

## جهان در گذر زمان

### مقدمه

هر گاه در خودم احساس پيري زود رس و نا بهنگام مي‌کنم، به سنگي که در گوشه‌ی ميز کارم قرار دارد، نیم‌نگاهي مي‌اندازم. این سنگ خاکستري تیره، بخشي از توده‌ی گرانیت مانند "نایس- gneiss" است. من آن را در سواحل رودخانه "آکاستا- Acasta" در مرزهاي شمال غربي کانادا پیدا کرده ام. در نظر اول مانند همه‌ی نایس ها است. تنها در يك مورد با بقیه تفاوت دارد: قدیمی ترین سنگي است که تا کنون در سطح زمین یافت شده است. این سن به اندازه‌ی اي زیاد است که حتي تصورش مشکل مي‌نماید. از زمان تولد سیاره‌ی ما، اتمهایی که این سنگ را تشکیل داده اند، به هم پیوسته مانده اند، حتي زمانی که قاره‌ها از هم جدا شدند و آرایش جدید پیدا کردند. اگر یکسال را معادل ۱ یارد(۰/۹۱۴۴ متر) نخ بافته شده تصور کنید، آنگاه چنانچه ۴/۵ بار فاصله بین ماه- زمین را نخ کشي کنید، طول نخ مصرفي، معادل سن سنگ آکاستا خواهد شد.



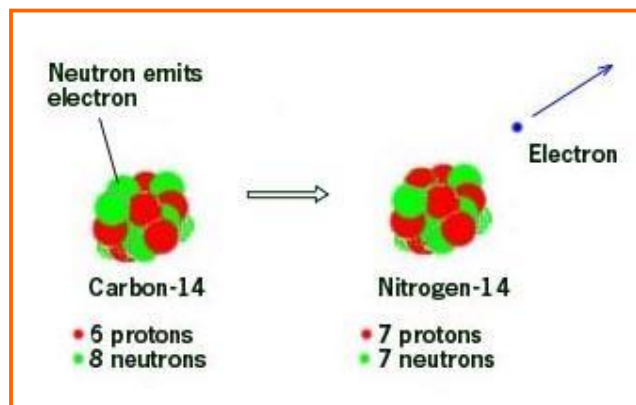
چگونه ما این اطلاعات را به دست مي‌آوریم؟ طبیعت گواهي تولد صادر نمي‌کند، حتي سال تولد را مانند سکه، بر روي موجوداتش مهر نمي‌نماید. دانشمندان آموخته اند سن استخوانها، سنگها، سیاره‌ها و ستاره‌ها را با استفاده از ساعت‌هایی که درون خودشان وجود دارد،

مشخص کنند. با این زمان سنج های طبیعی، آنها قادرند نیروهایی که قاره‌ها را شکل داده اند، حیات، تمدن انسانی و حتی کهنکشان‌ها را درک کنند. دیگر تاریخ انسانی، قابل مقایسه با تاریخ طبیعت نیست: اگر عمر جهان را که ۱۳ بیلیون سال است، معادل یک روز تابستانی فرض کنیم، آنگاه ۱۰۰۰۰۰ سال گذشته \_ که انسان جدید پا به عرصه گذاشته یعنی آغاز کشاورزی و تاریخ مدون بشری\_ تنها به تابش کرم شبتابی در لحظه طلوع خورشید همانند است.

پاسخ دادن به سؤال: "چند سال...؟" مدت‌ها ذهن بشر را به خود مشغول کرده است. در این مقاله با برخی روش‌های تعیین سن آشنا می‌شویم.

### کربن رادیو اکتیو

\*\*\* دانشمندان بر حسب اینکه چه مقیاس زمانی لازم دارند، ساعتهای گوناگونی را انتخاب می‌نمایند. مثلاً برای اندازه‌گیری زمانهای تا حدود ۴۰۰۰۰ سال پیش، کربن ۱۴ مناسب است. محققان با اندازه‌گیری مقدار کربن رادیو اکتیو موجودی که قبلاً زنده بوده، میتوانند زمان مرگ آن را مشخص نمایند. به عنوان مثال، باستان شناسان می‌دانند که یکی از قدیمی‌ترین قسمت‌های " استون هنج - Stone Henge " در انگلیس، آبراهه‌ای است که سنگهای مشهور را محاصره کرده است. این آبراهه، بوسیله شاخ‌های گوزن حفر شده که بقایای آنها در کنار آبراهه یافت شده اند. با اندازه‌گیری کربن ۱۴ این شاخ‌ها معلوم شد که این حفاری در ۵۰۰۰ سال پیش صورت گرفته است.



و اما کربن رادیو اکتیو از کجا می آید؟ همه اتمها \_ چه کربن و چه سایر عناصر\_ شامل اجزا زیر اتمی در هسته خود هستند: نوترونها و پروتونها . معمولا اتمها تعداد برابری از نوترون و پروتون دارند. مثلا کربن ۶ پروتون و ۶ نوترون دارد که با هم کربن با عدد اتمی ۱۲ را بوجود می آورند . وقتی همین اتمها ، تعداد متفاوتی نوترون در هسته خود داشته باشند، این اتمهای جدید، ایزوتوپ اتم اول نامیده می شوند.

کربن ۱۲ یکی از ایزوتوپ های کربن است. ایزوتوپ دیگر آن کربن ۱۴ می باشد که ۸ نوترون در هسته خود دارد. این نوع کربن زمانی تشکیل می شود که ذرات فضایی بشدت با اتم های نیتروژن موجود در اتمسفر برخورد می کنند.

ایزوتوپ های رادیواکتیو با سرعت قابل پیش بینی از هم پاشیده می شوند. کربن ۱۴ نیز از این قاعده مستثنی نیست. اگر شما ۱ پوند (۰/۴۵۳ کیلوگرم) کربن ۱۴ را در یک شیشه قرار دهید، پس از ۵۷۳۰ سال نصف آن به نیتروژن ۱۴ تبدیل می شود. فیزیکدانان این زمان را، زمان نیمه عمر می نامند. گیاهان و جانوران زنده، دی اکسید کربن را از هوا جذب می کنند، که شامل هر دو نوع کربن ۱۲ و ۱۴ است. اما به محض مردنشان، کربن ۱۴، شروع به فروپاشی

به نیتروژن ۱۴ می نماید. با مقایسه سطح کربن ۱۴ نسبت به کل مقدار کربن موجود در جسم مورد نظر، دانشمندان می توانند محاسبه کنند که چقدر از زمان مرگ گیاه یا جانور گذشته است.

### تابش نور تهیجی و استفاده از آمینو اسیدها

\*\*\*فسیل های قدیمی تر از ۴۰۰۰۰ سال ، میزان خیلی کمی از کربن ۱۴ دارند. بنابراین دانشمندان مجبور به یافتن راههای دیگری برای تعیین سن آنها شدند. زمین شناسی بنام "گیفورد میلر- Gifford Miller" از دانشگاه کلرادو، در حوالی دریاچه ویکتوریا \_ استرالیا، جنوبی، به من نشان داد که چگونه از دو روش جدید استفاده می کند تا محدودیت کربن ۱۴ را از بین ببرد.

دریاچه ویکتوریا به قوس بزرگی از تپه های شنی چسبیده است که طی دهها هزار سال روی هم انباشته شده اند. میلر و من همراه دسته ای از پرندگان (کوکاتو- نوعی طوطی کاکلی)، از ماسه های موج بالا رفتیم. به تدریج که به لایه های دورتر و عمیقتری از تپه های ماسه ای رسیدیم، توده هایی از پوسته های صدف سیاه خودنمایی می کرد. احتمالاً در زمانهای قدیم توسط بومیان منطقه از دریاچه جمع آوری شده بودند. هنوز سرنیزه های بومیان در کنار استخوان های کانگورو و شترمرغ های شکار شده، به چشم می خورد. در جستجوی آب در طول زمان، به عقب برگشتیم و به طرف یک آبراهه پایین آمدیم.

میلر در حالیکه به لایه ای رسی اشاره می‌کرد گفت: " به نظر من این لایه منقرض شده  
هاست. دیرین شناسان در آن، اسکلت کیسه داران گول پیکر، کانگوروهای با ۱۰ فوت بلندی  
و شیرهای کیسه دارا پیدا کرده اند. " ( هر فوت معادل ۳۰/۴۸ سانتی متر است)  
در مورد علت انقراض این موجودات بزرگ جثه هنوز در استرالیا شك و تردید وجود دارد. آیا  
انسانها آنها را نابود کرده اند یا تغییرات آب و هوایی؟ اولین قدم برای حل این معما، گشودن  
رمز عمر این فسیل ها است، اما میزان کربن ۱۴ باقیمانده در این اسکلتها کافی نیست تا  
سن آنها را بدست آوریم. میلر برای من توضیح داد که چگونه از ساعتهای دیگر استفاده می  
کند. او در حالیکه جسم کوچکی را به اندازه ناخنش بلند کرده بود، گفت: "بفرمایید! این هم  
جنیورنیس - Genyornis".



جنیورنیس پرنده گول پیکری بوده با ۴۰۰ پوند وزن که قادر به پرواز نبوده است. آنچه میلر در  
دست داشت، تکه کوچکی از پوست تخم این پرنده بود به رنگ شیری با فرورفتگی های  
کوچک در سطح آن. او هزاران قطعه مشابه از نقاط مختلف استرالیا جمع آوری کرده است.

آنها همه جا یافت می شوند و یکبار که فهمیدید دنبال چه می گردید، به راحتی می توانید آنها را از ماسه ها جدا کنید. او می گوید: "خیلی جالبه، کی فکرش رو می کرد که راه بری و

پوست تخم پرنده جمع کنی؟!"

میلر و همکارانش عمر پوسته های جنیورنيس را به دو روش تعیین کرده اند. روش اول بنام (OSL Optically stimulated luminescence) معروف است. يك کانی را در نظر بگیرید. اتمهای رادیواکتیو و درونی این کانی، ذراتی آزاد می کنند که انرژی آنها قادر است الکترونها را از حالت پایه بیرون بکشد و آنها را آزاد کند. گاهی این الکترونهای آزاد شده در حفره های ساختمانی موجود در کریستال کانی مورد نظر (در اینجا کوارتز) انباشته می شوند. این تله های کریستالی، در يك سیستم زمانی منظم، بتدریج با الکترونها پر می شوند. اگر شما بتوانید سرعت به دام افتادن الکترونها را محاسبه کنید و سپس تعداد الکترونهای به دام افتاده را بشمارید، می توانید بفهمید چه مدت از زمانی که کانی مورد نظر در معرض نور خورشید، یعنی در سطح زمین قرار داشته می گذرد. زیرا اگر نور خورشید، حتی به مدت چند ثانیه به کانی مورد نظر مورد نظر برسد، انرژی خورشید، تمام الکترونهای در تله افتاده را آزاد می کند و به محل اولیه شان بر می گرداند. در واقع ساعت را دوباره روی صفر قرار می دهد.

کار مهم میلر این بود که پوسته ها را از درون ماسه هایی بیرون بیاورد که از لحظه دفن شدن، نور خورشید به آنها نتابیده است. به این ترتیب ماسه های اطراف این پوسته ها، حاوی کوارتزهایی با خصوصیات مورد نظر بودند. برای بدست آوردن چنین کریستالهایی، او از يك کارشناس متخصص در این روش کمک گرفت: نایگل ا. سپونر- Nigel A. Spooner " فیزیکدانی

از دانشگاه ملی استرالیا. سیونر استوانه های فولادی تو خالی را در ماسه هایی که پوسته های جنیورنیس را احاطه کرده بودند، قرار می‌داد و با چکش، آنها را کاملاً درون ماسه ها فرو می برد. سپس به سرعت در استوانه ها را می بست، در پلاستیک سیاه بسته بندی می‌کرد و به آزمایشگاهش انتقال می‌داد. در آزمایشگاه، او دانه های کوارتز را در ماشینی قرار می دهد که تابش هایی از فوتونهای با انرژی های مشخص، الکترونهای در تله افتاده را به اتمهای اصلی شان برمی‌گرداند. با برگشت هر الکترون، مقداری انرژی بصورت نور آزاد می‌شود. با اندازه‌گیری این نور، سیونر می‌تواند تعداد الکترونهای در تله افتاده را محاسبه کند و از روی تعداد آنها، زمان دفن ماسه و در نتیجه سن پوسته تخم پرنده را دریابد. به منظور دقت بیشتر، تمام این عملیات در تاریکخانه‌ای که تنها با نورهای قرمز ضعیف روشن می شود، انجام می پذیرد.



روش دیگری که میلر بر روی آن کار کرده، استفاده از پروتئین های حفظ شده در درون پوسته تخمها است. واحدهای ساختمانی پروتئین ها، یعنی آمینواسیدها، می‌توانند از لحاظ نوری،

راست گردان یا چپ گردان باشند. به دلایلی که هنوز ناشناخته مانده است، طبیعت به شدت آمینو اسیدهای چپ گردان را ترجیح می دهد.

یعنی آمینو اسیدهای طبیعی موجود در بدن موجودات زنده ، چپ گردانند. اما پس از مرگ، طی واکنش راسمیزاسیون- Racemization، این آمینو اسید ها با سرعت مشخصی به ایزومرهای راست گردان خود تبدیل می شوند. البته سرعت تبدیل این ایزومرها، به دقت ساعت رادیواکتیو نیست، چرا که این فرآیند به دما بستگی دارد: گرما سرعت واکنش را افزایش و سرما آهنگ آن را کاهش می دهد. با این وجود، میلر با تخمین تغییرات آب و هوایی استرالیا طی ۱۰۰۰۰۰ سال گذشته، توانسته است معیار دقیقی به دست آورد.

هر دوی این روشها جواب واحدی برای سن پوسته تخم جنیورنیس ارائه کرده اند و نشان دهنده این واقعیت اند که این پرنده در ۵۰۰۰۰ سال پیش منقرض شده است . با توجه به شواهد آب و هوایی، واضح است که تغییرات زیست محیطی سبب انقراض این پرنده غول پیکر نشده است. چرا که گزارشهای آب و هوایی نشان می دهند که در ۵۰۰۰۰ سال پیش، آب و در نتیجه گیاهان این منطقه فراوان بوده اند. در عوض دانشمندان استرالیایی سرخ‌هایی از حضور انسان در تپه‌های ماسه ای دریاچه مانگو- Mungo به دست آورده اند که سن آنها به حدود ۶۰۰۰۰ سال پیش برمی گردد- قدیمی ترین اثر وجود انسان در استرالیا. حضور انسان در نزدیکی زمان انقراض، اشاره بر این دارد که انسانها، عامل انقراض جنیورنیس بوده اند.

## رزونانس اسپین الکترون و تابش گرمایی

\*\*\* در بالای چهارچوب‌های زمانی یکی از اولین انسان‌ها، به منظره ای نگاه می‌کند که هومو ساپینس‌های کنونی- Homo Sapiens ، دور هم جمع می‌شوند تا گذشت سال‌ها را در شروع سال جدید جشن بگیرند. خوشبختانه جوان بودن ما، مانع از این نشده تا قفل‌های بسته سیاره خود را بگشاییم.

در غاری در نزدیکی غزه، اسکلتی پیدا شده که به دو روش تعیین سن شده است: رزونانس اسپین الکترون (ESR) و تابش گرمایی- Thermoluminescence .

زمین همواره در معرض تشعشعات ناچیزی از اورانیوم، توریم و پتاسیم قرار دارد. وقتی این تابش به اتم‌های موادی مانند مینای دندان برخورد می‌کند، الکترون‌هایشان را جابه‌جا می‌کند، در نتیجه میدان مغناطیسی ماده تغییر می‌کند. این تغییرات با سرعت مشخصی صورت می‌گیرند. از طرفی هر چه تعداد الکترون‌های جابه‌جا شده بیشتر باشند، سن جسم مورد نظر بیشتر است. در کنار اسکلت به دست آمده در غزه، فسیل‌های دیگری از جمله دندان یک اسب به دست آمد. با استفاده از روش ERS ، سن آن ۱۰۰۰۰۰ سال تعیین شد.

در آنجا سنگ‌های آتشفشانی هم پیدا شد. این سنگ‌ها به روش تابش گرمایی تعیین سن می‌شوند. اساس کار مانند روش تابش تهییج نوری است. با این تفاوت که در آنجا نور خورشید انرژی لازم برای بازگرداندن الکترون‌ها به مدارهای اصلی را فراهم می‌کند، اما در اینجا حرارت این کار را می‌کند. وقتی سنگ آتشفشانی (یا موارد مشابه) حرارت می‌بینند، الکترون‌های جابه‌جا شده شان از حالت‌های نیمه پایدار به ترازهای اصلی خود برمیگردند

وانرژی اضافی خود را به صورت نور نشر می نمایند. میزان نور نشر شده، معیاری از تعداد الکترونها ی جابه جا شده است. به این ترتیب، عمر آنها از آخرین باری که استفاده شده اند، محاسبه می گردد. این آتشنزنی خاص نیز به ۱۰۰۰۰۰ سال پیش بر می گردد. این اطلاعات چه ارزشی برای ما دارند؟ آنها به ما می گویند که انسان جدید، خیلی زودتر از آنچه تصور می شد، آفریقا را ترک کرده است. حالا وقتی از خود می پرسیم: "چقدر از سن ما می گذرد؟" به این سو کشیده می شویم تا بدانیم: "ما که هستیم؟"

### استفاده از اورانیوم در کریستال های Zircon

\*\*\* سنی که میسر در مورد آن صحبت می کند، یعنی ۵۰ تا ۶۰ هزار سال پیش، در اروپای قرن ۱۶، پوچ و بی معنی تلقی می شد. در آن زمان، تاریخ زمین را بر اساس داستانهای انجیل تعیین کرده بودند. جیمز آشِر-Ussher James در سالهای ۱۶۵۰ میلادی مطرح کرد که خدا زمین را در ۴۰۰۴ پیش از میلاد خلق کرده است. دقیقتر بگوییم در ۲۲ اکتبر! این عقیده تا ۲۰۰ سال معتبر بود. تا اینکه دانشمندان متوجه شدند که سنگهای کرة زمین در یک سیستم لایه لایه و منظم بر روی هم چیده شده اند. این لایه ها توسط نیروهای تشکلی شده اند که ما هنوز هم عملکرد آنها را می بینیم: فرسایش کوهستانها و رسوب کردن تدریجی ذرات آنها در ته رودخانه ها و دریاها. اما آنچه بدیهی است که این نیرو ها به آهستگی عمل می کنند و برای اینکه مناظر کنونی را در سطح زمین بوجود آورند، میلیونها سال لازم است: عمر کره زمین.

به این ترتیب دانشمندان به جستجوی راه‌هایی پرداختند تا بتوانند سن واقعی زمین را به‌دست آورند و این موضوع در قرن بیستم اتفاق افتاد. مدت کوتاهی پس از اینکه فیزیکدانان رادیو اکتیو را کشف کردند و متوجه شدند از خاصیت آن می‌توانند برای تعیین سن سنگها استفاده کنند، دریافتند که می‌توانند از همین خاصیت برای تعیین سن خود سیاره هم بهره ببرند.

ستاره‌های مجاور ما در انفجارهای سوپرنوا، مقداری اتمهای رادیو اکتیو از خود به بیرون پرتاب کرده‌اند که ما می‌توانیم آنها را در سطح زمین بیابیم. در واقع این ذرات در صفحه اولیه چرخش زمین حول خورشید جوان، جا رو شده‌اند تا سیاره‌ها، ستاره‌های دنباله دار و شهابسنگها را بوجود آورند. از آنجاکه این ذرات، از ابتدای تشکیل زمین به همراه آن بوده‌اند، می‌توانند اسرار سن زمین را به ما بگویند. یکی از عناصر مورد استفاده در این زمینه، اورانیوم ۲۳۵ است که به سرب ۲۰۷ تبدیل می‌شود. نیمه عمر این عنصر، ۷۰۴ میلیون سال است. دیگری اورانیوم ۲۳۶ است که با نیمه عمر ۴/۴۷ بلیون سال به سرب ۲۰۶ تبدیل می‌شود.



در سال های ۱۹۵۰، کلر پاترسون - Clair Patterson؛ ژئوشیمیست آمریکایی؛ مقادیر اورانیوم و سرب را در سنگهای زمین و شهابسنگهایی که با زمین برخورد کرده بودند، مقایسه نمود و از مجموعه اطلاعات گردآوری شده، عمر زمین را ۴/۵۵ بیلیون سال محاسبه کرد.

همچنانکه زمین سرد می‌شد و پوسته گسترش می‌یافت، اولین سنگها تشکیل شدند. آکستای کانادایی که اکنون در گوشه میز من قرار دارد، بخشی از آن است.

تعیین عمر قدیمی‌ترین سنگ سطح زمین، از تعیین سن خود زمین دشوارتر است. وقتی سنگی تشکیل می‌شود، اورانیوم موجود در آن شروع به تبدیل شدن به سرب می‌نماید. اما اگر آبهای زیرزمینی، سرب یا اورانیوم اضافی به مقدار اولیه اضافه کنند (یا از آن کم کنند)، محققین نتایج اشتباهی بدست می‌آورند. خوشبختانه طبیعت، ساعت کاملی در اختیار زمین شناسان قرار داده است. وقتی ماگما سرد می‌شود، کریستالهای کوچک و نا هموار زیرکن - Zircon در آن تشکیل می‌شود. این کریستالها شامل عناصر: زیرکونیوم، سیلیسیوم و اکسیژن هستند. اما در ضمن چند تایی اتم اورانیوم در شبکه آنها قفل می‌شوند. به محض تشکیل این کریستال، ترکیبات آن دست‌نخورده باقی می‌ماند و به این ترتیب حتی پس از بیلیون‌ها سال محفوظ می‌ماند.

طی بیلیونها سال اورانیوم در تله افتاده، به آرامی اما خیلی دقیق، به سرب تبدیل می‌شود. یان ویلیامز - Ian Williams از دانشگاه ملی استرالیا می‌گوید: " زیرکن ها هدیه خداوند به ژئو

شیمیست ها هستند."



آنها می توانند حتی پس از سائیدگی سنگ، در محل تشکیل اولیه شان باقی بمانند. در غرب استرالیا زمین شناسان زیرکنی را یافتند که ۴/۴ بیلیون سال از عمر آن می گذشت اما درون سنگی محبوس بود که سن محاسبه شده برای آن، فقط ۳/۱ بیلیون سال بود.

زیرکن ها به محققین اجازه می دهند تا تاریخ زمین را سن گذاری کنند، اما مشکل اینجاست که پیدا کردن آنها آسان نیست. من هنگامی که در یک صبح سرد ماه مه در بندر آدمیرال- Admiral در سواحل جنوب شرقی نیوفوندلند- کانادا ایستاده بودم، متوجه شدم که چقدر این کار مشکل و حساس است. من و سه نفر دانشمند دیگر قرار بود با یک قایق ۱۵ فوتی چوبی، از جزیره گریت کالینت- Great Colinet در سه مایلی ساحل دیدن کنیم. سه نفر همراه من عبارت بودند از: سام بورینگ- Sam Bowring زمین شناس از انستیتو تکنولوژی ماساچوست، پاول مایرو- Myrow Paul زمین شناس از دانشگاه کلرادو و اد لندینگ- Ed Landing دیرین شناس موزه نیویورک.

ما سفر خود را از ساحل غربی جزیره به طرف انتهای جنوبی آن، در حالیکه صخره های بی رحم امواج آب را به طرف ما می فشاندند، ادامه دادیم. همچنان که ما در آب غوطه می خوردیم، لایه های سنگی، بر روی صخره ها نمایان شد. این لایه ها مربوط به دوران پرکامبرین پسین هستند و سنی معادل ۵۵۰ تا ۶۰۰ میلیون سال را نشان می دهند. یعنی زمانی که حیات جانوری توسعه یافته است. البته اولین نشانه های شیمیایی حیات که دانشمندان بر روی زمین یافته اند، خیلی قدیمی تر از این تاریخ است. شاخص ترین اثر حیات در قدیمی ترین سنگ رسوبی واقع در گرینلند بدست آمده است. ما سن آن را از ذره ای سنگ حامل

زیرکن که به سنگ اصلی ضمیمه شده است ، محاسبه کرده ایم: ۳/۹ بیلیون سال. اما تا ۳ بیلیون سال بعد از آن، تنها گونه هایی از حیات که سنگواره شان به دست آمده، گونه های میکروسکوپی هستند. سپس ناگهان اندکی پیش از شروع کامبرین، سنگواره های شگفت آور چند سلولی ظاهر می شوند- ساقه ها، برگ ها، صفحه های طرح دار و منظم .

دیرین‌شناسان مطمئن نیستند که آیا یکی از این موجودات سر منشا موجودات بعدی بوده اند و اگر بوده اند، کدامیک؟ آنچه که آنها می دانند این است که در کامبرین پیشین، سنگواره های متنوعی از گروه های جانوری نمایان شده اند. با تعیین سن سنگ های حاوی سنگواره ها در نقاط مختلف دنیا، بورینگ و همکارانش نشان دادند که بروز ناگهانی تحول شناخته شده در کامبرین، ۵۳۰ میلیون سال پیش ظاهر شده است.

در این سفر بورینگ همراه ما آمده بود تا تئوری مطرح شده توسط پاول هافمن- Paul Hoffman را در سال ۱۹۹۸ آزمایش کند.

هافمن ، زمین شناس دانشگاه هاروارد است و تئوری او در باره ظهور ناگهانی حیات چند گونه در کامبرین می باشد. مطابق تئوری هافمن، تکامل گونه های حیاتی، در يك عصر یخبندان بسیار شدید و غیر قابل کنترل، تقریباً از بین رفته است. یخچالها رشد کرده و تقریباً همه زمین را پوشانده اند و زندگی تقریباً از بین رفته است. تا اینکه پس از چندین میلیون سال، فورانهای آتشفشانی، دي اكسيد كربن كافي آزاد کردند و اثر گلخانه اي حاصل، دمای سیاره ما را افزایش داد. یخچالها ذوب شدند. بالا آمدن آب اقیانوس، دریاهاي کم عمق

فراواني را ايجاد كرد كه مي توانستند دوباره به وضع حيات سر و ساماني بدهند. و بدین ترتيب تحرك قابل ملاحظه اي به تاريخ تکامل حيات بخشند.



این " زمین گلوله برفی" مطابق نظر هافمن، می بایست حدود ۱۰ میلیون سال عمر کرده باشد. برای تأیید وجود آن ما امروز در جزیره گریت کالینت هستیم. در این باره مایروچنین توضیح می دهد: " اینجا یکی از معدود نقاطی در جهان است که شما می توانید رسوبات یخچالی را پیدا کنید. البته رسوباتی که امیدواریم بتوانیم سن آنها را معین کنیم." مناسب بودن این منطقه به این خاطر است که رسوبات یخچالی زیر لایه های سنگ های آتشفشانی قرار دارند. با استفاده از زیرکن موجود در سنگ های آذرین ، ما امیدواریم که بتوانیم عصر یخبندان را به تله بیانداریم. این کار مستلزم پیدا کردن لایه های خاکستر در ته و نزدیک سنگ

هاي يخچالي بود. اين كار مي توانست به همراهان من كمك كند تا نه تنها سن آن عصر  
يخبندان را مشخص كنند، بلكه بتوانند معين نمايند كه اين دوره چقدر طول كشيده است. ما از  
هم جدا شديم تا زيركن ها را شكار كنيم. من با مايرو و بورينگ بودم. ما از ميان چمنزارها و  
تالاب ها رد شديم. از کنار لانه هاي پر از تخم مرغان دريائي گذشتيم تا به درختان صنوبر کوتاه  
رسيديم. اين تلاش ارزشش را داشت. همينطور كه چهار دست و پا از سنگ ها بالا مي  
رفتيم، مايرو دو لايه مناسب پيدا كرد. يكي از آنها ۶ متر و ديگري ۱/۲ متريا رسوبات يخچالي  
فاصله داشتند. مايرو فریاد زد: " خداوندا! اينكه همه اش خاكستر است." بورينگ سنگ هايي  
را كه مي خواست انتخاب كرد، با چكش جدا نمود و سپس نمونه ها را به قايق برگردانديم. در  
نهایت این نمونه ها را با هواپیما به آزمایشگاه بورینگ در ماساچوست فرستادیم. جايي كه او  
سن آنها را تعيين خواهد كرد و سعي مي كند مشخص نمايد كه آیا واقعا " زمين گلوله برفي"  
وجود داشته يا نه؟

تهيه و تنظيم: سحرناز تاجبخش