نابودی بزرگ زیستمندان در پایان کرتاسه (انگاره برخورد بزرگ)

محمدحسن نبوی

۱ ــ پیش‌درآمد

حدود ۶۵ میلیون سال پیش بــه علت رویدادی مسترگ، زمــانه یکه‌تازی خزندگان غول پیکر خشکیهـای مزوزوئیک. آمــونیت‌های دریاهای آن دوران و بسیاری دیگر از زیستمندان خشکی و دریا بپایـان رسید و از پی آن، دورانـی نـو بـا جنبش‌های شدیـد تکتونـیکی و فعالیت‌های آتشفشانی فرا رسید. این رویـداد بـزرگ زیستی و زمین شناسی، آنچنان جلوه‌های اندیشه بـرانگیز و گـرایش‌زایـی دارد کـه پژوهندگان بیشماری بدان پرداخته‌اند. نشانه‌های رویداد مورد سخن را در دو سوی مرز جدا کننده دو سیستم کرتاسه و ترسی‌یر (= ترشیاری)، اینجا و آنجا در زمینکره به بررسی و پـژوهش گـذاشته و همچنان بـا جوشش و کوشش در تکاپو و آزمایش‌اند تا پی برده شود که بـر زیست کره (= بیوسفر) آنزمان چه آمده است؟ تـاکنون هیچ مـرز چینه شناسی چون مرز کرتاسه ــ پالئوسن مورد بحث و اندیشه قرار نگرفته است.

امروزه انگاره(= فرضیه)های زیادی در زمینه یاد شده در دست است که همگی برای تـوضیح نـابودی بـزرگ[1] زیستمندان دریـازی و خشکی‌زی عنوان شده است. از مـیان تـمام گـونه‌ها، جنس‌ها و گـروه زیستمندان جانوری و گیاهی که در پـایان کـرتاسه بـه نـابودی کشیده شده‌اند، تنها دو گروه بزرگ یعنی دینوسورها و آمونیت‌ها بهتر و بیشتر در فکر و اندیشه نسل دانش آموخته جـا بـاز کـرده‌انـد. پـیرامون دینوسورها که مردم عادی هم آنـها را بـیشتر مـی‌شناسند، نـوشتارها و گفتارهای بیشتری ارائه شده است ولی به طوریکه در بخش‌های آیـنده این نوشتار خواهیم دید، موضوع بزرگتر از آنست کـه تـنها بـه مـرگ ناگهانی یا «رازگونه» دینوسورها پرداخته شود.

در کتاب زمین شناسی سال چهـارم بـرای بـیان علت نـابودی دینوسورها به رشته‌ای از علت‌ها اشاره شده که باید گفت زمـینه فکری پژوهشگران ۱۰ ــ ۱۵ سال پیش و قدیمی‌تر است. در آن کتاب (صفحه ۹۰) می‌خوانیم. بالا آمدن زمـین و کـاسته شدن از وسعـت مـردابها، بزرگی جثه و عدم تکافوی غذا، شیوع بیماری، زیاد شدن پستانـدارانی که از تخم دینوسورها تغذیه می‌کرده، نابودی نسل آنها را سبب شده‌اند و....»

در این نوشتار، به ماهیت مـحلی بـودن مـوضوع‌های یـاد شده نگاهی خواهیم داشت ولی به انگاره پراثرتر و جهانی‌تر پرداخته‌ایم کـه آنرا با عنوان «نو و داغ» در بـیشتر نشریـه‌های زمـین شناسی اروپـا و آمریکا شرح داده‌انـد. ایـن انگاره عبارتست از «بـرخورد یک شخـانه بزرگ یا دنباله‌داری بزرگ بر زمین و آلوده کـردن زیست کـره. امکان چنین برخورد یا بـرخوردهایی را بـارها در نـوشته‌های زمـین شناسی آورده بودند ولی هیچ دلیل و نشانه‌ای بـرای پـرمایه کـردن آن ارائـه نمی‌دادند تا اینکه در سال ۱۹۸۰ مسیحی، نـخست آلوازر [۱= شماره کـتابنامه] و پس از او اسمیت[۲] پـایه‌های علمی آنـرا استوار کـردند. آنگاه بحث داغ و گیرایی آغاز شد. نشانه‌های بیشتری را اینجا و آنـجا در لایه‌های شیلی مرز کرتاسه ــ پـالئوسن جستجـو کـردند ویـافتند و انگاره را به نگره (= تئوری) نزدیکتر کردند و تا ایـن تـاریخ (بهـار ۱۳۶۶) همچنان نویافته‌هایی را در نشریه‌ها می‌بینم.

۲ ــ نابودی بزرگ

ردیف‌های چینه شناسی در ناحیه‌های گونه‌گون زمـین کـره کـه کاملتر می‌باشند، واقعیت تکان دهنده‌ای را بازگو می‌کنند و آن نـابودی بخش بزرگی از زیست توده[2] در یک زمـانه بسیار کـوتاه مـدت زمـین شناسی است. اینگونه نابودی‌ها در درازنای سرگذشت زمین کـره کـم نیست ولی نابودی زیستمندان و کـاهش بـزرگ زیست تـوده در پـایان کرتاسه در نوع خود همانندی ندارد! در سال ۱۹۷۷ نـوشته‌ای تـوسط راسل منتشر شد (در نشریه سیلوگوس[3]) که بحران زندگی را در پـایان مزوزوئیک جمع‌بندی کرده بـود. از آنجا که جمع‌بـندی راسل بـرای بیان اهمیت و سترگی این نابودی بسیار گویا مـی‌بـاشد، آنـرا در زیـر می‌آوریم. (تـعداد نسل‌های مشخص شده را از روی فسیل‌های بـدست آمده در دو سوی مرز کرتاسه ــ پالئوسن تعیین کرده‌اند.

(الف) زیستمندان آب شیرین	پیش از بحران	پس از بحران	درصد بازمانده
ماهیان غضروفی[4]	۴	۲	
ماهیان استخوانی	۱۱	۷	
دوزیستان	۹	۱۰	
خزندگان	۱۲	۱۶	
جمع	۳۶	۳۵	۹۷

در این مورد باید گفت که تغییر و نابودی بسیار ناچیز بوده است.

(ب) زیستمندان خشکی

گیاهان	۱۰۰	۱۰	
حلزون‌ها	۱۶	۱۸	
دوکفه‌ای‌ها	۱۰	۷	
خزندگان	۵۴	۲۴	
پستانداران	۲۲	۲۵	
ماهیان ودوزیستان (الف)	۳۶	۳۵	
جمع	۲۲۶	۱۸۳	۸۱

(پ) خرده زیستمندان شناور دریایی

آکریتارک‌ها[5]	۲۸	۱۰	
کوکولیت‌ها[6]	۴۳	۴	
دینوفلاژل‌ها[7]	۵۷	۴۳	
دیاتومه‌ها	۱۰	۱۰	
رادیولرها	۶۳	۶۳	
روزن داران	۱۸	۳	
اوستراکودها	۷۹	۴۰	
جمع	۲۹۸	۱۷۳	۵۸

بسیار آشکار است که نابودی زیستمندان قابل توجه بوده است.

(ت) زیستمندان دریابن

جلبک‌های آهکی	۴۱		
اسفنج‌ها	۲۶۱		
روزن داران	۹۵		
مرجان‌ها	۸۷	۳۱	
بریوزوآ	۳۳۷	۲۰۴	
بازوپایان	۲۸	۲۲	
شکم پایان	۳۰۰	۱۵۰	
دوکفه‌ای‌ها	۳۹۹	۱۹۳	
بارناکل‌ها[8]	۳۲	۲۴	
خرچنگ‌ها[9]	۶۹	۵۲	
یاس دریایی	۱۰۰	۳۰	
خارپوستان	۱۹۰	۶۹	
ستاره سانان	۳۷	۲۸	
جمع	۱۹۷۶	۱۰۱۲	۵۱

(ث) زیستمندان شناگر دریایی

آمونیت‌ها	۳۴	۰	
نوتیلوس‌ها	۱۰	۷	
بلمنیت‌ها	۴	۰	
ماهیان غضروفی	۷۰	۵۰	
ماهیان استخوانی	۱۸۵	۳۹	
خزندگان	۲۹	۳	
جمع	۳۳۲	۹۹	۳۰
جمع کل	۲۸۶۸	۱۵۰۲	۵۲

از جمع‌بندی یاد شده به خوبی می‌توان دریافت که نیمی از تمام نسل‌های جانوری و گیاهی که در دریاها و خشکیهای کرتاسه پسین می‌زیسته‌اند در پایان کرتاسه و به طور ناگهانی! نابوده شده‌اند که از آن میان تمام آمونیت‌ها، بلمنیت‌ها، سیکادئون‌ها[10] و دینوسورها از میان رفته‌اند و نابودی کوکولیت‌ها و خزندگان دریایی و اسفنج‌ها بیش از ۷۰ درصد بوده است. نتیجه دیگری که بدست می‌آید اینست که نابودی زیستمندان دریایی بیش از خشکی بوده است (۵۱ درصد در برابر ۱۹ درصد). نابودی بزرگ پایان کرتاسه بدین علت کنجکاوی برانگیز است که هیچ نشانه‌ای وجود ندارد که برساند این جانداران در حالت و یا میل به از میان رفتن (انقراض) بوده‌اند. برای مثال دینوسورهای «باهوشتر» که دارای کالبد کوچکتر و کاسه سر بزرگتری بودند، در عصر پایانی کرتاسه یعنی در ماستریشین زیاد و در حال گسترش بوده‌اند. همچنین باید گفت که گسترش زیاد خزندگان بزرگ از آرژانتین گرفته تا جزیره کوئین الیزابت در شمال کانادای قطبی، می‌رساند که گیاهان و بارش کافی بوده هرچند که در مرکز آسیا، ۱۵۰۰ کیلومتر دورتر از دریا نیز زندگی خزندگان خشکی پررونق بوده است.

در نوشته دیگر راسل که به سال ۱۹۷۹ تنظیم شده، می‌بینم که نابودی گونه‌های جانداران دریازی و خشکی‌زی در پایان کرتاسه را حدود ۷۵ درصد عنوان کرده است . بنابراین رویداد مورد سخن، بسیار سترگ‌تر از آن است که به سادگی و آسانی بتوان آنرا با یک عامل محلی و زمینی توضیح داد.

در اینجا بایسته است به مدت یا درازنای این نابودی سترگ نیز اشاره‌ای بشود. تعیین سن سنگهای دوسوی مرز دو سیستم کرتاسه و ترسی‌یر می‌تواند پاسخگوی مدتی باشد که نسلهای جانوری و گیاهی به نابودی و «انقراض» رسیده‌اند. برای چنین هدفی ضروری است که کاملترین و یا ردیف‌های کاملتر چینه‌شناسی راجستجو کرد که برای تعیین سن مناسب باشد و از آن گذشته، ماهیت مرز جدا کننده از نگاه رسوب‌شناسی و دیرین شناسی نیز آشکار باشد. بررسیهای گونه‌گونی که در اروپا و آمریکا در این زمینه شده، مدت زمان‌های متفاوتی را مانند

۱۰۰۰، ۵۰۰۰۰۰ و ۱۵۰۰۰۰۰ سال بدست داده است که بر پایه‌های سن پرتوسنجی و زمانه تغییر جهت میدان مغناطیسی زمین کره (تغییر قطب‌ها) است [۴].

بنابر آنچه که تاکنون روشن شده، این نابودی سترگ که گاهی با عنوان «ناگهانی» در نوشته‌های گونه‌گون آمده، در یک زمانه کوتاه مدت زمین شناسی صورت گرفته و نکته‌های اصلی آن عبارتست از:

۱ ــ درازنای زمانه ۱۰۰۰ ــ ۱۵۰۰۰۰۰ سال [۴ و۵]

۲ ــ نابودی در اقیانوس‌ها زودتر از خشکیها آغاز شده است.

۳ ــ زیستمندان آب شیرین خیلی کم دچار بحران شده‌اند (حدود ۳ درصد).

۴ ــ زمانه نابودی در اروپا زودتر از آمریکا بوده است [۵]

۵ ــ رویدادپایان‌کرتاسه‌درسراسرکره‌زمین‌قابل‌شناسایی‌است.

ویژگیهای یاد شده همچنان دستخوش تغییرند و روند روشن‌تر شدن و کاملتر شدن آنها بسیار چشمگیر است. برای آنکه موضوع مورد بحث بهتر نمایانده شود، ماهیت مرز دو سیستم را در زیر مورد توجه قرار می‌دهیم.

۳ ــ مرز کرتاسه و پالئوسن

سالها بود که موضوع مرز میان دو سیستم کرتاسه و ترسی‌یر در حلقه بحث پژوهشگران دیرین شناس جا خوش کرده بود. ویژگیهای دوگانه آشکوب‌دانین[11] برای دیرین‌شناسان اندیشه برانگیز بود. کارشناسان فسیلهای مهره‌دار، گیاهان و میکروفسیل‌ها، هر کدام به نوعی در گزینش این مرز وسواس داشتند. اینگونه وسواس‌ها، همیشه بر سر مرزهای چینه‌شناسی فراوان است. (در شکل ۱ بحث دو فسیل‌شناس را می‌توان دریافت). کارشناسان دینوسورها و پستانداران کیسه‌دار[12]، به نابودی این زیستمندان بزرگ می‌اندیشیدند و «مرز» را آنجا می‌گرفتند که این جانوران نابود شده بودند.

پژوهشگران کروکودیل‌ها و پستاندارن جفت‌دار[13] به سان دیگران، در گزینش مرز مزوزوئیک و سنوزوئیک کوشش و جوشش داشتند و باور نداشتند که این «مرز» بر پایه نابودی دینوسورها باشد.

ــ کارشناسان دینوفلاژل‌ها می‌گفتند که در «مرز»های پیشنهادی، هیچ تغییر نامعمول را نمی‌بینند ولی بررسی صدها گونه از نانوپلانکتون[14] های آهکی نشان می‌دهد که گرایش مشخصی برای انقراض داشته‌اند.

ــ سرانجام پژوهشگران میکروفسیل، دانین را آغاز ترسی‌یر اعلام کردند که امروزه مورد پذیرش است.

مرز کنونی کرتاسه ــ پالئوسن در قاعده ماسه‌سنگهای قرمز ــ صورتی است که روی شیل‌های قرمز با فسیل تخم‌های دینوسورها قرار گرفته است. این مرز پذیرفته شده، در کشور فرانسه، در دامنه جنوبی کوه سنت ویکتوار در پایین دست بند سانگل[15] واقع است. [۴]. این مرز حالت تدریجی ندارد. مرز میان کرتاسه و پالئوسن در کشورهای دیگری چون مکزیک، ایتالیا، تونس، پاکستان، کانادا، نیجریه، برزیل نیز به خوبی مشخص شده که آنها را به عنوان مقطع محلّی و قابل توجه معرفی کرده‌اند (مقطع تیپ در فرانسه است)، کم و بیش در همه جا سخن و پرسش اینست که این مرز تدریجی است یا ناگهانی و نشاندار از یک رویداد برون زمینی.؟

چنین پرسشی را تا میانه دهه سالهای ۱۹۷۰ به درستی پاسخ نمی‌دادند.

شکل ۱ ــ جدال برای گزینش مرزهای چینه‌شناسی «این شکل روی جلد یک کتاب‌است‌کمیسیون‌چینه‌شناسی‌کرتاسه در سال ۱۹۸۳ چاپ کرده است».

مرز میان دو سیستم، در کشورهای مختلف، یکسان نیست. گاهی در لایه‌های آهکی دریایی است مانند ایتالیا (ناحیه گوبیو[16]) که تنها با یک لایه رسی یک سانتیمتری مشخص می‌شود [۱]. در مکزیک تا کلورادو در آمریکای شمالی به صورت یک نازک لایه از دیرینه خاک[17] است [۶]. در جنوب باختری تبت در کوه کی‌لاس[18] که بودائیان و هندوان آنرا مقدس‌ترین کوه جهان می‌دانند، مقطع تیپ شمال هیمالیا معرفی شده که با لایه‌های افقی از ماسه‌سنگ و کنگلومرا با ناپیوستگی آذرین پی[19] روی سنگ نفوذی تونالیتی قرار گرفته و یک فاز مهم فرسایشی را مشخص می‌کنند [۴]. در کشورهای دیگری چون تونس، اسپانیا، دانمارک، پاکستان، برزیل، نیجریه، کانادا، عراکش و... نیز مرز مورد سخن به خوبی شناسایی شده است. این مرز در بیشتر جاهای زمین کره به صورت یک لایه رُسی ــ شیلی یا ماسه‌سنگی است به ضخامت یک تا چند ده سیمتر که مورد

پژوهش‌های زیاد دیرین‌شناسی، ژئوشیمیایی، دیرینه مغناطیسی و... قرار گرفته و نتیجه‌های بسیار ارزنده‌ای بار آمده که پایه و بنیاد انگاره «برون زمینی» را استوارتر کرده است.

ویژگیهای مهمی که برای این مرز پُرانگیزه در بیشتر جاهای شناخته شده در زمین کره، مشخص کرده‌اند در زیر خلاصه می‌شود:

۱ ــ هم در نهشته‌های خشکی و هم نهشته‌های دریائی، مرز کرتاسه ــ پالئوسن با تغییر لیتولوژی همراه است و رنگ نهشته‌ها در دو سوی مرز تفاوت دارد [۴].

۲ ــ محیط رسوبگذاری پس از کرتاسه، پرانرژی‌تر شده است و کانیهای سنگین در قسمت قاعده‌ای پالئوسن در بیشتر جاها دیده شده است [۴]

۳ ــ مقدار ایزوتوپ سبک‌تر کربن در جانداران دریایی پس از کرتاسه بیشتر شده است [۴].

۴ ــ آهنگ رسوبگذاری در محیط کم ژرفای دریای آغاز پالئوسن کاهش داشته است و علت اصلی آنرا کم آب بودن رودها و یا کمتر بودن بار رودها نوشته‌اند [۵]. در کشورهای دانمارک، اسپانیا و نیوزیلند، آهنگ رسوبگذاری برای لایه‌های کرتاسه در زیر مرز را حدود ۰/۰۱۲ سانتیمتر در سال و برای لایه‌های قسمت پایین دانین، حدود ۰/۰۰۰۶ سانتیمتر در سال برآورد کرده‌اند [۷].

۵ ــ لایه مرزی کرتاسه ــ پالئوسن به طور میانگین حدود ۵۰۰/۰۰۰ سال را مشخص می‌کند که در حقیقت نماینده زمانه نابودی سترگ زیستمندان است.

۶ ــ در موقعیکه لایه مرزی، ستریشین ــ پالئوسن تشکیل می‌شده، جای قطب‌های مغناطیسی زمین حداقل دوبار تغییر کرده است. در ایتالیا قطب‌گرایی[20] میدان دیرینه مغناطیس زمین منفی بوده و حال آنکه در نیومکزیکو، مثبت شده است. در آلاباما و دیگر ناحیه‌های آمریکای شمالی نیز مثبت بوده است [۵]

۷ ــ در نهشته‌های پالای، استرشین، فسیل خزندگان بزرگ دریایی را یافته‌اند ولی تاکنون، نشانه‌ای از فسیل‌های دست خورده و آواره[21] آنها را در نهشته‌های دانین نیافته‌اند [۵].

۴ ــ انگاره‌های کُهن (پیش از ۱۹۸۰).

در این بخش از نوشتار، به مجموعه‌ای از انگاره‌های ارائه شده می‌پردازیم که برای توضیح نابودی بزرگ دینوسورها و برخی دیگر از زیستمندان عنوان کرده‌اند و در کتابهای درسی نیز تنها از آنها نام برده‌اند. بیشتر این انگاره‌ها را از سالهای پیش و یا در آغاز سده بیستم طرح کرده‌اند و فشار بیان آنها روی نابودی دینوسورها بوده است.

۱ ــ کاهش ماده غذایی: فیتوپلانکتون‌ها در حقیقت پایه زنجیره غذایی است که در سطح دریاها زندگی می‌کنند. هر تغییری در آنها می‌تواند، زیستمندان دیگر به ویژه خزندگان دریایی را دچار بحران کند. وارد شدن مقدار زیادی آب شیرین به دریا می‌تواند این خرده جانداران شناور را به نابودی بکشاند [۵]. کاهش این جانداران نمی‌تواند در زیستمندان خشکی و یا آب شیرین اثر مهمی داشته باشد در بخش ۲ دیدیم که حدود ۹۷ درصد ماهیان، خزندگان و... آبهای شیرین، در پایان کرتاسه، همچنان به زندگی خود ادامه داده بودند!

بنابراین، انگاره مورد سخن هرچند می‌تواند بسیار مهم باشد (برای زیستمندان دریایی) ولی برای بیان نابودی بزرگ پایان کرتاسه نارسا و نادرست است.

در آلبرتای مرکزی (کانادا) نشانه‌هایی بدست آمده که گیاهان خشکی در پایان کرتاسه دچار تغییر بزرگی شده بودند و این رویداد همزمان با نابودی دنیوسورها بوده است.

این کاهش غذا می‌تواند برای دینوسورهای گیاهخوار، نابودی‌زا باشد، اما خزندگان گوشتخوار را باکی نبوده است!

۲ ــ پسروی دریا: گفته‌اند و نوشته‌اند که پسروی دریا در تغییر محیط زیست بسیار اثر داشته و نابودی دینوسورها را بدنبال داشته است! گزارش کرده‌اند که در کانادای قطبی و باختری، سطح دریای پایان کرتاسه، تا ۱۰۰ متر پایین افتاده بود [۵] و کم و بیش این مقدار را برای سراسر زمین کره یکسان گرفته‌اند تا اهمیت موضوع بیشتر باشد. در سال ۱۹۷۸ زمین‌شناسی به نام بوند نوشت که بالا آمدن خشکی آفریقا در زمانه پس از میوسن حدود ۱۰۰ متر بوده، ولی در اروپا، استرالیا و آمریکا چنین پدیده‌ای وجود نداشته و یا بسیار اندک بوده است [۸].

از سوی دیگر پایین رفتن سطح دریا اگر در سراسر زمین کره هم باشد، روشن نیست که بتواند نابودی بزرگی را در خشکیها هم بوجود آورد چه رسد به اقیانوس‌ها! برای مثال در پایان دوره میوسن (۶ میلیون سال پیش)، افت جهانی آب اقیانوس‌ها به ۴۰ ــ ۷۰ متر رسیده بود و پیامد آن نیز نابودی زیستمندان آنزمان نبوده است!

پسروی دریاها، موضوع بسیار مهمی است، ولی زاینده میرایی سراسری زیستمندان نمی‌تواند بشود.

۳ ــ تغییر دمای زمین: این موضوع برای خزندگان بزرگ عنوان شده است زیرا این گونه جانوران در برابر تغییر دما بسیار حساس‌اند. انگاره تغییر دما چندان نشانه‌های عینی را بدست نداده است. بررسیهای ایزوتوپ اکسیژن که روی میکروفسیلهای دریایی نزدیک استوای دوره کرتاسه در اقیانوس آرام و بلمنیت‌های کرتاسه در عرض جغرافیایی میانه در اروپا و نیوزیلند انجام شده نشان می‌دهد که دمای سطح آبهای دریای ماستریشین در استوا کم و بیش مانند دمای اقیانوس در عرض‌های جغرافیایی کم در زمان حال یعنی حدود ۲۰°

بوده است.

در عرض‌های جغرافیایی کمی بالاتر در زمان کرتاسه پایانی نیز حدود ۱۵ درجه اندازه‌گیری شده است [۵].

در گزارشهای دیگر نیز می‌بینیم که گیاهان خشکی در پایان کرتاسه، افزایش دما را نشان نداده‌اند. بررسیهای دمای دوره کرتاسه هنوز کامل نشده است.

۴ ــ آتشفشانی: اثر گرمایی پرتابه‌ها و دولاخ‌های آتشفشانی این است که موجب سرد شدن دمای هوا کره خواهد شد. این موضوع موجب شده که انگاره نابودی زیستمندان را با فعالیت شدید آتشفشانی بیان کنند. بررسیهایی که در دهه ۱۹۷۰ و سالهای اول دهه کنونی ۱۹۸۰ انجام شده می‌رساند که تغییر دما یعنی کاهش برای زمین چندان زیاد نمی‌تواند باشد (۱ درجه). آنچه مشخص است این است که، در تخم‌های فسیل شده دنیوسورهای کرتاسه پایانی که در جنوب فرانسه کشف کرده‌اند، نشانه‌هایی دیده می‌شود که برخی آنرا به سرد شدن هوا (تالر، ۱۹۶۵) و برخی به نقش یک ماده زهرآگین نسبت داده‌اند (اربن ۱۹۷۲). این نشانه‌ها بدین صورت است که پوسته تخم دچار نازک شدگی شده و می‌رساند که نوعی بیماری یا سرمازدگی داشته است. ناگفته نماند که برخی از پژوهشگران، این نازک شدگی را نوعی تحول تکاملی در دینوسورها می‌دانند و نوشته‌اند که فرآیند چیره‌ای بوده است و هیچ سخن از بیماری و یا... نمی‌باشد [۵].

۵ ــ تابش یونی (پلاسما): این نکته روشن شده است که تابش یونی یعنی تابیدن پلاسما بر زیستمندان، نقش نابودکننده‌ای دارد ولی اثر آن بر جانداران یکسان نیست. جانورانی که اسپرم بیشتری دارند، اثرپذیرترند. برای مثال دینوسورها بیشتر از خزندگان کوچکتر مانند سوسمارها به نابودی کشانیده می‌شوند و از آنجا که سوسمارها توانسته‌اند از مرز کرتاسه ــ ترسی‌یر بگذرند، این موضوع موجب شده که این انگاره را برای بیان نابودی جانوران بزرگ بکار گیرند و عنوان کنند که «هیچ خزنده‌ای سنگین‌تر از ۲۵ کیلوگرم نتوانسته است دوره کرتاسه را پشت‌سر گذارد»! [۵]

در اینجا ضروری است گفته شود که اثر تابش یونی یعنی پلاسما در خشکی بیش از دریاست.

۶ ــ تابش نور فروبنفش: وجود لایه‌های اوزون در هوا کره زمین درحقیقت یک سپر نیرومند است که زیستمندان زمین کره را از نقش زیانبار و سوزاننده پرتوهای نور فروبنفش دور نگهمیدارد. این لایه‌ها آسیب‌پذیرند و زیانه‌های[۲۲] نیرومند خورشید یا ذره‌های پرانرژی کیهانی بزرگترین عامل ویرانگر لایه‌های اوزون می‌باشد. انگاره‌ای عنوان شده که برای مثال اگر زبانه‌ای ۱۰،۰۰۰ برابر آنچه که تاکنون دیده شده، از خورشید به سوی زمین برسد، و یا ذره‌های پرانرژی به هوا کره برسند، زیستمندان دچار نارسایی و سرانجام نابودی خواهند شد و گفته‌اند که در پایان کرتاسه چنین رویدادی وجود داشته است و از آنجا که اثر نور فرو بنفش تنها برای ۱۰ سال دوام دارد، بنابراین، برای نابودی کافی نیست و باید این انگاره‌رارها کرد یا بهای کمتری به آن داد.

۷ ــ انفجار سوپر نوا: در سال ۱۹۵۷، دو نفر از دانشمندان شوروی به نام شکلوفسکی و کراسوفسکی نوشتند که انفجار سوپرنوا در تکامل زندگی در زمین نقش بزرگی دارد. پرتوها و ذره‌های کیهانی پرانرژی که در فضا پراکنده می‌شود، چنانچه سوپرنوا به خورشید نزدیک باشد این اثر بیشتر خواهد بود. آنها عنوان کردند که پرتوهای کیهانی و پرتو مجهول اگر ۱۰ ــ ۱۰۰ برابر زمانه عادی باشد، هم نقش ویرانگر خواهند داشت مانند نابودی دینوسورها و... و هم امکان دارد که جهش تکاملی را افزایش دهند. آنها نوشتند که اگر سوپرنوا در فاصله ۸ پارسک[۲۳] (برابر ۳/۳۶ سال نوری) باشد، اثر آن برای مدت چند هزار سال دوام خواهد داشت. بدین علت، تمام زیستمندانی که در خشکی و یا قسمت سطحی آب دریاها زندگی می‌کنند، از اثر این تابشهای سوزاننده، بدور نخواهند بود [۹].

دانشمندان فیزیک اختری به این نتیجه رسیده‌اند که انفجار سوپرنوا در کهکشان راه شیری، به فاصله ۱۰۰ سال نوری از خورشید، به‌طور میانگین یکی در ۵۰ میلیون سال است و چنانچه فاصله را ۵۰ سال نوری بگیریم، میانگین مورد سخن یک در ۷۰ میلیون سال خواهد بود [۵]. پیروان انگاره نقش سوپرنوا به این باورند که آخرین بار در پایان کرتاسه (۶۵ میلیون سال پیش)، انفجار روی داده و نابودی بزرگ را بنیاد نهاده است...

۸ ــ رویدادهای چرخه‌ای در کهکشان: خورشید در مدت ۲۰۰ میلیون سال یکبار به گرد مرکز کهکشان راه شیری گردش می‌کند. زمین کره در این مدت، چند بار، استوای کهکشان را قطع خواهد کرد و در چنین زمانه‌هایی است که تابش کیهانی (کهکشانی) چندین بار بیشتر از زمانه عادی است و صدها یا هزاران سال به درازا می‌کشد. اثر این تابش‌ها بر زیستمندان زمین کره می‌تواند نابودی آنها را درپی داشته باشد ولی برای «نابودی بزرگ» ناکافی است و نشانه‌ای هم بدست نیامده است تا وجود چنین اثری را بنمایاند.

۵ ــ انگاره نو و داغ

انگاره‌هایی که به آنها اشاره شد، هرچند می‌توانند پاسخهایی برای نابودی محلی و برخی از زیستمندان داشته باشند ولی مشخص است که سراسر زمین کره را دربر نمی‌گیرند. کم و بیش همه آنها را می‌توان از نوع «امکان‌پذیر» و محلی بشمار آورد و مهمترین انتقاد بر آنها این است که از دیدگاه زمین‌شناسی و به ویژه چینه‌شناسی سخن نمی‌گویند و به ویژگیهای مرز دو سیستم کرتاسه و ترسی‌یر و یا لایه‌ها و

سنگهای مرزی نمی‌پردازند. مگر می‌توان رویدادی به این سترگی و فراگیر جهانی را دریافت ولی به لایه‌های مرزی تشکیل شده در آنزمان کاری نداشت؟ همین موضوع یعنی نشانه‌های «رویداد بزرگ» را باید در نهشته‌ها و سنگهای آنزمان جستجو کرد، بسیاری از پژوهندگان را از پشت میز اندیشه به بیرون کشانند و در برونزدگاههای مرزی ماستریشین ــ پالئوسن پراکنده کرد تا نمونه‌های بیشتری بگیرند و نتیجه آزمایشها را به پشت میز اندیشه و آنگاه کنفرانسها و سمینارها ببرند. در اینجا با روش گام به گام، شکل‌گیری این انگاره نو را دنبال می‌کنیم در سال ۱۹۷۳، گزارشی انتشار یافت که نویسندگان آن (کریستن سن و همکاران) بودند. آنان نمونه‌های زیادی از شیل‌ها و رُس‌های مرزی کرتاسه ــ ترسی‌یر در کشور دانمارک، ناحیه استفن کلینت، را آزمایش کردند و به طور ناباورانه‌ای دریافتند که در این سنگها، مقدار فلزهای کمیاب گروه پلاتین خیلی بیشتر از سنگهای دوسوی این لایه مرزی است [۱۰]. در نوشته آنها بنیاد و خاستگاه چنین پدیده مورد بررسی قرار نگرفته است.

ــ در سال ۱۹۷۵، نوشته‌ای از ماسائی تیس، دانشمند شوروی چاپ شد که نوشته بود، برخوردهای شخانه‌ای بر زمین امکان دارد نابودی بزرگ را موجب شده باشد [۵].

ــ در سوختارگاه برخورد آتشین‌گوی سیبری به سال ۱۹۰۸، مقدار زیادی از عنصرهای کمیاب را کشف کردند که در نوشته ووستروخوف بازتاب داده شد (۱۹۷۷).

بدین ترتیب، پیوند میان برخورد و غلظت عنصرهای کمیاب در سنگهای برخوردگاه مورد توجه قرار گرفت و پیامد پرباری را به ارمغان آورد.

در سال ۱۹۷۸، آلوارز و همکارانش لایه رُسی با ضخامت یک سانتیمتر را که جدا کننده دو سیستم ترسی‌یر و کرتاسه، در ناحیه گوبیو (ایتالیا) می‌باشد، مورد آزمایش قرار دادند و نتیجه کارشان را دو سال بعد انتشار دادند که غلظت ایریدیوم در این لایه مرزی بسیار زیادتر از دو سوی آنست (۲۵ بار) و نوشتند که علت آن باید برخورد یک شخانه بزرگ به قطر ۴ ± ۱۰ کیلومتر بر زمین باشد. بدین سان بود که آلوارز و همکاران، پایه‌گذاری علمی انگاره را آغاز کردند [۱]. در لایه مرزی، نشانه‌ای از عنصر پلوتونیوم ۲۴۴ دیده نشده است و این موضوع می‌رساند که نقش انفجار سوپر نوا در این مورد، جایی نداشته است. از سال ۱۹۸۰ تاکنون نوشته‌های بسیاری پیرامون این رویداد بزرگ و پیوند آن برای نابودی بزرگ زیستمندان چاپ شده و همچنان ادامه دارد و بحث داغ و گیرایی شکل گرفته است.

در لایه مرزی (رُس‌ها) در کشور اسپانیا (سازند کاراواکا) کُره‌وارهای[۲۴] کوچکی به اندازه ماسه پیدا کردند (از جنس فلدسپات) که در آنها مقدار ایریدیوم تا ۹/۸ ــ ۱۱ (پی‌پی ام) می‌باشد. در کشور تونس هم اینگونه کره‌وارها را در لایه مرزی کشف کردند. نتیجه اینکه این کره‌وارها قطره‌های سنگ شده‌ای می‌باشند که از ذوب ماده در برخوردگاه بوجود آمده است [۱۰].

ــ در جزیره شمالی نیوزیلند نیز کره‌وارهایی به قطر ۰/۲۵ تا ۱ میلیمتر پیدا کردند که در لایه شیلی مرز دو سیستم پراکنده‌اند و در برخی از آنها مقدار ایریدیوم تا ۷۲ میلی‌گرم در گرم اندازه‌گیری شده است [۱۱].

ــ در کشورهای دانمارک، ایتالیا، نیوزلند، اسپانیا و.. همراه لایه رُسی مرزی مقدار زیادی دوده را یافته‌اند که یادآور و نشانه‌های یک سوختار طبیعی و وحشی است. [7] چنانچه این سوختار بزرگ را بپذیریم، باید نشانه‌های آنرا در سراسر زمین کره کشف کنیم. کربن یافت شده در رُس‌های مرزی، از نوع کربن عنصری است و ساده کروژن[۲۵] (ماده کربن آلی‌دریایی) دیده نشده و یا بسیار بسیار اندک است، مقدار آن در این چند کشور دور از هم، حدود ۰/۳۶ ــ ۰/۵۸ درصد می‌باشد که چنانچه تمام آنرا یک جا جمع کنیم، به صورت لایه‌ای رُسی ــ زغالی درخواهد آمد که سراسر کره را به صورت پوشش نازک دربرمی‌گیرد که ۰/۰۲۱ گرم در سانتیمتر مکعب آن کربن عنصری پخش خواهد بود [7]!.

ــ در کشورهای یاد شده، هیچ نشانه‌ای از سنگ بیگانه یعنی شخانه یا دنباله‌دار را در لایه مرزی نیافته‌اند و در نتیجه، چنین عنوان شده که برخورد بسیار شدید بوده و بنابراین گفته‌اند که تمام جرم ماده آسمانی، بخار و گاز شده است (به هوا رفته است).

ــ مقدار دوده در لایه مرزی در کشور دانمارک ۴ ــ ۵ برابر مقدار آن در سنگهای دو سوی مرز است و در مقایسه با نهشته‌های دریایی کنونی (در اقیانوس آرام) ۴ ــ ۲۵ برابر می‌باشد. در نیوزلند ۱/۵ بار بیشتر از دانمارک می‌باشد. آهنگ رسوبگذاری لایه مرزی حدود یک سانتیمتر در سال بوده است و حال آنکه آهنگ رسوبی در سنگهای دوسوی مرز، خیلی کمتر است (۰/۰۱۲ سانتیمتر در سال برای ماستریشین و ۰/۰۰۶ سانتیمتر در سال برای قاعده دانین)[7].

ــ در سال ۱۹۸۴، نوشته‌ای از بوهور آمریکایی چاپ شده که موضوع برخورد را از دیدگاهی دیگر توضیح می‌داد. او رُس‌های لایه مرزی دو سیستم در مونتانا را مورد آزمایش قرار داد. کوارتزهای ریزدانه و بسیار کوچک آنرا جدا کرد و مشخص نمود که شیارهای موازی بسیاری در دانه‌های کوارتز بوجود آمده است که باید نشانه ضربه شدیدی باشد [۱۲]. با آزمایش پرتو مجهول بروی نمونه‌های کوارتز، دریافت که مقدار زیادی استیشوویت درست شده و بنابراین برخورد و فشار و ضربه شدید تردید ناپذیر است! (این کانی که پلی‌مورف کوارتز است که و فشار بسیار زیاد ۱۰۰ کیلوبار و بیشتر تشکیل می‌شود ، در برخوردگاههای شخانه‌ای یافت شده‌است).

ـ در نمونه‌های کوارتز که درون رُس‌های دانمارک و اسپانیاست نیز همین نتیجه‌گیری را ارائه داده‌اند.

ـ در سال ۱۹۸۵، مقاله‌ای چاپ شد که کشف نوینی را در آلمان نشان می‌داد. آرنت، لایه مرزی کرتاسه، ترسی‌یر را در جنوب سالرزبورگ آلمان مورد آزمایش قرار داد و افزوده بر آنکه مقدار زیادی فلزهای گروه ایریدیوم را کشف کرد، به نتیجه جالب دیگری دست یافت که آب اقیانوس نیز در آنزمان دستخوش یک بحران و آشفتگی بوده است [۱۳]. او در لایه مرزی به ضخامت ۱/۲ متر، آزمایش‌های تعیین کربن آلی و کربن غیرآلی (کلسیت) را انجام داد و ایزوتوپ‌های کربن را در لایه مرزی و در سنگهای دو سوی مرز یعنی آهکهای ماستریشین و مارن‌های دانین تعیین کرد و نتیجه گرفت که این پارامترها در لایه مرزی در مقایسه با زیر آن بسیار متفاوت است و ماده تشکیل دهنده لایه مرزی، دارای آلایش‌های قاره‌ای و خشکی است. ایزوتوپ کربن ۱۳ در لایه مرزی خیلی فراوان است و یک پدیده بزرگ و جهانی آنرا موجب شده است. در ۲۰ سانتیمتر پایین لایه مرزی که از ماسه‌سنگ زغالدار تشکیل شده، مقدار کربن آلی تا ۱/۵ درصد هم می‌رسد و تمام این کربن از جای دیگری به این ناحیه رسیده است. از نگاه چینه‌شناسی زیستی، در ۲۵ سانتیمتر بالای واحد مرزی بیش از ۷۰ درصد زیست توده آن از نوع دریابن می‌باشد و حال آنکه در لایه‌های آهکی کرتاسه و مارن‌های دانین تنها پلانکتون‌ها را یافته‌اند!

ـ اکنون در بیش از ۲۰ جا در سراسر کره زمین، در لایه مرزی دو سیستم کرتاسه ـ ترسی‌یر، نشانه‌های برخورد شخانه بزرگ بر زمین را به صورت غلظت عنصرهای کمیاب به ویژه ایریدیوم، گزارش کرده‌اند که چندین برابر مقدار آن در سنگهای دو سوی مرز است. بحث‌ها همچنان ادامه دارد و هر چند گاهی داغتر می‌شود.

۶ ـ پی درآمد.

در سالهای ۱۹۸۲ ـ ۱۹۸۳، آنزمان که بحث‌های داغ پیرامون «انگاره‌نو» اینجا و آنجا گرمابخش محفل زمین‌شناسان بود، سه موضوع اصلی و فرعی نیز پایه‌ریزی می‌شد که به صورت پرسش‌هایی جا باز می‌کرد. نخست آنکه برخورد شخانه‌های بزرگ و یا دنباله‌داران بر زمین کره با چه فراوانی و یا در چه زمانه‌هایی انجام می‌شود؟ دوم آنکه این برخورد، به چه صورت می‌تواند «نابودی بزرگ» را موجب شود؟. موضوع سوم که فرعی است، در این زمینه می‌باشد که سرانجام با اینهمه گرایشهای موافق وگاهی هم ناموافق «انگاره‌نو» چه باید کرد؟.

در مورد پرسش نخست. دانشمندان فیزیک اختری به یاری برخاستند و موضوع را به صورت زیر روشن کردند:

زمین در گردشگاهش با شهابی‌ها، خرده‌سیاره‌ها و دنباله‌دارها و.. برخورد می‌کند. چنانچه جرمهایی که به بزرگی 10^{15} کیلوگرم و با سرعت ۲۰ ـ ۷۰ کیلومتر در ثانیه در گردشند با زمین برخورد کنند، برخوردگاههایی در زمین بوجود خواهد آمد که به صورت دهانه‌هایی به قطر تا چندین ده کیلومتر خواهد بود.

دوره‌ای که چنین برخوردی امکان‌پذیر تواند بود، حدود 50×10^{6} سال می‌باشد [سی‌رور + شولتز، ۱۹۸۲، ۱۴]. هم‌اکنون بیش از ۱۰۰ دهانه برخوردی در سراسر زمین کره کشف شده که قطر آنها ۱ ـ ۱۴۰ کیلومتر است و این برخوردگاهها دلیل روشنی است که «انگاره‌نو» به «نگره‌نو» نزدیک می‌شود.

در مورد پرسش دوم، اختلاف میان پژوهشگران زیاد است. در سال ۱۹۸۱ در این زمینه کنفرانسی تشکیل شد و بیشتر مقاله‌ها درباره تغییر مهم و اساسی در شیمی، دما، فراوانی پلانکتونها در اقیانوس زمانه آغاز ترسی‌یر (برای مدت ۵۰/۰۰۰ سال) بود و نکته‌های فراوانی ارائه شد.

افزایش دمای آب اقیانوس و کاهش شدید در تولید پلانکتونها در پایان کرتاسه را به ترتیب با تعیین ایزوتوپ اکسیژن و کربن در نهشته‌های پائین‌ترین قسمت دانین مشخص کرده و نتیجه گرفتند که نابودی پلانکتونهای آهکی دریایی ناگهانی بوده و تنها در ۵۰ سال صورت گرفته است. از سوی دیگر وجود مقدار زیادی از کربن (دوده) در نهشته‌های مرزی کرتاسه ـ پالئوسن، نشانه‌های یک سوختار طبیعی و وحشی را بازگو می‌کند، زیرا اینهمه کربن نه در شخانه بوده و نه از برخوردگاه برخاسته است. چون اگر مقداری کربن در خرده سیاره وجود داشته باشد، وقتی با سرعت زیاد ۳۰ کیلومتر در ثانیه به زمین برسد، آنچنان داغ و آتشین می‌شود که تمام کربن آن از میان خواهد رفت. در برخوردگاه نیز اینهمه کربن نمی‌تواند بوجود آید به ویژه آنکه کربن عنصری است.

بنابراین، پذیرفتن یک سوختار سترگ طبیعی در زمانه مرزی کرتاسه ـ ترسی یر را می‌توان عادی دانست. این دوده بسیار زیاد که غلظت آن یک کیلوگرم در ۱ ـ ۶ مترمربع بوده، توانسته است انرژی خورشید را ۲۰۰ ـ ۱۲۰۰ بار کمتر کند و در نتیجه فتوسنتز از میان برود و یا بسیار کاهش یابد. گاز کشنده مونو اکسید کربن که پیامد سوختار طبیعی بوجود آمده، می‌توانسته است محیط زیست زیستمندان بسیاری را دچار نارسایی و ناگواری کرده و سرانجام آنها را به میرایی بکشاند. افزوده بر این، تیرگی هوا کره به علت افزایش زیاد ماده کربن موجب کاهش دمای محیط زیست شده است. چنانچه شخانه‌های بزرگ مورد سخن، به صورت آتشین گوی‌های بزرگ به درون دریاها افتاده باشند، مقدار زیادی از آبها را بخار کرده، تغییر قابل ملاحظه‌ای در سطح آب داده و فروکش کردن آن را باعث شده‌اند. آشفته شدن

شدید آب دریا، زیستمندان دریایی را دچار تغییر و نابودی کرده و موجهای بلند برخاسته از این رویداد، تراسته‌اند، در دامنه‌ها و بر روی زیستمندان دریابُن نیز اثر بزرگی برجای نهند. بدین ترتیب، بارش رگباری از این شخانه‌ها توانسته است نابودی بزرگ زیستمندان را موجب شود.

نشانه‌های بدست آمده در لایه مرزی کرتاسه ــ پالئوسن در مونتانا، کلورادو و مکزیک می‌رساند که براستی یک چنین برخورد بزرگ وجود داشته است. در این ناحیه‌ها، درون دیرینه خاکهای مرزی، عنصر کمیاب ایریدیوم، کوارتزهای ضربه دیده را یافته‌اند [۶]. در مورد فراوانی ایریدیوم در لایه مرزی دو موضوع به ظاهر مستقل مورد توجه قرار گرفته که هر یک از آن‌ها دارای نشانه‌های مثبت است. یکی اینکه ایریدیوم به علت فعالیت آتشفشانی است و دیگر اینکه برخورد شخانه‌ای موجب تشکیل و غلظت این فلز کمیاب شده است. در ژانویه سال ۱۹۸۳، در ریزپرتابه‌ها و دولاخ آتشفشانی که از فوران کیلوآ در هاوایی رویداد، مقدار ناباورانه‌ای از ایریدیوم را یافتند. در این دانه‌ها، نسبت ایریدیوم به آلومینیوم در مقایسه با بازالت‌های هاوایی، حدود ۱۷۰۰۰ بار بیشتر است! این نتیجه وقتی در بهار سال ۱۹۸۴ منتشر شد [۱۵] اندیشه‌ها بدان پرداخت تا دریابد که آیا وجود ایریدیوم همه جا در لایه مرزی به علت فوران آتشفشانی است؟ در این گیرودار، نوشته‌ای انتشار یافت که بار دیگر انگاره برخورد را نیرومندتر می‌کرد.

در لایه‌های یخ که در قاره جنوبگان در نزدیک قطب جنوب مورد آزمایش قرار گرفت، مقدار زیادی ایریدیوم را یافتند که با توجه به سن یخ لایهٔ نتیجه گرفته به علت رویداد بزرگ برخورد دنباله‌دار به زمین در خاور سیبری بوده است (در سال ۸ - ۱۹۰۸)، و محاسبه کردند که جرم آسمانی باید بیش از ۰/۱۶ کیلومتر قطر داشته باشد [۱۶] اکنون به نوعی نتیجه‌گیری ترکیبی رسیده‌اند که چه بسا، برخورد شخانه‌ها و تشدید فعالیت آتشفشانی پیامد آن، با هم موجب نابودی بزرگ زیستمندان پایان کرتاسه شده‌اند. و امّا پرسش سوم. این پرسش یعنی در برای اینهمه نوشتار و گفتار که پیرامون «انگاره نو» در اینجا و آنجا به چاپ می‌رسد چه باید کرد؟ در پایان سال ۱۹۸۳ بود که پرسش‌نامه‌ای در این زمینه تهیه شد و برای بسیاری از دست‌اندرکاران (موافق و مخالف) فرستاده شد. نتیجه‌ای که از بررسی پاسخ‌ها بدست آمد در سال ۱۹۸۵ در مجله زمین‌شناسی انتشار یافت [۱۱]. ۱۷۲ نفر دیرین شناس، ۸۲ نفر دانشمند زمین فیزیک آمریکایی، ۱۱۵ نفر فسیل‌شناس انگلیسی، ۱۱۳ نفر فسیل‌شناس آلمانی، ۱۲۲ نفر زمین‌شناس لهستانی، ۲۰ نفر از زمین‌شناسان شوروی و... به این پرسش‌نامه پاسخ داده بودند. با اینکه پاسخها گونه‌گون بود، ولی بیشتر دانشمندان اروپایی و امریکایی با این انگاره نظر موافق داشتند و هر کدام دلیلی هم ارائه کرده بودند.

اکنون که در بهار سال ۱۹۸۷ هستیم، با نوشته‌هایی روبرو می‌شویم که هرچندگاه موضوع «برخورد شخانه‌ای» و نابودی بزرگ زیستمندان را با کشف تازه‌ای عنوان می‌کنند و انگاره را به نگره نزدیکتر می‌سازند. به امید نتیجه‌گیریهای بیشتر و کامل‌تر...

فروردین ۱۳۶۶

۷ ــ کتابنامه

برای تهیه و تنظیم این نوشته، از نوشتارهای زیادی سود برده‌ام و تنها دسته‌ای از آنها را به عنوان کتابنامه برگزیده‌ام که در اینجا می‌آورم.

۱ ــ مجله دانش، جلد ۲۰۸، صفحه‌های ۱۰۹۵ ــ ۱۱۰۸، سال ۱۹۸۰
۲ ــ مجله طبیعت، جلد ۲۸۵، صفحه‌های ۱۹۸ ــ ۲۰۰، سال ۱۹۸۰
۳ ــ نشریه سیلوگوس، جلد ۱۲، شماره ۱۱ ــ ۱۲، سال ۱۹۷۷
۴ ــ مجله اپی سود، شماره ۴، سال ۱۹۷۹
۵ ــ نشریه سالانه دانش زمین و سیارگان، سال ۱۹۷۹
۶ ــ مجله طبیعت، جلد ۳۱۸، شماره نوامبر، سال ۱۹۸۵
۷ ــ مجله دانش، جلد ۲۳۰، شماره ۴۷۲۲، سال ۱۹۸۴
۸ ــ مجله زمین‌شناسی، شماره ۸۶، سال ۱۹۷۸
۹ ــ رویدادهای ناگهانی در سرگذشت زمین (میر)، سال ۱۹۸۲
۱۰ ــ ژورنال زمین‌شناسی، جلد ۱۳، شماره ۱۲، سال ۱۹۸۵
۱۱ ــ ژورنال زمین‌شناسی، جلد ۱۳، شماره ۱۰، سال ۱۹۸۵
۱۲ ــ مجله دانش، شماره ۲۵ ماه مه، سال ۱۹۸۴
۱۳ ــ نامه دانش زمین و سیاره، جلد ۷۵، شماره ۱، سال ۱۹۸۵
۱۴ ــ ویژه‌نامه انجمن زمین‌شناسان آمریکایی، شماره ۱۹۰، سال ۱۹۸۲
۱۵ ــ مجله دانش، شماره ۹ دسامبر، سال ۱۹۸۳
۱۶ ــ مجله دانش، شماره ۱۰ جوان، سال ۱۹۸۳

۸ ــ واژه‌ها و نامها

۱ ــ Mass extinction
۲ ــ Biomass
۳ ــ Syllogeus
۴ ــ Cartilaginous
۵ ــ Acritarchs
۶ ــ Cocolith
۷ ــ Dinoflagellate
۸ ــ Barnacle
۹ ــ Malacostraca
۱۰ ــ Cycadeonids
۱۱ ــ Danian Stage
۱۲ ــ Marsupalian
۱۳ ــ Placental
۱۴ ــ Nunnoplankton
۱۵ ــ Cengle
۱۶ ــ Gubbio
۱۷ ــ Paleosole
۱۸ ــ Kailas
۱۹ ــ Nonconformity
۲۰ ــ Magnetic Polarity
۲۱ ــ Reworked
۲۲ ــ Flare
۲۳ ــ Parsec
۲۴ ــ Spheroid
۲۵ ــ Kerogen
۲۶ ــ SiO_2 = Stishovite (Polymorphe)