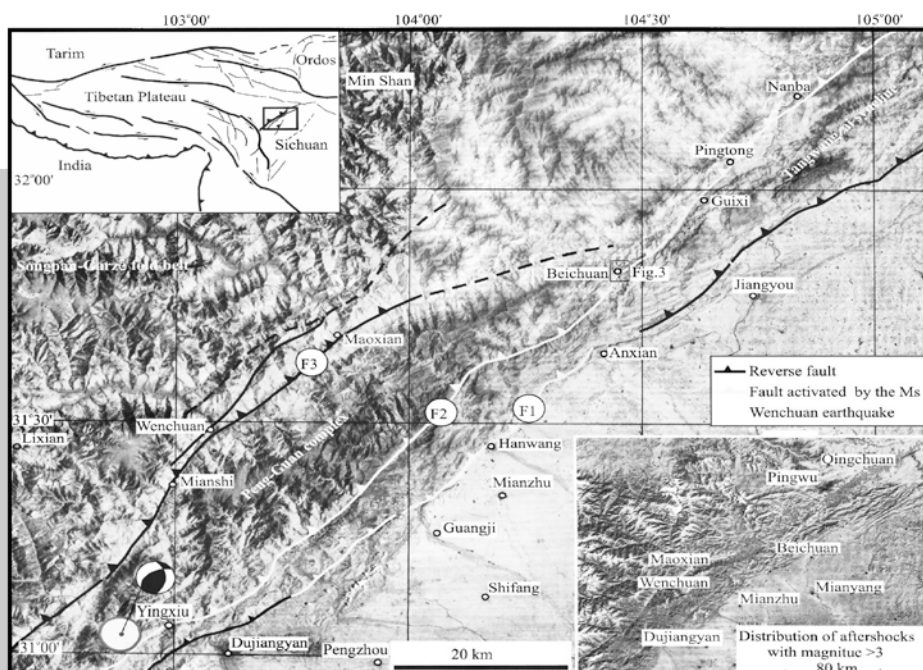
مقدمه

دوازدهم ماه مه سال ۲۰۰۸ ساعت ۱۴ و ۲۸ دقیقه به وقت «بیجینگ»^۶، زمین لرزه ی ونچوان با بزرگی $M_s=8$ به وقوع پیوست. در این زمین لرزه بیش از ۷۹ هزار نفر کشته و حدود ۳۰۰ هزار نفر مجروح شدند. بعد از زمین لرزه ی سال ۱۹۷۶ «تنگشان»^۷ با بزرگی $M_s=7/8$ ، این زمین لرزه مصیبت بارترین زمین لرزه ی چین است. مرکز بیرونی زمین لرزه ی اصلی در جنوب باختری شهر ینگزیو قرار دارد (تصویر ۱). براساس داده های سازمان های ذی ربط، کانون زمین لرزه در عمق ۱۴ تا ۱۹ کیلومتری و شیب صفحه ی گسل بین ۵۹ تا ۴۰ درجه به سمت باختر شمال باختری است. تقریباً در طول یک هفته بعد از زمین لرزه ی اصلی، سه پس لرزه با بزرگی $M_s \geq 5$ منطقه را لرزاند.

مجموع طول گسیختگی های ناشی از زمین لرزه بالغ بر ۳۰۰ کیلومتر است که بخش عمده ی آن در دو شهر ینگزیو و بیچوان رخنمون دارد. براساس شکل هندسی ساخت های ایجاد شده، جابه جایی رخنمون یافته در طول ساختار گسل و تفسیر تصاویر ماهواره ای و عکس های هوایی تهیه شده بعد از رویداد زمین لرزه، گسل مرتبط با زمین لرزه ی ونچوان و قطعات تشکیل دهنده ی آن شناسایی و نقشه ی لرزه زمین ساخت منطقه ارائه شد.

ویژگی زمین‌ساختی گستره‌ی زمین‌لرزه‌ی ونچوان

مجموع گسیختگی‌های به وجود آمده در زمین‌لرزه ونچوان و پس‌لرزه‌های آن در راستای NE گسترش یافته‌اند و در پهنه‌ی زمین‌ساختی «لانگمنشان»^۸ قرار دارند (تصویر ۱). همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در این پهنه‌ی زمین‌ساختی، سه ساختار اصلی گسله تحت عنوان گسل F۱، گسل F۲ و گسل F۳ رخنمون دارد. گسل‌ها مربوط به دوره‌ی تریاس هستند و در مجموع پهنه‌ی راندگی لانگمنشان را شکل داده‌اند. پهنه‌ی مذکور طی حرکات زمین‌ساختی مزوزوئیک - سنوزوئیک و به ویژه اواخر سنوزوئیک (میوسن پایانی - پلیوسن) به صورت بخش‌بخش بر خاسته‌ر خمون یافته‌است [Kirby et al. 2002]. سازوکار فشاری حاکم بر پهنه‌ی لانگمنشان موجب فعالیت مجدد ساخت‌های گسل و قطعه‌قطعه شدن پی‌سنگ آن شده‌است، به گونه‌ای که انواع سفره‌های راندگی و صخره‌های رانده‌شده‌ی زمین‌ساختی در آن شکل گرفته‌اند [BGMRS, 1989].



تصویر ۱. تصویر ماهواره‌ای ETM و گسل‌های اصلی در پهنه‌ی زمین‌ساختی لانگمنشان. دایره‌ی زرد نمایانگر موقعیت مرکز بیرونی زمین‌لرزه ونچوان با بزرگی $M_s=8$ است. در تصویر، سه پهنه‌ی ساختاری با مرزهای گسله مشخص شده‌اند که از خاور به باختر شامل گسل F۱ و پهنه‌ی گانگزیان - آنگزیان (Guanxian-Anxian)، گسل F۲ و پهنه‌ی ینگزو - بیچوان (Yingxiu-Beichuan)، گسل F۳ و پهنه‌ی مائو - ون (Mao-Wen) می‌شود. در گوشه‌ی پایین سمت راست، پس‌لرزه‌هایی با بزرگی $M_s \geq 3$ مشاهده می‌شوند.

در محل پیشانی پهنه‌ی زمین‌ساختی لانگمنشان، گسل F۲ قرار دارد که از به هم پیوستن دو گسل ینگزو و گسل بیچوان، در امتداد به سمت شمال تشکیل شده‌است.

ساختار گسل F۲ فعال و عملکرد آن از نوع راست‌الغز راست بر با مؤلفه‌ی کوچک معکوس است [Densmore et al. 2007].

گسیختگی سطحی و جابه‌جایی عمودی زمین در زمین‌لرزه‌ی ونچوان

زمین‌لرزه ونچوان در پهنه‌ی زمین‌ساختی لانگمنشان و در طول ساخت‌های گسل‌های F۲ و F۳ به وقوع پیوسته‌است (تصویر ۱). در این زمین‌لرزه به تمامی شهرستان‌ها، شهرها و روستاهای واقع در طول مسیر پهنه‌ی گسیخته‌شده‌ی گسل F۲

آسیب جدی وارد آمد. زمین‌شناسان چینی دو شهرستان ینگزیو و بیچوان را که تقریباً در دو سوی جنوب باختری و شمال خاوری گسل F۲ قرار گرفته‌اند، برای تحقیق و تعیین خصوصیت جابه‌جایی‌های حاصله برگزیدند. شهر ینگزیو در فاصله‌ی کمی از مرکز بیرونی زمین‌لرزه قرار دارد و گسل ینگزیو از میان آن می‌گذرد.

گسیختگی‌های سطحی رخنمون یافته در طول گسل ینگزیو از نوع «پرتگاه گسل» هستند و مهم‌ترین آن‌ها در محل جاده‌ی مجاور رودخانه‌ی «مینجیانگ»^۱ ایجاد شده است. پرتگاه گسل ملایم و به شکل S است که ناشی از برخاستگی بخش باختری جاده است (تصویر ۲-الف، ب و ج). از مشخصه‌های ساختار مذکور می‌توان به بیش از ۳۰ متر طول و حدود ۲/۵ متر جابه‌جایی عمودی اشاره کرد. این در صورتی است که هیچ اثری مبنی بر جابه‌جایی افقی در طول آن گزارش نشده است.

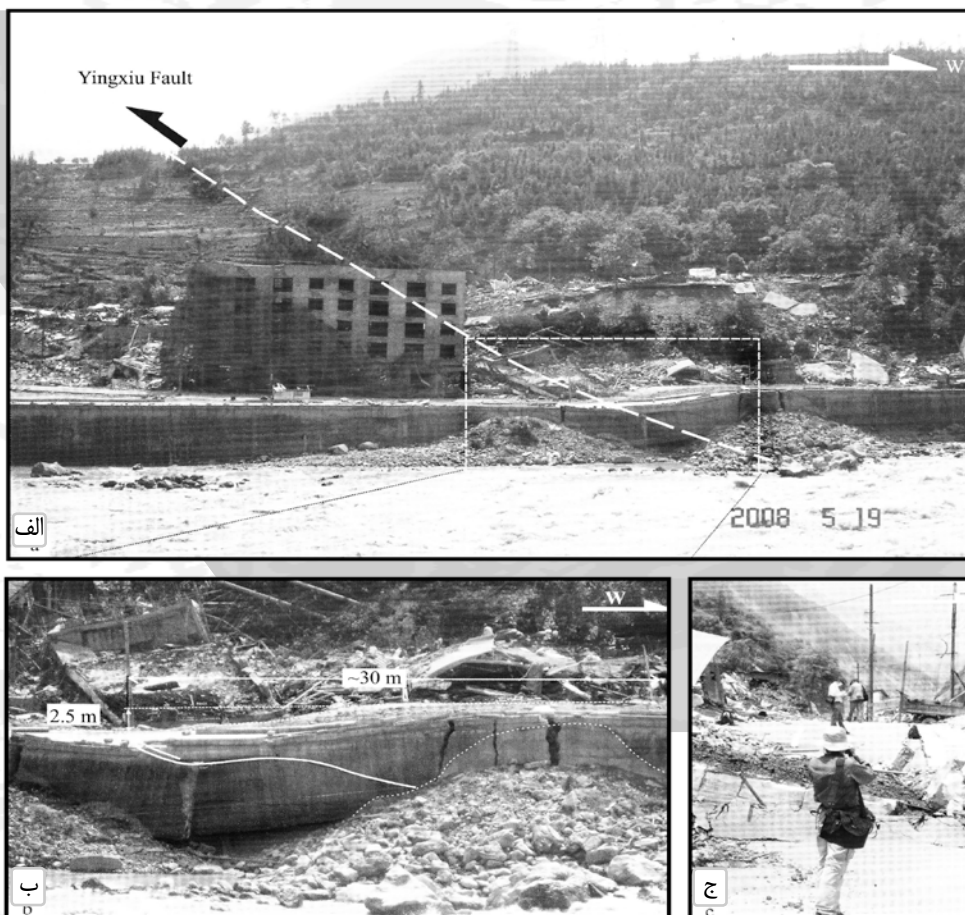
در ادامه به سمت شمال، شهر بیچوان قرار دارد. اگر چه این شهر در فاصله‌ی ۱۵۰ کیلومتری از مرکز بیرونی زمین‌لرزه واقع شده (تصویر ۱)، اما کل شهر بر اثر زمین‌لرزه آسیب دیده و بیشترین تعداد کشته‌ها و زخمی‌ها نیز مربوط به همین شهر است. گسل بیچوان با روند شمال خاوری-جنوب باختری از دره‌ای می‌گذرد که شهر بیچوان در آن قرار دارد. همان گونه که در تصویر ۳ مشاهده می‌شود، گسل بیچوان از دو شاخه‌ی فرعی باختری و خاوری تشکیل شده است و شهر بیچوان در محل دو شاخه‌ی فرعی قرار دارد. انواع گسیختگی‌ها

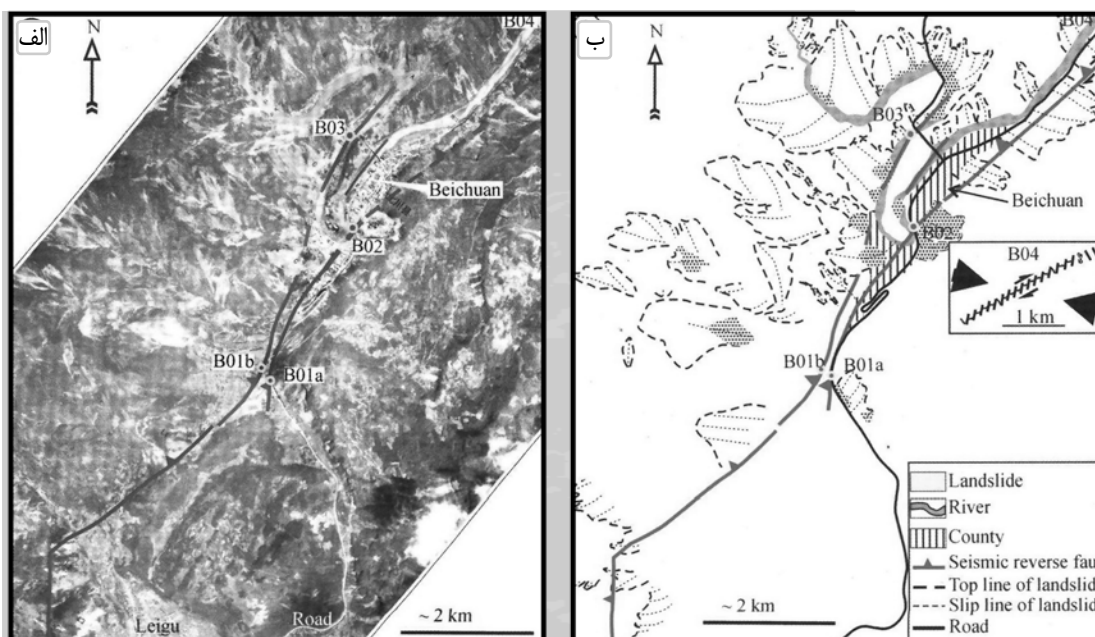
تصویر ۲. گسیختگی‌های سطحی ایجاد شده در شهر تینگزیو طی زمین‌لرزه ونچوان.

الف) گسیختگی در پادگانه‌های آبرفتی که نمایانگر حرکت رانندگی جوان در طول گسل ینگزیو است.

ب) خمیدگی جاده و جابه‌جایی عمودی حدود ۲/۵ متر. همان گونه که در عکس مشاهده می‌شود، شمع‌های قلوهای کنار جاده فرو نشسته‌اند.

ج) نمای سه‌بعدی از جاده‌ی گسله با جابه‌جایی پلکانی.



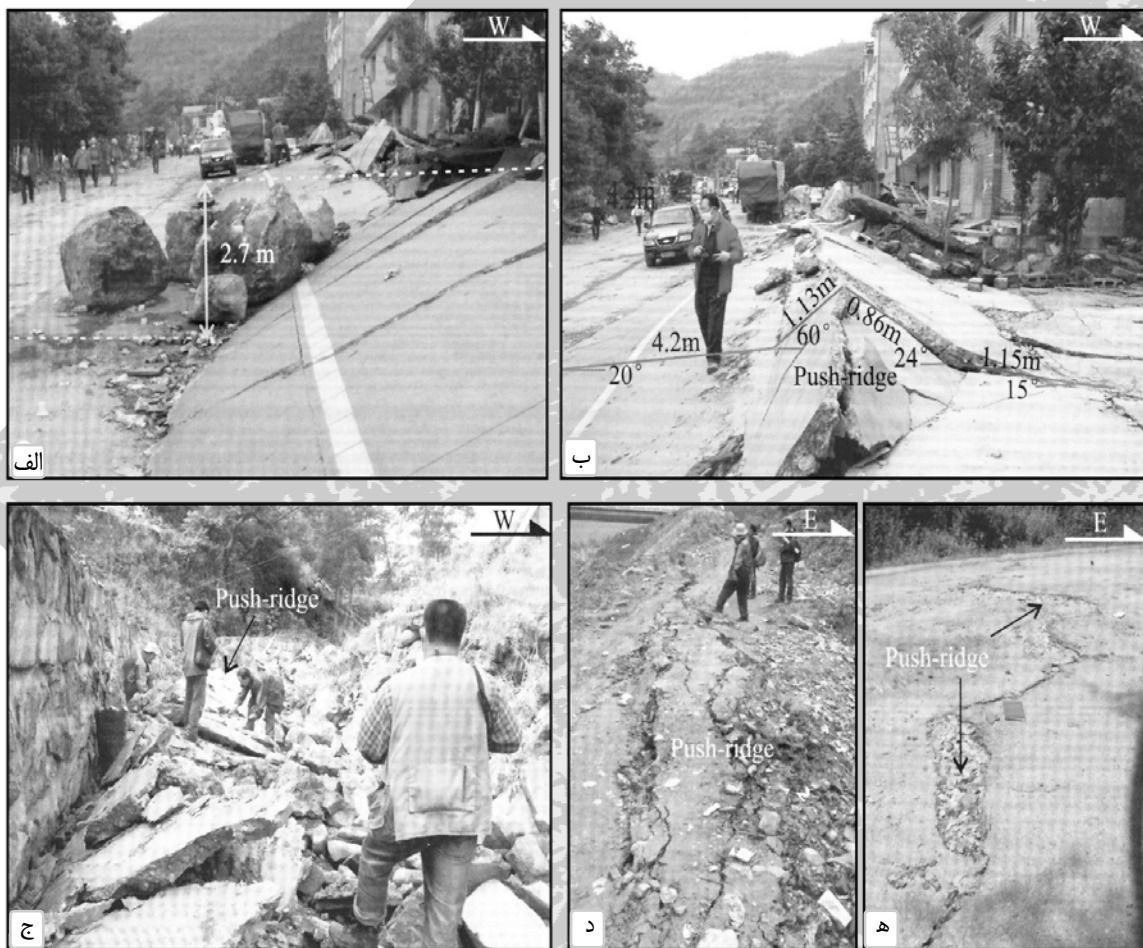


تصویر ۳. عکس هوایی منطقه بعد از وقوع زمین‌لرزه (الف) و نقشه‌ی گسیختگی‌های ایجاد شده در بیچوان (ب). مجموعه‌ی شواهد صحرایی رخنمون یافته نشانگر حرکت راست‌الغز راست بر گسل است.

مانند به هم ریختگی‌های سطحی^{۱۰}، پشته‌های فشاری^{۱۱} و شکستگی کششی^{۱۲} در محل ایستگاه‌های B03، B02 و B01b، B01a و B04 مشاهده می‌شود.

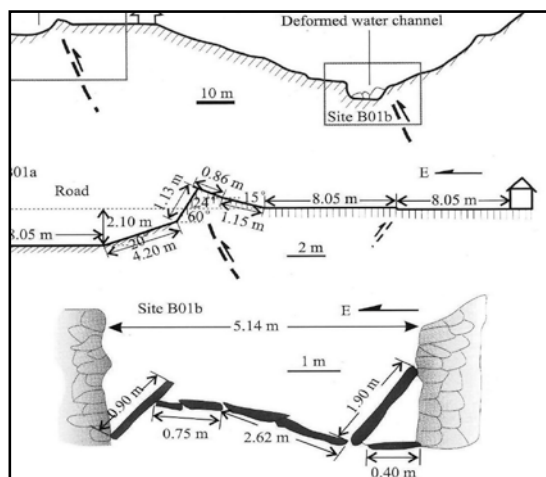
در ایستگاه B01 (تصویرهای ۴-الف و ب)، کج‌شدگی و برخاستگی مهمی در بخش باختری رُخِ نمون یافته که موجب برخاستگی تمامی خانه‌هایی شده است که در این قسمت ساخته شده بودند. از شواهد چنین برمی‌آید که در این قسمت راندگی گسترده‌ای به سمت خاور انجام گرفته است. با اندازه‌گیری صحرایی (تصویر ۵) مقدار جابه‌جایی عمودی ناشی از حرکت راندگی گسل ۲/۷ متر تعیین شد که بر مقدار آن به سمت جنوب افزوده و با حرکت به سمت شمال از مقدار آن کاسته می‌شود و به ۲/۱ متر می‌رسد. در شاخه‌ی باختری گسل بیچوان، کانال آب سیمانی با روند شمال شمال خاوری آسیب دیده و دیوار باختری آن فرو ریخته است. این تغییر شکل نمایانگر کوتاه‌شدگی و در نتیجه فشردگی خاوری - باختری حاکم بر منطقه است (تصویر ۴-ج و تصویر ۵). براساس طول کانال آب تغییر شکل یافته، نرخ کوتاه‌شدگی معادل ۲۵ درصد محاسبه شده است.

همان‌گونه که در ایستگاه B03 مشاهده می‌شود، ساختمان‌های ایجاد شده در طول شاخه‌ی باختری گسل بیچوان به سمت شمال و شمال خاوری (NNE)، شامل پشته‌های فشاری و شکستگی‌های کششی طولی است (تصویر ۴-د). پدیده‌هایی همچون خمیدگی، به هم ریختگی و برخاستگی سطحی و پشته‌های فشاری در شاخه‌ی خاوری رخنمون دارد (تصویر ۴-ه)، در طول مسیر ۲ تا ۳ کیلومتری شمال ایستگاه B04، ۲۳ پشته‌ی فشاری - پلکانی^{۱۳} و شکستگی‌های کششی تشکیل شده است. پشته‌های فشاری به طور عمده روند NNE دارند و در مواردی نیز روند آن‌ها NW-SE است. شکستگی‌های کششی روندهای متفاوتی دارند، اما روند غالب آن‌ها



تصویر ۴. نمایی از گسیختگی‌های سطحی به وجود آمده در بیچوان.

تصویر ۵. نمایی از مقطع گسیختگی با جزئیات مربوطه در جنوب بیچوان، رخنمون یافته در محل ایستگاه‌های B01a و B01b.

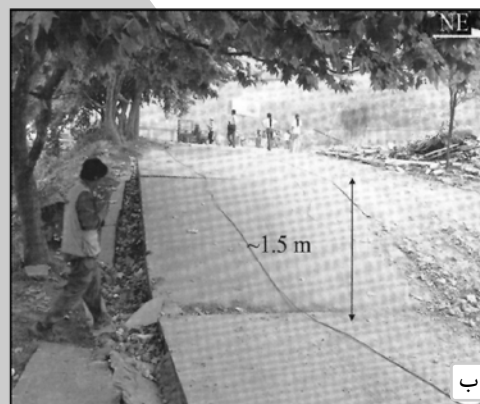
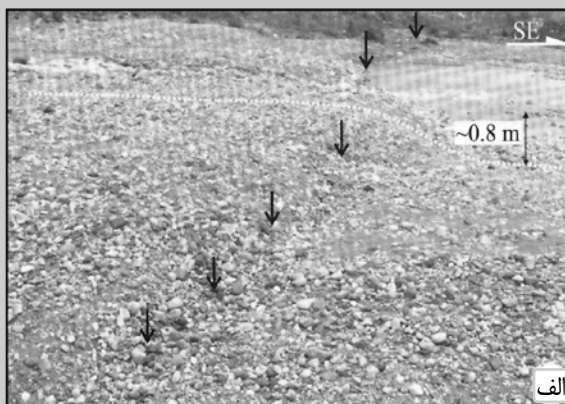


الف و ب) ساخت‌های فشاری گسیخته شده در جنوب بیچوان واقع در ایستگاه B01. ساخت‌های فشاری با طول حدود ۲۰۰ متر و برخاستگی ۲/۷ متر در راستای NNE گسترش یافته‌اند.

ج) فشردگی و گسیختگی کانال آب روستایی در محل ایستگاه B01. همان گونه که مشاهده می‌شود، دیواره‌ی خاوری کانال سالم باقی مانده در حالی که دیواره‌ی باختری آن به شدت آسیب دیده است. شواهد فوق به نوعی نشانگر راندگی به سمت خاور است.

د) باختر بیچوان در محل ایستگاه B03. عملکرد گسل با روند NNE در محیط رودخانه‌ای با رسوب کم سبب تشکیل پشته‌های فشاری شده است.

ه) از شهرستان بیچوان به طرف شمال و شمال ایستگاه B04 پشته‌های فشاری تشکیل شده است، اما فضاها ناشی از شکستگی‌های کششی رشد چندانی نداشته‌اند و به عبارتی بسته هستند.



تصویر ۶. نمایی از گسیختگی سطحی در بستر رودخانه الف) و گسیختگی در محل جاده‌ی اصلی هانوانگ ب) که نشان‌دهنده‌ی رانندگی به سمت جنوب خاور گسل مرزی پهنه‌ی ساختاری F۳ است.

ENE و NW است. بدین ترتیب براساس گسیختگی‌های سطحی ایجاد شده، حرکت راستالغز با مؤلفه‌ی راست بر برای پهنه‌ی گسل بیچوان تعیین شده است (تصویر ۳).

شواهد رخنمون یافته در دیگر ایستگاه‌ها

در شهر «هانوانگ»^{۱۴}، شواهدی از فعالیت ساختار گسل F۳ رخنمون یافته است. در این قسمت بستر رودخانه‌ای با جابه‌جایی عمودی حدود ۰/۸ متر گسیخته (شکل ۶-الف) و جاده‌ی اصلی با جابه‌جایی عمودی ۱/۱ تا ۱/۵ متر خمیده شده است. بدین ترتیب، ساختار گسل F۳ واقع در بخش جلویی پهنه‌ی برخاسته‌ی لانگمنشان، طی زمین‌لرزه‌ی ونچوان فعال شده است.

در تداوم ساختار گسل F۲ به سمت شمال، یعنی در ناحیه‌ی شمال بیچوان، گسیختگی‌های سطحی به میزان قابل توجهی کاهش یافته‌اند و از تخریب ساختمان‌ها نیز کاسته شده است، اما در این مناطق وقوع زمین‌لغزش‌های بزرگ مقیاس و ریزش‌های گسترده، ویرانی‌های وسیعی را بر جای گذاشته است. براساس مجموع شواهد رخنمون یافته در طول گسل‌های پهنه‌ی زمین ساختی لانگمنشان، عملکرد گسل‌های فعال شده از نوع معکوس با مؤلفه‌ی راستالغز راست بر تعیین شده است. شیب گسل‌ها به سمت باختر شمال باختری و جابه‌جایی قطعات گسله به سمت خاور است. در تأیید وجود مؤلفه‌ی راستالغز راست‌بر، به شواهد رخنمون یافته در جاده‌ی کوچکی از توابع شهرستان «پینگو»^{۱۵} اشاره می‌کنیم که حدود ۲/۲ متر جابه‌جایی راست برداشته است (تصویر ۷).



تصویر ۷. نمایی از جابه‌جایی افقی راست بر حدود ۲ متر در راستای ساخت گسل واقع در پهنه‌ی گسیخته شده، زمین‌لرزه‌ی ونچوان.

ویژگی خرد قطعات گسله در زمین لرزه‌ی ونچوان

براساس توزیع کانون بیرونی پس لرزه‌ها و همچنین جابه‌جایی‌های ایجاد شده طی زمین لرزه‌ی ونچوان، زمین‌شناسان چینی پهنه‌ی گسیخته شده را به سه خرد قطعه‌ی گسله تفکیک کردند (شکل ۸).

خرد قطعه‌ی جنوبی: خرد قطعه‌ی ینگزو-بیچوان با حدود ۱۷۰ کیلومتر طول، اصلی‌ترین قطعه‌ی گسیخته شده طی زمین‌لرزه ونچوان است. این قسمت همراه با پهنه‌ی گسل‌های معکوس F۲ و F۳، جبهه‌ی پهنه‌ی زمین‌ساختی کوه لانگمنشان را تشکیل می‌دهد. دو شهر ینگزیو و بیچوان که به ترتیب در فاصله‌ی نزدیک و دور از مرکز بیرونی زمین‌لرزه قرار دارند، جابه‌جایی عمودی مشابهی حداکثر بین ۲/۵ تا ۴ متر را آشکار ساخته‌اند. از جمله ویژگی‌های این خرد قطعه، تمرکز بالای کانون پس‌لرزه‌هاست که به طور عمده نیز در محل فرادیواره‌ی گسل ینگزیو تجمع یافته‌اند. همچنین، حداقل سه پس‌لرزه با بزرگی $M_s \geq 6$ و ۲۴ پس‌لرزه با بزرگی $M_s \geq 5$ در طول این خرد قطعه به ثبت رسیده است.

خرد قطعه‌ی میانی: محدوده‌ی این خرد قطعه از شمال بیچوان تا «نانبا»^{۱۶} است که با طول حدود ۷۰ کیلومتر و عملکرد گسلی معکوس با مؤلفه‌ی راستالغز شناخته می‌شود. جابه‌جایی عمودی رخنمون یافته در زمین لرزه برای گسل مذکور، محدود و مقدار آن بین ۱/۵ تا حداکثر ۳ متر متغیر بوده است. همچنین، جابه‌جایی راست‌بر آن حدود ۲ متر است. تراکم پس‌لرزه‌ها در این خرد قطعه بسیار محدود بوده و فقط دو مورد با بزرگی $M_s \geq 5$ در آن به ثبت رسیده است.

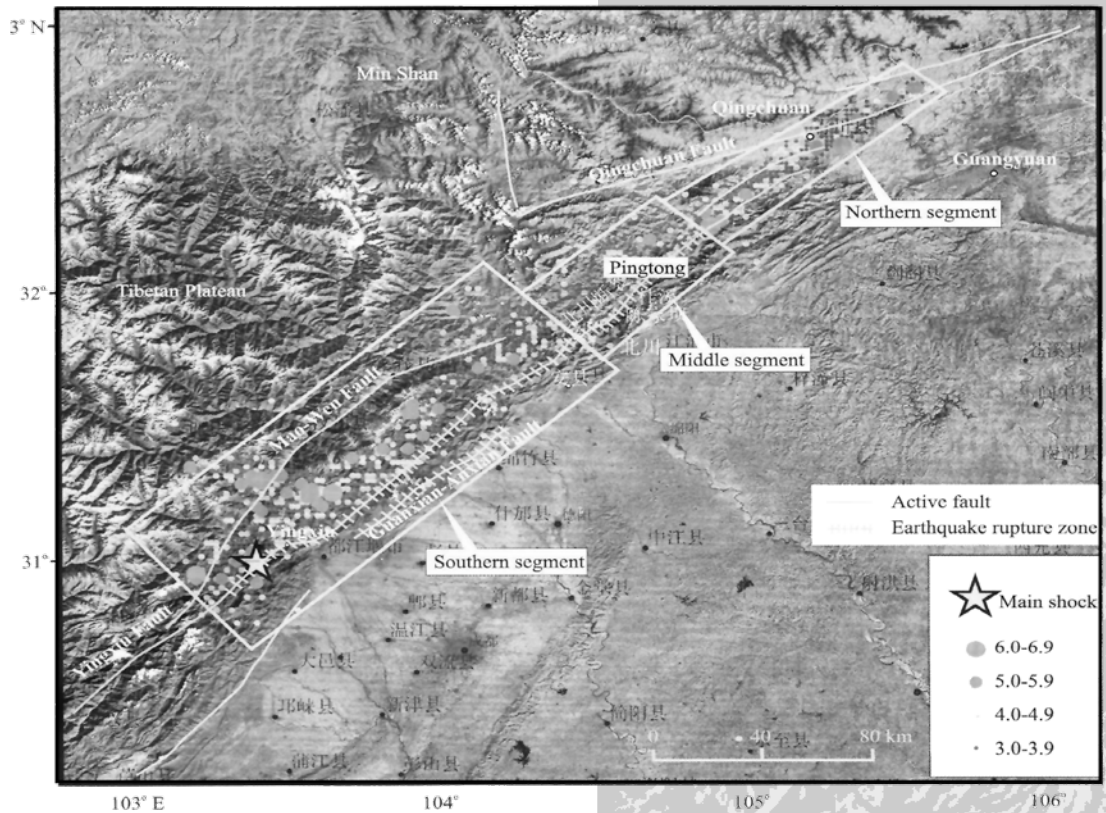
خرد قطعه‌ی شمالی: در ادامه به سمت شمال خاور، منطقه‌ای از شمال نانبا تا کوینگچوان با حدود ۹۵ کیلومتر طول، محدوده‌ی این خرد قطعه را شکل می‌دهد. کاهش نسبی گسیختگی‌های سطحی و تعداد بسیار اندک پس‌لرزه‌ها، از جمله ویژگی‌های این خرد قطعه است. گسیختگی‌های سطحی با ایجاد شکستگی، برخاستگی و به هم ریختگی سطحی مشخص شده‌اند، اما در این قسمت هیچ‌گونه جابه‌جایی افقی^{۱۷} مشاهده نشده است. فعالیت لرزه‌خیزی این خرد قطعه اگرچه محدود است، اما پس‌لرزه‌های آن بزرگ هستند. دو پس‌لرزه با بزرگی $M_s \geq 6$ و هشت پس‌لرزه با بزرگی $M_s \geq 5$ در طول پهنه‌ی باریکی با روند NE به وقوع پیوسته‌اند که به عملکرد گسل کوینگچوان با امتداد NNE نسبت داده می‌شوند.

بحث

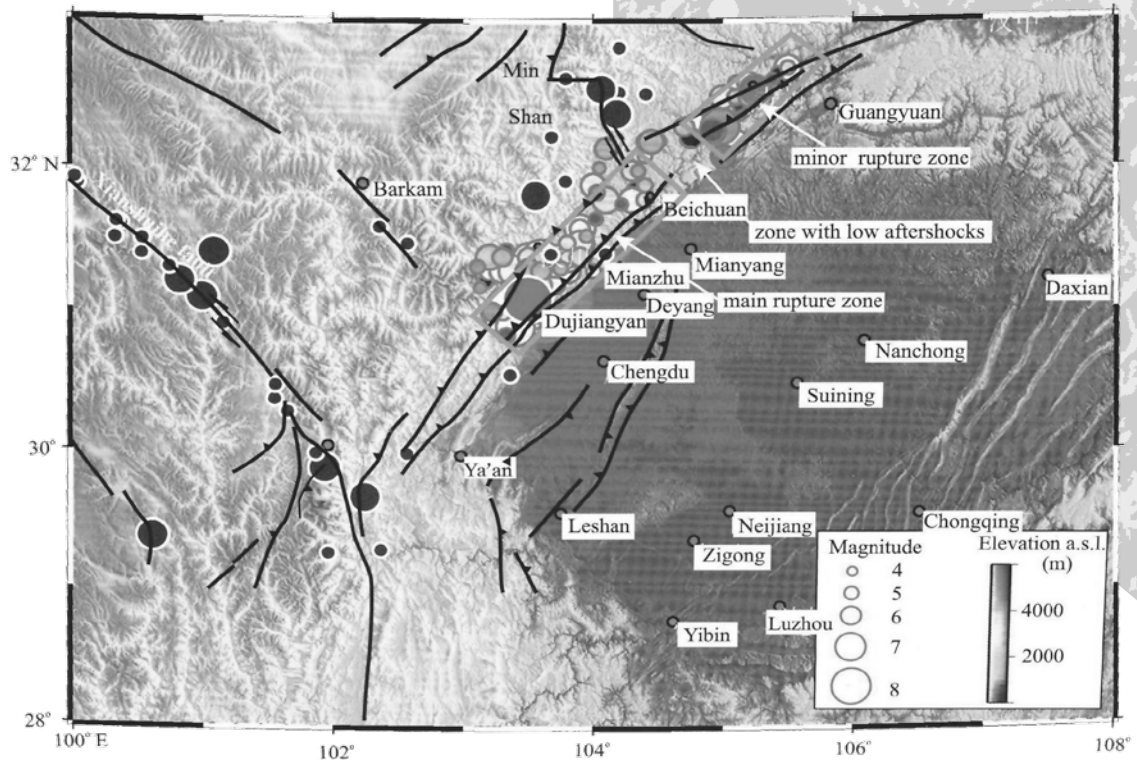
موقعیت زمین‌ساختی پهنه‌ی لانگمنشان در حداثال فلات تبت در باختر و حوضه‌ی سیچوان^{۱۸} در خاور، سبب ایجاد پهنه‌ای با خصوصیات متفاوت ژئوفیزیکی و ریخت‌شناسی در قاره‌ی چین شده است [Jia et al. 2006]. پهنه‌ی گسیخته شده‌ی ینگزیو-بیچوان که زمین‌لرزه‌ی ونچوان در قسمت مرکزی آن به وقوع پیوسته است، در حاشیه‌ی خاوری فلات تبت قرار دارد (تصویر ۹). در سال‌های اخیر زمین‌لرزه‌های بزرگی در فلات تبت به وقوع پیوسته‌اند؛ مانند: زمین‌لرزه‌ی سال ۱۹۳۳، «دیکسی»^{۱۹} با بزرگی $M_s=7/5$ و زمین‌لرزه‌ی سال ۱۹۷۶، «سانگین»^{۲۰} با بزرگی $M_s=7/2$ که آن‌ها را به عملکرد راستالغز چپ بر گسل‌های باروند شمال باختری - جنوب خاوری و شمالی - جنوبی نسبت می‌دهند [Tang et al, 1991. Deng et al, 1994 & Chen et al. 1994] با این حال، تاریخچه‌ی لرزه‌خیزی پهنه‌ی ساختاری لانگمنشان، نه تنها نمایانگر فقدان زمین‌لرزه‌های بزرگ است، بلکه حتی زمین‌لرزه‌های متوسط یا کوچک نیز در آن کمیاب بوده‌اند. بدین ترتیب در چنین موقعیت پرتکاپویی، پهنه‌ی گسل لانگمنشان محل انباشتگی عظیم تنش‌های وارده و واتنش حاصله بوده است.

با استناد به نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های انجام شده با روش GPS، مشخص شد که در مسیر حرکت بخش خاوری فلات تبت به سمت خاور، چرخشی حاصل شده [Zhang et al. 2004.; Shen et al, 2005 & Chen et al. 2002]

تصویر ۸. نمایی از توزیع پس لرزه‌ها و طرحی از قطعه‌بندی پهنه‌ی گسیخته شده طی زمین‌لرزه‌ی ونچوان.



تصویر ۹. نقشه‌ی لرزه زمین‌ساخت پهنه‌ی گسیخته شده طی زمین‌لرزه‌ی ونچوان. دایره‌ی قرمز مشخص‌کننده‌ی مرکز بیرونی زمین‌لرزه‌ی اصلی است. دایره‌های خاکستری پس لرزه‌ها و دایره‌های سیاه زمین‌لرزه‌های تاریخی هستند.



پیش از این، برای توجیه تحولات ساختاری لیتوسفر قاره‌ای فلات تبت الگوی زمین‌ساختی متأثر از عملکرد تنش‌های جانبی و چرخش [Svouac and Tapponnier, 1993, Tapponnier and Molnar 1977; Molnar and Rastschbacher et al. 1996, & Tapponnier, 1975] ارائه شده بود. اما مطالعات اخیر نشان داد که پوسته در بخش خاوری فلات تبت، تحت تأثیر جریان‌هایی قرار دارد که موجب حرکت بخش خاوری آن به سمت خاور می‌شود [Clark and Royden, 2000]. از سوی دیگر، مقاومت پوسته در حوضه‌ی سیچوان واقع در خاور پهنه‌ی ساختاری لانگمنشان، مانع حرکت آن به سمت خاور شده است. از این رو در تداوم تنش‌های وارده، پوسته‌ی پهنه‌ی لانگمنشان در مجاورت سیچوان، جمع شده است که نتیجه‌ی آن ضخیم‌شدگی پوسته، بر خاستگی و تشکیل پهنه‌های ساختاری فرعی با مرز گسله معکوس و راندگی است. با تجمع پی در پی انرژی ناشی از تنش‌های وارده و واکنش‌های حاصله، پوسته شکسته و گسیخته‌شده‌ی پهنه‌ی لانگمنشان، در طول پهنه‌ی گسل F۲ لغزش ناگهانی داشته که نتیجه‌ی آن زمین‌لرزه‌ی قوی ونچوان با بزرگی $M_s=8$ بوده است.

بدین ترتیب، با در نظر گرفتن مفهوم تنش و واکنش، تحولات فلات تبت قابل تفسیر است. تمرکز تنش در ناحیه‌ای که در معرض چرخش به سمت خاور فلات تبت قرار گرفته، سبب وقوع زمین‌لرزه‌های متعددی، از جمله زمین‌لرزه‌ی نوامبر ۲۰۰۱ میلادی «کانلام»^{۲۱} با بزرگی $M_s=7.1$ شده است، چشمه‌ی خطی زمین‌لرزه‌ی ونچوان از نوع گسل معکوس و پرشیب است که در پی حرکت به سمت خاور فلات تبت، فعال شده است. موتور اصلی این حرکت و علت وقوع زمین‌لرزه‌های بزرگ در این گستره، به تداوم هم‌گرایی قاره‌ی هند و اوراسیا نسبت داده می‌شود.

اندازه‌گیری تغییر شکل پوسته‌ی زمین که با روش GPS انجام گرفته است نشان می‌دهد، نرخ کوتاه‌شدگی خاوری - باختری پوسته در پهنه‌ی زمین‌ساختی لانگمنشان کم و مقدار آن کمتر از 2 ± 4 میلی‌متر در سال است [Zhang et al. 2004]. بنابراین تغییر شکل ایجاد شده در این حاشیه نسبت به دیگر حاشیه‌های فلات تبت اندک است. با این میزان کوتاه‌شدگی، زمان وقوع مجدد زمین‌لرزه‌ای با مشخصات زمین‌لرزه‌ی ونچوان، حدود ۲۰۰۰ سال بعد خواهد بود. این تا حدودی منطبق بر تاریخچه‌ی پهنه‌ی لانگمنشان است، زیرا پیشینه‌ی لرزه‌خیزی این پهنه فاقد وقوع زمین‌لرزه‌ای با بزرگی $M_s \geq 7$ است و برای ایجاد زمین‌لرزه‌ای با بزرگی $M_s=8$ ، به تجمع تنش و واکنش برای مدت زمان طولانی نیاز بوده است. البته احتمال وجود شرایط دیگری نیز هست که توجه به آن ضروری است. مثلاً در نواحی مستعد لرزه‌خیزی، علی‌رغم تغییر شکل‌های نسبی کوچک، ممکن است زمین‌لرزه‌های بزرگ با گسیختگی‌های طولیل ایجاد شوند که مشخصات مناطق با وقفه‌های طولانی (با بیش از ۱۰۰۰ سال) را تداعی می‌کنند. اطلاع از چنین سازوکارهایی به مطالعه‌ی بیشتر احتیاج دارد.

نتیجه‌گیری

زمین‌لرزه‌ی ونچوان در طول گسل F۲ از پهنه‌ی زمین‌ساختی لانگمنشان به وقوع پیوسته است. وضعیت هندسی ساخت‌های گسیخته شده نمایانگر راندگی به سمت خاور است. پهنه‌ی گسله واقع در بخش جلوی پهنه‌ی برخاسته و گسله‌ی لانگمنشان تحت تأثیر زمین‌لرزه ونچوان، حدود ۳۰۰ کیلومتر گسیخته شده است. عمده‌ی گسیختگی‌ها در حد فاصل ینگزیو و بیچوان متمرکز بوده‌اند. مقدار جابه‌جایی عمودی هم‌زمان زمین‌لرزه بین ۲/۵ تا ۴ متر متغیر است. البته در قسمت جلویی پهنه‌ی گسله‌ی لانگمنشان، میزان جابه‌جایی به ۴ تا ۶ متر نیز رسیده است. گسیختگی سطحی از بیچوان به طرف شمال تا استان کوینگچوان تداوم داشته، اما از میزان گسیختگی‌های سطحی به شدت کاسته شده است. از نشانه‌های زمین‌لرزه در این مناطق، پس‌لرزه‌های قوی و رانش‌های بزرگ است. به طور کلی، زمین‌لرزه‌ی ونچوان نمایانگر حرکت پوسته به سمت خاور فلات تبت است که تحت تأثیر تداوم هم‌گرایی قاره هند و اوراسیا به وقوع پیوسته است.

* عضو هیئت علمی گروه زمین‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شمال تهران

1. Wenchuan 2. Yingxiu 3. Beichuan 4. Qingchuan 5. Yingxiu-Beichuan 6. Bijing
7. Tangsghan 8. Longmenshan 9. Minjiang 10. Mole Tracks 11. Push Ridge 12. Tensional
- Fractures 13. En- echelon Push Ridge 14. Hanwang 15. Pingwu 16. Nanba 17. Offset
18. Sichuan 19. Diexi 20. Songpan 21. kunlum

1. Avouac, J.P., and Tapponnier, P., 1993. Kinematic Model of Active Deformation in Central – Asia. *Geophysical Research Letters*, 20:895-898.
2. BGMRSP (Bureau of Geology and Mineral Resources, Sichuan Province), 1989. *Regional Geology of Sichuan Province*. Beijing: Geological Publishing House.
3. Burchfiel, B.C., Chen Z., Liu, Y., and Royden, L.H., 1995. Tectonics of the Longmen Shan and adjacent rejoin, central China. *International Geological Review*, 37 (8):661-735.
4. Chen, S.F., Wilson, C.J.L., Deng, Q.D., Zhao, X.L., and Luo, Z.L., 1994. Active faulting and Block movement associated with large earthquakes in the Minshan and Longmen Mountains, northeast Tibetan plateau. *J. of Geophysical Research*, 99:24025-24038.
5. Chen, Z., Burchfiel, B.C., Liu, u., King, R.W., Royden, L.H., Tang W., wang, e., Zhao, J., and Zhang, X., 2000. Global Positioning System measurements from eastern Tibet and their implications for India/ Eurasia intercontinental deformation. *J. Geophys. Res.*, 105: 16215-16228.
6. Clark, M.K., and Royden, L.H., 2000. Topographic ooze: building the eastern margin of Tibet by lower crustal flow. *Geology*, 28:703-706.
7. Deng, Q.D., chen. S.F., and Zhao. Z.L., 1994. Tectonics, Seismicity and Dynamics of Longmen Shan Mountains and its adjacent rejoin. *Seismology and Geology*, 16(40): 389-402.
8. Densmore, A. L., Ellis, M., A., Li, Y., Zhou. R., Hancock, G.S., and Richardson., N., 2007. Active tectonics of the Beichuan and Pengguan fault at the eastern margin of the Tibetan p., *Tectonics*, 26(4): 1-17
9. Jia, D., Wei. G., Q., Chen, Z.X., Lie, B.L., Zen Q., and Yang, G., 2006. Longmen Shan fold- thrust belt and its relation to the western Sichuan Basin in central China: New insights from hydrocarbon exploration. *AAPG Bulletin*, 90: 1425-1447.
10. Kirby, E., Rieners, P.W., Krol, M.A., Whipple, K.X., Hodges, K.V., Farley, K.A., Tang, W.Q., and Chen, Z.L., 2002. late Cenozoic evolution of the eastern margin of the Tibet plateau. *Tectonics*, 21(1): 1-19.
11. Luo, ZL., 1994. Uplift of Longmen mountain orogenic belt and the formation and evolution of the Sichuan basin. Chengdu: Press of Chengdu University of Science and technology.
12. Ma, X.Y., 1989. *Lithosphere Dynamics Atlas of China*. Beijing: Geological Publishing House.
13. Molnar, p., and Tapponnier, P., 1975. Cenozoic tectonics of Asia: effect of a continental collision. *Science*, 189:419-426.
14. Ratschbacher, L., Frisch, W., Chen, C., and Pan, G.T., 1996. Cenozoic deformation, rotation and stress pattern in eastern Tibet and western Sichuan, China. In: *evolution of Asia* edited by Yin A. and Harrison M., Cambridge University Press, 227-249.
15. Shen, Z., Lu, J., Wang, M., and Burgmann, R., 2005. Contemporary crustal deformation around the southeast borderland of the Tibetan plateau. *J. Geophys. Res.*, 110: 1-17.
16. Tang, R.C., and Han, W.B., 1993. *Active faults and earthquakes in Sichuan*, Beijing: seismological Publishing House.
17. Tang, R.C., Wen, D.H., and Huang, Z.Z., 1991. The Quaternary activity characteristics of several major fault in the Songpan- Longmenshan region. *Earthquake research in China*, 7(3): 64-71.
18. Tapponnier, P., and Molnar, P., 1977. Active faulting and tectonics in China. *J. Geophy. Res.*, 82, B20: 2905-2930.
19. Tapponnier, P., Xu, Z.Q., Roger, F., Meyer, B., Arnaud, N. Wittlinger, G., and Yang, J.S., 2001. Oblique stepwise rise and growth of the Tibet p. *science*, 294: 1671-1677.
20. USGS (United States Geological Survey), 2008. Magnitude 7.9 eastern Sichuan, China.
21. Xu, Z.Q., Suo, S.T., Han, Y.Q., Wang, Z.X., Fu, X.H., and Huang, M.H., 1992. *Orogeny of Songpan - Garze Orogenic belt, China*. Beijing: Geological Publishing House.
22. Zhang, P.Z., Shen, Z., wang, M., Gan, W.J., Burgmann, R., and Molnar from global positioning system data. *Geology*, 32: 809-812.
23. Zhang, Y.Q., Yang, n., Chen, W., Ma, Y.S., and Meng, H., 2003. Late Cenozoic tectonic deformation history of the East - West geomorphologic boundary zone of China and uplift process of the eastern margin of Tibetan plateau. *Earth Science*, 10(4): 599-612.

زمین شناسی و توان معدنی استان خوزستان

سید علی آقاباتی *

موقعیت جغرافیایی

استان خوزستان با حدود ۶۷/۲۸۲ کیلومتر مربع وسعت، در جنوب باختری ایران و بین استان های لرستان، اصفهان، ایلام، چهارمحال و بختیاری، و کهگیلویه و بویراحمد قرار دارد. حد جنوبی این استان به خلیج فارس محدود است و در مرز باختری آن، کشور عراق قرار دارد. مرکز استان شهرستان اهواز است که تا تهران ۸۵۲ کیلومتر فاصله دارد.

بخش شمال خاوری استان خوزستان مرتفع و کوهستانی با تابستان های معتدل و زمستان های سرد است، ولی نواحی واقع در جنوب دز، کوه پایه ای است و از اهواز به سمت جنوب سیمای استان دشت گونه می شود. در بخش های کوه پایه ای آب و هوا نیمه بیابانی است و هر چه به سمت جنوب پیش برویم، خصوصیات آب و هوایی از نیمه بیابانی به بیابانی کناره ای تبدیل می شود. شرایط آب و هوایی گفته شده، شرایط مساعدی را برای ییلاق و قشلاق عشایر فراهم آورده است.

وجود شواهدی از تمدن هخامنشیان، اشکانیان و ساسانیان در این استان گزارش شده است. جلگه ای خوزستان بخشی از جلگه ای میان رودان است که از نواحی حاصل خیز استان محسوب می شود و در کشاورزی و اقتصاد منطقه نقش اساسی دارد.

کارخانه هایی نظیر تصفیه ی نفت، دستگاه تقطیر مسجد سلیمان، پالایشگاه بید بلند، مجتمع های پتروشیمی، و کارخانه های نورد و لوله ای اهواز، از جمله صنایع ماشینی هستند که در رونق اقتصادی استان نقش دارند.

جایگاه و ویژگی های زمین شناسی

از نگاه زمین ریخت شناسی، سه چهره ی ریختاری در استان خوزستان حاکم است: اول واحدهای کوهساز که در شمال خاور استان قرار دارند. دوم واحدهای تپه ماهوری که نواحی واقع پیرامون دزفول، رامهرمز و اهواز را زیر پوشش دارند. سوم دشت های آبرفتی و پهنه ی سیلابی که زمین های واقع در جنوب اهواز تا کرانه های خارج فارس را تشکیل می دهند و نوعی زمین ریخت های نهشتی هستند. در ریختار گفته شده پدیده های تکتونیکی، ترکیب سنگ شناسی سازندهای زمین شناسی، میزان تراکم و فرسایش پذیری سنگ ها، و بالاخره خاستگاه زایشی (فرسایشی - نهشتی) نقش دارند.

جایگاه ساختاری استان خوزستان، در ایالت زمین ساختی - رسوبی زاگرس است که تاریخچه ی رسوبی و ساختاری ویژه ای بر آن حاکم است. بخش کوهستانی خوزستان، نمونه ای از توده های کوهستانی چین خورده ی یکپارچه را به نمایش می گذارد، که به لحاظ داشتن ویژگی های سنگی و ساختاری خاص، «زاگرس چین خورده» نام دارد. ولی در جبهه ی جنوب باختری این کوهستان، به ویژه پیرامون مسجد سلیمان، جنوب باختری رامهرمز، کوه رگ سفید و در پهلوی جنوبی تاقدیس اهواز، راندگی هایی به سمت جنوب باختری وجود دارد که گاه جابه جایی در خور توجه دارند. از این رو، نام «زاگرس چین خورده - رانده شده» مناسب تر از زاگرس چین خورده به نظر می رسد. حاشیه ی شمالی دشت خوزستان بخشی از یک ساختاری تکتونیکی شاخص است که به آن «فروافتادگی (فروبار) دزفول» گفته شده است. این فروبار نوعی

است، در نواحی کوهستانی استان به ویژه اطراف بهبهان، توان لرزه خیزی بالاست که گاهی با خسارت و ویرانی همراه است.

توان معدنی

استان خوزستان شامل دو بخش کوهستانی و جلگه است. بخش کوهستانی استان دارای ساختارهای چین خورده ی زاگرس بیرونی است که عمدتاً از سازندهای زمین شناسی رسوبی و تبخیری مربوط به کرتاسه ی فوقانی تا زمان حال تشکیل شده اند. نداشتن سنگ های دگر گونه و سنگ های ماگمایی که از عوامل اصلی کانی زایی هستند، سبب شده است که ذخایر معدنی استان خوزستان به معادن رسوبی غیر فلزی محدود باشد که از آن میان، سنگ آهک، دولومیت، سلسیت، بیتمین، سنگ گچ، مارن آهکی، نمک سنگی، فسفات و سنگ لاشه حائز اهمیت اند. در بخش جلگه های استان، به ویژه در نواحی ساحلی، انباشته هایی از پوسته ی صدف های آهکی نرم تنان وجود دارد (راهنمای ۱).

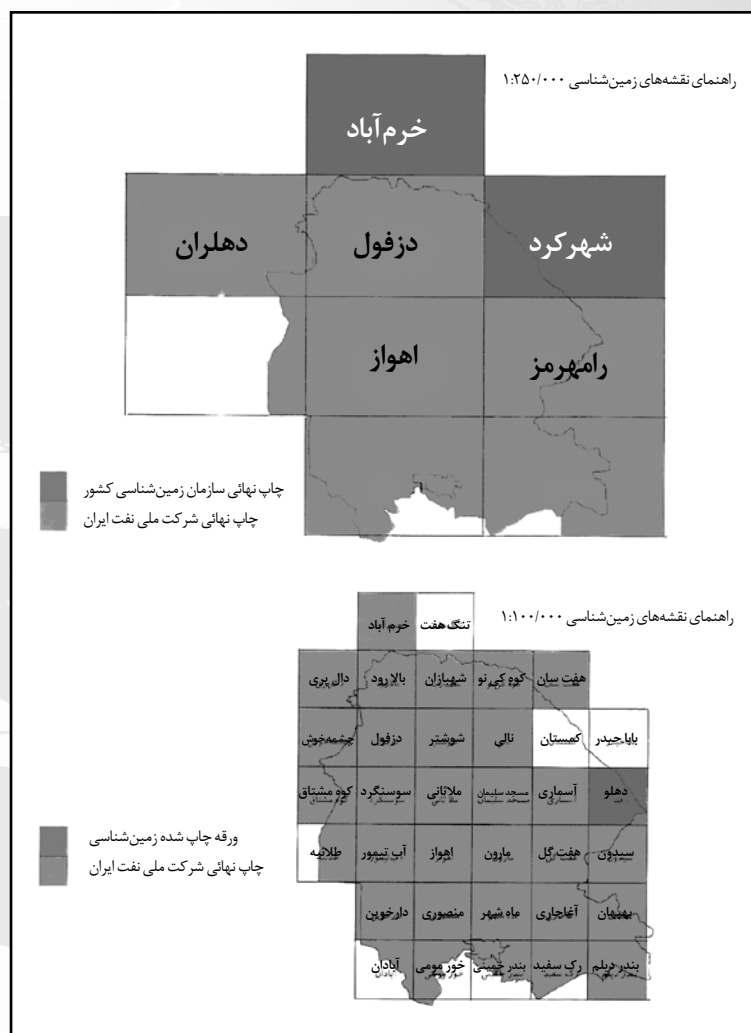
یکی از توانمندی های معدنی استان خوزستان، استحصال املاح از آب دریاست. در همین راستا تلاش های لازم، توسط اداره ی کل معادن و فلزات انجام گرفته است که از آن جمله می توان به طرح استحصال نمک از آب دریا در «سربندر» اشاره کرد که در آینده ی نزدیک به بهره برداری خواهد رسید تا نمک مورد نیاز صنایع استان تأمین شود. طرح مشابهی توسط شرکت پتروشیمی دربندر ماهشهر به اجرا درآمده است. استحصال منیزیا از تلخاب حوضچه های نمکی، از جمله برنامه های اقتصادی و اشتغال زایی استان است.

با توجه به توان بالقوه و ظرفیت های معدنی استان خوزستان، در حال حاضر واحدهای آهک هیدراته، پودر سنگ و پودر میکرونیزه، دانه بندی سنگ ها، نمک خوراکی یددار و صنعتی، فراوری صدف های آهکی، و کانه آرایشی سولفات استرانسیم، از جمله صنایع فراوری مواد معدنی استان خوزستان هستند که در آینده می توان آن ها را توسعه داد تا در اقتصاد و اشتغال زایی استان نقش پیدا کنند.

فعالیت های زمین شناسی و اکتشافی

۱. بررسی های زمین شناسی

استان خوزستان در بخش جنوب باختری پهنه ی ساختاری - رسوبی زاگرس قرار دارد که یکی از مهم ترین ویژگی های عمده ی زمین شناسی آن، وجود میدان های نفتی متعدد در دو بخش کوهستانی و دشت خوزستان است. به سبب فراوانی ذخایر نفتی، به مطالعات زمین شناسی استان توجه خاصی مبذول می شود. سابقه ی بررسی های زمین شناسی دشت و ارتفاعات خوزستان به اواخر قرن نوزدهم می رسد. به همین لحاظ، از استان خوزستان در حال حاضر انبوهی از گزارش های زمین شناسی (عمدتاً با اهداف نفتی) وجود دارد که توسط کارشناسان شرکت های نفتی ایرانی - خارجی تهیه و در مرکز اطلاعات «شرکت ملی نفت ایران» نگهداری می شود. با تلاش کارشناسان شرکت ملی نفت ایران، گزارش های



موجود تلفیق شده‌اند و پس از هماهنگی‌های لازم، نتایج حاصل به صورت نقشه‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۲۵۰/۰۰۰ و ۱:۱۰۰/۰۰۰ تدوین شده و به چاپ رسیده است.

با توجه به راهنمای ۲، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰/۰۰۰ خوزستان شامل تمام و یا بخشی از نقشه‌های شهرکرد، دزفول، دهلران، رامهرمز، اهواز، بهبهان و آبادان است. نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰/۰۰۰ منتشر شده‌ی استان خوزستان حدود ۲۸ نقشه است که نام و جایگاه آن‌ها در محدوده‌ی استان در راهنمای ۲ نشان داده شده است.

افزون بر مطالعات نظام‌مند زمین‌شناسی یاد شده (۱:۲۵۰/۰۰۰ و ۱:۱۰۰/۰۰۰)، در راستای اهداف برنامه‌های عمرانی، چندی پیش برخی بررسی‌های زمین‌شناسی موضوعی در استان خوزستان صورت گرفتند که از آن میان، گزارش‌های زیر در «مرکز داده‌های

زمین‌شناسی» سازمان زمین‌شناسی نگه‌داری می‌شوند:

● گزارش زمین‌شناسی مهندسی اهواز (سازمان زمین‌شناسی - ۱۳۶۷).

● گزارش بررسی آسیب‌دیدگی ساختمان‌ها در بخش دهدز و روستاهای دهنو و میراحمد از توابع شهرستان ایذه (سازمان زمین‌شناسی - ۱۳۶۵).

● گزارش زمین‌ساخت و لرزه زمین‌ساخت شمال فروبار دزفول (سازمان زمین‌شناسی - ۱۳۷۰).

● گزارش بررسی سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی سنگ‌های فسفاته‌ی منطقه‌ی رامهرمز (طرح اکتشافات فسفات - ۱۳۶۷)

۲. بررسی‌های اکتشافی

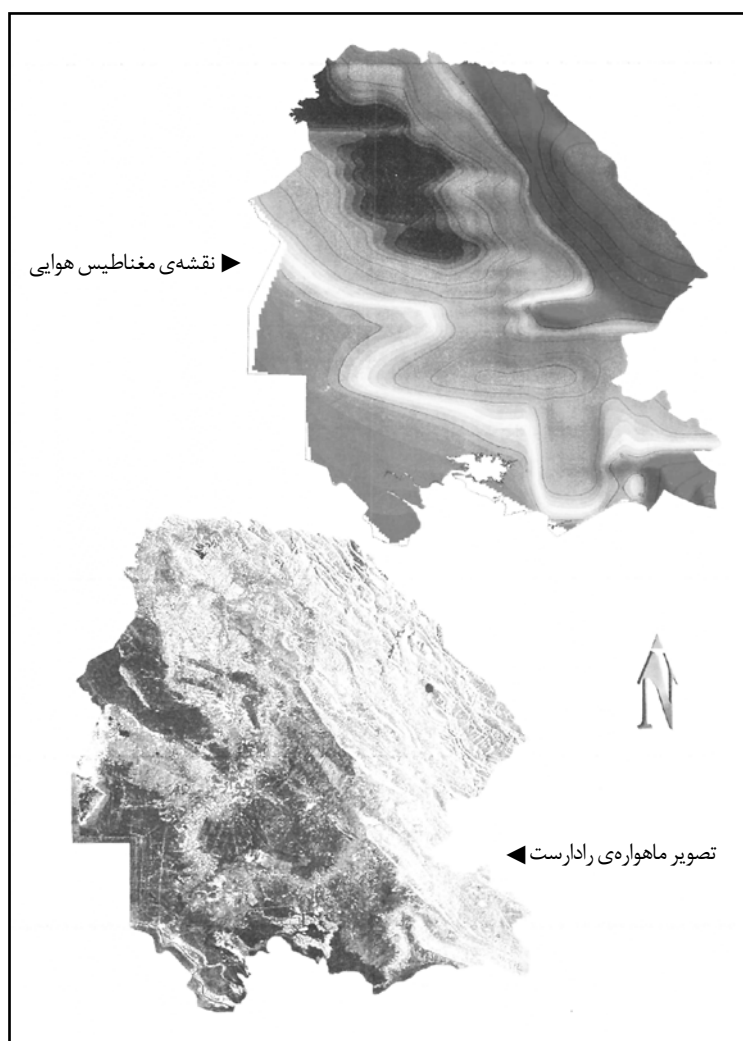
ویژگی‌های زمین‌شناسی استان خوزستان به نوعی است که ذخایر معدنی فلزی آن در کمترین مقدار است. به همین لحاظ، به جز بررسی‌های اکتشافی انجام شده در راستای شناخت ذخایر رسوبی فلزی و غیرفلزی، تلاش اکتشافی دیگری در این استان صورت نگرفته است. در شرایط فعلی پیش‌بینی می‌شود که روند مطالعات اکتشافی هم‌چنان به همین طریق ادامه یابد. به همین دلیل، اکتشافات ناحیه‌ای در استان خوزستان انجام نگرفته‌اند. مطالعات اکتشافی سال‌های گذشته بیشتر از نوع موضوعی و در راستای اکتشافی ذخایر غیرفلزی بوده‌اند که در انجام آن‌ها، اداره‌ی کل معادن خوزستان و هم‌چنین مشاورین آن اداره نقش فعال داشته‌اند.

پی‌نوشت

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

منابع

۱. نقشه‌ها و گزارش‌های زمین‌شناسی استان خوزستان. انتشارات شرکت ملی نفت ایران.
۲. قربانی، م (۱۳۸۱). دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی اقتصادی ایران. پایگاه داده‌های علوم زمینی.
۳. نقشه‌های ژئوشیمیایی مقیاس ۱:۱۰۰/۰۰۰ استان خوزستان. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.



راهنمای ۳

اندازه‌گیری تشعشعات الکترومغناطیسی و پیش‌بینی زمین‌لرزه (گامی به سوی پیش‌بینی کوتاه مدت زمین‌لرزه)

بابک مستوفی‌زاده*

مقدمه

پدیده‌ی زمین‌لرزه نتیجه‌ی آزاد شدن انرژی الاستیکی است که طی سالیان متمادی در لیتوسفر ذخیره شده است. آزاد شدن انرژی به‌طور ناگهانی و همراه با جابه‌جایی توده‌های سنگی در امتداد سطوح گسل‌های قدیمی و یا گسل‌های تازه تشکیل شده صورت می‌گیرد. پیش‌بینی زمین‌لرزه براساس علائمی به نام «پیش‌نشانگر» انجام می‌شود. شدت پیش‌نشانگرها با نزدیک شدن به زمان زمین‌لرزه افزایش می‌یابد. در سه دهه‌ی اخیر مطالعات زیادی برای یافتن نشانه‌های قابل اعتمادتر انجام گرفته است. در این میان، تشعشعات الکترومغناطیسی ناشی از افزایش شارهای الکتریکی و مغناطیسی که نشانه‌های آن قبل از رخداد زمین‌لرزه اندازه‌گیری شده و حتی توسط بازماندگان نیز مورد تأیید قرار گرفته‌اند، مورد توجه بیشتری واقع شده‌اند. البته منظور از پیش‌بینی، بیان یک زمان دقیق از وقوع این حادثه نیست، بلکه اعلام نزدیک شدن به یک بحران است.

مسئله‌ی پیدایش پیش‌نشانگرها را در وهله‌ی اول باید در تحولات ایجاد شده طی تراکم سنگ‌ها جست‌وجو کرد. آزمایش‌های انجام گرفته در سال‌های اخیر تأییدکننده‌ی این موضوع هستند که فرایند تراکم سنگ‌ها که در نهایت به شکستگی آن‌ها و در نتیجه وقوع زمین‌لرزه می‌انجامد، با انتشار طیفی از امواج الکترومغناطیسی (EM^2) با فرکانس‌های بسیار پایین $ULF^2 - VLF^2$ همراه است. این امواج حاصل ترکیب میدان‌های الکتریکی جریان‌های درونی زمین هستند. اثرات این امواج به صورت آشفتگی‌های یونوسفری (مانند تشعشع نور در اتمسفر و اختلال در امواج رادیویی در باند فرکانس پایین)، آنومالی مغناطیسی موضعی قوی، تغییر پتانسیل الکتریکی در نقاط متفاوت و بروز رفتارهای غیرعادی در حیوانات مشاهده می‌شود. در سه دهه‌ی اخیر، مطالعه روی این امواج و اثرات آن برای پژوهشگرانی که به دنبال راهی به سوی پیش‌بینی کوتاه مدت زمین‌لرزه بودند مورد توجه زیادی واقع گردیده است.

امواج EM در اصل ماهیت الکتریکی دارند و پیدایش آن‌ها برقراری جریان‌های الکتریکی را در زمین می‌طلبد. این امر حاکی از تبدیل انرژی شیمیایی به الکتریکی است که طی آن با شکسته شدن پیوندهای شیمیایی خاصی، زمینه‌های لازم برای تولید جریان‌های الکتریکی پایه‌گذاری می‌شود. وجود جریان‌های الکتریکی قوی و ظهور آنومالی مغناطیسی در اطراف گسل‌هایی که مسبب زمین‌لرزه‌های بزرگی هستند، تأیید شده است. تاکنون مدل‌های متفاوتی برای شبیه‌سازی شرایط فیزیکی قبل از زمین‌لرزه ارائه شده‌اند، ولی مدل‌هایی مدنظر خواهند بود که بتوانند: اولاً، سازوکار اصلی و منشأ تولید جریان‌های الکتریکی و ثانیاً، پابرجا بودن طولانی مدت این جریان‌ها را توجیه کنند.

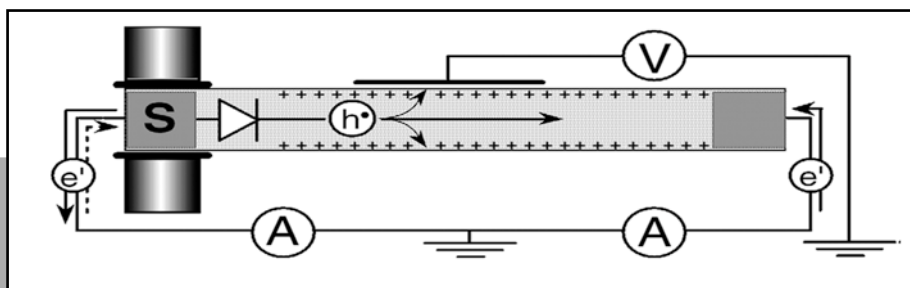
مطالعات آزمایشگاهی

فرایندهای گوناگونی برای تولید جریان‌های درون زمین معرفی شده‌اند. فرایندهایی که تا قبل از کشف حاملین بارهای الکتریکی معرفی شده بودند، برای این پرسش‌ها که: جریان‌های الکتریکی چگونه می‌توانند برای مدت طولانی در زمین شارش کنند؟ و به چه علت این جریان‌ها آن قدر قوی هستند که آنومالی‌های مغناطیسی محلی ایجاد می‌کنند؟ پاسخ مناسبی نداشتند. مثلاً «فرایند پیزو الکتریک» را در نظر می‌گیریم که پدیده‌ی شناخته شده‌ای برای «بلور کوارتز» است. در این فرایند، وقتی بلور کوارتز در امتداد محور X تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرد، بارهای ناهمنام در امتداد سطوح عمود بر این محور که در دو انتهای بلور قرار دارند، ظاهر می‌شوند. پس از حذف تنش، بارهای الکتریکی ناپدید می‌شوند. همچنین، علی‌رغم این که مقدار گابروها بسیار کمتر از گرانیتهاست، با این حال جریان‌های الکتریکی اندازه‌گیری شده در این سنگ‌ها کمتر از گابروهاست. از آن جا که در سنگ، آرایش بلورهای کوارتز در جهات متفاوتی است، جریان‌های الکتریکی بلورها تقریباً اثر یکدیگر را خنثا می‌کنند. در نتیجه جریان‌های تولید شده تحت این فرایند بسیار اندک خواهند بود.

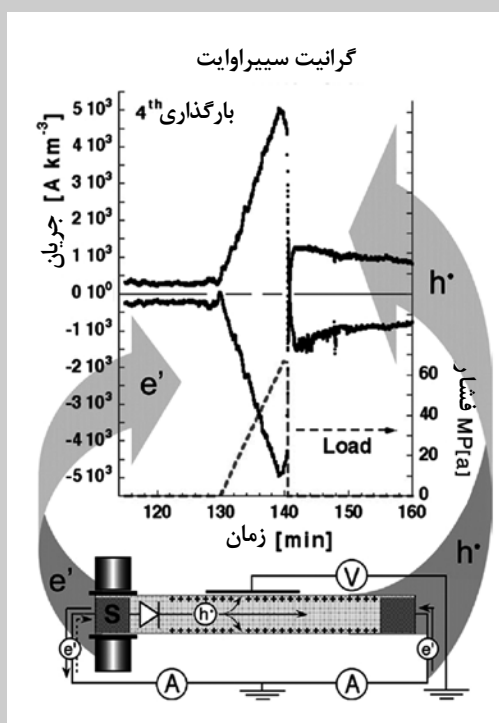
جریان‌های الکتریکی گذرا را که درون پوسته‌ی زمین جریان می‌یابند، باید به عنوان علائم قبل از زمین لرزه به حساب آورد؛ به ویژه آن دسته از علائمی که به صورت امواج الکترومغناطیسی (EM) با فرکانس پایین منتشر می‌شوند. کشف حاملین بارهای الکتریکی (الکترون‌ها و حفره‌های مثبت) که در اثر اعمال تنش بر سنگ‌ها فعال می‌شوند، به ما امکان می‌دهد که سازوکاری را برای تولید جریان‌های الکتریکی بزرگی که در امتداد سطوح گسل‌های بزرگ جریان دارند، در نظر بگیریم. در آزمایشی برای استنباط نظریه‌ی فوق، نمونه‌هایی از سنگ‌های آذرین (گرانیت، گابرو و آنورتوزیت) به

طول تقریبی $1/2\text{m}$ تحت تأثیر تنش تک محوره قرار گرفتند (شکل ۱). حجم سنگ گرانیته واقع بین دو پیستون تقریباً 1500cm^3 و سرعت افزایش تنش در طول تراکم 6MPa/min است. تراکم سنگ تا 6VMPa که حدود $\frac{1}{3}$ مقاومت شکستگی سنگ گرانیته است، ادامه می‌یابد. در این مرحله، عمل بارگذاری سنگ متوقف می‌شود. مراحل فوق شش بار با فاصله‌ی زمانی ۳۰ دقیقه از هم تکرار می‌شوند. به دو انتهای بلوک سنگی دو الکتروود، یکی درست به ناحیه‌ی تراکم و دیگری در قسمتی که خارج از ناحیه‌ی تراکم است، متصل شده‌اند. سر دیگر الکتروودها به زمین متصل است و در مسیر هر کدام یک آمپرسنج برای اندازه‌گیری جریان قرار گرفته است. یک ولت‌سنج، برای اندازه‌گیری پتانسیل الکتریکی سطحی، به خازنی وصل شده است که برای ذخیره‌سازی پتانسیل الکتریکی به سطح سنگ متصل است.

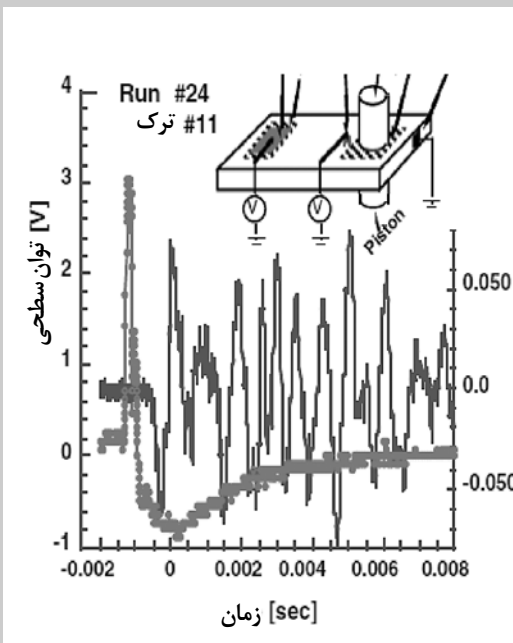
مشاهدات آزمایشگاهی حاکی از برقراری دو جریان الکتریکی (جریان الکترون‌ها و جریان حفره‌های P^+) مساوی و در جهت مخالف هم، طی آزمایش تراکم است. در عین حال، بزرگی جریان‌ها با افزایش تراکم بیشتر می‌شود. این وضعیت در تمامی شش مرحله‌ای که عمل تراکم تکرار شد، مشابه بود. خروج دو جریان با دو جهت مخالف این ذهنیت را به وجود آورد که بین ناحیه‌ی اعمال تنش و خارج از تنش، مرزی وجود دارد که همانند یک دیود عمل می‌کند. دیود (با نماد $\rightarrow$) قطعه‌ی الکترونیکی است که فقط به حفره‌های مثبت اجازه‌ی عبور می‌دهد (شکل ۱). به طوری که ملاحظه می‌شود، امکان جریان الکترون‌ها در ناحیه‌ی خارج از تأثیر تنش وجود ندارد و بلافاصله از محل نقطه‌ی تراکم به زمین منتقل می‌شوند، در حالی که جریان حفره‌ها (بارهای مثبت) ابتدا مسیر خارج از ناحیه‌ی تنش را می‌پیماید و سپس به زمین منتقل می‌شود [Freund.2006].



شکل ۱. طرح ساده‌ای از تراکم یک قطعه سنگ گرانیته (S) بین دو پیستون. جریان حفره‌های مثبت (h) به طرف ناحیه‌ی خارج از اعمال تنش و سطح سنگ، در حالی که جریان بارهای منفی مستقیماً به طرف زمین است.



شکل ۲. نمودار شدت جریان‌های الکتریکی دو جریان خروجی h و a از یک نمونه‌ی گرانیات در حال تراکم. با گذشت زمان و افزایش تراکم، جریان‌ها افزایش می‌یابند و در دقیقه‌ی ۱۴۰ که سنگ می‌شکند، هر دو جریان تا مقدار معینی کاهش پیدا می‌کنند. به هماهنگی تغییرات شیب نمودار دو جریان با میزان بار اعمال شده توجه نمایید. مقدار هیچ‌یک از دو جریان هنگام شکستگی صفر نمی‌شود و برای حصول این امر به گذشت زمان بیشتری نیاز است.



شکل ۳. نمایش سیگنال‌های صوتی (خطوط آبی) و الکتریکی سطحی (خطوط قرمز) طی ایجاد ترک در یک گرانیات تحت فشار. پالس الکتریکی قبل از پالس صوتی دریافت شده است.

نتایج حاصل از بارگذاری مرحله‌ی چهارم در شکل ۲ نمایش داده شده است. در این شکل، نمودار پایینی مربوط به شارش الکترون‌هاست و نمودار بالای آن، شارش حفره‌ها را نشان می‌دهد. وقتی مقدار تنش به ۶۷MPa رسید، جریان‌های الکتریکی به بیشترین مقدار خود یعنی ۷nA می‌رسند. دیگر سنگ‌های آذرین (گابرو و آنورتوزیت) جریان‌های قوی‌تری (۱۰۰-۲۰nA) تولید می‌کنند. پس از آن در ابتدا اندازه‌ی جریان‌ها به سرعت به $\frac{1}{4}$ مقدار اولیه‌ی خود کاهش می‌یابد و سپس کاهش جریان به صورت تدریجی خواهد بود. مدت زمان لازم برای صفر شدن جریان‌ها بیشتر از ۳۰ دقیقه فاصله‌ی زمانی بین دو تراکم متوالی است. بنابراین جریان‌های باقی‌مانده در هر مرحله‌ی تراکم به جریان‌های تولید شده در تراکم بعدی افزوده می‌شوند و این امر باعث ارتقای مقدار بیشینه‌ی جریان‌ها خواهد شد.

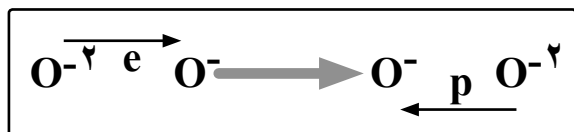
در آزمایش تقریباً مشابهی که برای تحلیل پیش نشانگر «درخشندگی اتمسفر»^۶ انجام شد [پیشین]، یک میکروفون برای دریافت سیگنال‌های صوتی در فاصله‌ی ۵cm و یک خازن برای ذخیره‌سازی پتانسیل الکتریکی سطحی، در فاصله‌ی ۲۰cm نقطه‌ی تأثیر پیستون قرار داده شدند. طی وقوع هر ترک، خازن به‌طور ناگهانی ولتاژ مثبت بالایی (۳V) با بقای ۵۰μS را در خود ذخیره می‌ساخت، در حالی که ولتاژ سطحی قبل از ایجاد ترک بسیار پایین و کمتر از ۱۰۰mV بود. در شکل ۳ مشاهده می‌کنیم که دریافت پتانسیل الکتریکی مثبت توسط خازن حدود یک میلی ثانیه قبل از این که میکروفون بتواند علائم صوتی مربوط به وقوع ترک را دریافت کند، اتفاق می‌افتد و این امر حاکی از سرعت بالای سیگنال‌های مثبت نسبت به سیگنال‌های صوتی است. افزایش ناگهانی ولتاژ سطحی مثبت که به صورت هجوم یک توده‌ی ابر باردار مثبت به سطح سنگ تعبیر شده است، باعث می‌شود، پتانسیل الکتریکی سطحی، زمانی که از ۴۰۰mV فراتر می‌رود، به علت انتشار نور قطع شود. انتشار نور از لبه‌ها یا نقاطی از سنگ که میدان الکتریکی در آنجا بیشترین مقدار خود را داشته باشد، صورت می‌گیرد. به علت بالا بودن میدان الکتریکی در فضای اطراف این نقاط، اتمسفر مجاور حالت یونیزه شده‌ای پیدا می‌کند و شرایط مناسبی برای وقوع پدیده‌ی فروشکست عایق به وجود می‌آید. همان‌طور که می‌دانیم، نتیجه‌ی آن وقوع یک تخلیه‌ی الکتریکی هاله‌ای است که با تولید جرقه و نور همراه است. به موازات این پدیده، تشعشعات زیادی از امواج رادیویی با فرکانس بسیار پایین (۲۰-۱۰KHz) نیز ثبت شد.

حفره‌های مثبت

آنیون‌های اکسیژن در کانی‌های سیلیکاته‌ی سنگ‌های آذرین و دگرگونی درجه‌ی بالا، در حالت ظرفیت عادی خود (O^{2-}) نیستند، بلکه به ظرفیت ۱- (O^-) تبدیل شده‌اند. در این حالت، کمبود یک الکترون در فوقانی‌ترین تراز لایه‌ی ظرفیت دیده می‌شود. به این مکان اصطلاحاً یک حفره می‌گویند، به تعبیر دیگر، حفره معرف وجود یک بار مثبت است. ساختار O^- معادل یک حفره در نظر گرفته می‌شود. همان‌طور که می‌دانیم، فرم الکترونی اتم اکسیژن به صورت $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ است و در حالت یونی، O^{2-} اربیتال P با دریافت دو الکترون آرایش گاز نئون را پیدا می‌کند. در حالت O^- ، اربیتال P دارای ۵ الکترون است که یک وضعیت ناپایداری برای اکسیژن خواهد بود. این نوع اکسیژن با جفت شدن با یک O^- دیگر و تشکیل یک پیوند پراکسی^۷ ($O-O^-$) حالت پایداری را به دست خواهد آورد. به عبارت دیگر، یک پیوند پراکسی از یک جفت حفره (به اختصار یک PHP) تشکیل شده است. پیوند پراکسی شدیداً کووالانسی و فاصله‌ی پیوندی کوتاه‌تر از O^{2-} است. در یک ترکیب، سیلیکاته‌ی ساده‌ای مانند کوارتز PHPها یا پیوندهای پراکسی، باعث ارتباط تتراندراهی SiO_4 به یکدیگر می‌شوند که در حالت کلی به صورت $O_p X / O^0 \backslash X O_p$ ($X = Si^{4+}, Al^{3+}$ etc.) نشان داده می‌شود.

شکسته شدن پیوند PHP

(نقطه‌ی آغاز در پیدایش امواج EM به عنوان پیش‌ناتگر)
زوج حفره‌ها یا PHPها حالت پایدار و غیرفعالی دارند، ولی تحت تأثیر نیروهای تکتونیکی و نیز افزایش دما، این پیوندها شکسته و حفره‌های $P(O^-)$ آزاد می‌شوند و شرایط مناسبی برای جابه‌جایی آن‌ها فراهم می‌آید. حفره‌ها با دست به دست شدن یک الکترون از هر O^{2-} موجود در ساختار کانی به یک O^- مجاور خود، جابه‌جا می‌شوند و آن را به O^{2-} تبدیل می‌کنند. بنابراین جهت حرکت الکترون در خلاف جهت حرکت حفره خواهد بود (شکل ۴).



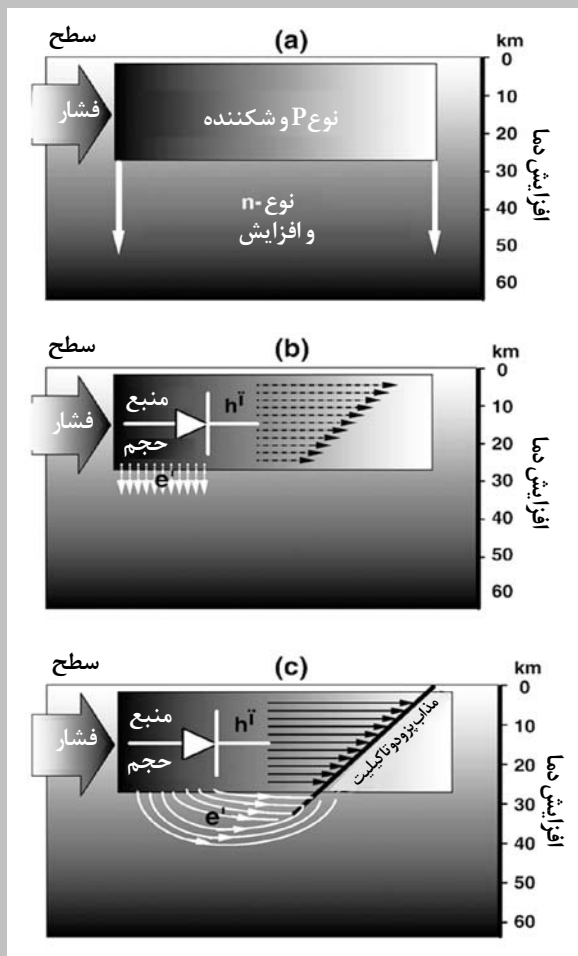
شکل ۴. یک O^{2-} با دادن یک الکترون به O^- مجاور خود (سمت راست) به حفره (O^-) تبدیل شده است؛ یعنی حفره به طرف چپ جابه‌جا شده است.

P با پرش از یک O^{2-} به O^- دیگر جابه‌جا می‌شوند. در شرایط آزمایشگاهی، حفره‌ها از نقطه‌ی تراکم خارج و وارد مسیر خارج از اعمال تنش می‌شوند. یعنی جریان آن‌ها در محدوده‌ی دمایی پایین نامتوسط است. از آن‌جا که بزرگی جریان‌ها به اندازه‌ی تنش وارده بستگی دارد، بنابراین نیروی محرکه‌ی لازم برای شارش بارها به اختلاف نیروی وارده بین دو قسمت اعمال تنش و ناحیه‌ی خارج از تنش بستگی دارد. الکترون‌ها هم‌زمان با حفره‌های P فعال می‌شوند، ولی برخلاف حفره‌های P نمی‌توانند در ناحیه‌ی خارج از تنش جریان یابند و مستقیماً به زمین منتقل می‌شوند. چون ترازهای مربوط به رسانایی یک جسم عایق برخلاف یک جسم رسانا در فاصله‌ی دورتری از تراز ظرفیت قرار دارد و برای انتقال الکترون به این ترازها، انرژی گرمایی بالایی لازم است و این امر در درجه حرارت‌های پایین و متوسط امکان‌پذیر نیست. در دماهای بالای ($500-600^\circ C$) تعداد کمی از الکترون‌ها شروع به تجمع در ترازهای بالا می‌کنند و در این صورت است که می‌توانند جاری شوند. اگر این شکل رسانایی را به پوسته‌ی زمین تعمیم دهیم، نتیجه می‌گیریم که از سطح زمین (دمای کم) به اعماق (دمای زیاد) وضعیت رسانایی سنگ‌ها از حالت نوع P (مثبت) به نوع n (منفی) تغییر می‌کند.

مدل سازی جریان‌های الکتریکی قبل از زمین لرزه

با تجربیات به دست آمده از آزمایش بارگذاری روی یک گرانیته به طول ۱/۲ متر و نتایج به دست آمده از آن، می‌توان یک مدل کیفی از پوسته‌ی زمین و جریان‌های تلوریک^۸ (جریان‌های الکتریکی درون زمین) را که در اثر فعال شدن حفره‌ها و الکترون‌ها برقرار می‌شوند، ارائه کرد. با توجه به حجم نمونه در نقطه‌ی اعمال تنش (1500 cm^3) و جریان‌های خروجی، می‌توان جریان تقریبی 500 A/Km^2 را برای گرانیته و 10^5 A/Km^2 را برای گابرو نتیجه‌گیری کرد. شکل a) (۵-۵) مدل ارائه‌ی شده‌ای برای یک پوسته‌ای به ضخامت 25.30 km است که در آن، تنش‌های تکتونیکی به‌طور افقی از چپ به راست بر پوسته وارد می‌شوند. نیروهای تکتونیکی باعث فعال شدن حاملین بارهای الکتریکی (حفره‌های P و الکترون‌ها) می‌شوند.

از سوی دیگر، گرادیان تنش نیروی محرکه‌ی لازم برای خروج جریان‌ها از سنگ‌های متراکم شده را تأمین می‌کند. با توجه به نحوه‌ی شارش بارهای مثبت و منفی که قبلاً نیز بیان شد، رسانایی بخش پایین‌تر پوسته که با داشتن دمای بالا، رفتار پلاستیکی دارد، از نوع n است. در حالی که رسانایی در بخش فوقانی پوسته که با داشتن دمای پایین، رفتار شکننده‌ای دارد، از نوع P است. بنابراین



شکل ۵. a: نمایش مدلی که در آن، پوسته از نظر هدایت الکتریکی به دو ناحیه سرد فوقانی که با رسانایی نوع P و ناحیه گرم زیرین که با رسانایی نوع c مشخص می‌شود. b: جریان حفره‌ها به طور افقی و به طرف ناحیه‌ای خارج از اعمال تنش است، ولی جریان بارهای منفی در همان موقعیت تراکم و به طرف اعماق است. c: تشکیل گسل و گسترش آن به اعماق و ظهور رگه‌ی پزدوتاکیلیت که همانند یک سیم رسانا باعث ارتباط الکتریکی دو ناحیه و بسته شدن مدار می‌شود.

از شکستگی سنگ پابرجا هستند (شکل ۲). از آن‌جا که رگه‌ی مذاب پزدوتاکیلیت طی چند ثانیه تا دمای کوری 580°C سرد می‌شود، بنابراین رگه تا این مرحله در معرض عبور جریان‌های الکتریکی قوی قرار خواهد گرفت. در نتیجه، رگه‌ی پزدوتاکیلیت در محل سطح گسل با داشتن جریان‌های الکتریکی قوی ($10^5 - 10^6 \text{ A/Km}^2$)، تولیدکننده‌ی میدان‌های مغناطیسی موضعی قوی نیز خواهد بود که حاصل آن، ظاهر شدن خاصیت NRM اولیه‌ی قوی در این سنگ‌هاست.

بارهای مثبت در راستای افق و در جهت راندگی به طرف خارج از ناحیه‌ی تنش و بارهای منفی به طرف اعماق ناحیه‌ی اعمال تنش هدایت می‌شوند شکل (b - ۵). با توجه به مشاهدات آزمایشگاهی که انتشار امواج EM را هنگام اعمال تنش به سنگ‌ها تأیید می‌کنند، بنابراین دو جریان فوق باید به طریقی به یکدیگر ملحق شوند تا با ترکیب میدان‌های الکتریکی آن‌ها، شاهد انتشار امواج EM فرکانس‌های بسیار پایین (ULF-VLF) باشیم.

تا به این‌جا با یک مدار الکتریکی باز مواجه هستیم و بسته‌شدن مدار منوط به رسیدن دو جریان فوق به یکدیگر است. شکل (c - ۵) نشان می‌دهد که اگر گسلی به ناحیه‌ی عمقی سرایت کرده باشد، وجود مواد پرکننده‌ی درون آن مانند جریان آب‌های شور و به‌ویژه «پزدوتاکیلیت»^۹، ارتباط الکتریکی لازم برای هدایت بارهای منفی در اعماق را به ناحیه سطحی فراهم می‌سازد. در زمین لرزه‌های بزرگ، به علت اصطکاک زیادی که در محل سطح گسل ایجاد می‌شود و در نتیجه‌ی تبدیل انرژی مکانیکی به گرمایی، بخشی از سنگ‌های واقع در دو طرف سطح گسل ذوب می‌شوند.

بعد از توقف فعالیت‌های حرکتی، مذاب حاصله به سرعت منجمد می‌شود و قشری نازک و شیشه‌ای به نام پزدوتاکیلیت تشکیل می‌شود. این سنگ‌ها روی زمین به صورت رگه‌های قهوه‌ای تیره تا سیاه رنگ با ضخامت چند سانتی‌متر در امتداد سطوح برشی بر جای مانده از زمین لرزه‌های گذشته مشخص می‌شوند. رنگ تیره‌ی این سنگ‌ها به علت وجود مقادیر زیادی دانه‌های ریز مگنتیت در آن‌هاست. اندازه‌ی دانه‌های مگنتیت در حدی است که از یک حوزه‌ی مغناطیسی تشکیل شده‌اند. این ویژگی باعث افزایش ظرفیت مغناطیسی این سنگ‌ها نسبت به سنگ‌های دربرگیرنده‌ی خود می‌شود. سنجش‌های مغناطیسی روی این دانه‌ها، حاکی از ویژگی «مغناطیس‌شدگی دائم طبیعی»^{۱۰} (NRM) قوی در این دانه‌هاست. در نمونه‌های به دست آمده از گسل «توجیما»^{۱۱} بعد از زمین لرزه‌ی کوبه‌ی ژاپن، تشکیل این سنگ‌ها با خاصیت NRM قوی تأیید شد. درجه‌ی «حرارت کوری»^{۱۲} مگنتیت در فشار کم 580°C است، ولی با افزایش فشار همه‌جانبه تا محدوده‌ی ۴-۶ GPa، این مقدار به 600°C می‌رسد. شدت میدان مغناطیسی اندازه‌گیری شده برای این دانه‌ها یک هزارم میدان مغناطیسی زمین است.

چون درجه‌ی حرارت رگه‌ی پزدوتاکیلیت بالاست، بنابراین میزان رسانایی آن بیشتر خواهد بود و همان‌طور که قبلاً بیان شد، جریان‌های الکتریکی حاصل از اعمال تنش، علاوه بر این‌که پتانسیل الکتریکی بالایی دارند، حداقل تا دقایقی بعد

مدل سازی میدان مغناطیسی موضعی قبل از زمین لرزه

هر چند مدل ارائه شده در شکل ۵ می تواند شرایط تولید میدان مغناطیسی را قبل از زلزله همانندسازی کند، با این حال نمی تواند آنومالی مغناطیسی بالا در محل گسل را توجیه کند. برای تولید یک NRM قوی طی سرد شدن ورقه ی مذاب پزدوتاکیلیت، جریان های الکتریکی باید تا زمانی که دما از درجه ی حرارت کوری بلورهای مگنتیت عبور نکرده باشد، در حال شارش باشند.

فِرِه^{۱۲} و همکارانش (۲۰۰۵) مدلی را ارائه کردند که در آن، یک رگه با ضخامت ۲cm درون یک سنگ میزبان با دمای ۴۰۰°C واقع شده بود. هم چنین فرض کردند که عمل ذوب شدگی سریع طی زمین لرزه و سرد شدن آن در اثر رسانش گرمایی به سنگ های اطراف وجود داشته است. تحت این شرایط، سرد شدن رگه تا دمای زیر ۵۰۰°C به اندازه ی ۱۰-۲۵ طول می کشد. شکل ۶ سطح یکنواختی با جریان های الکتریکی در حال شارش به طرف بالا را نشان می دهد. جریان های الکتریکی واقع بر سطح گسل، میدان های مغناطیسی را تولید می کنند که بردارهای خطوط میدان (B)، در سطح گسل و عمود بر جهت جریان (I) قرار می گیرند. میدان مغناطیسی بیشترین مقدار خود را در دو طرف ورقه ی حامل جریان دارد و اندازه ی آن به طرف مرکز رگه، کاهش می یابد و به صفر می رسد. میانگین شدت میدان مغناطیسی در سطح رگه عبارت است از:

$$B = 2\pi \times 10^{-7} \frac{I}{L}$$

دانسیته ی جریان در سطح ورقه با نسبت I/L ، یعنی نسبت جریان بر واحد طول سطح گسل نشان داده می شود. بزرگی میدان مغناطیسی اندازه گیری شده در سطح ورقه ۴۵۰ μT است که ۱۰ برابر میدان مغناطیسی دو قطبی زمین است و برای تولید آن، به شدت جریان الکتریکی با معیار $2-3 \times 10^5 A$ در هر کیلومتر طول گسل نیاز داریم. با در نظر گرفتن ضخامت ۲cm برای رگه ی پزدوتاکیلیت، دانسیته ی جریان طی سرد شدن و عبور دما از ۵۸۰°C باید $1 A/cm^2$ باشد.

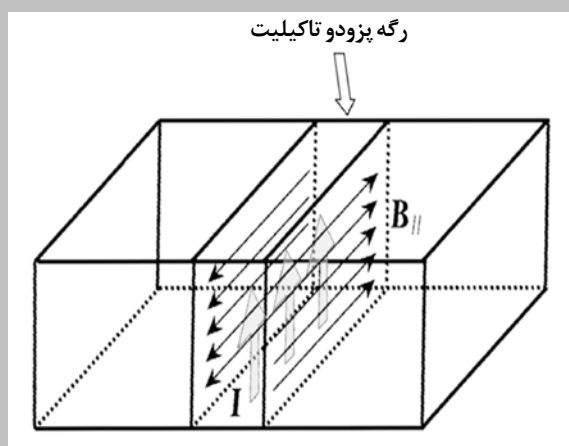
انتشار امواج EM و بروز رفتارهای غیرعادی حیوانات

گزارش هایی مبنی بر بروز رفتارهای غیرعادی از حیوانات قبل از زمین لرزه، و پایان یافتن این رفتارها پس از زمین لرزه، برخی از محققین شرق آسیا را بر آن داشته است که تأثیر امواج EM روی رفتارهای حیوانی را به عنوان یک پیش نشانگر مورد بررسی قرار دهند. گزارشات متعددی از رفتارهای غیرعادی قبل از زمین لرزه های کوبه ی ژاپن، از میت ترکیه و نواحی متفاوت تایوان ثبت شده اند؛ از جمله: ناپدید شدن پرند ه های بومی چند روز قبل از زمین لرزه، ازدحام کرم های خاکی در سطح زمین، مهاجرت ماهی های نواحی عمیق دریا به مناطق سطحی، حرکت در امتداد یک راستا برای ماهی ها و کرم های ابریشم، حالت بی تحرک موش ها از شدت ترس، بیدار شدن مارها از خواب زمستانی و بیرون آمدن از لانه های خود و موارد متعددی از این قبیل.

بر این اساس، آزمایش های تراکم گرانیته ها و بعضی از سنگ های آذرین، در حضور برخی از موجودات زنده انجام گرفت تا تأثیر امواج EM روی آن ها را بتوان مشاهده کرد. همانند آزمایش نشان داده شده در شکل ۱، دستگاه تراکم گرانیته درون اتاقکی قرار داده شد و در کنار آن، قفسه هایی از حیواناتی شامل: مرغ عشق، موش های آزمایشگاهی و صحرایی، مار ماهی درون آکواریوم، و تعدادی کرم ابریشم در فاصله ی یک متری از محل تراکم نمونه ی سنگ قرار داده شدند. هم چنین یک دوربین برای فیلم برداری از رفتارهای این حیوانات و آنتن های گیرنده ی امواج، داخل اتاقک تعبیه شدند. قبل از اجرای تراکم، موجودات فوق با محیط خود هماهنگ و عادت داده شدند. طی تراکم و تا ۱۵ دقیقه قبل از شکستگی سنگ، هیچ گونه رفتار غیرعادی از حیوانات مشاهده نشد. اگر سرعت افزایش تنش $2/5 \times 10^6 Pa/min$ باشد، شکستگی سنگ زمانی اتفاق می افتد که میزان تنش به $1/5 \times 10^8 Pa$ (حدود ۳۰۰ تن) برسد.

تا قبل از شکستگی سنگ، گیرنده ها انتشار امواج EM را تأیید

شکل ۶. نمایش جریان الکتریکی بارهای منفی شارش یافته از اعماق به طرف ناحیه ی سطحی (I) در داخل یک رگه ی پزدوتاکیلیت. بردارهای میدان مغناطیسی این جریان روی سطح رگه (B) و عمود بر راستای جریان قرار گرفته اند.



پی نوشت

1. Precursor
2. Electromagnetic
3. Ultra low frequency
4. very low frequency
5. P-Holes
6. Earthquake lights
7. Peroxy bond
8. Telluric currents
9. Pseudotachylite
10. Normal remanent magnetization
11. Nojima
12. Curie temperature
13. Ferre

منابع

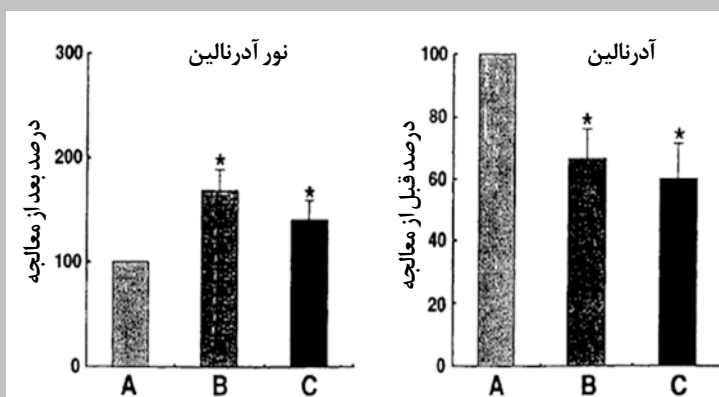
1. Freund, F. (2002). Positive Holes (p-holes) and positive Hole Paris (PHP): Key to Understanding Many Pre-Earthquake Phenomena. Earthquake Precursor Workshop. 88-95. Department of Physics, San Jose State University, and NASA Ames Research Center.
2. Freund, F. et al. (2006). Electric currents streaming out of stressed rocks-A step towards understanding pre-earthquake low frequency EM emissions. j. Physics and Chemistry of the Earth 31 (2006) 389-396.
3. Freund, F. (2006). Electric currents along earthquake faults and the magnetization of pseudotachylite veins. J. Tectonophysics 431 (2007) 131-141.
4. Freund, F and Sornette, D. (2008). Electro-Magnetic Earthquake Bursts and Critical Rupture of Peroxy Bond Networks in Rocks. on internet < <http://arXiv.org/abs/physics/0603205v2> >
5. Ikeya, M. et al., "Electromagnetic pulses generated by compression of granitic rocks and animal behavior", International Union of Geological Sciences, Vol. 23 No. 4, 262-265.
6. Mellon, J.J. (2004). Electric Properties of Igneous Rock under Pre-Earthquake Conditions. Oregon State University, REU Summer Program scholar at SJSU/NASA Ames.
7. St-Laurent, F. et al. (2006). Earthquake lights and the stress-activation of positive hole charge carriers in rocks. J. Physics and Chemistry of the Earth 31 (2006) 305-312.

کردند. رفتارهای غیرعادی موجودات فوق از زمانی آشکار شد که میزان بار اعمال شده به سنگ به ۶۰ تن رسید. همه‌ی این رفتارها تا مرحله‌ی شکستگی سنگ ادامه داشت. در فضای تاریک محل آزمایش، پرنده‌ها شروع به خواندن و بال زدن در جاکر دند و موش‌ها حرکت‌های نامشخص انجام دادند. موش‌های بزرگ یکدیگر را گاز گرفتند و مار ماهی‌ها به حرکات متلاطم و مارپیچی ناشی از پریشانی پرداختند. تمامی این رفتارها پس از شکستگی سنگ از بین رفتند. شدت میدان الکتریکی تولید شده در اثر تراکم حدود ۲V/m، میدان مغناطیسی در حدود ۶/۷nT و دانسیته‌ی امواج 10^{-2} W/m^2 اندازه‌گیری شد. در بررسی تجربی دیگری که تحت تأثیر میدان الکتریکی ۱۰V/m انجام گرفت، مشاهده شد که ماهی‌ها در امتداد یک خط شنا می‌کنند [Ikeya, 1996]. مشابه همین رفتارها قبل از زمین لرزه‌ی کوبه (۱۹۹۵) نیز گزارش شد. گزارش بازماندگان زمین لرزه‌ی کوبه‌ی ژاپن نشان می‌دهد که رفتارهای غیرعادی حیوانات هشت روز قبل از زمین لرزه شروع شد و سپس کاهش یافت. امادوباره چند ساعت قبل از وقوع زمین لرزه شروع شد. هم‌چنین رفتارهای موجودات زمانی که مستقیماً تحت تأثیر امواج EM واقع می‌شوند، مشابه همین گونه رفتارهاست.

آنالیز پلاسمای خون موش‌ها

رفتارهای فوق حاکی از تأثیر امواج EM روی گیرنده‌های حسی محیطی است. به طوری که می‌دانیم، هنگام هیجان و اضطراب، هورمون‌های آدرنالین و نور آدرنالین به منظور افزایش حساسیت اندام‌های حسی و حرکتی ترشح می‌شوند. اندازه‌گیری مقادیر این دو هورمون در پلاسمای خون نشان می‌دهد که میزان ترشح هورمون نور آدرنالین هم بعد از شکستگی سنگ و هم بعد از این که موجودات مستقیماً تحت تأثیر امواج EM قرار می‌گیرند، افزایش داشته‌است، در حالی که از میزان ترشحات هورمون آدرنالین کاسته می‌شود (شکل ۷).
* کارشناس ارشد زمین‌شناسی، دبیر منطقه‌ی ۲ تهران

شکل ۷. مقایسه‌ی میزان ترشحات دو هورمون نور آدرنالین و آدرنالین موش‌ها. حالت A سطح عادی این دو هورمون قبل از اجرای آزمایش. حالت B در آزمایش تأثیرگذاری مستقیم امواج EM (فرکانس ۳۰۰MHz و دانسیته‌ی تابشی 10 W/m^2) و حالت C نشان‌دهنده‌ی مقدار هورمون‌ها در آزمایش تراکم قبل از رخداد شکستگی سنگ. به تشابه نسبی مقادیر دو هورمون در حالت‌های B و C توجه شود.



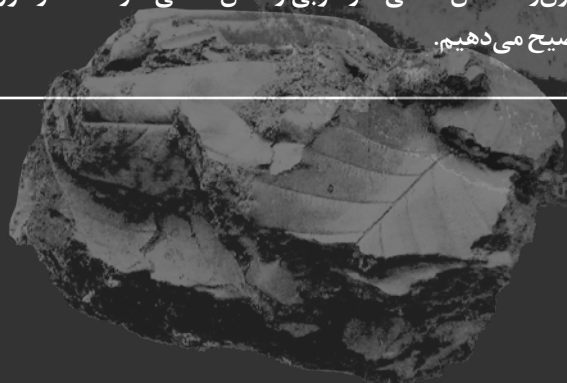
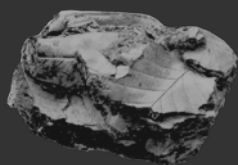
گوناگونی کانسارهای آهن ونحوه‌ی شکل‌گیری آن‌ها

مقدمه

آهن چهارمین عنصر فراوان در پوسته‌ی زمین است که در حدود ۵ درصد پوسته‌ی زمین را تشکیل می‌دهد. بیش از ۳۰۰ کانی آهن در طبیعت یافت می‌شوند که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از: منیتیت (Fe_3O_4)، هماتیت (Fe_2O_3)، گوتیت (FeO(OH))، لیمونیت ($\text{Fe}_2(\text{OH})_2(\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O})$)، سیدریت (FeCO_3)، شاموزیت (FeSiO_3) و مارتیت. ۴۸ کشور جهان تولید سنگ‌معدن آهن را در اختیار دارند. پنج تولیدکننده‌ی بزرگ سنگ آهن جهان، کشورهای چین، برزیل، استرالیا، روسیه و هند هستند که ۷۰ درصد تولید جهان متعلق به آن‌هاست. ایران در میان این تولیدکنندگان رتبه‌ی شانزدهم را داراست.

بیشتر ذخایر آهن ایران در فاصله‌ی زمانی پروتروزوئیک پسین – پالئوزوئیک پیشین تشکیل شده‌اند. کانسارهای این زمان دارای خاستگاه‌های گوناگونی از جمله ماگمایی، درون‌زاد یا اورتوماگمایی، ولکانیکی، ولکانیکی – رسوبی، رسوبی دگرتهادی و... هستند که در مناطق زیر تمرکز دارند:

- ناحیه‌ی بافق با ذخیره‌ای بیش از یک میلیارد تن؛
 - منطقه‌ی سیرجان (زون سنندج – سیرجان جنوبی)، با ذخیره‌ای در حدود یک میلیارد تن؛
 - جزایر جنوب خاوری بندرعباس و منطقه‌ی بندرعباس، زون زاگرس؛
 - ناحیه‌ی شمال غرب ایران (ناحیه‌ی سلطانیه، زنجان و تکاب).
- در ادامه، انواع کانسارهای آهن و نیز نظریه‌هایی که در مورد نحوه‌ی شکل‌گیری آن‌ها ارائه شده، به صورت مختصر بحث شده است.
- انواع کانسارهای آهن عبارت‌اند از: آهن رسوبی، ماگمایی (مافیک و اولترامافیک لایه‌ای)، اسکارنی، تراوشی، دگرگون‌زاد، آتش‌فشانی – رسوبی و آتش‌فشانی. در ادامه در مورد هر یک از این گروه‌ها به اختصار توضیح می‌دهیم.



کانسارهای آهن رسوبی

کانسارهای آهن رسوبی، وابسته به سازندهای رسوبی لایه لایه، متعلق به دوره‌ی پرکامبرین هستند و ۹۰ درصد ذخیره‌ی آهن دنیا را شامل می‌شوند. این کانسارها به سه گروه کانسارهای آهن نواری، کانسارهای الیتی آهن، و کانسارهای آهن مردابی تقسیم می‌شوند.

۱. کانسارهای آهن نواری (لایه‌ای)^۱

نهشته‌های سازند آهن نواری، یکی از بزرگ‌ترین ذخایر معدنی را می‌سازند که در سرزمین‌های گوناگون، علاوه بر «BIF» به نام‌های دیگری از جمله «یتایریت»^۲، «جاسپیلیت»^۳ کوارتزیت هماتیت‌دار و «اسپیکولاریت»^۴ نیز شناخته می‌شوند. ۹۰ درصد ذخایر شناخته شده‌ی کانسارهای آهن رسوبی، نهشته‌های سازند آهن نواری هستند که ۶۵ درصد آن‌ها از نوع «سوپریور» و ۲۵ درصد از نوع «آلگوما» است. این نوع کانسارها در محدوده‌ی زمانی پرکامبرین تشکیل شده‌اند.

الف) نوع الگوما

سازند آهن نواری نوع الگوما، غالباً در آرکئن به ندرت در فانروزوئیک کشف شده و از نوع سوپریور کوچک‌تر است. منشأ آهن در این تیپ می‌تواند فعالیت آتشفشان زیردریایی باشد. مجموعه سنگ‌های همراه، شامل سنگ‌های آتشفشانی اسیدی تا حد واسطه زیردریایی، ماسه‌سنگ و گریواک است که در یک حوضه‌ی ژئوسنکلینالی شکل می‌گیرند. در این نوع سازند، اکسیدها، کربنات‌ها و سولفیدهای آهن با چرت و به صورت لایه‌ای یافت می‌شوند. میزان ذخیره‌ی آن‌ها ۱۱ تا ۳۰۰۰ میلیون تن با عیار ۳۰ تا ۶۵ درصد است.

ب) نوع سوپریور

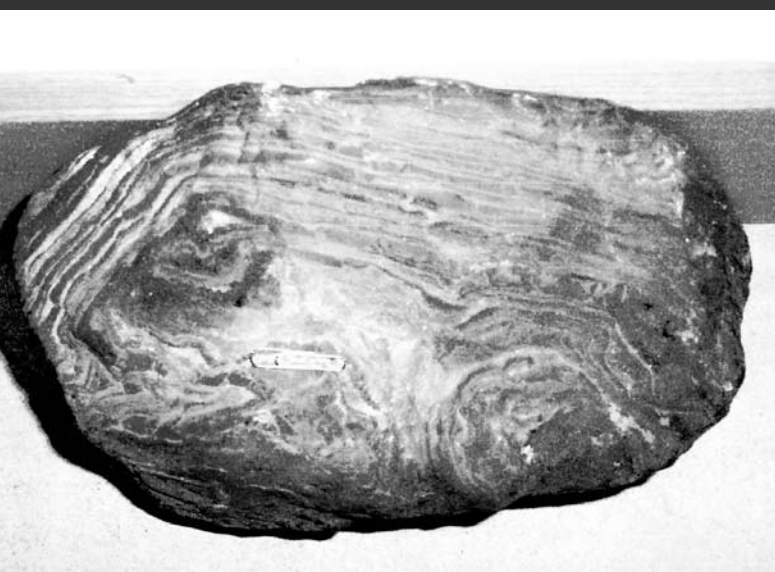
کانسارهای آهن نواری نوع سوپریور، از جمله بزرگ‌ترین ذخایر آهن رسوبی به‌شمار می‌روند. این ذخایر با سنگ‌های عمق کم و متوسط، مانند کوارتزیت، شیل و دولومیت همراه و معمولاً فاقد مواد آواری هستند. «نواربندی منظم»^۵ لایه‌های چرتی سرشار و فقیر از آهن با ضخامت معمول یک سانتی‌متر تا یک‌متر، سیمای غالب این نوع BIF است.

در این نوع سازند، BIF کوارتزیت و شیل‌های سیاه کربن‌دار، از نظر هم‌بستگی چینه‌شناسی با کنگلومرا، دولومیت، چرت توده‌ای، برش چرتی و آرژیلیت همراه هستند و گسترش این تیپ تا هزاران کیلومتر است. از نظر سنی، این سازند در محدوده‌ی زمانی ۱/۸ تا ۲/۵ میلیارد سال پیش تشکیل شده است. میزان ذخیره‌ی آن غالباً از ۱۱ تا ۳۰۰۰ میلیون تن و گاهی تا ۲۵۰۰۰ میلیون تن و بیشتر وجود دارد. ضخامت آهن در این سازند از چند متر تا ۱۰۰۰ متر است و به صورت لایه‌ای دیده می‌شود. عیار آهن ۳۰ تا ۴۰ درصد است و در حالت‌های هوازده به ۶۰ درصد نیز می‌رسد. دریاچه‌ی سوپریور - لابرادور در آمریکای جنوبی و حوضه‌ی هامورسلی در استرالیا و ترانسوال آفریقای جنوبی مناطقی هستند که ذخایر آهن نوع سوپریور در آن‌ها کشف شده است.

۲. کانسارهای آهن رسوبی نوع اوولیتی

کانسارهای آهن نوع اوولیتی، براساس موقعیت مکانی به نام «کلینتون» (آمریکای شمالی) شناخته می‌شوند. این کانسارها در محدوده‌ی زمانی فانروزوئیک تشکیل شده‌اند. جریان آب رودخانه توانایی حمل مقادیر فراوان آهن را دارد. در روند از جای کنده

شکل ۱. نمونه‌ای از کانسنگ BIF که در آن، نواربندی منظم لایه‌های چرتی غنی و فقیر از آهن دیده می‌شود



فانروزوئیک پدید آمده‌اند و سیدریت و پیریت دو کانی مهم این کانسارها هستند.

کانسارهای ماگمایی (مافیک و اولترامافیک لایه‌ای)

باور این است که انباشته‌های توده‌ای منیتیت (که گاه همراه با هماتیت است) خاستگاه آذرین دارند. این کانسارها خود ناشی از تفکیک ماگمایی هستند و گاهی لایه‌بندی نشان می‌دهند (مانند کرومیت‌های نوع بوشولد). ولی عمدتاً به شکل خاصی نیستند و به‌صورت تزریق از سیال‌های غنی از منیتیت، در سنگ‌های دیواره‌اند. این منابع معمولاً در آنورتوزیت‌ها، دارای درصد بالایی از آهن و عمدتاً غنی از تیتان هستند. چنین کانسارهایی که زایش آن‌ها مستقیماً وابسته به ماگماست، کانسارهای اورتوماگمایی نامیده می‌شوند.

کانسارهای ماگمایی در مقایسه با کانسارهای رسوبی، تا اندازه‌ای کمیاب‌ترند. بیشتر در ارتباط با سنگ‌های سینیتی هستند و همراه با آن‌ها یافت می‌شوند. نمونه‌ای برجسته از این کانسارها، میدان معدنی کیرانا در شمال سوئد است. کانسارهایی با این خاستگاه در ایران، براساس نظر برخی از محققان، احتمالاً کانسار چادرملو، مرواریه و سرخه دیزج در زنجان هستند. ذخیره‌ی این‌گونه کانسارها معمولاً قابل

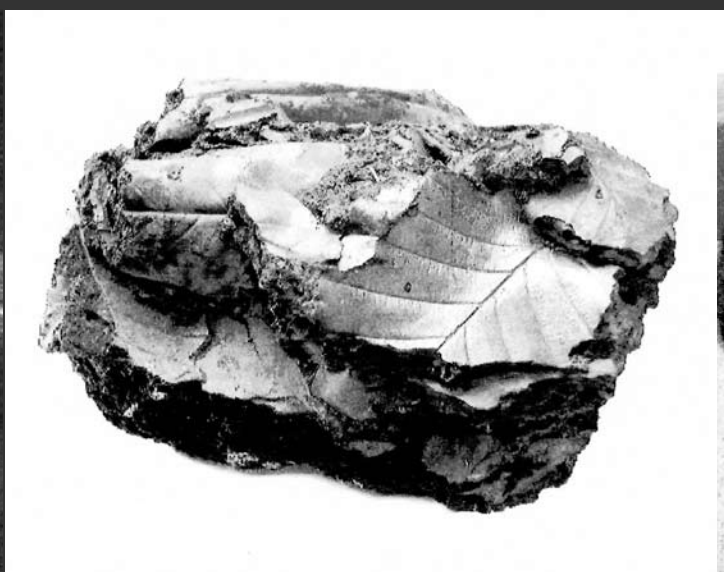
شدن و یا حمل، فراورده‌های آلی می‌توانند نقشی بزرگ داشته باشند. این‌گونه از ترکیبات و یا کمپلکس‌ها به‌صورت یک سُل عمل می‌کنند و آن‌گاه که به آب یونیزه برمی‌خورند، سُل‌های درشت آهن را بر جای می‌نهند. مشهورترین کانسار اولیتی جهان، کانسار کلینتون در شمال ایالت نیویورک است. این کانسارها در مجموع انباشتگی‌های بزرگ و یا غنی نمی‌سازند. کانسارهای مینت (فرانسه و بریتانیا)، «میدلندز»^۲ در انگلستان، «لوراین»^۳ لوکزامبورگ، و «سالزگیتر»^۴ در ساکسونی واقع در شمال اروپا، از این نوع‌اند.

۳. کانسارهای آهن رسوبی مردابی (حاوی لایه‌های زغالی)

این کانسارها در مناطق معتدل تا یخچالی مربوط به نیم‌کره‌ی شمالی به‌صورت توده‌های عدسی شکل تا نواری لیمونیت حاوی رس-ماسه و مواد آلی هستند که در دریاچه‌ها و رودخانه‌های دارای جریان کند و در باتلاق‌ها و مرداب‌ها تشکیل می‌شوند. برخی از این کانسارها به سنگ آهن «نوار سیاه» معروف‌اند و اساساً از سیدریت با مقادیر متفاوتی مواد آواری و آلی تشکیل شده‌اند. این کانسارها در محدوده‌ی زمانی

شکل ۳. نمونه‌ای از کان سنگ مگنتیتی معدن چادرملو با ساخت استوک ورک (رگچه‌ها، بخش مگنتیتی هستند).

شکل ۲. نمونه‌ای از کان سنگ آهن رسوبی مردابی که آثار و بقایای گیاهی در آن دیده می‌شود



ملاحظه است. عیار آهن آن‌ها معمولاً کمتر از ۶۰ درصد و عیار فسفر آن‌ها در حدود ۲ درصد است. عیار گوگرد در آن‌ها پایین و کمتر از ۵ درصد است.

شکل کانسار، رگه‌ای و عدسی مانند و معمولاً در مجاورت سنگ‌های نیمه قلیایی و یا در میان توده‌های نفوذی با ترکیب‌های متفاوت جای دارند. این کانسارها غالباً در سنگ‌های نوریت و لابرادوریت و به ندرت داخل گابرو تشکیل شده اند. کان سنگ آهن در قاعده‌ی توده‌ی آذرین نفوذی، به صورت توده‌های نامنظم و یا رشته‌ای و یا مجموعه‌ای از ستون‌های کانی سازی تشکیل می‌شود.

تمام این کانسارها دارای مقادیر زیاد تیتانیوم هستند که به صورت تیتانومانیتیت (همراه یا بدون تیغک‌های مربوط به تفکیک کانی) و یا به صورت ایلمنیت همراه مانیتیت خالص ظاهر می‌شوند. در این کانسارها غالباً مقداری وانادیوم نیز وجود دارد که ممکن است به طور محلی قابل استخراج باشد.

کانسارهای اسکارنی

آهن در این گونه کانسارها ریشه‌ی ماگمایی دارد که سیلیس آن در فرایند تفریق ماگمایی، سیلیکات‌ها را می‌سازد و آهن باقی‌مانده در حاشیه‌ی توده‌ی ماگمایی انباشته می‌شود. دمای بالای سیالات آهن‌دار، زمانی که به توده‌ای رسوبی (به ویژه لایه‌های آهک) بر می‌خورد، در سنگ آهک محیطی نیمه سیال پدید می‌آورد. در چنین شرایطی است که میان بخش آهن‌دار ماگمایی و بخش سنگ آهک داغ، چرخه‌ای پدیدار می‌شود و در این روند آهن درون بخش آهکی، به صورت اکسید به جای می‌ماند. گرچه شمار این گونه کانسارها می‌تواند فراوان باشد، لیکن ذخایری که اندازه‌های بزرگ داشته باشند، کمترند. از نمونه‌های شناخته شده‌ی این گونه کانسارها می‌توان ایرون اسپرینگ (آمریکا)، کریسیتانیا و آرنالد (نروژ)، نوربرگ (سوئد)، کواری (لهستان)، بانات (رومانی) و سنگان (بر پایه کارهای بومری) در ایران را نام برد. این اسکارن‌ها، علاوه بر آهن، حاوی کبالت و نیکل نیز هستند و ذخیره‌ی آن‌ها بین چند صدمتر تا چند کیلومتر گسترش دارد که در فاصله‌ی بین توده‌ی نفوذی و سنگ‌های کربناته‌ی اطراف آن، واقع شده‌اند.

ترکیب توده‌ی نفوذی، بین گابرو - دیوریت تا گرانودیوریت - کوآرتز مونزونیت متغیر است. سنگ‌های کربناته نیز ترکیبی آهکی تا دولومیتی دارند. ذخیره‌ی این کانسارها معمولاً بین ۱۰۰۰-۵ میلیون تن و عیار آهن آن‌ها ۵۵-۳۳ درصد است.

کانسارهای تراوشی

تراوش آهن از کانسارهای کم‌عیار آن، با دخالت آب‌های زیرزمینی و بر جای نهادن دوباره‌ی آن‌ها در فاصله‌ی دورتر، می‌تواند به پیدایش کانسارهایی غنی از آهن بینجامد که تحت عنوان کانسارهای تراوشی شناخته شده‌اند. این گونه کانسارها اهمیت چندانی ندارند.

کانسارهای دگرگون‌زاد

این کانسارها به دو بخش تغییر شکل و دگرگونی تقسیم می‌شوند. کانسار دگرگون‌زاد به انباشته‌هایی از آهن گفته می‌شود که در فرایندهای دگرگونی ناحیه‌ای و یا همبری، متمرکز شده باشند. در این کانسارها دو گونه کان سنگ به چشم می‌خورد: کوآرتزیت‌های آهن‌دار و ایتابیریت‌ها. این گونه کانسارها در روسیه، لابرادور کانادا، کره‌ی شمالی، هند، استرالیا و آفریقای جنوبی، برزیل، سوئد و نروژ دیده شده است.

کانسارهای آتش فشانی - رسوبی

در مقاطعی از تاریخ فعالیت برخی آتشفشان‌های غنی از آهن، اکسیدهای آهن به شکل کانی‌هایی چون منیتیت، الیژیست و گاه پیریت شکل می‌گیرند. اگر روان آب‌هایی حاوی این ترکیبات در آب دریا بریزند، لایه‌هایی پدید می‌آورند که در آن‌ها آهن به صورت عدسی یا لایه‌هایی مطابق با لایه‌بندی سنگ‌های رسوبی، شکل می‌گیرد و در این گروه طبقه‌بندی می‌شوند. از این گروه می‌توان از انباشته‌ی آهن «لان دیل»^۹ در آلمان، آتاسو در قزاقستان مرکزی، کانسار آهن و منگنز شمس آباد اراک و کانسارهای رسوبی ناحیه‌ی بندرعباس نام برد.

کانسارهای آتش فشانی

این کانسارها از جدایش یک ماگمای غنی از آهن که معمولاً

* کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی شرکت کافی کاوان شرق
 ** کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی شرکت زرناب اکتشاف

پی‌نوشت

۱. Banded Iron Formation (BIF)
۲. Itabirite
۳. Jaspillite
۴. Specularite
۵. Rhythmical banding
۶. Midlands
۷. Lorraine
۸. Salzgitter
۹. Lahn Dill

منابع

۱. Cambridge-Ore geology-Atkinson-k-1۹۸۶-universitypress
۲. ژیلبرت، جان، م و پارک، چارلز اف. زمین‌شناسی کانسارها. ترجمه‌ی سعید علی‌رضایی. نشر دانش امروز، انتشارات امیرکبیر. ۱۳۷۸.
۳. درویش‌زاده، علی. زمین‌شناسی ایران. نشر دانش امروز، انتشارات امیرکبیر. ۱۳۷۰.

حاوی ۴-۵ درصد فسفر است، حاصل می‌شود. از کانسارهای درونی این گروه می‌توان کانسار «پی‌ریج» و «ایرون مونتین» (میسوری)، کانسارهای آتشفشانی آهن، کانسارهای «ال لکو» (شیلی)، «سرودومر کادو» (مکزیک) و «میشدوان» (منطقه‌ی بافق) را نام برد.

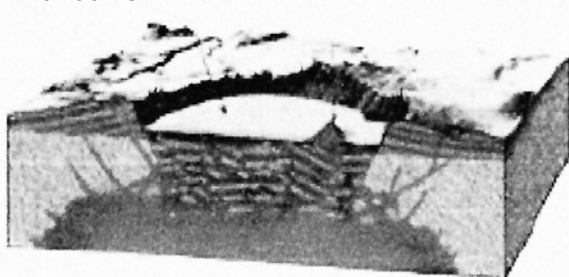
اگرچه مالینین و همکارانش (۱۹۷۷) برای کانسار آهن میشدوان واقع در شمال شرقی بافق، منشأ متاسوماتیسم قائل‌اند، ولیکن فورستر و نیتل (۱۹۷۹) برای این کانسار منشأ آتشفشانی پیشنهاد کرده‌اند. طبق مطالعات فورستر و جعفرزاده (۱۹۸۴)، کانسار میشدوان در ارتباط با ساخت‌های کالدرایی موجود در منطقه‌ی بافق است. فعالیت آتشفشانی در میشدوان بعد از جریان‌ات گدازه‌ای مگنتیتی پایان یافته و آن‌گاه منطقه به زیر آب فرو رفته است و لایه‌های کربناته ته‌نشین شده‌اند. در پایان نیز سیالات گرمابی عدسی‌های چرت را ته‌نشین کرده‌اند.

شکل ۴. مراحل متفاوت تشکیل یک کالدرای طی فعالیت آتشفشانی

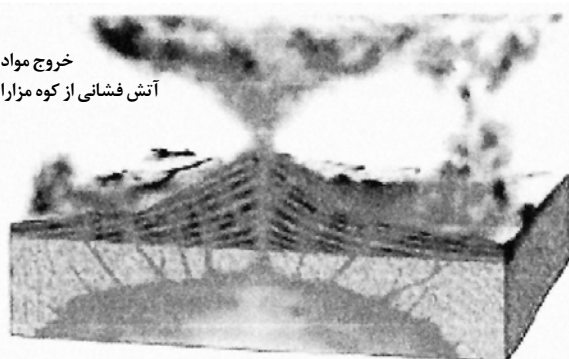
فرو ریزش کوه مزارا



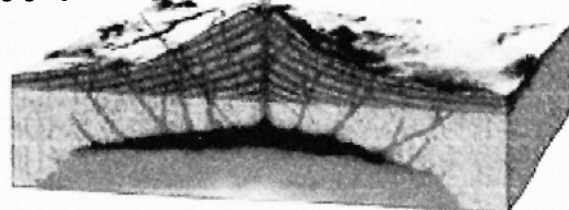
تشکیل دریاچه دهانه‌ای و جزیره ویزارف



خروج مواد
آتش فشان‌ی از کوه مزارا



تخلیه بخشی ماگما از
دودکش آن



تداخل سنجی راداری زمینی، اندازه‌گیری نرخ جابجایی و

اشاره

اخیراً با استفاده از رادار، «روش تداخل سنجی راداری» برای نمایش تغییر شکل‌های پوسته‌ی زمین و محاسبه‌ی میزان جابه‌جایی‌های پوسته در اثر عوامل طبیعی ارائه شده است. این روش دو بخش دارد: تداخل سنجی راداری هوایی و تداخل سنجی راداری زمینی. روش تداخل سنجی راداری به علت دقت بالا و کم‌هزینه بودن، مورد استقبال قرار گرفته شده است. با توجه به مزایای روش تداخل سنجی راداری و توانایی‌های آن در مطالعه‌ی بلایای طبیعی، استفاده‌ی هرچه بیشتر از این روش در کشور ایران، به خصوص در زمینه‌ی تعیین میزان جابه‌جایی‌های حاصل از زمین لغزش، زلزله، فرونشست و آتشفشان پیشنهاد می‌شود.

کلید واژه‌ها: تداخل سنجی راداری (Interferometry)، فرونشست (subsidence)، زمین لغزش (landslide)، بدون سیم (wireless)، تصاویر مختلط راداری (Synthetic Aperture Radar)، سیستم تعیین موقعیت جهانی (Geographic Position System)، مدل ارتفاعی-رقومی (Digital Elevation Model)، پایش (monitoring).

مقدمه

از اواخر دهه‌ی گذشته، تداخل سنجی راداری هوایی و اخیراً تداخل سنجی راداری زمینی برای بررسی زمین لغزش به کار گرفته شده است. تداخل سنجی راداری زمینی برای اندازه‌گیری جابه‌جایی‌هایی با دقت میلی‌متری در میدان دید آنتن رادار مناسب است. این نوع تداخل سنجی به تداخل سنجی راداری هوایی شبیه است، با این تفاوت که حسگرها برای ارسال امواج روی زمین و در فاصله‌ی چندصد متری از هدف قرار دارند. در این مقاله کوشیده‌ایم، ضمن معرفی روش تداخل سنجی راداری زمینی، مزایای این روش را نسبت به روش‌های موجود شرح دهیم.

تداخل سنجی راداری زمینی

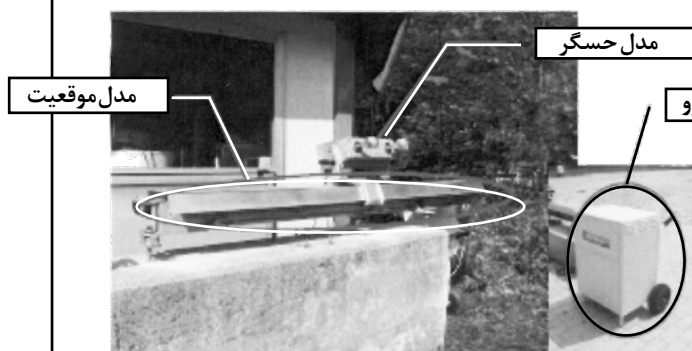
تداخل سنجی راداری زمینی فن جدیدی است که برای پایش زمین از راه دور به کار می‌رود، و حاصل تحقیقات درازمدت کارشناسان شرکت IDS و مهندسين دانشکده‌ی مهندسی برق دانشگاه فلورانس ایتالیا است. این روش قادر است جابه‌جایی‌ها را در کل محدوده‌ی تصویربرداری، با دقتی در حدود یک دهم میلی‌متر اندازه‌گیری کند. این تکنیک را یک بخش سخت‌افزاری، به نام سیستم IBIS-L و یک بخش نرم‌افزاری پردازشی تشکیل داده است.

سیستم IBIS-L شامل واحدهای زیر است (شکل ۱):

۱. واحد رادار: در این بخش تولید، انتقال و دریافت موج الکترومگنتیک انجام می‌شود. واحد رادار روی واحد موقعیت‌سوار می‌شود و حرکت حسگر روی واحد موقعیت اجازة استفاده از روش SAR را برای

اعلام هشدار در مواقع بحرانی

رقیه اکبر اشرفی*

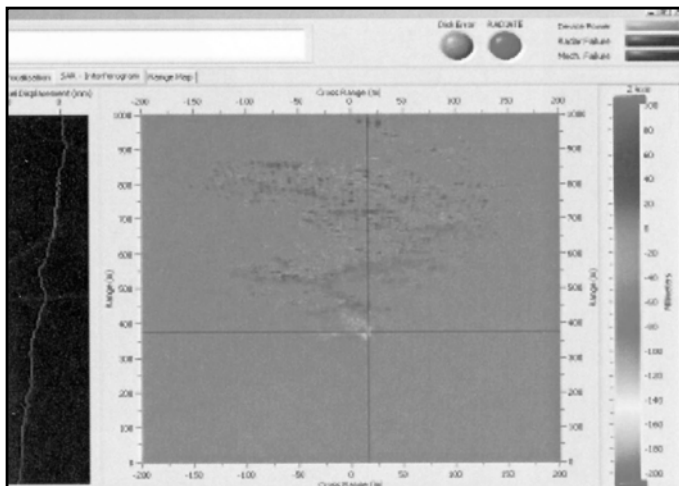


شکل ۱. نشان دهنده اجزای سیستم IBIS-L

- دستیابی به تصویر دوبعدی از زمینه فراهم می‌کند. واحد رادار حاوی یک USB مشترک برای ارتباط با بخش PC (کنترل) و پودمان (ماحول) موقعیت است.
۲. واحد موقعیت: شامل یک تیغه‌ی آلومینیومی ۲/۵ متری است که تحت کنترل موتور در طول صفحه‌ی لغزنده حرکت می‌کند.
۳. واحد مبدل برق: تأمین کننده‌ی کل برق سیستم به کمک باتری و یار تباط با منبع برق بیرونی.

- نرم‌افزار پردازشی برای تجزیه و تحلیل پیشرفته‌ی داده‌های SAR و مخصوصاً برای مناطقی با شیب‌های ناپایدار و پایش فرونشست زمین مناسب است. در کل این نرم‌افزار قابلیت‌های زیر را دارد:
۱. اطمینان و دقت در پردازش تصاویر گرفته شده؛
۲. تشخیص خطا مخصوصاً برای پایش طولانی و اندازه‌گیری مناطقی با پوشش گیاهی؛
۳. تخمین درست اثری اتمسفری روی فاز دریافتی و حذف آن؛
۴. دستورالعمل برای جابه‌جایی‌های خودکار، پردازش و کنترل از راه دور؛
۵. استخراج عوارض ثبت شده با فرمت‌های قابل استفاده در نرم‌افزارهای دیگر (GIS و CAD).

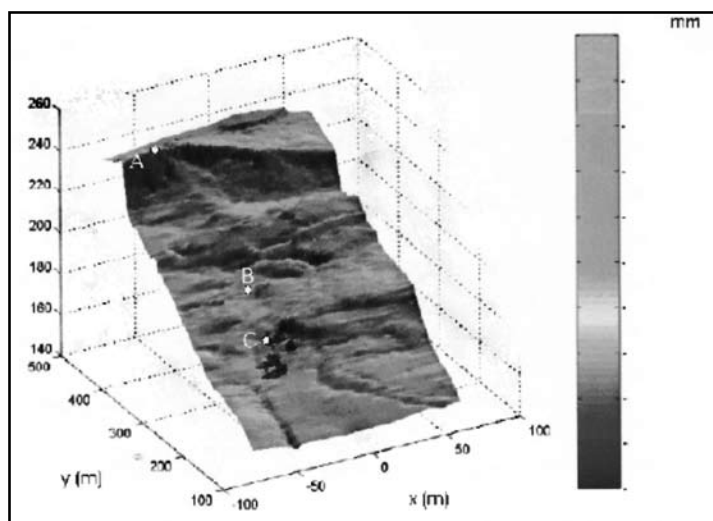
شکل ۲. نمایی از نرم‌افزار پردازشی تصاویر SAR



روش کار

بعد از انجام آزمون میدانی و بررسی منطقه، دستگاه رادار که شامل تجهیزات سخت‌افزار (سیستم IBIS-L) است، روبه‌روی منطقه مورد مطالعه و در فاصله‌ی چندصد متری از آن نصب می‌شود. موج، پیوسته توسط آنتن فرستنده قطبی‌سازی (پلاریزه) و به سمت هدف گسیل می‌شود. موج بازتابی نیز، از طریق آنتن گیرنده دریافت و توسط رایانه به صورت داده‌ی خام ثبت می‌شود. سیستم IBIS-L مبتنی بر فن «اینترفرومتری» است. که اطلاعاتی را از جابه‌جایی

خصوصیاتی چون برداشت
پیوسته در سطح وسیع، دقت بالا،
مقرون به صرفه بودن و امکان
اخذ اطلاعات تحت هر شرایط
آب و هوایی، دلایل عمده برای
استفاده از روش تداخل سنجی
راداری است.



شکل ۳. پایش زمین لغزه با استفاده از فن اینترفرومتری زمین

بین این روش‌ها و روش تداخل سنجی راداری، مطالعه و استفاده از این روش لازم می‌نماید.

تداخل سنجی راداری قابلیت شناسایی جابه‌جایی‌ها را با دقت میلی‌متر دارد، در حالی که DEM به‌دست آمده از لیزر آلتیمر دارای دقت قائم ۱۰ سانتی‌متر است که در مقایسه با تداخل سنجی راداری دارای دقت کمتری است. البته باید توجه داشت که اکثر لیزر آلتیمرها، پهنای کمی را برداشت می‌کنند و برای تشکیل DEM قابل مقایسه با DEM به‌دست آمده از تداخل سنجی راداری، باید تعداد زیادی از برداشت‌ها را با یکدیگر هم‌پوشانی داد. نقشه‌برداری زمینی با استفاده از GPS و توتال استیشن نیز قابلیت کشف جابه‌جایی‌ها را در حد میلی‌متر با دقت قابل مقایسه با تداخل سنجی راداری دارد، اما مهم‌ترین مزیت تداخل سنجی راداری نسبت به این دو، انجام اندازه‌گیری در سطح وسیع و بدون نیاز به کار میدانی است؛ در صورتی که دو روش مذکور برداشت نقطه‌ای انجام می‌دهند. به‌طور کلی، خصوصیاتی چون برداشت پیوسته در سطح وسیع، دقت بالا، مقرون به صرفه بودن و امکان اخذ اطلاعات تحت هر شرایط آب و هوایی، دلایل عمده برای استفاده از روش تداخل سنجی راداری است.

مزیت‌های اصلی سیستم تداخل سنجی راداری زمینی نسبت به سیستم‌های پایشی موجود (GPS) به شرح زیرند:

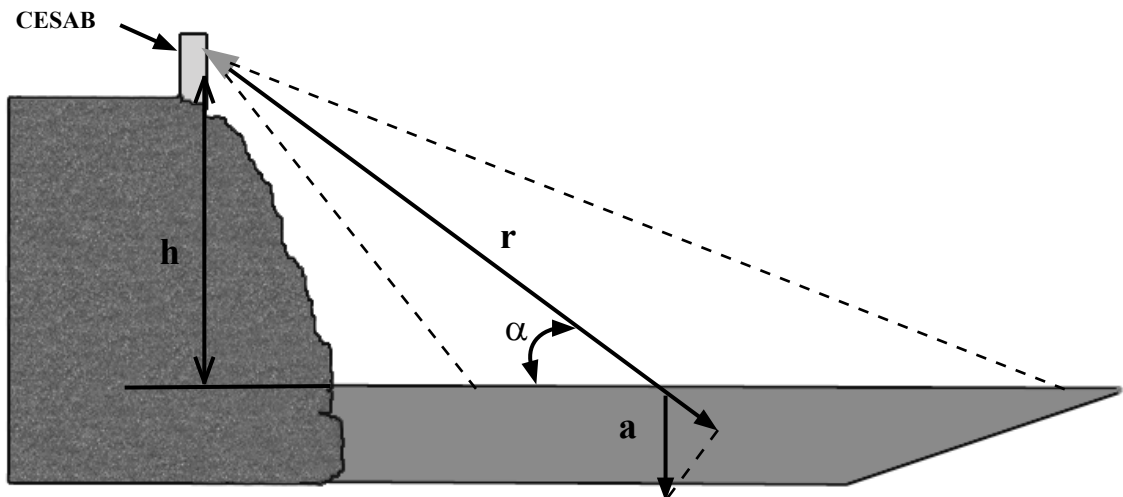
۱. امکان انجام پایش از راه دور، بدون نیاز به دسترسی نزدیک به منطقه‌ی هدف و یا نصب نقاط کنترلی.
۲. تولید نقشه‌ی جابه‌جایی مداوم از کل منطقه. این سیستم

اجزا با مقایسه‌ی اطلاعات فازی گرفته شده در زمان‌های متفاوت و امواج منعکس شده از اجزا ثبت می‌کند. این سیستم هم‌چنین از فن SAR برخوردار است و می‌تواند تصاویری با تفکیک پذیری بالا ایجاد کند. تفکیک‌پذیری (رزولوشن) بالا با پهنای باند زیاد ایجاد می‌شود و این سیستم به صورتی طراحی شده است که می‌تواند تصاویری با این قابلیت ایجاد کند. شکل ۳ نمونه‌ای از نقشه‌ی جابه‌جایی حاصل از زمین لغزش «والدارنو»^۱ را در ایتالیا نشان می‌دهد.

با انجام آنالیز سری زمانی، تغییرات زمین‌لغزش در کوتاه‌مدت و بلندمدت مشخص می‌شود. بدین‌وسیله می‌توان جابه‌جایی‌ها را در کوتاه مدت پیش‌بینی کرد و با مطالعات بیشتر، راهکارهای لازم برای مدیریت منطقه را ارائه داد. هم‌چنین، با استفاده از نرم‌افزار، امکان پردازش خودکار تصاویر و انتقال داده از محل زمین‌لغزش به دفتر اداری توسط اینترنت وجود دارد. بنابراین، به‌صورت «آنلاین»^۲ می‌توان زمین‌لغزش را از راه دور پایش کرد و در مواقع اضطراری با استناد به نرخ حرکت، هشدار لازم را داد.

مزیت‌ها

امروزه توانایی تداخل سنجی راداری در تهیه‌ی نقشه‌های توپوگرافی و کشف جابه‌جایی‌ها و تغییر شکل‌های زمین ناشی از عوامل گوناگون چون زلزله، استخراج معادن، آتش‌فشان و غیره، اثبات شده است. اگرچه برای انجام این منظورها امکانات دیگری چون GPS، توتال استیشن، لیزر اسکن‌ها و غیره در اختیار ماست، اما به دلایل زیر که مقایسه‌ای است



شکل ۴. نمونه‌ای از کاربرد تداخل سنجی راداری زمینی را
برای پایش فرونشست نشان می‌دهد.

به‌طور هم‌زمان جابه‌جایی را در کل محدوده‌ی میدان دید آنتن رادار
(به وسعت صد تا هزار ها متر مربع) اندازه‌گیری می‌کند.

۳. اندازه‌گیری جابه‌جایی به‌طور مستقیم در زمان واقعی.

۴. قابلیت تصویربرداری به‌طور شبانه‌روزی و در هر شرایط هوایی.

۵. عدم نیاز به حضور مداوم کاربر در منطقه؛ زیرا به‌صورت

«بی‌سیم»^۳ از راه دور قابل کنترل است.

پی‌نوشت

1. Valdarno
2. On line
3. Wireless

منابع

1. Noferini, L., Pieraccini, M., 2005, Permanent Scatterers Analysis for Atmospheric Correction in Ground-Based SAR interferometry. IEEE transactions on geoscience and remote sensing, 43, No. 7, 1459-1471.
2. Noferini, L., Pieraccini, M., Mecatti, D., Macaluso, G., Luzi, G.; Atzeni, C., 2007, DEM by Ground-Based SAR Interferometry, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, V.4, Issue 4, Oct. Page(s): 659-663.
3. Pieraccini, M., Casagli, N., Luzi, G., Tarchi, D., Mecatti, D., Noferini, L., Atzeni, C., 2003, Landslide monitoring by ground-based radar interferometry: a field test in Valdarno (Italy). INT.J. Remote sensing. 24, No. 6, 1385-1391.
4. Pieraccini, M., Noferini, L., Mecatti, D., Atzeni, C., Teza, G., Galgaro, A., Zaltron, N., 2006, Integration of Radar Interferometry and Laser Scanning for Remote Monitoring of an Urban Site Built on a Sliding Slope. IEEE transactions on geoscience and remote sensing, 44, No. 9, 2335-2342.
5. Pieraccini, M., Noferini, L., Mecatti, D., Luzi, G., Atzeni, C., Long term landslide monitoring by Ground Based SAR Interferometry, International Journal of Remote Sensing, Vol.27, No. 10, 20 May 2006, 1893-1905
6. Tarchi, D., Casagli, N., Fantini, R., Leva, David D., Luzi, Guido., Pasuto, Alessandro, Pieraccini, M., Silvano., 2003. Landslide monitoring by using ground-based SAR interferometry: an example of application to the Tessina landslide in Italy. Engineering geology. 68, 15-30.

نتیجه‌گیری

تکنیک تداخل سنجی راداری مزایای زیادی در اندازه‌گیری و نمایش جابه‌جایی‌های پیوسته دارد. حساسیت بالا به تغییرات دینامیکی، قدرت تفکیک مکانی بالا و پوشش وسیع، از مزایای این روش است. امکان نمایش تغییر شکل‌های آهسته‌ی پوسته در طول نشست نیز وجود دارد. احداث سیستم تداخل سنجی راداری زمینی، برای اندازه‌گیری نرخ جابه‌جایی، اعلام هشدار در مواقع بحرانی، و مدیریت پیشگیری از مخاطرات زمین‌شناسی ضروری به نظر می‌رسد. لازم به ذکر است که استفاده از روش تداخل سنجی راداری زمینی برای پایش زمین لغزش‌های پهنه‌ی البرز که همه‌ساله خسارات فراوانی به تأسیسات راه‌های کشور وارد می‌کنند، مناسب است.

* کارشناس ارشد زمین‌شناسی - مرکز تحقیقات کاربردی

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

ارزش فسیل‌ها در ادبیات عامیانه

محمد رضا کبریائی زاده*

مقدمه

فسیل‌ها آثار و بقایای جانوران و گیاهانی هستند که در گذشته روی زمین می‌زیستند. قدیمی‌ترین فسیل‌ها ۳/۸ میلیارد سال قدمت دارند. فسیل‌ها برای مردم دست‌کم از عصر دیرینه سنگی تاکنون شناخته شده بودند و آن‌ها را برای تزئین به کار می‌بردند. اما تا قرن هفدهم منشأ واقعی فسیل‌ها شناخته نشد. در طول سال‌های پیش از آن، ادبیات غنی عامیانه‌ای در اطراف فسیل‌ها رشد یافت که شامل باورهای غیرمعمول پراکنده‌ای در مورد منشأ، و خواص دارویی و افسانه‌ای آن‌ها می‌شد. نام‌هایی همانند سنگ مار، سنگ وزغ، صاعقه و ناخن‌انگشت پای شیطان، به‌طور وسیعی در اروپا، آمریکا و دیگر مناطق جهان برای انواع گوناگون فسیل‌ها استفاده می‌شد. ادبیات عامیانه درباره‌ی فسیل، نه تنها قسمت مهمی از تاریخ اولیه‌ی فسیل‌شناسی محسوب می‌شود، بلکه بر به کار بردن مورفولوژی مقایسه‌ای در شناسایی و درک درست فسیل‌ها تأکید می‌کرد. فسیل‌ها در ادبیات عامیانه، مانند باورها، افسانه‌ها و رسم‌های رایج بین مردم عادی حضور دارند. در ادامه به ذکر پاره‌ای از این باورها می‌پردازیم.

۱. آمونیت‌ها (سنگ مار)

آمونیت‌ها گروهی منقرض شده از «سرپایان»^۱ هستند که خویشاوندی نزدیکی با «ناتیلوس»‌های امروزی دارند. شکل پیچشی زیبای صدفشان، آن‌ها را برای مجموعه‌داران (کلکسیونرهای) فسیل با ارزش می‌سازد. تعجب‌آور نیست که آن‌ها نظر انسان را از زمان‌های قبل از تاریخ تاکنون جلب کرده‌اند. آمونیت‌ها شمایی‌ترین یا تمثالی‌ترین فسیل‌ها هستند که عقاید عامیانه‌ی فراوانی پیرامون آن‌ها رشد یافت و معماها و باورهای زیادی درباره‌ی منشأ آن‌ها، و نیز درباره‌ی خواص طبی و سحرآمیزشان وجود داشت. ادبیات عامیانه درباره‌ی آمونیت‌ها در نقاط متفاوت جهان به شرح زیر است:

انگلستان: شاید مشهورترین داستان درباره‌ی آمونیت‌ها، عقاید باستانی انگلیسی در این باره است. طبق این عقاید، آن‌ها مار پیچیده‌ای هستند که به سنگ تبدیل شده و سرشان را هم از دست داده‌اند. بین انگلیسی‌ها، آمونیت به عنوان «سنگ مار»^۲ شناخته می‌شود. در ادبیات باستانی انگلیس چندین مرتبه از آن نام برده شده است. برای مثال، ویلیام کامدن^۳ در کتاب «بریتانیا» (۱۵۸۶) می‌گوید: «اگر شما آن‌ها (آمونیت‌ها) را بشکنید، داخلشان مارهایی می‌یابید که به‌دور خود پیچیده‌اند، لیکن تا ابد سر ندارند.»

براساس این افسانه‌ها، **هیلدا قدیس**^۴ (۶۸۰-۶۱۴ بعد از میلاد)، رییس راهبه‌های منطقه‌ی «ویتبی»^۵، در قرن هفتم میلادی مأموریت پیدا کرد که صومعه‌ای را در جلگه‌ی ویتبی بنا نهد. لیکن این محل مورد تاخت‌وتاز مارها و افعی‌های زیادی بود و سکونت انسان در آن غیرممکن به نظر می‌رسید. این مارها و افعی‌ها هم‌چون شیاطین بودند، پس سنگ کردن آن‌ها قبل از ساختن یک مکان مقدس، ضرورت داشت. بنابراین هیلدا قدیس به عبادت پرداخت و بعد از مدت کوتاهی، مارها به‌دور خود پیچیدند. وی سر آن‌ها را با شلاق جدا کرد و سپس آن‌ها به سنگ تبدیل شدند. بعد هیلدا قدیس آن‌ها

را به لبه‌ی پرتگاه‌هایی انداخت. به همین خاطر، امروزه در صخره‌ها و روی ساحل ویتبی فسیل‌های آمونیت به فراوانی یافت می‌شوند. در منطقه‌ی ویتبی، زمانی بین تجار حکاکی سر مارها روی آمونیت‌ها رایج بود که این به تقویت افسانه‌ی سنگ مار انجامید (شکل ۱). اهمیت سنگ مارهای حکاکی شده در آن‌جا به قدری بود که تمثال‌هایی از آن‌ها را روی کت‌های سربازان محلی نسب می‌کردند. جالب آن‌که جنس آمونیت به افتخار هیلدا قدیس، «Hildoceras» نام‌گذاری شده است [2,4].

در جنوب انگلستان در منطقه‌ی کینشام^۶، تصور بر این است که **کوتبرت قدیس**^۷ (یک دوشیزه‌ی فداکار بریتانیایی)، در جنگل‌هایی زندگی می‌کرد که مورد هجوم مارها قرار داشت. وی توسط عبادت، آن‌ها را به سنگ تبدیل کرد. هم‌چنین، در دیگر قسمت‌های جنوب انگلستان در خصوص سنگ مار عقیده بر این است که آن‌ها ابتدا پری بوده‌اند

که نخست به مار، و سپس به سنگ مبدل شده‌اند. شواهدی مبنی بر این که از آمونیت‌ها زمانی برای اهداف طبی استفاده می‌شد، در نوشته‌های **کارو** (۱۶۲۰-۱۵۵۵م) نیز یافت می‌شود [2].

اسکاتلند: بومیان قسمت‌های غربی اسکاتلند، آمونیت‌ها را به عنوان «سنگ پیچش»^۸ می‌شناختند و زمانی از آن‌ها در زمینه‌ی پزشکی استفاده می‌کردند. مارتین در کتاب «تشریح جزیره‌ی غربی اسکاتلند» (۱۷۰۳) آورده است: در باور بومیان، این سنگ‌ها التهاب‌وپیچش در گاوهارا شفا می‌دهند. کافی است قسمت‌های ملتهب‌شده، توسط آبی که این سنگ‌ها برای ساعتی در آن قرار گرفته‌اند، شسته شوند [4].

یونان: یونانیان قدیم تصور می‌کردند، صدف پیچیده‌ی آمونیت مثل شاخ‌های یک قوچ است. برای آن‌ها، این نشانه‌ی مقدسی همراه با «آمون

آمونیت‌ها شمایی‌ترین یا تمثالی‌ترین فسیل‌ها هستند که عقاید عامیانه‌ی فراوانی پیرامون آن‌ها رشد یافت و معماها و باورهای زیادی درباره‌ی منشأ آن‌ها، و نیز درباره‌ی خواص طبی و سحرآمیزشان وجود داشت. ادبیات عامیانه درباره‌ی آمونیت‌ها در نقاط متفاوت جهان به شرح زیر است:



شکل ۱. فسیل آمونیت Hildoceras که روی آن سر مار حکاکی شده است.

یونانیان از فسیل آمونیت‌ها به عنوان یک محافظ در برابر نیش مارها استفاده می‌کردند که این نمونه‌ای از خواص طبی متصور برای آن‌ها بود. علاوه بر این، آن را شفایی برای نابینایی، نازایی و سستی کمر می‌دانستند

شکل ۲. تصویری از آمون خدای ژوپیتر



شکل ۳. تصویری از خدای ویشنو

خدای ژوپیتر^۹ بود (شکل ۲). بنابراین، آمونیت‌ها شاخ‌های آمون یا **آمونیس کومو**^{۱۰} شناخته می‌شدند که بعدها هم نام علمی آمونیت را بر آن‌ها نهادند. شاخ‌های آمون همراه با اسکندر کبیر در پیروزی هایش شرکت داشت و او عنوان «پسر آمون» را برای خود انتخاب کرد. سکه‌هایی هم که در اواخر سلطنت اسکندر ضرب شدند، منقوش به این شاخ‌ها بودند. حتی نشانه‌های آمونیت‌مانند در سکه‌های یکی از ژنرال‌های اسکندر به نام **لیسماکوس**^{۱۱} نیز یافت می‌شوند. او بعد از اسکندر به سلطنت رسید. یونانیان از فسیل آمونیت‌ها به عنوان یک محافظ در برابر نیش مارها استفاده می‌کردند که این نمونه‌ای از خواص طبی متصور برای آن‌ها بود. علاوه بر این، آن را شفایی برای نابینایی، نازایی و سستی کمر می‌دانستند [4].

روم: برخی از رومی‌ها بر این تصور بودند که اگر هنگام خواب یک آمونیت طلایی (پیریتی شده) زیر بالش خود بگذارند، می‌توانند آینده را پیش‌بینی کنند [4].

آلمان: کشاورزان «کوهستان‌های هارز» در آلمان، آمونیت‌ها را «سنگ اژدها»^{۱۲} می‌نامیدند و برای معالجه‌ی حیوانات مزرعه از آن‌ها استفاده می‌کردند. وقتی که گاوها شیرشان را از دست می‌دادند، کشاورزان این سنگ‌ها را داخل سطل شیر می‌گذاشتند و انتظار داشتند شیر دوباره به گاو بازگردد [4].

اسپانیا: در جنوب شرقی اسپانیا، ترسیم‌هایی از آمونیت‌ها در هنرهای سنگی دوره‌ی میانه سنگی یافت شده است.

چین: در ادبیات عامیانه‌ی چینی، آمونیت‌ها «سنگ‌های شاخی» نامیده شده‌اند که اقتباس از تشابه آن‌ها با شاخ‌های پیچیده‌ی قوچ است. در دیگر نوشته‌های باستانی چینی، آمونیت‌ها را مارهای سنگی پیچیده‌ای می‌دانستند که بدون سر و دم بودند [4].

هند: در فرهنگ هندی هم آمونیت‌ها اهمیت داشته‌اند

و حداقل یک کتاب معتبر در مورد آن‌ها نگارش شده است. در فرهنگ هندو، آمونیت‌هایی که در کنکرسین‌های آهکی سیاه پیدا می‌شوند، به نام‌های «سالیگرام»^{۱۳}، «شالیگرام»^{۱۴} یا «سالاگرام»^{۱۵} شناخته می‌شوند. سالیگرام‌های واقعی فقط در نپال و شمال هند، نزدیک روستای سالاگراما یافت می‌شوند. سالیگرام‌هایی که دارای برآمدگی‌های شعاعی بودند، «چاکراس»^{۱۶} نامیده می‌شدند که به‌طور فرضی، مشابه با حلقه‌های آهنی در یکی از شش دست خدای «ویشنو»^{۱۷} یا خدای محافظ بودند (شکل ۳). با توجه به نوع برآمدگی‌ها، هندوها نام‌هایی مانند «لاکشمی-نارایانا»^{۱۸}، «پادمانابدا»^{۱۹} و «ویسوامیهارا»^{۲۰} را برای شکل‌های متفاوت سالیگرام‌ها به کار می‌بردند. از سالیگرام در کتاب «سانسکریت» نیز نام برده شده که مربوط به قرن دوم است. این سنگ‌ها (آمونیت‌ها) در معابد، صومعه‌ها و خانه‌ها به عنوان نشانه‌های طبیعی ویشنو و آب نگه‌داری می‌شدند. هندوها بر این تصور بودند که اگر کسی جرعه‌هایی از آبی بنوشد که در آن سالیگرام خوابیده است، از همه‌ی گناهان رها می‌شود و در آسمان‌ها به محل ویشنو خواهد رسید [4].

آمریکای شمالی: در میان پزشکان قبایل «ئاواجو»^{۲۱} و «پلینز»^{۲۲} آمونیت‌ها، «وانیسوگانا»^{۲۳} نامیده می‌شدند که به معنای زندگی درون دانه (دانه‌ی درون صدف) است. «بلک‌فوت‌ها»^{۲۴} دیگر مردمان بومی آمریکای شمالی، نوعی آمونیت به نام «Hoploscaphites» را «پنیسکیم»^{۲۵} یا «سنگ بوفالو»^{۲۶} می‌نامیدند (شکل ۴). زیرا برای این بومیان، به شکل بوفالوی در حال خواب بود. به خاطر این شباهت، عقیده داشتند، سنگ بوفالو قدرت جادویی دارد و به کمک آن می‌توان بوفالو را شکار کرد. هم‌چنین، آن‌ها تصور می‌کردند که سنگ بوفالو قدرت زایش دارد و یک سنگ مادر می‌تواند بچه‌هایی را بزاید. یک دلیل احتمالی این باور آن است که قطعات صدف آمونیت‌ها معمولاً از محل «سپتا» از هم جدا می‌شوند. براساس برخی نوشته‌ها، اگر کسی یک سنگ بوفالو در چمنزارهای یافت، فرد خوش‌بختی بود [4].

گینه‌ی نو: براساس گزارش مأموریت هیئتی از موزه‌ی بریتانیا به گینه‌ی نو، اعضای قبیله‌ی «تیفالمین»^{۲۷} از آمونیت‌ها به عنوان طلسم برای

شکل ۴. یک آمونیت کرتاسه به نام Hoploscaphtes که توسط قبیله‌ی بلک فوت به عنوان «سنگ بوفالو» از آن استفاده می‌شد.



شکل ۵. تصویری از صاعقه‌ی چاک‌های انگلستان

«انگشتان پیتز قدیس»^{۲۰} شناخته می‌شوند [2,3]. در نظر مردمان قرون وسطا در انگلستان، بلمنیت‌ها نیروهای دارویی و سحرآمیز داشتند و برای شفای روماتیسم و چشم درد در انسان و اسب‌ها از آن‌ها استفاده می‌شد. معالجه‌ی اسب‌ها شامل پودر کردن فسیل‌ها و سپس فوت کردن آن به داخل چشم حیوان بود. بلمنیت‌ها هم‌چنین برای محافظت شخص از اصابت صاعقه یا افسون شدن توسط شیاطین آسمان به کار می‌رفتند. جالب آن‌که یک بلمنیت همراه با اسکلت فردی مؤنث مربوط به عصر برنز، در منطقه‌ی یورک شایر یافت شده است که نشان از اهمیت مذهبی آن برای مردمان آن زمان دارد. حتی در زمان حاضر نیز بلمنیت‌ها از نظر بعضی از مردمان عوام انگلستان دارای اثرات سحرآمیز است [2].

اسکاتلند: در اسکاتلند قدیمی‌ترین

ذکر از بلمنیت مربوط به سال ۱۷۰۳ است که به آن به عنوان «سنگ کرم»^{۲۱} اشاره شده است. برخی از اسکاتلندی‌ها از بلمنیت برای معالجه‌ی اسب‌هایی استفاده می‌کردند که توسط کرم‌ها بیماری می‌شدند. درمان نیز شامل خوراندن آبی بود که بلمنیت‌ها در آن خوابانده شده بودند [4].

آلمان: بلمنیت‌ها با نام‌های متفاوتی در ادبیات عامیانه‌ی آلمان شناخته می‌شوند؛ از جمله: «گلوله‌ی بختک»^{۲۲}، «سنگ انگشت»^{۲۳}، «انگشت شیطان»^{۲۴}، «شمع روح‌مانند»^{۲۵} و «تیزه گربه»^{۲۶}. این نام‌ها براساس تشابه شکلی بین بلمنیت‌ها و اشیای شناخته شده و فرضی گذاشته شده بودند [2,4].

اسکاندیناوی: ادبیات عامیانه‌ی اسکاندیناوی بلمنیت‌ها را شمع‌هایی در نظر می‌گرفت که متعلق به جن‌ها هستند. در برخی از مناطق هنوز هم بلمنیت،

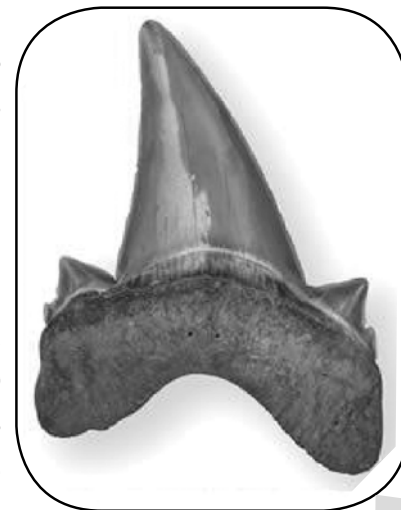
کمک به شکار و باغبانی استفاده می‌کردند [4]. **ایران:** «سنگ کرک» نامی است که ایرانیان قدیم به صدف یکی از سرپایان امروزی، یعنی «تاتیلوس» می‌دادند. براساس «تنسوق‌نامه‌ی ایلخانی»، اگر این سنگ را مثل سرمه بسایند و در چشم‌هایی که به درد سفیدی یا زخم مبتلا هستند بمالند، بعد از چند نوبت شفایابی می‌یابد. در «جامع‌المفردات» ابن بیطار آمده است که در هند با آن انگشتری می‌سازند تا جلوی سحر و جادو را بگیرد [1].

۲. بلمنیت‌ها

بلمنیت‌ها گروهی دیگر از سرپایان منقرض شده هستند که با هشت پایان و مرکب ماهیان امروزی رابطه‌ی خویشاوندی دارند. بخش استوانه‌ای و پیکانی انتهایی صدف بلمنیت‌ها که «روستر» یا «گارد» نام دارد، اغلب به صورت فسیل حفظ می‌شود و در سنگ‌های به سن ژوراسیک و کرتاسه عمومیت دارند. ادبیات عامیانه درباره‌ی بلمنیت‌ها در نقاط متفاوت جهان به شرح زیر است:

انگلستان: مردمان قرون وسطا در انگلستان تصور می‌کردند، بلمنیت‌ها نیزه‌هایی هستند که هنگام رعد و برق، از طرف آسمان‌ها به پایین پرتاب شده‌اند. لذا آن‌ها را «آذرخش» یا «صاعقه»^{۲۸} نامیده بودند (شکل ۵). علت این بود که در رخنمون‌های رسی مزارع اطراف شهر آکسفورد، بعد از بارندگی شدید، گاردهای بلمنیت‌ها در سطح زمین ظاهر می‌شدند. لذا تصور می‌شد که صاعقه‌ها (بلمنیت‌ها) در مدت زمان بارندگی به طرف زمین پرتاب شده‌اند. در حالی که ظهور ناگهانی آن‌ها را بعد از یک طوفان و بارندگی سنگین این‌طور می‌توان توضیح داد که بعد از بارندگی‌های سنگین، رسوبات روی این فسیل‌ها شسته می‌شدند و آن‌ها در سطح زمین رؤیت می‌گردیدند. با این حال، هنوز هم بین برخی از مردمان روستایی انگلستان بلمنیت‌ها را به عنوان صاعقه می‌شناسند. در دیگر مناطق انگلستان، بلمنیت‌ها به عنوان گلوله، «انگشتان شیطان»^{۲۹} یا

شکل ۶. سنگ زبان یا دندان کوسه



شکل ۷. یک سنگ زبان یا دندانه های جانبی

«واتلجوس»^{۳۷} نامیده می شود که در ادبیات سوئدی به مفهوم «چراغ های جن» است [4].

روسیه: قطعاتی از بلمنیت های کهربایی رنگ، با منافذ بسیار ریز در یک محل باستانی مربوط به ۲۰ هزار سال قبل در روسیه یافته شده اند. احتمالاً از آن ها به عنوان طلسم استفاده می شده است [4].

مصر: شکل هایی مشابه با بلمنیت ها در نوشته های هیروگلیف مصر باستان وجود دارند که نماد خدا هستند. بر این اساس بلمنیت ها اشیای پرستش در مصر باستان بودند. آن ها نشانه ی صاعقه و تداعی گر خدای قدرت محسوب می شدند [4].

چین: در ادبیات عامیانه ی چین، بلمنیت ها به عنوان «سنگ های شمشیر»^{۳۸} شناخته می شدند [4].

۳. دندان کوسه

کوسه ها ماهیانی با اسکلت غضروفی هستند که دندان های آن ها از فسفات کلسیم پایداری تشکیل شده است. در نتیجه، ثبت فسیلی کوسه ها اغلب شامل دندان هایشان می شود که می توان با تنوع و تعدد فراوان در اقصا نقاط جهان یافت؛ به خصوص در سنگ های دوران های مزوزوئیک و سنوزوئیک.

یک کوسه ی بزرگ سفید بیش از ۳۰۰ دندان در آرواره اش دارد. این دندان ها در طول زندگی کوسه به طور منظمی می ریزند و سپس جانشین می شوند. پس تعجب آور نیست که دندان های کوسه به صورت فسیل فراوان باشند [4,5]. ادبیات عامیانه درباره ی دندان کوسه در برخی نقاط جهان به شرح زیر است.

فسیل دندان کوسه تا قرن هفدهم و قبل از آن که منشأ آن به طور کامل درک شود، عموماً به خاطر شکلش به عنوان «سنگ زبان»^{۳۹} شناخته می شد (شکل ۶). هم چنین روحانیون کلیسا می گفتند، زبان یک مرد است که هنگام کسوف ماه

از آسمان ها روی زمین می افتد.

نام های دیگر این فسیل در اروپا عبارتند از: «گلو سوپترا»^{۴۰} (واژه ی لاتین سنگ زبان)، «زبان مالتی»^{۴۱} و «زبان پل قدیس»^{۴۲}. مردمان آلمان آن را «زبان افعی» یا «زبان مار» می نامیدند. در زمان های قدیم عقیده داشتند، سنگ زبان به طور طبیعی و خود به خودی در سنگ ها رشد می کند. این فرایند نیروی پلاستیکی^{۴۳} نامیده می شد که زمانی توضیح مناسبی برای منشأ فسیل ها بین عموم بود. هم چنین گمان می کردند، برآمدگی های کوچک جانبی دندان کوسه، فرزندان هستند که هنوز به والدین متصل اند (شکل ۷) [4].

جزیره ی مالت: اگرچه فسیل دندان کوسه در اغلب قسمت های اروپا یافت می شود، لیکن در جزیره ی مدیترانه ای مالت، فراوان تر است. در قرون وسطا، مالت مرکز صادرات فسیل دندان های کوسه به دیگر کشورهای اروپایی بود. در یک افسانه ی مالتی، سنگ زبان به **پل قدیس**، از حواریون مرتبط می شد؛ کسی که کشتی اش در سال ۶۰ بعد از میلاد در ساحل این جزیره شکست و مدتی ساکن آن جا شد. نوشته اند، مردم جزیره مهربانی های زیادی به پل قدیس کردند و در عوض، وی سنگ های جزیره را مقدس خواند و به مردم قدرت داد، سنگ های شکل دار خلق کنند. هم چنین، پل قدیس مارهای جزیره ی مالت را نفرین کرد. پس این مارها زبان و چشم های خود را از دست دادند و به داخل سنگ های جزیره فرو رفتند.

در نظر مردم مالت در آن زمان، به خاطر ارتباط سنگ های زبان با پل قدیس، همه ی آن ها دارای قدرت مافوق طبیعی بودند. لذا استفاده از فسیل دندان های کوسه در معالجات پزشکی رایج بود. جالب آن که در سال ۱۷۶۸ میلادی، آن ها در فهرست داروهای داروخانه ی بیمارستان «سانتوسپیریتو»^{۴۴} در شهر رباط مالت قرار داشتند. در آن دوره، سنگ زبان را کنار بستر زنان باردار مالتی می گذاشتند تا به زایمان آن ها کمک کند. هم چنین نقل شده

در ژاپن تصور می‌شد،
دندان‌های کوسه‌های
عظیم‌الجثه «Carcharodon megalodon»
ناخن شست پای
«مردان تنگو»^{۴۶} است. این
مردان جن‌های افسانه‌ای
کوهستان هستند که دماغ بلند
و آویزانی مثل خوک‌های
آبی دارند



شکل ۸



شکل ۹

شکل ۸. تصویری از لانگویر که به آن سنگ‌های
زبان آویخته شده‌اند.
شکل ۹. گریفه‌آ یا ناخن انگشت پای شیطان

بود و نقشی محوری در تاریخ اولیه‌ی فسیل‌شناسی و درک منشأ فسیل‌ها بازی کرد. زیرا از نخستین فسیل‌هایی بود که منشأ آلی آن‌ها کشف شد. استنو (۱۶۸۶-۱۶۳۸ میلادی) که نام اصلی دانمارکی او نیلس استنسن^{۴۷} است، پزشکی برجسته و علاقه‌مند به علوم طبیعی بود که در فلورانس ایتالیا به طبابت اشتغال داشت. در اکتبر ۱۶۶۶، کوسه‌ی بزرگی توسط ماهی‌گیران ایتالیایی به ساحل لیورنو در توسکانی آورده شد. فردینالد دوم دستور داد که آن را به فلورانس ببرند تا توسط استنو تشریح شود. بررسی سر کوسه توسط استنو، وی را متقاعد کرد که سنگ زبان همان دندان کوسه‌های قدیمی است. در واقع، از آن‌جا که تفاوت‌های کمی بین سنگ‌های زبان و دندان‌های کوسه‌های امروزی وجود داشت، وی حدس زد که سنگ‌های زبان متعلق به کوسه‌هایی هستند که مدت‌ها قبل می‌زیسته‌اند. به علاوه، چون سنگ‌های زبان روی خشکی‌ها یافت می‌شدند، او احتمال داد که دریا سابقاً روی این خشکی‌ها را پوشانده باشد. در سال ۱۶۶۷ میلادی، استنو کتابی را چاپ کرد که مطالعاتش را روی کوسه تشریح می‌کرد. هم‌چنین یک تئوری درخصوص سنگ‌های دارای لایه‌بندی (اصل روی هم قرار گرفتن لایه‌ها) پیشنهاد داد که نزدیک به آن چیزی است که ما امروزه می‌دانیم [3,4].

۴. دوکفه‌ای‌ها

دوکفه‌ای «گریفه‌آ»^{۴۸} یکی از عمومی‌ترین فسیل‌های ژوراسیک بریتانیا است. صدف‌های کلسیتی ضخیم آن‌ها، بعد از هوازدگی و فرسایش رس‌ها و شیل‌های محتوی آن‌ها، کاملاً باقی می‌مانند. ادبیات عامیانه درباره‌ی دوکفه‌ای‌ها در انگلستان به شرح زیر است:
در بریتانیا یک گونه‌ی گریفه‌آ، به نام

است، مادری که نزد یک دکتر جراح رفته بود، با مشاهده‌ی یک دندان کوسه روی میز دکتر، به وی گفت که پسرش نخستین کلمات را در چهار سالگی بیان کرد؛ آن هم وقتی که او یک سنگ زبان را در برابر زبان پسرش گرفته است. استفاده از سنگ زبان برای مقابله با حیوانات گزنده تا همین اواخر یعنی سال ۱۹۴۰ نیز به کار برده می‌شد. مالتی‌هایی که در شمال آفریقا زندگی می‌کردند، از خویشاوندانشان در مالت، ارسال سنگ زبان را تقاضا می‌کردند. سنگ زبان را پشت در خانه می‌آویختند تا اعضای خانه را در برابر عقرب‌ها و افعی‌ها حفظ کند.

عمومی‌ترین کاربرد سنگ زبان، از بین بردن اثر سم بود. در مالت قرن پانزدهم، سنگ‌های زبان را از مرجان‌های درخت‌مانند تزئینی به نام «لانگویر»^{۴۵} می‌آویختند و هنگام نوشیدن، سنگ زبان را از روی درخت برمی‌داشتند و داخل نوشیدنی خود می‌انداختند تا اثر سم‌هایی را که به‌طور تعمدی در آن ریخته شده‌اند را خنثی کند (شکل ۸). هم‌چنین آن‌ها را روی پایه‌هایی از فلزات گران‌بها و روی گردن‌بند یا دست‌بند به کار می‌بردند [3,4].

انگلستان: بین مردم عادی بریتانیا، سنگ زبان برای معالجه‌ی انقباض عضله و رماتیسم به کار می‌رفت. **ایتالیا:** برای محافظت از چشم‌زخم از آن استفاده می‌کردند.

ژاپن: در ژاپن تصور می‌شد، دندان‌های کوسه‌های عظیم‌الجثه «Carcharodon megalodon» ناخن شست پای «مردان تنگو»^{۴۶} است. این مردان جن‌های افسانه‌ای کوهستان هستند که دماغ بلند و آویزانی مثل خوک‌های آبی دارند [4].

ایران: در کتب قدیمی ایران باستان همانند «تسنوق‌نامه»، از سنگ مهره یا حجرالبرد نام برده می‌شود که احتمالاً معادل سنگ زبان است [1].

حل افسانه‌ی سنگ زبان

سنگ زبان یا فسیل دندان کوسه برای طبیعی‌دان‌های سده‌ی ۱۶۰۰ میلادی بسیار آشنا

شکل ۱۰. کت سربازان اسکانتروپ که به دو عدد فسیل گریفه آ مزین است. شکل ۱۱. ترسیمی تخیلی از سرباسب هیپوسفالوئیدس شکل ۱۲. قالب داخلی دو کفه ای میوفورالا اینکورا، که بطور مبهمی مشابه سرباسب نابالغ بود.



شکل ۱۰



شکل ۱۱



شکل ۱۲

«Gryphaea arcuata» به «ناخن انگشت پای شیطان»^{۴۹} ملقب شده است (شکل ۹) [3].

این نام به خاطر شکل خمیده و خشن آن است که با نوارهای رشدی برجسته ای مزین شده و در ظاهر شبیه ناخن انگشت ضخیم و خمیده است. این فسیل ها به خصوص در معادن سنگ آهن اطراف شهر «اسکانتروپ»^{۵۰} در «لینکولن شایر»^{۵۱} فراوان اند. در این منطقه به خاطر شهرت فسیل گریفه، کت های سربازان با دو فسیل آن مزین می شد (شکل ۱۰).

بزرگان کلیسای ارتودکس معتقد بودند، این اشیای عجیب زمانی به وجود می آیند که شیطان ناخن های پاهایشان را کوتاه می کند [3,4].

در اسکاتلند، فسیل صدف های گریفه به عنوان «صدف قوزدار»^{۵۲} شناخته می شود. آن ها معتقد بودند، داشتن یکی از این فسیل ها می تواند ورم مفاصل و یا دیگر بیماری های استخوان را شفا دهد. همچنین، طبق یادداشت های ابراهام دلاپریم^{۵۳} در ۱۰ آوریل ۱۶۹۶، شست شیطان به صورت پودر شده یا سوخته می تواند درد کمر اسب ها را در دو یا سه روز شفا دهد. نام های کمتر شایع دیگری نیز برای صدف گریفه در ادبیات عامیانه بریتانیا وجود دارند که عبارت اند از: سنگ عبودیت، «صدف فاخته»^{۵۴}، و «شست میلنر»^{۵۵} [4].

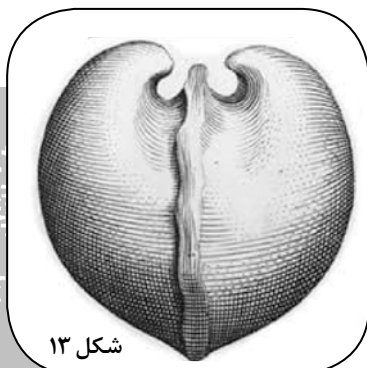
قلب سنگ: قالب های داخلی فسیل دو کفه ای ها، اشیای گیج کننده ای برای طبیعی دان های اولیه و عموم مردم بودند. این روش حفظ شدگی در دو کفه ای هایی عمومیت دارد که دارای صدف های آراگونیتی هستند. آراگونیت معمولاً توسط آب های زیرزمینی حل می شود و یک فضای خالی باقی می ماند که توسط رسوبات بعدی پر و سخت می شود. در

گذشته، ظاهر عجیب قالب داخلی دو کفه ای ها سبب تصورات اشتباهی در خصوص منشأ آن ها می شد. برای نمونه، قالب های داخلی یک گروه از دو کفه ای ها که در ژوراسیک پسین جنوب انگلستان عمومیت دارند، اگر در یک جهت خاص دیده شوند، به طور مبهمی شبیه سرباسب نابالغ هستند. **روبرت پلات**^{۵۶} در سال ۱۶۷۷ میلادی این قالب های فسیل را به خاطر شکل سرباسب مانندشان، «Hippocephaloides» نامید (شکل ۱۱). لیکن نام علمی آن ها هم اکنون «Myophorella incurva» است. چشم های این اسب در واقع قالب های اثرات ماهیچه ها و گوش ها نیز منقارهای برآمده ای دو کفه ای هستند (شکل ۱۲). قالب داخلی دو کفه ای «Myophorella hudlest-ni» نیز در جزیره ی پورتلند، «روچ»^{۵۷} نامیده می شود که از آن در تزئینات به عنوان «سنگ چهره»^{۵۸} و روی ساختمان ها استفاده می شود. کارگران معدن در جزیره ی پورتلند در لهجه ی محلی آن را به عنوان «کله های اسب»^{۵۹} می شناسند [3,4].

قلب گاو نر^{۶۰}: انواع دیگری از قالب های داخلی دو کفه ای های ژوراسیک بریتانیا، قلب گاو نر نامیده می شدند. رابرت پلات آن ها را «Bucardites» نامید (شکل ۱۳)، لیکن نام علمی امروز آن ها «Protocadia» است. ظاهر آن ها شبیه قلب است، زیرا قالب کفه ی چپ روی یک سمت و قالب کفه ی راست روی سمت دیگر است. طبق شواهد موجود، مدتی طولانی است که بشر فسیل هایی از این نوع را می شناسد. زیرا یک قالب داخلی پروتوکاردیا در اکتشافات باستانی عصر برنز در منطقه ی «ویلت شایر»^{۶۱} انگلستان کشف شده است [4].

۵. لالهوشان

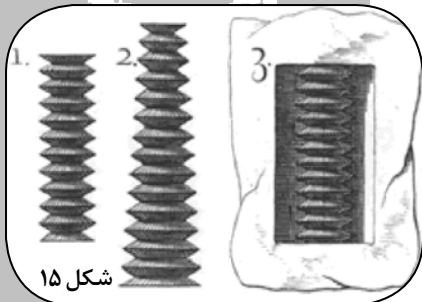
از «لالهوشان»^{۶۲} فسیل های زیادی به دست آمده اند. آن ها با فراوانی زیاد، ساکن دریاهای کم عمق و عمیق هستند و قطعات آهکی بدن شان در تشکیل سنگ های آهکی در دوره های متفاوت زمین شناسی،



شکل ۱۳



شکل ۱۴



شکل ۱۵

شکل ۱۳. بوکار دیس، قلب یک گاؤں در ادبیات عامیانه
شکل ۱۴. دانه‌های تسبیح کوتبرت قدیس
شکل ۱۵. ترسیمی از سنگ پیچ یا قالب داخلی ساقه
لاله‌وشان توسط روبرت پلات

که به آن‌ها نام عامیانه‌ی سنگ ستاره داده شده است. «یزوکرینوئیدها» با قطعات ستاره مانند در ژوراسیک بریتانیا عمومیت خاصی دارند؛ اگرچه در سنگ‌های جوان‌تر و قدیمی‌تر نیز پیدا می‌شوند. بر اساس نظر روبرت پلات، از دانشگاه آکسفورد، سنگ‌های ستاره در ابرها تولید شده و در زمان باران‌های شدید از آسمان به زمین آمده‌اند [4].

سنگ پیچ: در «دری شایر»^{۵۶} و جاهای دیگری از انگلستان، قالب داخلی ساقه‌ی لاله‌وشان کربونیفر را به عنوان «سنگ پیچ»^{۶۶} می‌شناسند. این حفظ‌شدگی خاص فسیل، توسط پرشدگی حفره‌ی محوری ساقه‌ی لاله‌وشان، و سپس انحلال اسکلت آهکی ساقه‌ی آن‌ها توسط نفوذ آب‌های زیرزمینی ایجاد می‌شود. پهنای این حفره‌ی محوری در امتداد طول فسیل تغییر می‌کند. بدین صورت که در نقاط اتصال قطعات، پهنای آن بیشترین و در مرکز قطعات، پهنای آن کمترین است. لبه‌های بیرون آمده‌ی این ساختار شبیه پیچ است؛ لیکن این لبه‌ها جدا از هم هستند و یک رشته‌ی مارپیچ پیوسته (مثل پیچ) را شکل نمی‌دهند (شکل ۱۵). هم‌چنین به قالب‌های داخلی شکم پایان حلزونی شکل با پیچش‌های بلند همانند گونه‌ی «Aptyxiellaportlandia»، به عنوان سنگ‌های پیچ یا «پیچ‌های پورتلند»^{۶۷} اشاره شده است [4].

آلمان: قطعات صفحه‌ای شکل لاله‌وشان در ادبیات عامیانه‌ی آلمان به عنوان سکه‌های **بونی فیس قدیس**^{۶۸} شناخته می‌شوند [4].

مالت: در گذشته، مردمان مالت این سنگ‌های ستاره‌ای شکل، به علاوه نمونه‌های دیگری همانند دندان‌های ماهیان استخوانی و کوسه را به دعای خیر پل قدیس نسبت می‌دادند. این قطعات فسیل لاله‌وشان به عنوان پادزهر سم در نظر گرفته می‌شدند و آن‌ها را در جام‌های ضدسمی به کار می‌بردند که از آهک‌های خرد شده‌ی غاری مخصوص (غاری در جزیره‌ی مالت که پل قدیس سه ماه در آن جا

به خصوص کربونیفر، شرکت داشتند. ساقه‌ی لاله‌وشان از یک سلسله قطعات صفحه‌ای شکلی تشکیل شده است که به تعداد زیاد روی هم قرار گرفته‌اند. هر قطعه دارای یک منفذ مرکزی است که در مدت زمان حیات جانور دارای بافت نرمی است. بعد از مرگ موجود و فساد بافت نرم یا رباط‌های نگه‌دارنده‌ی قطعه‌ها، آن‌ها از هم جدا و در محیط پراکنده می‌شوند. به خاطر فراوانی و شکل خاص این قطعات، تعجب‌آور نیست که ادبیات عامیانه‌ی غنی در موردشان وجود دارد. برای مثال، قطعات مدور لاله‌وشان کربونیفر به «دانه‌های تسبیح کوتبرت قدیس»^{۶۹} یا سکه پریان (در برخی از قسمت‌های بریتانیا) مشهور بودند، در حالی که قطعات پنج‌گوش، به عنوان «سنگ ستاره» شناخته می‌شدند. ادبیات عامیانه درباره‌ی لاله‌وشان در انگلستان، آلمان و مالت به شرح زیر است:

انگلستان

دانه‌های تسبیح کوتبرت قدیس: همان‌طور که پیشتر اشاره شد، دانه‌های تسبیح کوتبرت قدیس همان قطعات صفحه‌ای شکل لاله‌وشان کربونیفر هستند که از روی هم چیده شدن آن‌ها، ساقه‌ی لاله‌وشان شکل می‌گیرد. این قطعات صفحه‌ای سابقاً توسط مردمان جزیره‌ی «لیندیس فارن»^{۷۰} یا جزیره‌ی مقدس، به عنوان گردن‌بند یا تسبیح، نخ می‌شدند (شکل ۱۴). این مردمان براساس افسانه‌ی آن‌ها را به کوتبرت قدیس نسبت می‌دادند؛ کسی که زمانی در جزیره لیندیس فارن گوشه‌ی عزلت گزیده بود. طبق این افسانه، راهب کوتبرت قدیس، دانه‌های تسبیح صفحه‌ای شکلی را یک شب طوفانی تراشید و صبح روز بعد، مردم روی ساحل آن‌ها را مشاهده کردند. این سنگ‌ها هم‌چنین به هیلدا قدیس نیز نسبت داده می‌شوند؛ همان کسی که گفته شد، مارهای ویتبی را سنگ کرد [4].

سنگ ستاره: قطعات صفحه‌ای لاله‌های دریایی به شکل ستاره‌ای پنج‌گوش نیز وجود دارند

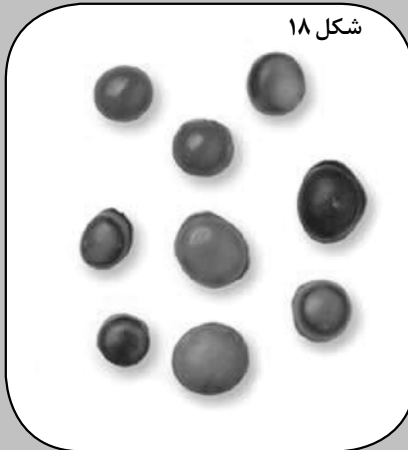
شکل ۱۶



شکل ۱۷



شکل ۱۸



شکل ۱۶. فک این ماهی Lepidotus همراه با دندان های دکمه مانند
شکل ۱۷. دندان لپیدوتس که از آن به عنوان جواهر استفاده می شد.
شکل ۱۸. فسیل های چشم مار

استراحت کرد) ساخته شده بودند [4].

۶. دندان ماهی

«لپیدوتس»^{۶۹} که گاه Lepidotus نامیده می شود، یک ماهی استخوانی دوره های ژوراسیک و کرتاسه است که خویشاوند سگ ماهی های امروزی است. این ماهی ساکن آب های شیرین و دریایی کم عمق بوده و به طور کمیابی تا دو متر طول رشد می کرد. بدن آن با فلس های میناماندی پوشیده می شد و دندان های دکمه مانندش قادر به خرد کردن صدف نرم تنان بودند (شکل ۱۶). بقایای این ماهی همراه با بقایای دایناسور «Baryonyx» کشف شده است که این ایده را تقویت می کند که این دایناسورها ماهیان لپیدوتس را شکار می کردند. ادبیات عامیانه درباره ی دندان ماهی به شرح زیر است [3,4]:

سنگ وزغ^{۷۰}: دندان فسیل شده ی ماهی لپیدوتس است که به یک وزغ زگیل دار شباهت دارد. در ادبیات عامیانه تصور می شد که از سر وزغ زنده آمده است. در طول قرن هفدهم سنگ وزغ مصرف پزشکی داشت. تصور می کردند که ترکیبات ساخته شده از سنگ وزغ، اگر به صورت طلسم هایی در اطراف گردن و مچ دست قرار گیرند، فرد را در برابر بیماری طاعون مصون می سازند. این گمان از این جا

ناشی می شد که پوست زگیل دار وزغ ها شبیه نقاطی بود که روی بدن بیمار طاعونی رشد می یافتند. بدین سبب در قرن هفدهم، راه هایی برای به دست آوردن سنگ وزغ پیشنهاد شد. در یک روش، باید وزغ را روی پارچه ی قرمز می گذاشتند و آن را گیج می کردند تا سنگ از سرش به بیرون بیفتد. در روشی دیگر، یک وزغ خیلی بزرگ را داخل کوزه ی سفالی می گذاشتند و آن را در لانه ی مورچه ها قرار می دادند و روی آن را می پوشانند. بعد از مدتی، مورچه ها وزغ را می خوردند و لذا استخوان ها و سنگ (سنگ وزغ) باقی می ماند.

درباره ی سنگ وزغ افسانه های بسیاری نوشته شده اند. برای مثال، در نوشته های پلینی^{۷۱}، نویسنده ی بزرگ رومی نیز ذکر شده اند؛ کسی که با فوران مشهور آتشفشان کوه وزو^{۷۲} در سال ۷۹ بعد از میلاد مرد. در واقع احتمال می دهند، داستان های سنگ وزغ، با نام «باتراکیت»^{۷۳} (سنگ قورباغه) آغاز شد و این نام را پلینی به آن ها داد. در بریتانیا، از سنگ وزغ به خاطر کیفیت و زیبایی اش، به عنوان جواهر استفاده می شد (شکل ۱۷). هم چنین، مصارف طبی نیز داشت، زیرا تصور می شد که برای مقابله با سم و نیز بیماری صرع مفید است. از دیگر کاربردهای طبی این سنگ، درمان تب، و دردهای چشم، روده و درد زایمان بوده است [3,4].

چشم مار: در جزیره ی مالت فسیل دندان یک ماهی استخوانی مربوط به زمان میوسن به نام «Sargus» به عنوان چشم مار شناخته می شد (شکل ۱۸). دندان ماهی سارگوس شبیه دندان ماهی لپیدوتس است. یک لکه ی زرد کم رنگ یا نارنجی در مرکز دارد که توسط حلقه های تیره تر (قهوه ای) احاطه می شود و به آن ظاهری چشم مانند می دهد. در جزیره ی مالت در قرون وسطا، همراه با سنگ زبان، چشم مار هم وسطا به عنوان هدیه داده می شد. برای مثال، نمایندگان پاپ در مالت، با چشم های مار و سنگ های زبان که روی طلا سوار شده بودند، مشخص می شدند و از آن ها به عنوان طلسم های

شکل ۱۹. یک خاردار به نام *Conulus*، به عنوان تاج چوپان شناخته می‌شد.



آهن بود. این شواهد نشان می‌دهند، خارداران عصری مهم در باورهای مذهبی «رومانو سلتیک»^{۷۵} بودند [3].

تاج چوپان: تعدادی از خارداران کرتاسه مانند «*Micraoter*»، «*Echinocorys*» و «*Conulus*» به دلیل شکل خاصی که دارند، در ادبیات عامیانه‌ی انگلستان «تاج چوپان»^{۷۶} نامیده شده‌اند. زیرا پنج ناحیه‌ی آمبولاکرا شعاعی در رأس فسیل، مشابه پنج برآمدگی روی تاج هستند [4].

نان پری: در «سافوک»^{۷۷} در شرق انگلستان، فسیل‌های قلبی شکل خارداران *Micraoter* همراه با خارداران کلاهدود مانند *Echinocoriys*، به عنوان «نان‌های پری»^{۷۸} شناخته می‌شوند (شکل ۲۰). تشابه بین این خارداران و نان‌های گرد مردمان شمال شرق سافوک باعث شده بود که این فسیل‌ها را به عنوان طلسم‌هایی درون اجاق‌ها قرار دهند؛ به این امید که نان در حال پخت تحت تأثیر این فسیل‌های نان مانند قرار خواهد گرفت. آن‌ها اعتقاد داشته و دارند، خانواده‌هایی که نان پری در اجاق خانه

نگه می‌دارند، می‌توانند مطمئن شوند که همیشه نان خواهند داشت. با این حال، اگر خانه‌ای بیش از یک هفته بدون نان می‌ماند، گمان می‌رفت که نان پری دیگر قدرت جادویی خود را از دست داده است و لذا باید نان پری دیگری جانشین آن شود. در سافوک، نان‌های پری، «نان فارسی»^{۷۹} و یا «نان فاسی»^{۸۰} نیز نامیده می‌شدند. «فارسی» نام یک بیماری در اسب‌ها بود و احتمالاً از این فسیل‌ها به عنوان طلسم توسط صاحبان اسب‌ها برای رفع بیماری استفاده می‌شده است. به علاوه، در قسمت‌های جنوبی انگلستان تصور می‌شد که فسیل خارداران مانع از ترش شدن شیر می‌شود. بنابراین آن‌ها را روی طاقچه‌های خانه‌ها و یا لبنیاتی‌ها می‌گذاشتند [4].

محافظت کننده استفاده می‌کردند. چشم‌مار در میان جواهرات شاه هنری پنجم، شاه انگلستان هم جای خود را باز کرد. این افسانه که دندان‌های سارگوس چشم‌های مار سنگ شده بودند، به داستان پل قدیس برمی‌گردد. همان‌طور که گفته شد، مارهای نفرین شده، چشم و زبان خود را از دست می‌دادند و سپس در سنگ‌های جزیره فرو می‌رفتند. استفاده‌ی طبی از چشم‌مار در برابر نیش مار، شامل جوشاندن آن در آب، و یا اضافه کردن پودر آن به آب‌ودیدگر نوشیدنی هابود [4,6].

۷. خارداران

فسیل خارداران (توتیای دریایی) از فراوان‌ترین فسیل‌های یافت شده در سنگ‌های رسوبی دوران‌های مزوزوئیک و سنوزوئیک هستند. این فسیل‌ها توجه انسان‌ها را از ماقبل تاریخ تا کنون جلب کرده‌اند. بنابراین تعجب‌آور نیست که طی سالیان طولانی داستان‌های خرافی زیادی درباره‌ی آن‌ها رشد یافته است. ادبیات عامیانه درباره‌ی خارداران به شرح زیر است:

انگلستان: به طور اتفاقی در ابزارهای سنگی انسان‌های ماقبل تاریخ فسیل خارداران به دست آمد. این ابزار که یک خاردار سیلیسی تراشیده شده است، در یک ایستگاه تحقیقاتی باستان‌شناسی به نام «آچولین»^{۷۴}، مربوط به ۱۰ هزار سال قبل در انگلستان کشف شده است. احتمالاً صنعتگر سازنده‌ی آن به خاطر طرح‌های مشخص این فسیل به آن علاقه‌مند شده است. در یک ایستگاه باستان‌شناسی حفاری شده‌ی دیگر مربوط به ابتدای عصر برنز در شمال لندن، یکصد عدد از خارداران کرتاسه کشف شدند که به‌طور تشریفاتی به‌دور اسکلت‌های یک مادر و بچه چیده شده بودند. استفاده از فسیل خارداران در این زمینه‌ها مبین اهمیت معنوی است و احتمالاً نشان می‌دهد که آن‌ها را برای زندگی بعد از مرگ با ارزش می‌دانستند. هم‌چنین، یک خاردار سیلیسی و یک تبر سیلیسی در جامی سفالی یافت شدند که مربوط به ابتدای عصر

شکل ۲۰. نان پری. یا یک خاردار قلبی شکل به نام *Micraoter*

شکل ۲۱. یک تریلوبیت بادم پروانه‌ای



دانمارکی‌ها نقطه‌نظرات متفاوتی درباره‌ی فسیل خارداران داشتند. در باور آن‌ها، منشأ فسیل خارداران از آسمان‌ها است و در زمان رعد و برق روی زمین می‌افتد. لذا اگر این فسیل‌ها در خانه قرار گیرند، می‌توانند به‌عنوان محافظ در برابر خطر رعد و برق عمل کنند.

در استان «ساسکس»^{۸۱} انگلستان نام‌های متفاوتی برای فسیل خارداران به‌کار رفته است که عبارت‌اند از: «تان‌های شیرینی»^{۸۲}، نان‌های پری، تاج‌های چوپان و «کلاخوندهای جن‌های کوچک»^{۸۳}. این فسیل‌ها زمانی به فراوانی روی لبه‌های پنجره‌های کلبه‌های روستایی ساسکس حضور داشتند و این روستاییان معمولاً آن‌ها را منادیان خوش‌شانسی می‌دانستند. عده‌ای هم گمان می‌کردند، این فسیل‌ها خانه را از خطر برخورد رعد و برق حفظ می‌کنند و یا در پیش‌بینی باران مفیدند. گروهی که آن‌ها را در پیش‌بینی باران مفید می‌دانستند، باور داشتند که رطوبت موجود در جو ابتدا روی این فسیل‌ها متمرکز می‌شود. در ساسکس و شرق «آنجلیا»^{۸۴}، نان‌های پری «فاریسس» یا «فریشرس»^{۸۵} نامیده می‌شدند و معنای این کلمات ایرلندی، «مردان اجنه»^{۸۶} است. عده‌ای دیگر، فسیل خارداران را «سنگ‌های عقاب» می‌نامیدند که این نام به‌خاطر تشابه فرضی بین نواحی آمبولاکرا روی صدف خارداران و چنگال‌های عقاب بود.

تخم‌مار: در ادبیات عامیانه‌ی انگلستان، فسیل انواع دیگری از خارداران «تخم‌مار»^{۸۷} فرض شده است. ساحران تصور می‌کردند، تخم‌مار جادویی، توسط کف حاصل از اجتماع مارها در نیمه شب تابستان تشکیل می‌شود. حال اگر کسی این تخم‌ها را می‌زدید، برای حفظ قدرت جادویی آن‌ها باید آن‌ها را روی تکه‌ای پارچه نگه‌داری می‌کرد. گفته می‌شد که این تخم‌ها صاحبشان را از سم، بخارهای مرگ‌آور و شکست در نبرد حفظ می‌کنند. هم‌چنین، عوام تصور می‌کردند، این خارداران فسیل شده در واقع تخم لاک‌پشت هستند که درون سنگ سخت شده‌اند. به علاوه، چون این فسیل‌ها از رسوبات چاکی منطقه‌ی «کنت»^{۸۸} به‌دست می‌آمدند، «تخم‌های چاک»^{۸۹} نامیده می‌شدند و

آن‌ها را برای درمان اسید معده مفید می‌دانستند. هم‌چنین عقیده داشتند، تخم چاک برای دریازدگی مفید است و برخی از مسافران دریایی بدون آن به سفر با کشتی نمی‌رفتند [3,4].

دانمارک: دانمارکی‌ها نقطه‌نظرات متفاوتی درباره‌ی فسیل خارداران داشتند. در باور آن‌ها، منشأ فسیل خارداران از آسمان‌ها است و در زمان رعد و برق روی زمین می‌افتد. لذا اگر این فسیل‌ها در خانه قرار گیرند، می‌توانند به‌عنوان محافظ در برابر خطر رعد و برق عمل کنند. هم‌چنین، آن‌ها به‌عنوان طلسمی در برابر انواع گوناگون سحرها به شمار می‌رفتند. در منطقه‌ی شمال «سلسویگ»^{۹۰}، محلی‌ها فسیل خارداران را در خانه نگه می‌داشتند تا طوفان‌ها را پیش‌بینی کنند؛ زیرا به‌نظر آن‌ها این فسیل‌ها قبل از طوفان نمناک و مرطوب می‌شدند. هم‌چنین بیان شده است که عده‌ای دیگر از مردمان دانمارک، این فسیل‌ها را در طاقچه‌ی آبدارخانه‌ها قرار می‌دادند تا شیر تازه را حفظ کند و باعث خامه‌ی فراوانی شود.

در دانمارک، یک خاردار سیلیسی نصب شده روی برنز از درون قبر یک مرد رومی متعلق به عصر آهن به‌دست آمد که نشان می‌دهد، از فسیل خارداران به عنوان طلسم استفاده می‌شده است.

هند: اطراف شهر «باغ»^{۹۱} در دره «تارمادا»^{۹۲} در مرکز هند، فسیل‌های فراوانی از جمله خارداران زیبا در طبقات کرتاسه پیدا می‌شوند. مردمان قبایل محلی، فسیل خارداران را با نام «پونچوخادا»^{۹۳} یا «سنگ پنج»^{۹۴} می‌نامند. این نام انعکاسی از پنج ناحیه‌ی آمبولاکرا روی صدف خارداران است [4].

جامائیکا: فسیل خاردار گونه‌ی «Eurhodia matleyi» در غرب و مرکز جامائیکا به وفور در آهک‌های اتوسن یافت می‌شود. بومیان جامائیکا آن‌ها را به‌خاطر الگوی ستاره‌ای شکل نواحی آمبولاکرا، به‌عنوان سنگ خوش‌بختی می‌شناسند [4].

ایران: ایرانیان باستان فسیل خارهای خارداران

پی‌نوشت

56. Robert Plot
57. Roach
58. Facing stone
59. Osses 'Eds
60. Bulls' heart
61. Wiltshire
62. Crinoidea
63. St. Cuthbert's Beads
64. Lindisfarne
65. Derbyshire
66. screwstone
67. Portland Screws
68. St. Boniface
69. Lepidotes
70. Toadstone
71. Pliny
72. Vesuvius
73. Batrachite
74. Acheulian
75. Romano-Celtic
76. Shepherd's crowns
77. Suffolk
78. Fairy Loave
79. pharisee-loaf
80. facy-loaf
81. Sussex
82. Sugar Loaves
83. Pixies' Helmets
84. Anglia
85. Ferrishers
86. fairy men
87. Snakes' Eggs
88. Kent
89. Chalk eggs
90. Slesvig
91. Bagh
92. Narmada Valley
93. punchu khada
94. five stone

منابع

1. زاوش، م. (1375). کانی‌شناسی در ایران. قدیم. انتشارات پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی. چاپ دوم. ص 634
2. Bassett, M.G. (1982): Formed stones, Folklore and fossils, National museum of Walse, Geological series No. 1, 32p.
3. Taylor, P.D. (1998): Fossils in folklore, Geology today-August, 142-145.
4. <http://www.nhm.ac.uk/nature-online/earth/fossils/fossil-folklore>.
5. <http://www.en.wikipedia.org/wiki/toadstone>.
6. [Http://www.redcar-leveland.gov.uk/museums.nsf](http://www.redcar-leveland.gov.uk/museums.nsf).

1. Cephalopoda
2. Snakestones
3. William Camden
4. St. Hilda
5. Whitby
6. Keynsham
7. St. Cuthbert
8. Crampstones
9. God Jupiter Ammon
10. Comu Ammonis
11. Lysimachus
12. Dragon stone
13. Saligram
14. Shaligram
15. Salagrama
16. Chakras
17. God Vishnu
18. Lakshmi-Narayana
19. Padmanabda
20. Visvambhara
21. Navajo
22. Plains
23. Wanisugna
24. Blackfoot
25. Iniskim
26. buffalo stones
27. Tifalmin
28. Thunderbolt
29. Devil's Fingers
30. St. Peter's Fingers
31. Botstones
32. Nightmare shot
33. Finger stone
34. Devils finger
35. Ghostly candle
36. Cat's skittle
37. Vateljus
38. Swordstones
39. Tonguestones
40. Glossopetrae
41. Linguae Melitenis
42. Linguae St. Pauli
43. Vis-plastica
44. Santo Spirito
45. Languier
46. Tengu Man
47. Niels Stensen
48. Gryphaea
49. Devil's Toenail
50. Scunthorpe
51. Lincolnshire
52. Crouching shell
53. Abraham de la Pryme
54. Cuckoo shell
55. Milnerr s thumb

منظم را «سنگ جهودان»، «حجرالیهود»، حجرالزیتون و یا زیتون بنی‌اسرائیل می‌نامیدند. این سنگ در گذشته ارزش دارویی زیادی داشته است. بنا بر کتبی همچون «قانون» ابن‌سینا، «جواهرنامه»ی سلطانی، «عجایب المخلوقات» طوسی، «تزهت القلوب» حمدالله مستوفی و تنسوق‌نامه‌ی خواجه‌نصیرالدین طوسی، سنگ جهودان باعث خرد شدن سنگ مthane و خروج آن از بدن می‌شود و نیز خون‌ریزی معده را بند می‌آورد. همچنین، برای خارهای جدا شده‌ی این خارداران ارزشی سحرآمیز و جادویی قائل بودند. علت نام‌گذاری آن‌ها به‌نام سنگ جهودان این بود که این خارهای فسیل شده را از طرف سوریه و فلسطین اشغالی به سوی ایران می‌آوردند [1].

۸. تریلوبیت‌ها

تریلوبیت‌ها یک گروه از بندپایان منقرض شده دریایی هستند که با بندپایانی امروزی همچون خرچنگ‌ها خویشاوند می‌باشند. این فسیل‌ها به‌خاطر ظاهر سه قسمتی که دارند به آسانی قابل تشخیص هستند. بنابراین همیشه در میان افراد عادی و متخصصین تاریخ طبیعی طرفدارانی داشته‌اند. تریلوبیت‌ها در طی هزاران سال برای گروه‌های مختلف مردم دارای اهمیت عرفانی بودند. برای مثال بومیان ایالت یوتای غربی (امریکا) از نمونه‌های تریلوبیت‌گونه Elrathia kngii گردن بندها و طلسم‌هایی می‌ساختند تا آن‌ها را از شر شیاطین بد، و نیز بیماری‌های دیفت‌تری و گلودرد حفظ کند. آن‌ها همچنین می‌گفتند این طلسم آن‌ها را در برابر گلوله نیز حمایت خواهد کرد. در ناحیه کارمارتن (Carmarthen) جنوب ولز نیز تصور می‌شد که دم برخی از تریلوبیت‌ها، پروانه‌های سنگ شده‌ای هستند که توسط مرلین (Merlin) جادوگر افسانه‌های سنگ شده‌اند (شکل ۲۱) [6].

* گروه زمین‌شناسی،
دانشکده‌ی علوم، دانشگاه پیام نور

انقراض دایناسورها نتیجه برخورد شخانه هست یا نه؟

رضا نداف*

به عقیده‌ی کِلر، بررسی رسوبات دریایی در محل دهانه‌ی برخوردی چیکسولوب و در امتداد رودخانه‌ی «برازوس»^۱ در تکزاس و در رخنمون‌های رسوبات شمال شرق مکزیکو نشان می‌دهد که برخورد چیکسولوب به زمین، ۳۰۰ هزار سال قبل از انقراض جمعی در پایان کرتاسه رخ داده است و میکروفسیل‌های دریایی طی این رخداد آسیبی ندیده‌اند. در محل‌های مذکور، میکروفسیل‌هایی که در رسوبات بخش بالایی و پایینی لایه‌ی مربوط به برخورد چیکسولوب یافت شده‌اند، اثری از تغییرات زیست‌محیطی مهمی را نشان نمی‌دهند.

کِلر می‌گوید: «ما نمی‌توانیم انقراض خاصی را به این برخورد نسبت دهیم. کسی نیز تاکنون ماجرای بحران در حیات موجودات را این‌گونه بیان نکرده است.»
ماجرایی که به نظر می‌رسد با برخورد شدید چیکسولوب و مقارن با آن، فوران‌های عظیم و طولانی‌مدت بازالت‌های دکن در

امروز ناشناخته، با انهدام دوسوم گونه‌های موجودات زنده، یکی از بزرگ‌ترین حوادث انقراض‌های جمعی را در تاریخ حیات موجب شد. این برخورد که لایه‌ی ایریدیم فرازمینی معروف را به‌طور گسترده در سنگ‌های زمین باقی گذاشت و سرانجام به دوره‌ی خزندگان روی زمین پایان داد، مربوط به سقوط شخانه چیکسولوب به زمین نبوده است.

گرتاکلر می‌گوید: «برخورد شخانه چیکسولوب نمی‌تواند دلیل انقراض جمعی موجودات در پایان کرتاسه باشد، زیرا این برخورد قبل از رخداد مذکور اتفاق افتاده و ظاهراً عامل هیچ انقراضی نبوده است.»
او تصمیم گرفت مدارک خویش را در مجمع سالانه‌ی انجمن زمین‌شناسی آمریکا که از ۲۲ تا ۲۵ اکتبر در فیلادلفیا برگزار می‌شد، مطرح کند. نتایج تحقیقات وی مورد حمایت «بنیاد ملی علم»^۲ قرار گرفت و در دو نشست تخصصی و یک سخن‌رانی عمومی که توسط سازمان زمین‌شناسی فیلادلفیا برگزار شد، به بحث گذاشته شد.

شواهدی که نشان می‌دهند، علت انقراض دایناسورها و بسیاری از موجوداتی که هم‌زمان با آن‌ها می‌زیسته‌اند، برخورد شخانه (شهاب‌سنگ) معروف «چیکسولوب»^۱ به زمین نبوده، رو به افزایش است. به عقیده‌ی یکی از دیرینه‌شناسان دانشگاه «پرینستون»، در پایان دوره‌ی کرتاسه، چندین شخانه به زمین برخورد کردند و به دنبال فعالیت‌های آتشفشانی عظیم در شبه‌قاره‌ی هند، اوج تغییرات آب و هوایی در زمین به‌وجود آمد.

گرتاکلر، دیرینه‌شناس دانشگاه پرینستون و همکاران وی، آدات^۳ از دانشگاه نوشاتل سوییس، و برنر و استوبن^۴ از «دانشگاه کارلرز»^۵ آلمان معتقدند که احتمالاً برخورد شخانه چیکسولوب اولین و ضعیف‌ترین برخورد گروهی از شخانه و فوران‌های آتشفشانی باشد که در طول بیش از ۵۰۰ هزار سال موجب انهدام حیات روی زمین شدند و سرانجام در ۶۵ میلیون سال قبل، برخوردی بزرگ‌تر و تا

آن‌چه میکروفسیل‌ها به ما می‌گویند این است که احتمالاً شخانه چیکسولوب به مرگ دایناسورها کمک کرد، اما تأثیرات گرم شدن محیط بر اثر گازهای گلخانه‌ای مربوط به فعالیت‌های آتشفشانی ناحیه‌ی دکن هند، و سرانجام برخورد دومین شهاب‌سنگ عظیم به زندگی آن‌ها پایان داد.

هند، و هم‌چنین تغییرات آب و هوایی گسترده آغاز شده باشد، سبب گردید گونه‌های موجودات به لبه‌ی پرتگاه بروند و با برخورد عظیم دومی همه‌چیز نابود شد. او می‌گوید که فوران‌های آتشفشانی دکن در هند، مقادیر عظیمی از گازهای گلخانه‌ای را در مدت بیش از یک میلیون سال در اتمسفر رها کرد و مقدمات انقراض جمعی موجودات را فراهم آورد. هنگامی که چیکسولوب به زمین برخورد کرد، آب اقیانوس‌ها، حتی در اعماق، ۳ تا ۴ درجه گرم‌تر شدند. در خشکی‌ها نیز درجه‌ی حرارت می‌باید ۷ تا ۸ درجه‌ی سانتی‌گراد گرم‌تر شده باشد که دلیل خوبی برای ایجاد اثر گلخانه‌ای است. افزایش سریع درجه‌ی حرارت در مدت بیش از ۲۰ هزار سال انجام گرفت و برای مدتی حدود ۱۰۰ هزار سال هم‌چنان گرم باقی ماند. سپس قبل از فرارسیدن انقراض جمعی، دمای هوا به حد معمولی رسید. در وضعیت فوق، موجودات دریایی

تحت تأثیر حرارت زیاد قرار گرفتند. پس با عکس‌العمل‌هایی نظیر کوچک شدن جثه در اندازه‌ای کمتر از نصف اندازه‌ی طبیعی و هم‌چنین، تکثیر سریع، کوشیدن‌دانش بقای خویش را افزایش دهند. برخورد چیکسولوب مقارن با این زمان است. هنگامی که دمای هوا کاهش یافت و به حد معمولی رسید، گونه‌های متعلق به مناطق گرمسیری در معرض انقراض قرار داشتند. سپس برخورد بزرگ دومی آن‌ها را به سوی انقراض کشاند.

چندان ساده نیست که بگوییم، حوادث فوق چه تأثیری بر دایناسورها گذاشت؛ به‌خصوص این که فسیل‌های زیادی از آن‌ها باقی نمانده است تا حقیقت ماجرا را بیان کند. **کلر می‌گوید** مردم به دایناسورها علاقه‌مند هستند، اما فسیل‌های آن‌ها اندک و پراکنده‌اند و ما تنها با مطالعه‌ی میکروفسیل‌ها متوجه اتفاقاتی که برای آن‌ها افتاده است، می‌شویم. زیرا این موجودات کوچک در تمام زمان‌ها به نحو گسترده‌ای پراکنده هستند و تنها با توجه به این

موضوع می‌توانیم در مورد سن، نوع آب و هوا و محیط رسوب‌گذاری و رخدادهای آن زمان اظهار نظر کنیم.

آن‌چه میکروفسیل‌ها به ما می‌گویند این است که احتمالاً شخانه چیکسولوب به مرگ دایناسورها کمک کرد، اما تأثیرات گرم شدن محیط بر اثر گازهای گلخانه‌ای مربوط به فعالیت‌های آتشفشانی ناحیه‌ی دکن هند، و سرانجام برخورد دومین شهاب‌سنگ عظیم به زندگی آن‌ها پایان داد.

اما محل برخورد این شخانه کجاست؟ **کلر می‌گوید:** «امیدوارم جای صحیح آن را گفته باشم. شواهدی در دست است که نشان می‌دهد، احتمالاً این برخورد در هند صورت گرفته است؛ دهانه‌ای به قطر حدود ۵۰۰ کیلومتر که دیرینه‌شناسی به‌نام سنکر چاترجی^۸، از موزه‌ی «دانشگاه فناوری تگزاس»^۹ در شهر «لوبرک»^{۱۰}، نام آن را شیوا^{۱۱} نامیده است.»

البته در حال حاضر چنین مدرکی چندان قوی به نظر نمی‌رسد.

* کارشناس پژوهش سرای دانش‌آموزی

باقرالعلوم (ع)

شهرستان قوچان

پی نوشت

1. Chicxulub
2. Gerta Kellre
3. Thierry Adatte
4. Zsolt Berner & Doris Stuben
5. Karlsruhe University
6. National Science Foundation
7. Brazos
8. Sankar Chatterjee
9. Texas Tech University
10. Lubbock
11. Shiva

منبع

<http://www.geosociety.org/news/pr/06-47.htm>



انرژی‌های فناپذیر و لزوم جای‌گزینی آن‌ها با انرژی‌های نو

منصور علوی نائینی*

مقدمه

انرژی‌های فناپذیر یا تجدید نشدنی انرژی‌هایی هستند که از احتراق سوخت‌های فسیلی مانند نفت، گاز، ذغال سنگ، قیر طبیعی و تمامی سنگ‌های آغشته به مواد هیدروکربور حاصل می‌شوند. این نوع سوخت‌ها از انباشته شدن گیاهان و جانوران ذره‌بینی در رسوبات دریاها، اعم از رسوبات دریایی و رسوبات ساحلی و تجزیه شدن آن‌ها در داخل رسوبات به وجود می‌آیند. قبل از استخراج نفت خام (۱۵۰ سال قبل) در آمریکا و ۱۰۰ سال قبل در کوه‌های اطراف مسجد سلیمان ایران، برای به حرکت درآوردن کشتی‌ها، استخراج آب از چاه‌ها و حرکت وسایل نقلیه موتوری، بیشتر از نیروی باد و ذغال سنگ استفاده می‌شد. پس از کشف نفت خام و گاز طبیعی، به تدریج این مواد جای‌گزین ذغال سنگ شدند؛ به‌طوری که در حال حاضر از استفاده ذغال سنگ در کوره‌ها کاهش یافته و به جای آن بیشتر از نفت خام و گاز طبیعی برای تولید انرژی استفاده می‌کنند. هر چند جای‌گزین انرژی‌ها با یکدیگر بسیار زمان‌بر است - به‌طوری که جای‌گزینی تدریجی نفت و گاز به جای ذغال سنگ حدود ۶۰ سال به طول انجامید - ممکن است برای جای‌گزینی سوخت‌های فسیلی با سوخت‌های زیستی زمان بیشتری هم مورد نیاز باشد، ولی این جای‌گزینی و تبدیل انرژی‌ها به یکدیگر برای جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست، امری واجب و الزامی است. نگاهی اجمالی به مسائل آلودگی‌های زیست‌محیطی در کره‌ی زمین در ۲۰ سال گذشته نشانگر این واقعیت است که نه تنها اثرات مخرب بشر بر محیط زیست کم نشده، بلکه مسائل بغرنج دیگری مانند از بین رفتن لایه‌ی اوزون، آلودگی بیش از حد هوا، پدیده‌ی گازهای گل‌خانه‌ای و گرم شدن زمین، بالا آمدن سطح آب اقیانوس‌ها و دریاها، کاهش تنوع زیستی، تغییرات اکولوژی، تغییرات شرایط آب‌وهوایی و اثرات آن‌ها نیز نمایان شده است. در این نوشتار، به انرژی‌های تجدید نشدنی یا سوخت‌های فسیلی، میزان مصرف نفت در جهان، و لزوم استفاده‌ی بهینه از این نوع سوخت‌ها و جای‌گزینی تدریجی آن‌ها با انرژی‌های فناپذیر و تجدید نشدنی، مسائل و مشکلاتی که در این راه وجود دارد و انواع انرژی‌های نو اشاره می‌شود.

سوخت فسیلی یا انرژی فناپذیر

به طوری که در مقدمه آمده است، سوخت های فسیلی عبارت اند از: نفت خام، گاز طبیعی، ذغال سنگ، قیر طبیعی و شیل ها، و ماسه سنگ های آغشته به مواد هیدروکربور. سوخت های فسیلی که از سنگ های آغشته به مواد هیدروکربور به دست می آیند، در بسیاری از موارد، جداسازی مواد هیدروکربور از سنگ های دربرگیرنده آن ها مقرون به صرفه نیست. برای مثال، به منظور به دست آوردن یک بشکه نفت خام از این سنگ ها، چندین تن سنگ باید استخراج شود که در نهایت مقادیر زیادی باطله نیز به جای می ماند.

استفاده ی بهینه از سوخت های فسیلی

کشورهای صادر کننده ی سوخت های فسیلی در صورتی موفق خواهند بود که ارز حاصل از فروش این مواد تجدیدشدنی را، مستقیماً و بدون سرمایه گذاری های حساب شده و سودآور، صرف هزینه های جاری و یا ارزها به منظور پایین نگه داشتن قیمت کالاها و اوراق عمومی نکنند، بلکه با ایجاد صنایع مادر، ایجاد پالایشگاه ها، تأسیس مجتمع های پتروشیمی، توسعه ی صنایع و معادن و راه اندازی کشاورزی مدرن، این نوع هزینه ها را از محل سود حاصله از آن ها تأمین کنند. در صورتی که کشوری نتواند از این روش استفاده کند، پس از اندک زمانی دچار معضل و مشکلات عدیده ای از جمله تورم، کاهش ارزش پول ملی، بی کاری و... خواهد شد.

کشور نروژ یکی از کشورهای صنعتی اروپا و تولیدکننده ی نفت خام است که از زمان کشف این ماده ی حیاتی تاکنون دیناری از درآمدهای حاصله از محل فروش نفت خود را مستقیماً صرف هزینه های جاری و رفاه مردم نکرده و نفت که بی گمان چون نقش پا محو است در موج فنا را به صنایع سنگین و برجا ماندنی تبدیل کرده است و این سرمایه های محو نشدنی را به نسل آینده تحویل می دهد. به عبارت دیگر، در کشورهای مانند نروژ این گونه فرهنگ سازی

شده که منابع کشور تنها متعلق به نسل حاضر نیست و لازم است همان طور که گذشتگان این امانت را به آن ها سپرده اند، آن ها نیز به نسل آینده تحویل دهند.

در کشور ما هنوز این فرهنگ سازی به طور کامل صورت نگرفته و با روش پر کردن باک اتومبیل در پمپ بنزین و سر ریز آن، چنین تصور شده است که نسل های آینده ای وجود ندارند. متأسفانه کشور ایران در جمع کشورهای پرداخت کننده ی یارانه ی انرژی مقام بالایی دارد، به طوری که در این مورد پس از کشور روسیه، در مقام دوم جهان ایستاده است. روس ها با پرداخت سالانه ی ۴۰ میلیارد دلار یارانه ی انرژی مقام اول، و ایران با پرداخت ۳۷ میلیارد دلار یارانه مقام دوم را دارد. پس از ایران کشورهای، چین، عربستان، هندوستان، اندونزی، اکراین و مصر به ترتیب در مقام های بعدی قرار دارند.

چه باید کرد؟

چنین به نظر می رسد که برای دوام هرچه بیشتر منابع سوخت های فسیلی و تأمین زمان مناسب و کافی برای دانشمندان، مخترعین و صاحبان صنایع به ویژه صنایع خودروسازی، به منظور آن که بتوانند انرژی های نو و تجدیدپذیر را جانشین انرژی های فناپذیر کنند، علی الخصوص در ممالک صادرکننده ی عمده ی نفت و گاز در جهان، راه حل هایی به شرح زیر کارساز باشند:

۱. صرفه جویی جدی در مصرف سوخت های فسیلی و مصرف بهینه ی آن ها با قطع تدریجی یارانه های سوخت؛
۲. الگوبرداری از کشورهای نظیر کشور نروژ؛
۳. افزایش بازدهی انرژی باقی مانده با استفاده از فناوری های نوین و پیشرفته؛
۴. افزایش سهم انرژی های نو یا فناپذیر و تجدیدشدنی در ترکیب انرژی جهان؛
۵. احیای میادین نفتی قدیمی و متروکه با سرمایه گذاری های

مطلوب و استفاده از فناوری های به روز؛

۶. سرمایه گذاری های کلان و برنامه ریزی شده برای استفاده از انرژی های نو.

با استفاده از روش های فوق احتمالاً طول عمر میدین نفت و گاز افزایش می یابد و فرصت کافی برای جایگزینی سوخت های فسیلی با انرژی های نو در اختیار پژوهشگران قرار می گیرد. مسلم است حل مشکل انرژی نیازمند تشریک مساعی و همکاری همه ی کشورهای جهان به ویژه کشورهای صادرکننده ی سوخت های

ملاحظه می شود که جایگزینی سوخت های فسیلی با انرژی های نو در کشور ما هنوز به طور شایسته و جدی برنامه ریزی نشده است.

فسیلی است و در صورت بی توجهی به این معضل و مشکل جهانی و عدم بهره گیری انرژی های نو نظیر انرژی های خورشید، باد، آب، ژئوترمال (زمین گرمایی)، امواج، جزرومد، بیوگاز، بیوماس، هیدروژن و پیل های سوختی، معلوم نیست سرنوشت آینده ی کره ی زمین چگونه رقم خواهد خورد. عمده ترین طرح های اجرا شده به منظور دستیابی به انرژی های نو در ایران را، روزنامه ی «همشهری» در تاریخ های ۱۲ مرداد ۸۷ و ۱۶ مرداد ۸۷ در مقالاتی تحت عنوان «انرژی خورشید و قابلیت های فراوان کشور ما در این زمینه» و «فرصت هایی که از دست می رود» معرفی کرده است. ملاحظه می شود که جایگزینی سوخت های فسیلی با انرژی های نو در کشور ما هنوز به طور شایسته و جدی برنامه ریزی نشده است.

مصرف روزانه نفت خام در جهان

در حال حاضر مصرف روزانه نفت خام در جهان ۹۰ میلیون بشکه برآورد شده است. چنانچه این میزان مصرف بی رویه به همین میزان باقی نماند و مصرف روزانه به نصف تقلیل یابد، طول عمر مفید مخازن و میدین نفتی جهان دو برابر می شود. اقدام بسیج گونه، زمان بیشتری را در اختیار متفکران و دانشمندان برای جایگزینی تدریجی سوخت های فسیلی با انرژی های نو قرار می دهد. در حال حاضر کل ذخایر باقی مانده ی کشور ۵۰۰

میلیارد بشکه تخمین زده می شود. در صورتی که از این مقدار ذخیره ی باقی مانده تنها ۱۵۰ میلیارد بشکه ی آن قابل استخراج باشد و مصرف روزانه را در حدود چهار میلیون بشکه برآورد کنیم و مصرف روزانه افزایش نیابد، مقدار باقی مانده ی مواد هیدروکربور در مخازن، مصرف حدود ۱۰۰ سال دیگر را تأمین می کند. این زمان طولانی، زمان بسیار مناسبی برای یافتن راه های بهره گیری از سایر انرژی ها خواهد بود.

معزل و مشکلات پیش روی

بررسی های انجام شده نشان می دهند که در سال ۱۳۸۵، ارزش کل حاصل های انرژی مصرف شده در کشور یک میلیارد و سیصد میلیون بشکه نفت بوده است. این میزان مصرف غیرمتعارف در صورتی که با برنامه ریزی های دقیق و با مدیریت کارآمد سیر نزولی را طی نکند، در آینده ای نه چندان دور تمامی استخراج روزانه نفت و گاز کشور صرف احتیاجات و مصارف داخل کشور می شود و رقمی برای صادرات باقی نمی ماند. ز زمان استخراج نفت در ایران توسط دارسی، یعنی از ۱۰۰ سال قبل تاکنون، اقدامات جدی برای استفاده از انرژی های نو به عمل نیامده است. اخیراً نیز سازمانی در وزارت نیرو وظیفه ی انجام این امر مهم را برعهده گرفته است.

در مورد اجرای طرح های استفاده از انرژی های خورشیدی، بادی، ژئوترمال و غیره سؤالاتی مطرح هستند که در صورت پاسخ گویی مسئولین به این سؤالات، تا اندازه ای تکلیف طرح های اجرا شده روشن خواهد شد. یکی از معایب استفاده از سوخت های فسیلی، آلودگی محیط زیست است که به طور جدی و به شدت حیات بشر و همه ی موجودات را اعم از جانوری و گیاهی بر روی کره ی زمین تهدید می کند. بنابراین برای نجات از این مشکل خانمان سوز، راهی جز جایگزینی سوخت های فسیلی با انرژی های نو باقی نمی ماند.

واضح و مبرهن است که فعالیتهای بشر در راستای توسعه به هر طریقی که باشد، اثرات نامطلوبی بر محیط زیست خواهد داشت. لیکن نمی توان فعالیتهایی را که برای بقای انسان جنبه ی حیاتی دارند، محدود کرد. راه حل مناسب این است که با توجه به نیازهای حال و آینده، هرچه بیشتر جهت پیشبرد برنامه ها توسعه تلاش کرد، مشروط بر آن که به بهای نابودی محیط زیست و منابع طبیعی در کره ی زمین تمام نشود. بنابراین با توجه به این که هر فعالیتی مستلزم استخراج موادی از طبیعت و دفع موادی دیگر به

آن است، باید تمامی فعالیت‌ها در راستای هر هدفی که باشند، در چارچوب ظرفیت‌های محدود محیط‌زیست مورد مطالعه و بررسی قرار گیرند تا بدین ترتیب اطمینان حاصل شود به بقا و پایداری محیط‌زیست لطمه‌ای وارد نمی‌شود. در حقیقت با در نظر گرفتن این موضوع که محیط‌زیست و توسعه دو مقوله‌ی جدایی‌ناپذیرند، لازم است با استفاده از ابزارهای مدیریتی محیط‌زیست، در کلیه‌ی برنامه‌های توسعه حداقل خسارت به محیط‌زیست و منابع طبیعی کره‌ی زمین وارد آید.

نیاز به انرژی و کشفیات دانشمندان و مخترعین جهان

هر چند مصرف انرژی اساسی‌ترین نیاز برای پیشرفت اقتصادی و استمرار آن، و تأمین آسایش و رفاه جامعه‌ی بشری است، ولی این رفاه و ترویج جامعه‌ی مصرفی نباید به گونه‌ای تفهیم شود که تلاش و خلاقیت برای دست‌یابی به فناوری‌های استفاده از انرژی‌های نو به دست فراموشی سپرده شوند. متأسفانه در کشور ما، به دلیل سهولت دسترسی به سوخت‌های فسیلی، اکثر مردم بدون توجه به ارزش این ماده‌ی حیاتی، در مصرف آن گوی سبقت را از یکدیگر می‌ریزند. این سهولت دسترسی به انرژی فسیلی، به خصوص بنزین، گاز خانگی و سایر انرژی‌ها، متفکرین و مکتشفین را نیز از کوشش برای دست‌یابی به انرژی‌های نو بازداشته است. قدر عافیت کسی داند که به مصیبتی گرفتار آید. جوامعی که با اختصاص یارانه‌های سوخت و ایجاد رفاه، به سمت مصرف‌گرایی و نه تولید سوق داده می‌شوند، به دشواری موفق به تغییراتی در جهت بهینه کردن مصرف سوخت و جای‌گزینی سوخت‌های فسیلی با سوخت‌های زیستی خواهند شد. اگر زندگی مخترعین و کسانی که را که با نبوغ خود جوامعی را متحول کرده‌اند. بررسی کنیم، خواهیم دید که اغلب این افراد انسان‌هایی سخت‌کوش و تنگدستی بوده‌اند و در زندگی خود رفاه چندانی نداشته‌اند. برای مثال می‌توان افرادی را که هر کدام نقشی ماندگار بر لوح جهان بر جای گذاشته‌اند، نام برد.

هر که بر لوح جهان نقشی بیفزاید ز خویش

بی‌گمان محو است چون نقش پا بر موج

نقش هستی ساز باید نقش بر جاماندنی

تا چو جان خود جهان هم جاودان دارد ترا

برخی از افرادی که نام خود را در جهان جاودانه کرده‌اند، از این قرارند:

۱. ابوعلی سینا

۲. زکریای رازی

۳. خوارزمی

۴. ابوریحان بیرونی

۵. ادیسون کارگر ساده، معمولی و تنگدستی بود که با تلاش

و نبوغ خود جهان را نورانی کرد.

۶. وات گاوجرانی بود که با پشتکار و نبوغ خود لکوموتیو را به

راه انداخت.

۷. مندلیف عناصر تشکیل‌دهنده‌ی جهان را در جدولی تنظیم

کرد که هم‌چنان جاودانه و پابرجاست.

۸. نیوتن یکی از افراد زیر خط فقر زمانه‌ی خود بود که از سقوط

یک سیب از درخت، به جاذبه‌ی زمین پی برد.

۹. مادام کوری، با پرکاری و تلاش، در حین تجزیه‌ی رادیوم

بچه‌هایش را شیر می‌داد.

۱۰. اینشتین به فرمول $E=mc^2$ دست یافت و اتم را شکافت.

تا سال ۲۰۲۰، میزان مصرف نفت خام در جهان به ۱۶ تا ۱۷

میلیارد تن خواهد رسید و در آینده‌ای نه چندان دور، سوخت‌های

فسیلی تکافوی این مقدار مصرف را نخواهند کرد. بنابراین، لازم

است که تا دیر نشده، مخترعین، مکتشفین، صاحبان صنایع و

سایر متخصصان به طور جدی به سمت استفاده از انرژی‌های نوگام

بردارند. هر چند انرژی‌های نو هزینه‌ی بهره‌برداری اندکی دارند، ولی

برای راه‌اندازی سرمایه‌گذاری زیادی را می‌طلبد. برای مثال، هزینه‌ی

سرمایه‌گذاری برای توربین‌های بادی سه برابر نیروگاه‌های حرارتی

و نیروگاه‌های خورشیدی هشت برابر نیروگاه‌های حرارتی است و

در پاره‌ای دیگر از انرژی‌های نو، این هزینه تا ۲۵ برابر نیروگاه‌های

گازی افزایش می‌یابد. در حال حاضر از نیروگاه‌های خورشیدی در

یزد و شیراز، نیروگاه‌های بادی در منجیل و بینالود و نیروگاه‌های

زمین‌گرمایی (ژئوترمال) در طالقان و مشکین‌شهر اطلاعات دقیقی

در دست نیست، ولی لازم است در این زمینه به طور برنامه‌ریزی

شده هزینه کرد.

انرژی‌های نو یا فناپذیر

انرژی‌های نو یا تجدیدپذیر به ترتیب فراوانی در طبیعت عبارت‌اند

از انرژی خورشید، انرژی باد، انرژی آب (شامل نیروگاه‌های برق آبی

و نیز انرژی جزر و مد، انرژی امواج، انرژی اختلاف دما و اختلاف

غلظت املاح در آب دریاها و اقیانوس‌ها)، انرژی زمین‌گرمایی یا

ژئوترمال، انرژی هسته‌ای، انرژی بیوگاز، انرژی بیوماس یا سوخت

زیستی، انرژی هیدروژن و پیل سوختی.

انرژی خورشید

خورشید ستاره‌ای است در کهکشان راه شیری که ۹ سیاره دارد. سیاره‌ی زمین که از نظر فاصله با خورشید پنجمین سیاره‌ی منظومه‌ی شمسی محسوب می‌شود، در فاصله‌ی ۱۵۰ میلیون کیلومتری از خورشید قرار دارد و با سرعتی حدود ۳۰ کیلومتر در ثانیه به دور آن می‌چرخد. مرکز ستاره‌ی خورشید دارای چنان درجه حرارتی است که می‌تواند هم‌جوشی اتم‌های هیدروژن و به وجود آمدن هلیوم را میسر سازد. بر اثر این فعل و انفعالات، انرژی خورشید از مرکز آن به سطح انتقال می‌یابد و از سطح خورشید به فضای اطراف آن پراکنده می‌شود. بخش بسیار ناچیزی از این تشعشعات الکترومغناطیسی که با فرکانس بالایی آزاد می‌شود، به کره‌ی زمین می‌رسد. که در فاصله‌ی ۱۵۰ میلیون کیلومتری آن قرار دارد. از میان قاره‌های زمین، دو قاره آسیا و آفریقا مساعدترین قاره‌ها از نظر

فناوری‌های مدرن، استفاده از انرژی خورشید برای تولید الکتریسیته و حرارت را از نظر اقتصادی توجیه می‌کنند و آن را مقرون به صرفه می‌سازند. از آن جا که بیشتر نقاط ایران زمین در ارتفاعی در حدود ۱۰۰۰ متر بالاتر از سطح آب دریاها، آزاد قرار دارند، از نظر قدرت دریافت تابش نور خورشید از شرایط بهتری بهره‌مندند.

دریافت نور خورشید هستند.

انرژی خورشید دارای مصارف گوناگونی است. مهم‌ترین مصرف انرژی خورشید تامین آب گرم است. ساده‌ترین روش آن است که با استفاده از رفلکتورهایی، انرژی خورشید را به درون یک دیگ بخار منتقل کنند و با بخار ایجاد شده، توربین‌ها را به حرکت درآورند. روش دیگر استفاده از سلول‌های فتوولتائیک است که توسط آن‌ها انرژی خورشید مستقیماً به الکتریسیته تبدیل می‌شود. از این روش در برخی ماشین‌های محاسبه استفاده می‌شود. این ماشین‌ها نیازی به باتری ندارند.

فناوری‌های مدرن، استفاده از انرژی خورشید برای تولید الکتریسیته و حرارت را از نظر اقتصادی توجیه می‌کنند و آن را مقرون به صرفه می‌سازند. از آن جا که بیشتر نقاط ایران زمین در ارتفاعی در حدود ۱۰۰۰ متر بالاتر از سطح آب دریاها، آزاد قرار دارند، از نظر قدرت دریافت تابش نور خورشید از شرایط بهتری بهره‌مندند.

بدین لحاظ ایران می‌تواند از انرژی خورشید برای تولید الکتریسیته، گرم کردن خانه‌ها و تولید آب گرم خانه‌ها و سایر تأسیسات به نحو مطلوبی استفاده کرد. به طور متوسط در سطح کشور حدود ۳۰۰۰ ساعت در سال می‌توان از اشعه‌ی خورشید بهره گرفت. البته این رقم در استان یزد، استان فارس، کویر نمک، دشت لوت، استان کرمان، استان سمنان، استان اصفهان بالاتر است.

به دلیل فراوانی سوخت فسیلی در ایران و ارزان بودن آن، تاکنون هیچ یک از مسئولان به فکر استفاده از انرژی خورشیدی و جدی گرفتن این موضوع نیفتاده‌اند. آیا باید تا آخرین قطره‌ی موجود از سوخت‌های فسیلی در کشور، به فکر استفاده از انرژی‌های نو نباشیم؟ هر چند استفاده از انرژی خورشید بسیار هزینه بر است؛ ولی با وجود فناوری‌های جدید و با توجه به این که منابع آن رایگان است و محیط زیست را آلوده نمی‌کند، این انرژی در آینده‌ای نه‌چندان دور می‌تواند جانشین بخش بزرگی از انرژی‌های فسیلی شود.

یکی از عواملی که در ایران می‌تواند هزینه‌ی استفاده از انرژی خورشیدی را بالا ببرد، ضرورت شست‌وشوی مستمر سلول‌ها و آینه‌ها و برطرف کردن گرد و غبار روی آن‌هاست. به خصوص در نواحی کم‌آب این کار بسیار هزینه‌بر خواهد بود.

در سال‌های اخیر نوعی مواد نانویی را کشف کرده‌اند که قشر بسیار نازکی از آن‌ها روی آینه‌ها و شیشه‌ها، سطح بسیار صیقلی و لغزنده‌ای ایجاد می‌کند؛ به گونه‌ای که گرد و خاک و قطرات آب حاصل از بارش، روی این سطوح صیقلی که شیب‌دار هم هستند، باقی نمی‌ماند. با این روش هزینه شست‌وشوی مستمر با آب بسیار کاهش می‌یابد.

انرژی باد

از قرن‌ها پیش بشر از نیروی باد استفاده می‌کرده است. با نیرو، به وسیله‌ی بادبان‌هایی که بر کشتی‌های بادی نصب می‌کرده، کشتی‌ها را به حرکت درمی‌آورده است. هم‌چنین از نیروی باد به منظور آرد کردن غلات و بیرون کشیدن آب از چاه‌ها برای کشاورزی، دام‌داری و شرب بهره می‌گرفته است. پس از کشف نفت در ۱۵۰ سال قبل توسط دریک در آمریکا و اختراع ماشین برای به حرکت درآوردن مولدهای برق و کشتی‌ها، نیروی مورد نیاز جهان کشف شد و بشر استفاده از نیروی باد و سایر انرژی‌های نو را از یاد برد.

در دهه‌ی ۱۹۷۰ میلادی، در نتیجه‌ی بحران سوخت‌های فسیلی و آلودگی‌های محیط‌زیست در اثر مصرف زیاد این گونه سوخت‌ها، مجدداً استفاده از نیروی باد متداول شد.

به نظر می‌رسد، ایران قدیمی‌ترین کشوری باشد که از نیروی باد استفاده کرده است. زیرا بقایای آسیاب‌های بادی در ایران که متعلق به ۲۲۰۰ سال قبل هستند، در نواحی شرقی ایران، به ویژه در شهر «خواف» شناسایی شده است. در اوایل قرن پانزدهم، هلند اولین کشوری بود که آسیاب‌های بادی را تکمیل کرد. در سرزمین پهناور آمریکا در فاصله‌ی زمانی نیم قرن، یعنی از سال ۱۸۸۰ تا ۱۹۳۰، حدود هفت میلیون آسیاب بادی مشغول به کار بوده است. در این کشور از آسیاب‌های بادی برای خارج کردن آب از چاه خرد کردن غلات و در برخی موارد، برای تولید الکتریسیته به منظور روشنایی استفاده می‌شده است.

هزینه‌ی سرمایه‌گذاری برای تولید برق از باد هم مانند استفاده از انرژی خورشیدی بسیار زیاد است. برای تولید هر کیلووات ساعت برق بادی، ۵۰۰ تا ۶۰۰ دلار هزینه‌ی سرمایه‌گذاری لازم است که در مقایسه با هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای سوخت‌های فسیلی رقم بسیار بالایی است. اما چون پس از سرمایه‌گذاری، تولید برق با ژنراتورهای بادی به دلیل رایگان بودن هزینه‌ی چندانی ندارد، در آینده با پیشرفت‌های فناوری مطمئناً هزینه‌های این نوع سرمایه‌گذاری‌ها به شدت کاهش خواهد یافت. در مولدهای بادی باید روشی اتخاذ شود تا بتوان، انرژی تولید شده را، در فواصلی که شدت باد زیاد است، برای زمان‌هایی که شدت باد کم است و یا باد نمی‌وزد، ذخیره کرد در حال حاضر سه روش برای ذخیره کردن انرژی مولدهای بادی وجود دارد:

۱. استفاده از باتری‌های مخصوصی که به تعداد زیاد به هم متصل شده باشند و شارژ این باتری‌ها هنگام ورزش‌های تند و سریع باد.
۲. تجزیه‌ی الکتریکی اکسیژن و هیدروژن آب، ذخیره کردن این دو عنصر، و استفاده از اختراق این دو عنصر هنگامی که باد قدرت به حرکت درآوردن توربین را ندارد.
۳. استفاده از برق مازاد نیروگاه‌های بادی به منظور تولید حرارت برای مصارف خانگی.

در سال ۱۹۹۵ میلادی، عواملی مانند تغییرات آب و هوایی بر اثر افزایش گازهای گل‌خانه‌ای و افزایش تقاضای مصرف انرژی برق در سطح جهان، سبب شد که کشورهای صنعتی استفاده از انرژی باد را با سرعت هرچه بیشتر در سرلوحه‌ی استفاده از انرژی‌های نو قرار دهند. در حقیقت، به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی از انرژی باد یا سایر انرژی‌های نو، ۱۴ درصد از انتشار گاز CO_2 جلوگیری می‌شود. هم‌چنین این تغییر استفاده از انرژی‌ها و تبدیل سوخت‌های

فسیلی به انرژی‌های فناناپذیر، کاهش انتشار سولفور و اکسیدنیترات در هوا را به همراه دارد که از عوامل آلوده‌کننده محیط‌زیست در اثر تولید باران‌های اسیدی هستند. برحسب مطالعات و بررسی‌های انجام شده، ایران کشوری با بادهای متوسط است، ولی برخی از نواحی آن، مانند سیستان، بینالود، منجیل و دشت کویر، از ظرفیت بالاتری برخوردار هستند و بادهای مناسب، تند و دائمی می‌توانند، توربین‌های بادی را در این نواحی به حرکت درآورند. متأسفانه در کشور ما استفاده از انرژی باد هم مانند بهره‌گیری از انرژی خورشیدی و سایر انرژی‌های نو، به‌طور جدی مورد توجه قرار نگرفته است. به‌طور کلی استفاده از انرژی باد در نواحی شمالی ایران، شمال شرق و مشرق ایران، از سایر نقاط کشور مناسب‌تر است.

ایران با ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع وسعت، در نیم‌کره‌ی شمالی و نیم‌کره شرقی، در قاره‌ی آسیا واقع شده است. ارتفاع کوه‌های شمالی، غربی و جنوبی ایران به اندازه‌ای زیاد است که از تاثیر بادهای مرطوب دریای خزر، دریای مدیترانه و خلیج فارس در نواحی داخلی ایران جلوگیری می‌کند. به همین دلیل، دامنه‌های خارجی این کوه‌ها دارای آب و هوای مرطوب و دامنه‌های داخلی آن‌ها دارای آب و هوای خشک و گرم است. ایران با موقعیت جغرافیایی مخصوص به خود، در مسیر جریان‌های عمده‌ی هوایی بین قاره‌ی آسیا، قاره‌ی اروپا، آفریقا، اقیانوس هند و اقیانوس اطلس قرار گرفته است. با توجه به نقشه‌های هم فشار و جهت بادها در زمستان و تابستان، ایران در معرض وزش بادهایی است که در زمستان از اقیانوس اطلس و از شمال شرقی، یعنی آسیای مرکزی و در تابستان از شمال غربی یعنی حدود ایسلند و اسکاندیناوی و از جنوب، یعنی اقیانوس هند می‌وزند. در ایران، بادهای بینالود، منجیل، دشت زابل و چند نقطه‌ی دیگر، هم‌چنین حاشیه‌ی مناطق کویری از جمله دشت کویر، از میان این نقاط، در حال حاضر بهترین محل برای استفاده از توربین‌های بادی، زابل بینالود و منجیل هستند. علاوه بر نقاط فوق، در بسیاری از نواحی دیگر ایران از جمله شرق و شمال شرق ایران، بادهای دائمی و تندی جریان دارند که تا حال حاضر مورد بررسی کافی قرار نگرفته‌اند. به طور کلی کشور ایران را می‌توان یکی از مناطق بسیار مساعد برای استفاده از انرژی باد در سطح جهان به شمار آورد، ولی از این نیروی لایزال هنوز به نحو مطلوب و به طور انبوه استفاده نشده است.

انرژی آب

انرژی هیدروالکتریک یا انرژی برق آبی از ریزش آب به توربین

آبی و به حرکت درآمدن آن حاصل می‌شود. مقدار الکتریسیته‌ی به دست آمده، به مقدار و ارتفاع آب بستگی دارد. برای تولید نیروگاه‌های برق آبی سدهای مخزنی احداث می‌شوند تا از آب ذخیره شده در دریاچه‌ی سد، برای تولید برق، آب کشاورزی و آب شرب استفاده شود. همه‌ساله حدود ۴۰ هزار کیلومتر مکعب آب در اثر نزولات جوی از خشکی‌ها به دریاها و اقیانوس‌ها می‌ریزد. چنان‌چه ارتفاع متوسط خشکی‌های جهان را ۸۰۰ متر از سطح دریا در نظر بگیریم، ملاحظه می‌شود که انرژی ذخیره شده در این مقدار آب چه اندازه زیاد است. در کشورهای واقع در قاره‌ی آسیا و قاره‌ی آفریقا، ظرفیت انرژی برق آبی کمتر از جاهای دیگر مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. با توجه به این‌که انرژی برق آبی از ذخیره‌ای فناپذیر و تجدید شدنی حاصل می‌شود، فاقد آلودگی زیست‌محیطی است و از آب آن نیز برای کشاورزی، شرب، پرورش ماهی و... استفاده می‌کنند، بیشتر از سایر انرژی‌های نو مورد توجه بشر قرار گرفته است. نیروگاه‌های برق آبی برای تولید برق بسیار مناسب‌اند.

در کشور ما سدهای زیادی به خصوص بعد از انقلاب اسلامی احداث شده‌اند که علاوه بر تامین آب کشاورزی و آب شرب، در به حرکت درآوردن توربین‌های برق کاربرد بالایی دارند. در ایران نیروگاه‌های تولید برق را بیشتر نیروگاه‌های برق آبی، نیروگاه‌های سوخت فسیلی نظیر گاز طبیعی، مازوت و گازوئیل، نیروگاه اتمی تشکیل می‌دهند. در احداث سد برای ذخیره کردن آب، برای بالا بردن طول عمر سد باید به موارد زیر توجه ویژه‌ای مبذول شود:

در کشور ما سدهای زیادی به خصوص بعد از انقلاب اسلامی احداث شده‌اند که علاوه بر تامین آب کشاورزی و آب شرب، در به حرکت درآوردن توربین‌های برق کاربرد بالایی دارند.

۱. مطالعه‌ی حوضه‌ی آبریز به‌منظور اطمینان از این‌که این حوضه کم و بیش دارای پوشش گیاهی است.
۲. در حوضه‌های آبریزی که فاقد پوشش گیاهی هستند، احداث حوضچه‌های رسوب‌گیر الزامی است.
۳. هر چند لایروبی دریاچه هزینه‌بر است، ولی هر چند سال یک‌بار، در مواقعی که آب دریاچه به پایین‌ترین سطح خود می‌رسد، لایروبی رسوبات کف دریاچه الزامی است.

چنان‌چه در موارد فوق دقت کافی به عمل نیاید، دریاچه‌ی سد قبل از پایان عمر مفید خود که ۱۰۰ سال در نظر گرفته می‌شود، از رسوبات پر می‌شود و مقدار آب ذخیره شده در دریاچه‌ی سد بسیار کاهش می‌یابد. این وضع تا آن‌جا پیش می‌رود که مسیر احداث شده برای ذخیره‌ی آب، به آبشار مصنوعی تبدیل می‌شود. انواع دیگر انرژی آب عبارت‌اند از: انرژی امواج، انرژی جزر و مد، انرژی اختلاف غلظت آب دریاها و اقیانوس‌ها یا گودایان نمک، و بالاخره انرژی حاصل از اختلاف درجه‌ی حرارت سطح آب اقیانوس‌ها و اعماق آب.

الف) انرژی امواج

هر چند انرژی حاصل از امواج در نواحی ساحلی جهان ۲ تا ۳ میلیون مگاوات برآورد می‌شود، ولی استفاده از انرژی امواج در جهان چندان متداول نشده است (کیلو وات = 10^3 ، مگاوات = 10^6 ، ژیگاوات = 10^9 و ترا وات = 10^{12}) به‌موجب آمار و برآوردی دیگر، انرژی امواج در سطح جهان ۱۰۰ ژیگاوات تخمین زده می‌شود. برآورد دیگری حاکی از آن است که تنها در سواحل انگلستان، ۱۲۰ ژیگاوات انرژی امواج قابل حصول است. اکنون استفاده از انرژی امواج مراحل تحقیقاتی خود را در جهان سپری می‌کند و تنها در کشورهای ژاپن و انگلستان چند نمونه‌ی آزمایشی ساخته شده است. در کشور ژاپن از سال ۱۹۶۵ میلادی از سکوی راهنمای کشتی‌رانی که به کمک انرژی امواج دریا کار می‌کند، استفاده می‌کنند. با حرکت متناوب امواج، در این سکو هوا مکیده می‌شود و این هوای فشرده، توربین بادی کوچکی را به حرکت درمی‌آورد. گرچه این توربین بادی موجب به حرکت درآمدن ژنراتور برق می‌شود، ولی برق تولیدی به اندازه‌ای است که فقط روشنایی سکوی راهنمای کشتی‌ها را تأمین می‌کند.

ب) انرژی جزر و مد

تنها در چند نقطه از جهان که اختلاف ارتفاع جزر و مد بسیار زیاد است، استفاده از این انرژی از لحاظ اقتصادی مقرون‌به‌صرفه نیست. از جمله نواحی مساعد برای استفاده از انرژی جزر و مد کانال مانش، و آب‌های ساحلی آمریکای شمالی و استرالیا است. در حال حاضر یک مرکز بزرگ تولید برق از انرژی جزر و مد در لارانس واقع در ساحل دریای مانش در کشور فرانسه ساخته شده که ظرفیت نهایی آن ۲۴۰ مگاوات است. چنان‌چه بشر موفق شود، به نحو احسن استفاده از این انرژی را به کمک فناوری‌های پیشرفته فراگیرد، این انرژی می‌تواند به یکی از منابع عمده‌ی جای‌گزین سوخت‌های

فسیلی تبدیل شود. لازم به یادآوری است، در مکان‌های مناسب در سواحل، هنگام مد مقدار زیادی آب دریا به کانال‌ها و مخازنی که از قبل ساخته‌اند، هدایت می‌شود. قبل از شروع جزر جلوی کانال‌های ورودی آب را سد می‌کنند تا آب در مخازن و کانال‌ها باقی بماند. از اختلاف ارتفاع آب درون مخازن و کانال‌ها و آب دریا در زمان جزر می‌توان با به حرکت درآوردن توربین آبی برق تولید کرد.

انرژی زمین گرمایی

این انرژی از حرارت ماگما در اعماق زمین، تجزیه‌ی مواد رادیواکتیو و سایر واکنش‌های درون زمین منشأ می‌گیرد. چشمه‌های آب گرم، خصوصاً در اطراف دهانه‌های آتشفشانی، نمونه‌هایی از انرژی ژئوترمال هستند. در اطراف دهانه‌های آتشفشانی، آب‌های جاری پس از نفوذ به اعماق زمین و گذر کردن از نواحی مذاب زمین به شدت گرم و از جای دیگری خارج می‌شوند. ترکیه یکی از کشورهای است که در همسایگی ما از انرژی ژئوترمال به‌نحو مطلوبی استفاده می‌کند و در جهت پیشرفت این فناوری فعالیت دارد.

در ایران مناطق مساعد برای مطالعات انرژی گرمایی یا ژئوترمال در اطراف کوه‌های آتشفشانی دماوند، بزمان، تفتان، سهند، سبلان، آرات کوچک و... وجود دارند. تجربه ثابت کرده است، هرچه به عمق زمین اضافه شود، به درجه‌ی گرمای آن افزوده خواهد شد. استفاده از گرمای درون زمین به‌طور مستقیم در حال حاضر امکان‌پذیر نیست و تنها می‌توان از آب‌های گرم درون زمین و چشمه‌های آب گرم به‌طور غیرمستقیم استفاده کرد. به‌طور متوسط به‌ازای پایین رفتن هر صد متر به درون زمین، سه درجه‌ی سانتی‌گراد به گرمای آن اضافه می‌شود. بنابراین، چنان‌چه به حفر چاه‌های به عمق سه تا چهار هزار متر اقدام شود، به آب و بخاری به گرمی ۱۰۰ درجه می‌رسیم. چنان‌چه آب‌های جاری از نقاط درزه‌ها و شکاف‌های زمین به این عمق برسند، با نزدیک شدن به منبع حرارتی زیر زمین، در داخل زمین به نقطه‌ی جوش می‌رسند و از دهانه‌ی چاه می‌توان آب داغ و بخار حاصل دریافت کرد و به مصارفی نظیر گرم کردن منازل و به حرکت درآوردن توربین‌های تولید برق رساند.

قرن هاست که گرمای درون زمین مورد توجه بشر قرار دارد. رومیان از آب‌های گرم درون زمین برای استحمام و گرم کردن خانه‌ها استفاده می‌کردند. آمریکا، روسیه، استرالیا، السالوادور، مکزیک، فیلیپین، ایسلند، ایتالیا، مجارستان و ترکیه از کشورهایی هستند که از انرژی ژئوترمال استفاده می‌کنند. روش دیگر استفاده از حرارت زمین گرمایی

این است که در محل‌های مناسب، مخصوصاً محل‌های نزدیک به دهانه‌های آتشفشان، چاهی برای ورود آب سطحی به داخل زمین حفر می‌کنند و از چاه دیگری آب گرم و بخار آب به دست می‌آورند.

انرژی گودایان نمک

انرژی دیگری که در آب اقیانوس‌ها و دریاها نهفته است، انرژی «گودایان نمک» نامیده می‌شود. این انرژی بین مناطق دارای آب‌های با املاح کم و با املاح بسیار زیاد به‌وجود می‌آید و خصوصاً در محل‌هایی که رودخانه‌های آب شیرین وارد دریاها می‌شوند، وجود دارد. به‌منظور استفاده از این انرژی از طریق فرایندهای خاصی توربین‌ها را در اثر جریان آب دائم که بین آب‌های کم‌نمک و پر‌نمک وجود دارد، به حرکت درمی‌آورد.

انرژی گرمایی اقیانوس‌ها و دریاها

اقیانوس‌ها و دریاها حدود ۷۰ درصد انرژی خورشید را که به زمین می‌رسد، جذب می‌کنند. از اختلاف درجه‌ی حرارت سطح آب که بر اثر تابش خورشید گرم می‌شود و آب سرد اعماق، جریانی پدید می‌آید که می‌تواند توربین برق را به حرکت درآورد. این اختلاف درجه‌ی حرارت سطح و عمق آب که می‌تواند تا ۳۰ درجه باشد، آمونیاک مایع را در سطح به گاز آمونیاک تبدیل می‌کند. گاز آمونیاک توربین را به حرکت درمی‌آورد و پس از خروج از توربین، با لوله‌ای به عمق آب هدایت می‌شود. در اعماق که برودت آب به ۳ تا ۴ درجه‌ی

اقیانوس‌ها و دریاها حدود ۷۰ درصد انرژی خورشید را که به زمین می‌رسد، جذب می‌کنند. از اختلاف درجه‌ی حرارت سطح آب که بر اثر تابش خورشید گرم می‌شود و آب سرد اعماق، جریانی پدید می‌آید که می‌تواند توربین برق را به حرکت درآورد.

سانتی‌گراد می‌رسد، گاز آمونیاک به آمونیاک مایع تبدیل می‌شود و با لوله‌ای مجدداً در مدار بسته قرار می‌گیرد. گاهی در این فرایند، آب شیرین نیز تولید می‌شود تا سیستم را مقرون به‌صرفه کند.

انرژی بیوگاز

مواد آلی در شرایطی مناسب در مجاورت میکروارگانیسم‌های خاصی و دور از اکسیژن، گاز متان تولید می‌کنند. مواد زائد دامی و

کشاورزی نیز چنین خاصیتی دارند و در شرایط غیر هوای گاز تولید می کنند که آن را «بیوگاز» می نامند. برخی از کشورهای جنوب شرقی آسیا که با مشکل سوخت فسیلی مواجه هستند، از این روش استفاده می کنند. در اغلب روستاهای هندوستان و چین از گاز متان برای پخت و پز غذا استفاده می کنند. کشور چین با حدود ۱۰ میلیون دستگاه بیوگاز مقام اول را در جهان در این زمینه دارد و پس از چین کشور هندوستان قرار دارد.

انرژی بیوماس

انرژی زیست توده یا بیوماس از منابع گیاهی و جانوری تجدیدپذیر حاصل می شود؛ مانند خوراکی ها، پسماندهای حاصل از کشاورزی و غیره. در جریان تولید انرژی سوخت زیستی، از این مواد غذایی و پسماندها، متانول به دست می آید.

انرژی هیدروژن

هیدروژن و پیل سوختی از اصلی ترین گزینه های انرژی جدید محسوب می شوند. سهولت به دست آوردن هیدروژن از آب و فراوانی این عنصر و بی ضرر بودن آن برای محیط زیست، از جمله ویژگی هایی است که این عنصر را از دیگر جایگزین های انرژی متمایز می کند. از پیل های سوختی به منظور ایجاد هم زمان الکتریسیته و حرارت به روش الکتروشیمیایی استفاده می شود. در این روش که الکترولیز معکوس نیز نامیده می شود، از انرژی ذخیره شده در سوخت های فسیلی بدون سوزاندن آن ها نیز استفاده می شود. بی شک در آینده، هیدروژن و استفاده از انرژی این عنصر در اولویت اول قرار می گیرد. اگر استفاده از انرژی های نو در جهان نهادینه نشود و این انرژی ها نتوانند به طور کامل جایگزین سوخت های فسیلی شوند، نهایتاً کره ی زمین و ساکنین آن در خطر نابودی قرار خواهند گرفت. در حال حاضر چنین به نظر می رسد که رفتار جامعه بشری به گونه ای فرهنگ سازی شده است که به دست خویش حیات را از روی کره ی زمین برچیند. شاید اگر کشورهای جهان، به ویژه کشورهای صنعتی و کشورهای صادر کننده ی سوخت های فسیلی، تا این حد به استفاده از نفت و گاز آلوده نمی شدند، صنایع خصوصاً صنایع خودروسازی از مدت ها قبل تلاش می کردند، انرژی هیدروژن و پیل سوختی را جایگزین سوخت های فسیلی کنند. در شرایط فعلی، استفاده ی بهینه از سوخت های فسیلی، کاهش مصرف جدی این فرآورده ها و تولید محصولات پتروشیمی، از راهکارهایی هستند که می توانند انرژی های نو را جایگزین سوخت های فسیلی کنند.

خوش بختانه صنایع پتروشیمی و ایجاد مجتمع های پتروشیمی در کشور، به ویژه بعد از انقلاب اسلامی، رشد چشم گیری داشته است و این رشد هم چنان باید ادامه داشته باشد. صرفه جویی و بهینه مصرف کردن سوخت های فسیلی، در ممالکی که تنها درآمدشان از محل فروش این محصولات به دست می آید، بسیار با اهمیت تر است.

* کارشناس ارشد سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

منابع

۱. ثقفی، محمود (۱۳۷۲). انرژی بادی و کاربرد آن در کشاورزی. انتشارات دانشگاه تهران.
۲. کانتی مولیک، توشار (۱۳۶۰). «تجربیه هند در زمینه استفاده از بیوگاز». نشریه ی پیام یونسکو. شماره ی ۱۳۷.
۳. بنی هاشم، تاج الدین (۱۳۶۰). تخمین توان مفید توربین های بادی و تعیین چند محل نمونه در حاشیه ی کویر و منطقه ی منجیل. چکیده ی مقالات سمینار انرژی درباره ی بررسی امکان استفاده از انرژی های نو در ایران. وزارت نیرو (معاونت انرژی).
۴. موسوی، سید احمد (۱۳۶۷). «آسیاب های بادی سیستم». مجله ی ساختمان. شماره ی ۶.
۵. بایس، میشل (۱۳۵۹). «حفظ طبیعت به خاطر بقای انسان». نشریه ی پیام یونسکو. شماره ی ۱۲۳.
۶. هروی، جمال الدین (۱۳۵۶). «انرژی در جهان». نشریه ی کانون مهندسین ایران. شماره ی ۵۷.
۷. قائم مقامی، سید جلال و دیگران (۱۳۶۸). انرژی خورشیدی (طرح). انتشارات دانشگاه تهران.
۸. معاونت انرژی. «درباره ی انرژی های نو و تجدیدپذیر». مجله ی انتشارات وزارت نیرو.
9. Hougwijk, M. 2004 on the global Energ sources ultricht university (<http://www.library.uu.nl/digiarehief/dip/dies/20040309123617/full.pdf>)
10. Adberrazzaq MP, 2004, energy production assessment of small wind fans renewable energy.
11. Golding EW. 1978, the generation of electricity by wind power, London, F. N. spon.
12. Widell, J. Weir, T. 2006. Renewable energy resources second ed. Taylon & Francies.
13. Johansson T. B. Turkenburg W. 2004. Policiesf for renewable energy in the European Union and its member states, and overview. Energy for sustainable development VIN(1)-5-24.
14. L. Garcia- Rodriguez- 2003. Renewable energy applications in desalination, state of the art. Solar energy 75 (5) 381-393.
15. Seren, B, 2000, renewable energy, accord ed. Academic press New York.
16. SHofman. Y. de. D. Molenborek. R. schilling. R. voogt. M 2002. The potential of solar electricity to reduce Co₂ emissions. Rcofys. Utrecht.
17. Harmon, C, 2000, Experience curves of photovoltaic technology. NASA, Luxemburg.
18. British wind energy association (DWEA) 2000, planning for wind energy- A guide for regional wrgetsm London.

برآنیم که خدمات گران‌بهای فرهنگیان گرامی، به‌ویژه دبیران پیش‌گام زمین‌شناسی را ارج نهیم و از کارها و عملکردشان بگوییم. چرا که نقل سوابق کاری و تجربی پیش‌گامان این رشته، راهنمایی و راهبردی برای دبیران جوان خواهد شد و چه بسا نصایح آن‌ها سبب ایجاد انگیزه‌های بیش‌تری در راه خدمت به جوانانمان شود. به این خاطر از تمامی دوستان فصل‌نامه‌ی «رشد آموزش زمین‌شناسی» تقاضا داریم در این راه ما را یاری کنند. اگر خود از دبیران با سابقه (بازنشسته یا در حال خدمت) هستید یا دیگران را می‌شناسید که دارای سوابق تدریس زمین‌شناسی هستند، معرفی نمایید تا هماهنگی‌های لازم را برای برگزاری گفت‌وگو فراهم آوریم. از همه‌ی عزیزان که در این زمینه ما را یاری خواهند داد، پیشاپیش سپاس‌گزاری می‌کنم.

سردبیر

○ لطفاً خود را معرفی کنید و مختصری از زندگی‌تان بگویید.

● بر این زمین که زادگاه و کارگاه و گورگاه توست، بر این زمین نامین، عبث مرو، بیافرین، بیافرین. محمدحسین وردی هستم و در سال ۱۳۳۱ در بیرجند متولد شده‌ام. تحصیلات دوره‌ی ابتدایی و متوسطه را در دبستان و دبیرستان «شوکتی» که هم‌زمان با «دارالفنون» تأسیس شد، گذراندم و در رشته‌ی علوم تجربی دیپلم گرفتم. سپس در سال ۱۳۵۶، از دانشکده‌ی علوم دانشگاه فردوسی مشهد با مدرک لیسانس علوم طبیعی (زمین‌شناسی و زیست‌شناسی) فارغ‌التحصیل شدم. پس از گذراندن دوره‌ی سربازی، در سال ۱۳۵۸ به استخدام آموزش و پرورش درآمد. در طول دوران خدمتم، در دبیرستان‌های شهر و روستا، مراکز تربیت معلم و دوره‌های آموزشی ضمن خدمت تدریس داشتم و حدود ۱۴ سال سرگروه درس زمین‌شناسی و زیست‌شناسی شهرستان بیرجند بوده‌ام. در اکثر کنفرانس‌های زمین‌شناسی و کلاس‌های ضمن خدمت حضور داشتم و در بعضی از کنفرانس‌ها مقاله ارائه کرده‌ام.

با توجه به این که خراسان جنوبی از ظرفیت معدنی بسیار بالایی برخوردار است و معادن متنوعی در مناطق ما یافت می‌شوند، در طول دوران خدمت هر ساله حداقل پنج گردش علمی چند روزه در مناطق گوناگون استان و خارج از استان داشتم و از البرز شرقی (منطقه‌ی

شاهرود) گرفته تا منطقه‌ی تفتان، و از سنگ‌آهن سنگان خوف تا فیروزه‌ی نیشابور و معادن ذغال‌سنگ پروده‌ی طبس و پنبه‌ی نسوز حاجات نهبندان و معادن عظیم قلعه‌ی زری را، همراه با دانش‌آموزان دبیرستان‌های دخترانه و پسرانه مورد بازدید علمی قرار داده‌ایم. گزارش‌های دانش‌آموزان از این بازدیدها حاوی نکات بسیار آموزنده‌ای است. برای مثال، دانش‌آموزی روی کاغذ چروکیده‌ای نوشته بود: شما مرا خوب می‌شناسید. استفاده از این کاغذ نامناسب، دلیل بر بی‌توجهی من نیست. این گزارش را در حالی می‌نویسم که نیمه‌شب است و اشک از چشمانم سرازیر است. به خدا سوگند من معنی معدن کاری و عظمت معادن کشور عزیزم را به درستی نمی‌شناختم. در این دل شب با خدای خود پیمان می‌بندم، تا آخرین قطره‌ی خونم خدمت‌گزار کشور عزیزم میهن اسلامی‌ام ایران باشم. چروکیدگی کاغذ به علت ریختن اشک‌هایم روی آن است.

و بالاخره، در مهرماه سال ۱۳۸۵، پس از شش نوبت انتخاب به عنوان معلم نمونه‌ی منطقه‌ای و استانی به افتخار بازنشستگی ناآل آمدم.

○ چرا زمین‌شناسی را انتخاب کردید؟

● قبلاً در دانشگاه فردوسی مشهد رشته‌ای بود به نام دبیری علوم طبیعی که شامل زمین‌شناسی و زیست‌شناسی می‌شد. بدین صورت که دروس اصلی زیست‌شناسی و زمین‌شناسی تا سقف حدود ۱۱۰ واحد ارائه می‌شد و بقیه تا ۱۴۴ واحد درسی دوره‌ی لیسانس، دوره‌ی عمومی محسوب می‌شدند. بعد از فارغ‌التحصیل شدن ما، این رشته به دو رشته‌ی مستقل تبدیل شد. فارغ‌التحصیلان این رشته قادر به تدریس دروس زمین‌شناسی و زیست‌شناسی دوره‌ی متوسطه بودند. چون علاقه‌ی خاصی به این رشته داشتم، با وجود این که رتبه‌ام در کنکور سراسری سال ۱۳۵۲ بسیار خوب بود، این رشته را انتخاب کردم و معلم شدم. در طول دوران خدمتم حتی یک لحظه هم پشیمان نشدم و خداوند را سپاس‌گزارم که این نعمت بزرگ را به من عطا کرده است. البته در انتخاب این راه دبیران دوره‌ی متوسطه‌ام در دبیرستان شوکتی که انسان‌های بسیار آگاه و وارسته‌ای بودند، روی من تأثیر فراوانی داشتند. از همگی آن‌ها ممنونم و از خداوند متعال، برایشان سلامت و طول عمر با عزت خواهانم.

○ از خاطرات دوران تدریس‌تان برای خوانندگان بگویید.

گفت‌وگو

مریم عابدینی*



● به جرئت می‌توانم بگویم، تمامی ساعات که با دانش‌آموزان و جوانان عزیز خاطره‌است. از کجا بگویم؟ از قبولی صددرصد در امتحانات نهایی با میانگین ۱۹/۲۲ گذرانده‌ام، از این‌که از ۲۵ نفر دانش‌آموز کلاس، ۱۶ نفره نمره‌ی بیست گرفته بودند که بعد معلوم شد، در استان خراسان بزرگ و بعد در کشور رتبه اول را کسب کرده‌اند؟

به خاطر می‌آید، روزی که در کلاس چهارم متوسطه (قبل از این‌که دوره‌ی پیش‌دانشگاهی تأسیس شود) مشغول تدریس علت زلزله‌ها، مخصوصاً زلزله‌های جنوب خراسانی «دشت بیاض» بودم و پای تابلو صفحات زمینی را رسم می‌کردم که درست در همین لحظه زلزله شد. برگشتم و دیدم کلاس خالی است. دانش‌آموزان در فضای مدرسه به من اشاره می‌کردند: آقا بیرون بیایید! زلزله شد! در همین موقع زنگ تفریح به صدا درآمد.

در دفتر مدرسه صحبت از زلزله بود و ریاست محترم دبیرستان رو به من کرد و گفت: «نظر شما درباره‌ی ادامه‌ی زلزله چیست؟» من توضیح دادم، معمولاً موقعی که زلزله می‌آید، ممکن است با پس‌لرزه‌هایی همراه باشد. ایشان بلافاصله گفت: «یعنی می‌گویید زلزله ادامه دارد؟» حالا همه‌ی دبیران ساکت بودند و به سخنان ما گوش می‌دادند. گفتم: یافته‌های علمی این‌گونه می‌گویند. ایشان بلافاصله رو به من و سایر دبیران کرد و گفت: کور خوانده‌اید! و به خدمت‌گزار مدرسه اشاره کرد که زنگ را بزن.

پس از مدتی، آقای معاون به دفتر آمد و گفت: آقایان کلاس‌ها حاضرند. لطفاً بفرمایید. دبیران و این‌جانب سرها را پایین انداختیم و به کلاس رفتیم. هنوز چند لحظه‌ای نگذشته بود که بار دیگر زمین تکان خورد و این دفعه از طبقه‌ی دوم سیل جمعیت سرازیر شد. صدای داد و فریاد دبیران و دانش‌آموزانی که بعضی در زیر دست‌وپا کمک می‌طلبیدند، به گوش می‌خورد. به هر حال به خیر گذشت و خسارتی وارد نگردید.

○ به نظر شما، کدام قسمت «رشد آموزش زمین‌شناسی» جالب‌است؟

● به نظر من، تمامی بخش‌های مجله از اهمیت خاصی برخوردار و آموزنده‌اند. ولی با توجه به این‌که جلوه‌های زمین‌شناسی و کانی‌ها، با رنگ طبیعی بسیار زیبا و جالب هستند، انتظار می‌رود تحولی اساسی در چاپ و نوع کاغذ مجله صورت گیرد. البته می‌دانم مشکل مالی وجود دارد، ولی می‌توان با دریافت بخشی از هزینه‌ها از مخاطبان

بودجه‌ی لازم را تأمین کرد. مجله‌ای که بیننده را جلب کند و خواننده هنگام خواندن آن به ذوق بیاید، حتی اگر اطلاعات کمی هم در مورد زمین‌شناسی داشته باشد، لاقلاً با ارائه‌ی عکس‌های زیبا و چشم‌نواز، گوشه‌ای از قدرت خالق زیبایی‌ها را به نمایش می‌گذارد.

مشاهده کرده‌ایم که کانی‌های فلان منطقه در کتب‌درسی معرفی شده‌اند، اما دانش‌آموزان ساکن در همان منطقه اطلاع چندانی از آن کانی‌ها ندارند و دبیر با زحمت بسیار زیاد و به صورت تئوری به دانش‌آموزان آموزش می‌دهد.

یا سایر پدیده‌های طبیعی و مخصوصاً فسیل‌ها. یاد می‌آید در دبیرستان شوکتی بیرجند، روزی دبیر محترم ما چند کانی و فسیل که داخل جعبه‌ی جواهرات و داخل پنبه بود، با خود به کلاس آورد و توضیح داد این فسیل و کانی‌ها از کشور فرانسه آورده شده‌اند و نوشته‌ی فرانسوی آن‌ها را هم به ما نشان داد و اضافه کرد، با قیمت زیادی به کوشش رییس محترم آموزش و پرورش وقت (مرحوم استاد فرزانه) خریداری شده‌اند. ما اجازه

نداشتیم آن‌را لمس کنیم و از پشت شیشه، فقط باید مشاهده می‌کردیم. بعدها فهمیدیم که در دو قدمی ما، یعنی منطقه‌ی طیس و سایر مناطق هم‌جوار ما، آن قدر از این‌گونه فسیل‌ها و کانی‌ها وجود دارد که می‌توان حتی با کامیون بارگیری کرد. شاید امکان و اجازه‌ی بازدیدهای خارج از استانی هم‌اکنون فراهم نباشد، ولی با معرفی استان‌ها و مناطق زمین‌شناسی و ارائه‌ی نقشه‌ی گردش علمی برای هر استان در مجله، می‌توان به دبیران و دانش‌آموزان در برنامه‌ریزی برای آینده کمک کرد.

شما مطمئن باشید که فارغ‌التحصیلان همه‌ی رشته‌ها به اطلاعات زمین‌شناسی احتیاج دارند. دانش‌آموزی که در آینده می‌خواهد رشته‌ی داروسازی را ادامه دهد، آیا می‌داند بسیاری از داروها منشأ معدنی دارند؟! اگر بداند به خود اجازه نمی‌دهد که بگوید چرا زمین‌شناسی بخوانیم. مسئول برنامه‌ریزی کنکور نیز ضریب صفر و یک به این درس نمی‌دهد. همه‌ی این‌ها و این‌که درس زمین‌شناسی جداً مورد بی‌مهری مسئولان قرار گرفته و به حاشیه رانده شده است و در بعضی کلاس‌های درس زمین‌شناسی، زیست‌شناسی تدریس می‌شود و یا کلاس تبدیل به کلاس تست‌زنی درس دیگری می‌شود، همگی به علت بی‌توجهی به ریشه‌های عمیق این علم در فرهنگ غنی ما و اهمیت موضوع است. ما با کتاب «الجماهیر فی العرفه الجواهر» ابوریحان بیرونی که درباره‌ی تعیین وزن مخصوص کانی‌هاست و تا امروز هم اعتبار دارد، چه قدر آشنایم؟ کتاب «تسنوخ نامه‌ی ایلخانی» هم که توسط خواجه نصیرالدین طوسی نوشته شده و توسط آقای مدرس رضوی به فارسی ترجمه شده است، خود دنیایی از جادوی کانی‌ها، شناسایی، نحوه‌ی استخراج و اثرات معجزه‌آسای آن‌هاست.

با تشکر از این‌که وقت خود را در اختیار مجله قرار دادید

* دبیر آموزش و پرورش منطقه ۵ تهران



(IESO)

پرسش‌های دومین المپیاد علوم زمین

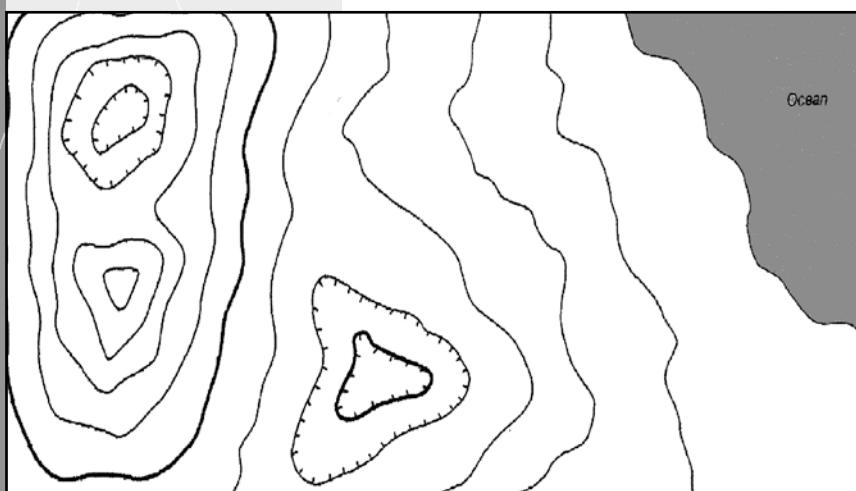
(با شعار همکاری و رقابت برای هشدار دادن در مورد تغییرات اقلیمی)^۲

مسعود کیمیایری*

پرسش‌های نوشتاری

۱. در نقشه‌ی توپوگرافی زیر، روی هر خط تراز، ارتفاع درست آن را بنویسید. فاصله‌ی تراز ۵۰

متر است. (۶ نمره)

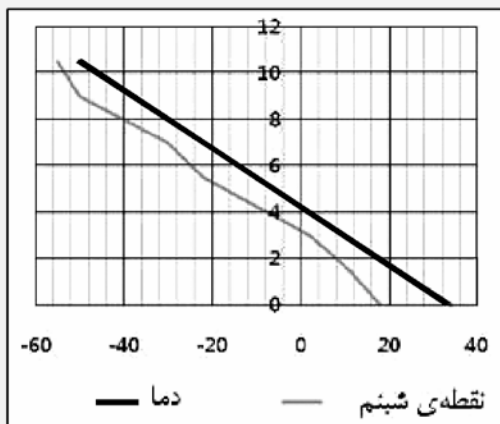


پاسخ پرسش‌های ۲ تا ۴ را در جدول زیر بنویسید. به عبارت دیگر، براساس ویژگی‌های هر سنگ که در ستون سمت چپ جدول آورده شده است، به پرسش‌های ستون راست آن پاسخ دهید.

ویژگی‌ها	پرسش
اندازه‌ی بلورها بین ۱ تا ۵ میلی‌متر است. کم‌تر از ۱۰ درصد کانی‌ها تیره‌اند. سنگ به‌طور عمده از کوارتز، فلدسپات و مسکوویت ساخته شده است.	۲. کدام فرایند سنگ را به‌وجود آورده است؟ (۵ نمره) پاسخ:
دانه‌ها از ۱ میلی‌متر بزرگ‌ترند. کانی‌ها به شکل نوارهای متناوب تیره و روشن دیده می‌شوند. بخش روشن از کانی‌های فلدسپات‌های ارتوکلاز، پلاژیوکلاز و کوارتز، و قسمت تیره از بیوتیت و هورنبلند تشکیل شده است.	۳. سنگ بر اثر کدام نوع دگرگونی به‌وجود آمده است؟ (۵ نمره) پاسخ:
هر دانه را می‌توانیم بدون استفاده از میکروسکوپ مشاهده کنیم. کانی‌ها به طور عمده شامل پلاژیوکلازهای پرکلسیم، پیروکسن و مقدار اندکی اولیوین هستند. سنگ سیاه، چگال و توده‌ای است.	۴. سنگ مورد نظر را نام ببرید. (۵ نمره) پاسخ:

۵. سه راه گوناگون تشکیل کانی‌ها را توضیح دهید. (۹ نمره)

۶. در شکل و جدول زیر، در یک برش عمودی تغییرات دمای هوا و نقطه‌ی شبنم که توسط یک هواکوارادیویی اندازه‌گیری شده‌اند را می‌بینید. بسته‌ای از هوا را به‌طور مکانیکی از سطح زمین بالاتر برده‌ایم و درونش یک ابر به‌وجود آمده است.



ارتفاع (km)	دما (°C)	نقطه‌ی شبنم (°C)
۰	۳۴	۱۸
۱/۵	۲۲	۱۱
۳	۱۰	۲
۵/۵	-۱۰	-۲۲
۷	-۲۲	-۳۰
۹	-۳۸	-۵۰
۱۰/۵	-۵۰	-۵۵

صعود بی‌دررو (آدیاباتیک) هوای غیر اشباع موجب می‌شود، از دمای بسته‌ی هوا با آهنگ ۱۰ درجه‌ی سلسیوس بر کیلومتر کاسته شود و نقطه‌ی شبنم هوای بسته هم با شتاب ۲ درجه‌ی سلسیوس در کیلومتر کم می‌شود. میزان افت دمای هوای اشباع را ۶ درجه‌ی سلسیوس در هر کیلومتر در نظر بگیرید. فرض کنید در حین صعود بین بسته‌ی هوا و محیط تبادل گرمایی وجود ندارد.

اکنون پرسش‌های زیر را پاسخ دهید: (امتیاز کل ۲۱ نمره)

الف) هوای درون بسته پیش از آغاز صعود اشباع است یا وضعیت غیر اشباع دارد؟ (۲ نمره)

ب) ارتفاع سطح زیرین ابر را محاسبه کنید. (۳ نمره)

پ) محاسبه کنید، در کدام ارتفاع بسته‌ی هوا خودبه‌خود شروع به بالا رفتن می‌کند. (۳ نمره)

ت) بسته‌ی هوا در وضعیت پرسش پ پایدار است یا ناپایدار؟ (۱ نمره)

ث) نقطه‌ی شبنم بسته‌ی هوای در حال بالا رفتن را در ارتفاع ۵ کیلومتری حساب کنید. (۳ نمره)

۷. کدام یک از فرایندهای زیر گرمای نهان بیشتری جذب می‌کند؟ گزینه‌ی صحیح را با کشیدن خط مشخص کنید.

(۲ نمره)

الف) انجماد

ب) تبخیر

پ) میعان

ت) ذوب

۸. کدام یک از عبارات‌های زیر درست هستند؟ گزینه‌ی صحیح را با کشیدن خط مشخص کنید. (۲ نمره)

الف) ذرات نمک هسته‌های تراکمی خوبی هستند.

ب) فشار بخار روی آب از فشار بخار روی یخ بیشتر است.

پ) معمولاً قطر یک قطره‌ی باران در حدود ۲ میلی‌متر است.

ت) با کاهش دما تا کمتر از صفر درجه‌ی سلسیوس، قطره‌های آب درون ابرها یخ می‌زنند.

۹. بیشتر بیابان‌های دنیا کجا هستند؟ گزینه‌ی صحیح را با کشیدن خط مشخص کنید. (۲ نمره)

الف) کرانه‌ی شرقی بیشتر قاره‌ها

(ب) درست در شمال و جنوب استوا

(پ) در نواحی ساحلی غربی در امتداد مدارهای سرطان و جدی

۱۰. در سطوح بالایی و میانی طوفان‌های تندری، بلورک‌های یخ نسبت به قطرک‌های آب مایع بسیار سریع‌تر تشکیل می‌شوند. کدام یک از دلایل زیر می‌تواند علت را توضیح دهد؟ گزینه‌ی صحیح را با کشیدن خط مشخص کنید. (۲ نمره)

(الف) جریان‌های الکتریکی درون طوفان موجب می‌شوند، بخار آب روی بلورک‌های یخی سریعتر تجمع کند.
(ب) اگر دما تا کمتر از نقطه‌ی انجماد آب کاهش یابد، بخار آب به جای میعان، روی بلورهای یخ چگالیده می‌شود.

(پ) فشار بخار روی یخ از فشار بخار روی آب کمتر است. در نتیجه بین آب مایع و آب منجمد شده شیب فشار بخار ایجاد می‌شود و بخار آب از قطرک‌های آب به بلورک‌های یخی منتقل می‌شود.

(ت) عامل اصلی، حرکت متلاطم هواست. با افزایش سرعت باد، سرعت میعان کندتر می‌شود.
۱۱. کدامین شرایط خاص تأثیر پدیده‌ی کوریولیس بر اجسام متحرک هستند؟ گزینه‌ی صحیح را با کشیدن خط مشخص کنید. (۲ نمره)

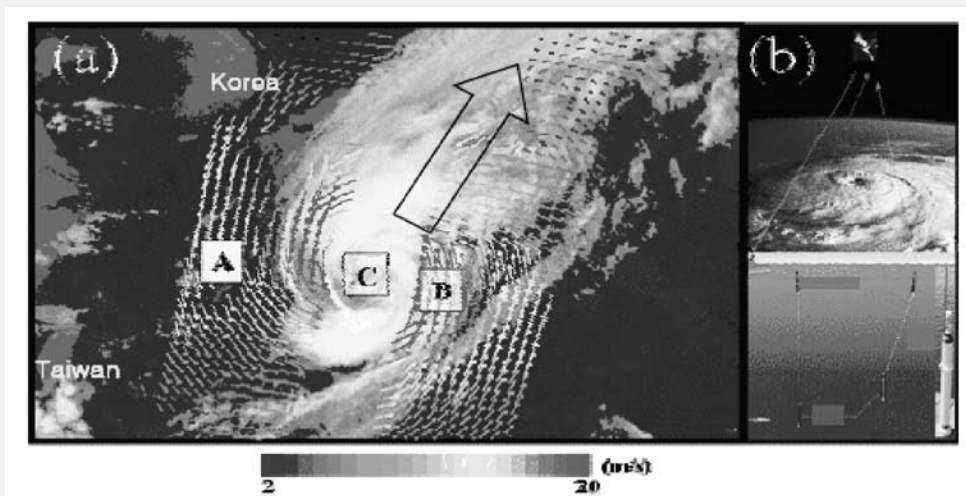
(الف) در استوا تأثیری ندارد و با دورتر شدن از استوا بیشتر می‌شود.

(ب) در استوا بیشترین تأثیر را دارد و با دور شدن از استوا تأثیرش کاسته می‌شود.

(پ) عرض جغرافیایی اثری بر پدیده‌ی کوریولیس ندارد.

۱۲. سه عامل اصلی را نام ببرید که ابرها را محو می‌کنند. (۳ نمره)

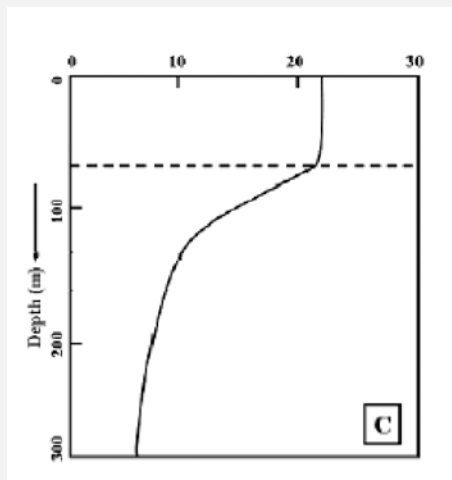
۱۳. عکس ماهواره‌ای زیر ابرهای تشکیل شده در حین یک طوفان در شمال شرق اقیانوس آرام را نشان می‌دهد. در تصویر a، بردارهای بادهای نزدیک به سطح دریا را می‌بینید. رنگ فلش‌ها نشان دهنده‌ی سرعت باد بین ۲ تا ۲۰ متر بر ثانیه‌اند. تصویر b، دستگاه‌هایی به نام ARGO را نشان می‌دهد که به‌طور خودکار نیم‌رخ‌هایی عمودی از دما و شوری را در ایستگاه‌های A و B و C ثبت می‌کنند. پیکان بزرگ سیاه‌رنگ، جهت کلی جابه‌جا شدن طوفان را نشان می‌دهد. (امتیاز کل ۷ نمره)



(الف) در کدام منطقه بادهای نیرومندتری می‌وزند؟ A یا B؟ (۱ نمره)

(ب) پاسخ‌تان را در مورد پرسش الف توضیح دهید. (۲ نمره)

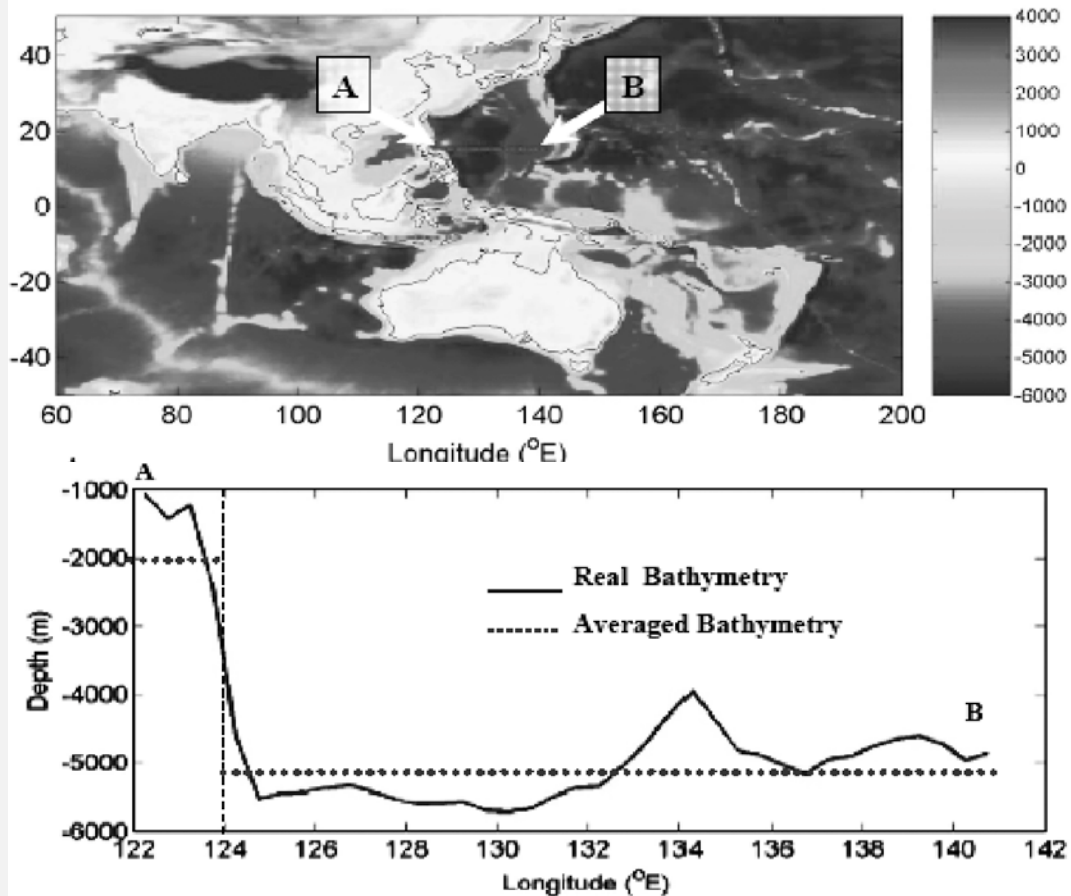
(پ) در نیم‌رخ زیر، تغییرات دما نسبت به عمق را در ایستگاه C که در نزدیکی مرکز طوفان قرار دارد، مشاهده می‌کنید. نیم‌رخ دیگری برای هنگامی که طوفان از ایستگاه C می‌گذرد، رسم کنید. (۲ نمره)



ت) فرایندی را که تعیین‌کننده‌ی پاسختان در پرسش پ است، توضیح دهید. (۲نمره)

۱۴. تصویر زیر توپوگرافی اقیانوس را نشان می‌دهد. در ساعت ۱ و ۵۰ دقیقه‌ی بامداد، زمین‌لرزه‌ای در ایستگاه B (با موقعیت ۱۵/۲۵ درجه‌ی شمالی و ۱۴۰ درجه‌ی شرقی) رخ داده است. زمان ورود سونامی به ایستگاه B (با مختصات ۱۵/۲۵ درجه‌ی شمالی و ۱۲۲ درجه‌ی شرقی) را تعیین کنید. (امتیاز کل ۳نمره)

برای آسان‌تر شدن محاسبات، در نمودار زیر تصویر تغییرات ژرفا بین دو ایستگاه به شکل خط‌چین قرمز نشان داده شده‌اند (سینوس $15/25 = 0.26$ ، سینوس $15/25 = 0.96$ ، g شتاب گرانش $= 10 \text{ m/s}^2$ ، شعاع زمین 6400 کیلومتر). فرض کنید ایستگاه‌های A و B در یک منطقه‌ی زمانی قرار گرفته‌اند.



۱۵. روز ۱۶ آگوست ۲۰۰۸، یک خسوف جزئی روی داده است. در عکس ترکیبی زیر که در آتن (یونان) گرفته شده است، بخش بزرگی از سایه‌ی زمین را می‌بینید. شعاع زاویه‌ای تصویر ماه ۳۱ دقیقه است. برای پاسخ دادن به پرسش‌های ذیل می‌توانید از خط‌کش، پرگار و ماشین حساب کمک بگیرید. (امتیاز کل ۵نمره)

الف) به کمک عکس، قطر زاویه‌ای سایه را تخمین بزنید. روش کار را روی عکس نشان دهید. (۲نمره)
ب) با دانستن دوره‌ی تناوب یک چرخه‌ی قمری (در حدود ۲۷/۵ روز) و فاصله‌ی زمین تا ماه (تقریباً $380,000$ کیلومتر)، زمان تقریبی تداوم این گرفت را محاسبه کنید. (۳نمره)



برگ اشتراک مجله های رشد

شرایط:

- ۱- پرداخت مبلغ ۵۰/۰۰۰ ریال به ازای هر عنوان مجله‌ی درخواستی، به صورت علی الحساب به حساب شماره‌ی ۳۹۶۶۲۰۰۰ بانک تجارت شعبه‌ی سه راه آزمایش (سرخه حصار) کد ۳۹۵ در وجه شرکت افست.
- ۲- 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:

.....

.....

.....

.....

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

.....

امضا:

● صندوق پستی مرکز بررسی آثار: ۱۵۸۷۵/۶۵۶۷

● صندوق پستی امور مشترکین: ۱۵۸۷۵/۳۳۳۱

● نشانی اینترنتی: www.roshdmag.ir

● پست الکترونیک: Email:info@roshdmag.ir

● امور مشترکین: ۰۲۱-۷۷۳۳۶۶۵۶-۷۷۳۳۵۱۱۰

● پیام گیر مجله های رشد: ۰۲۱-۸۸۳۰۱۴۸۲

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.



۱۶. یک جرم یخی که روی مداری بیضوی گرد خورشید می‌گردد، از روی زمین رصد شده است. این توده‌ی یخی در حالت حسیض، با خورشید ۴۰ واحد نجومی فاصله دارد، «سپیدایی»^{۱۶} اش ۰/۶ و قدرش ۲۰ است. اما در اوج به فاصله‌ی ۰/۶ واحد نجومی از خورشید و سپیدایی اش به ۰/۷ می‌رسد. قدر توده‌ی یخی در اوجش چه قدر است؟ نموداری رسم کنید و همه‌ی محاسبات خود را نشان دهید. (۴ نمره)

۱۷. سین^{۱۷} هنگام ظهر از مانیل با اتومبیل به سوی شمال می‌راند. اما اتومبیل جلویی اش را به زحمت می‌بیند، زیرا پرتوهای خورشید از شیشه‌ی عقب آن (اتومبیل A) باز می‌تابد و درخشش خیره‌کننده‌ی آن، چشمش را آزار می‌دهد. زاویه‌ی شیشه‌ی عقب اتومبیل A با زمین، ۵۲ درجه و ۱۸ دقیقه است. همان گونه که در شکل زیر می‌بینید، فلش AB موازی سطح زمین است. (امتیاز کل ۶ نمره)



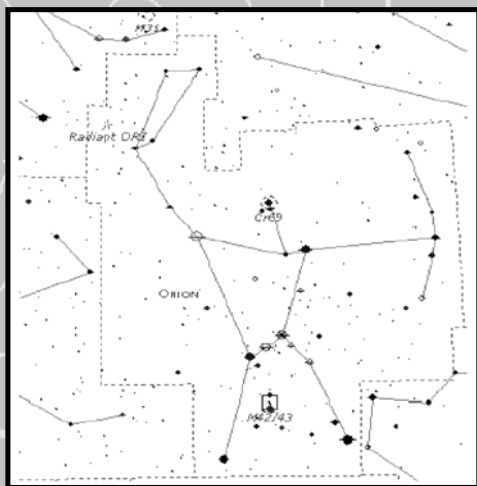
الف) در این وضعیت ارتفاع خورشید چند درجه است؟ (۲ نمره)
ب) مانیل در عرض جغرافیایی ۱۴ درجه و ۳۶ دقیقه‌ی شمالی قرار گرفته است. در این زمان میل خورشید چه قدر است؟ (۲ نمره)

پ) برآورد کنید، در چه تاریخ‌هایی این وضعیت رخ می‌دهد؟ (۲ نمره)

۱۸. در نقشه‌ی زیر، کانون بارش شهابی جباری را در زاویه‌ی ساعتی (بعد) ۶ ساعت و ۲۰ دقیقه و میل ۱۶+ درجه می‌بینیم.

(امتیاز کل ۵ نمره)

الف) اگر خورشید در زاویه‌ی ساعتی ۱۳ ساعت و ۴۵ دقیقه و ۱۰- درجه و ۴۵ دقیقه باشد، در چه زمانی گذر کانون بارش



رخ خواهد داد؟ معادل‌سازی زمان و تصحیح استاندارد مربوط به عرض جغرافیایی را برابر با صفر فرض کنید. (۳ نمره)

ب) یک ناظر در کدامین عرض جغرافیایی، کانون بارش را درست در سر سویس می‌بیند؟ (۲ نمره)

سؤال‌های ۱۹ تا ۲۱، مجموعه‌ای از پرسش‌ها هستند. سیاره‌ای خیالی را تصور کنید که همان جرم و حجم زمین را دارد، اما کره‌ای است که درونش از ماده‌ای همگن ساخته شده است.

۱۹. کدامین عبارت زیر درباره‌ی مقایسه‌ی گرانش و شعاع قطبی دو زمین درست است؟ (۲ نمره)

الف) گرانش و شعاع زمین واقعی بیشتر است.

ب) گرانش و شعاع زمین خیالی زیاده‌تر است.

پ) گرانش در زمین واقعی بیشتر و شعاع زمین فرضی زیاده‌تر است.

ت) گرانش در زمین واقعی کمتر، و شعاع زمین فرضی زیاده‌تر است.

ث) گرانش در زمین واقعی زیاده‌تر، و شعاع زمین فرضی کوچک‌تر است.

۲۰. کدام یک از عبارت‌های زیر درباره‌ی چگالی سنگ‌های

سطحی دو سیاره درست‌تر است؟ (دو نمره)

الف) سنگ‌های سطحی زمین واقعی چگالی بیشتری دارند.

ب) سنگ‌های سطحی زمین واقعی چگالی کمتری دارند.

پ) سنگ‌های سطحی هر دو زمین چگالی یکسانی دارند.

* مدرس مراکز تربیت معلم استان اصفهان

پی‌نوشت

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



دفتر انتشارات کمک آموزشی

با مجله‌های رشد آشنا شوید

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

مجله‌های دانش آموزی

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

➤ **رشد کودک** (برای دانش‌آموزان آمادگی و پایه‌ی اول دوره‌ی دبستان)

➤ **رشد نوجوان** (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

(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 تخصصی

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

➤ **رشد برهان راهنمایی** (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دوره‌ی راهنمایی تحصیلی) ➤ **رشد برهان متوسطه** (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه) ➤ **رشد آموزش قرآن** ➤ **رشد آموزش معارف اسلامی** ➤ **رشد آموزش زبان و ادب فارسی** ➤ **رشد آموزش هنر** ➤ **رشد مشاور مدرسه** ➤ **رشد آموزش تربیت بدنی** ➤ **رشد آموزش علوم اجتماعی** ➤ **رشد آموزش تاریخ** ➤ **رشد آموزش جغرافیا** ➤ **رشد آموزش زبان** ➤ **رشد آموزش ریاضی** ➤ **رشد آموزش فیزیک** ➤ **رشد آموزش شیمی** ➤ **رشد آموزش زیست‌شناسی** ➤ **رشد آموزش زمین‌شناسی** ➤ **رشد آموزش فنی و حرفه‌ای** ➤ **رشد آموزش پیش دبستانی**

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

◆ نشانی: تهران، خیابان ایرانشهر شمالی، ساختمان شماره‌ی ۴

آموزش و پرورش، پلاک ۲۶۶، دفتر انتشارات کمک آموزشی.

◆ تلفن و نمابر: ۰۲۱-۸۸۸۳۹۱۸۶