

انقراض ششم

یک تاریخ غیرطبیعی



الیزابت کالبرت

ترجمه نیک گرگین

انقراض ششم

یک تاریخ غیرطبیعی

الیزابت گُلبِرت

ترجمه: نیک گرگین

پیش‌گفتار

می‌گویند که بهتر است با ابهام شروع شود. این داستان هم همین‌طور است: با ظهور یک گونه جدید شروع می‌شود که شاید از دویست هزار سال پیش آغاز شد. این گونه هنوز نامی ندارد - هیچ گونه‌ای هنوز نامی ندارد - اما شایستگی داشتن یک نام را دارد.

این یکی هم مثل هر گونه نوپای دیگر موقعیتی ناپایدار دارد. شمارش اندک است و گستره زیستی‌اش به نوار کوچکی از شرق آفریقا محدود می‌شود. جمعیتش به آرامی افزایش می‌یابد، اما ممکن است دوباره تقلیل یابد و به حد چند هزار جفت تنزل یابد.

اعضای این گونه چندان چابک و قوی و بارآور نیستند ولی به‌طور چشم‌گیری قابلیت دست و پنجه نرم کردن با مشکلات را دارند و به تدریج به مناطق گوناگونی، با شرایط اقلیمی متفاوت، جانوران درنده مختلف و طعمه‌های شکار گوناگون پیشروی می‌کنند. چنین می‌نماید که هیچ‌کدام از محدودیت‌های معمول زیستگاه‌ها یا ویژگی‌های جغرافیایی دست و پایش را نمی‌بندد. آن‌ها از رودها، فلات‌ها و کوهستان‌ها عبور می‌کنند؛ در مناطق ساحلی حلزون جمع می‌کنند و کمی دورتر، در خشکی پستان‌داران را شکار می‌کنند. هر کجا که اسکان می‌کنند خود را با آن‌جا سازگار می‌کنند و ابتکار به خرج می‌دهند. وقتی به اروپا می‌رسند با موجوداتی روبه‌رو می‌شوند که بسیار به خودشان شبیه هستند، اما درشت‌اندام‌تر و شاید عضلانی‌ترند و مدت‌هایی طولانی در آن قاره

زندگی کرده‌اند. آن‌ها با ساکنان این قاره جدید آمیزش می‌کنند و سپس به دلیل نامعلومی آن‌ها را به کلی نابود می‌کنند.

بعدها معلوم شد که این ماجرا پایان ترسناکی پیدا کرد. به موازات این که جمعیت این گونه زیستی بیشتر می‌شود با جانورانی مواجه می‌شود که دو یا ده و حتی بیست بار از خودش بزرگ‌تر هستند: گربه‌ها عظیم‌الجثه، خرس‌های قدرتمند، لاک‌پشت‌هایی به بزرگی فیل و تنبل‌هایی با قامت پنج متری. این گونه‌های زیستی قدرتمندتر و اغلب وحشی‌تر هستند ولی از آن‌جا که به کندی تولید مثل می‌کنند اکنون از میان رفته‌اند.

اگرچه این گونه انسانی همیشه مبتکر یک جانور خشکی است، از آب‌ها عبور می‌کند و به جزایری پا می‌گذارد که بدایع تکامل در آن‌ها می‌زیستند: پرندگانی که تخم‌هایی به اندازه یک هندوانه می‌گذاشتند، اسب‌های آبی به اندازه خوک و مارمولک‌های عظیم‌الجثه. اما از آن‌جا که این جانوران با زندگی در انزوای خود خو گرفته بودند، آمادگی لازم را برای دفاع از خود در مقابل این تازه‌واردان یا شاید همراهان آن‌ها (بیش از همه موش‌ها) نداشتند و بدین ترتیب بسیاری از آن‌ها از پای درآمدند.

این روند بارها طی هزاران سال تداوم یافت تا اینکه این گونه تهاجمی (که دیگر چندان نوظهور نبود) عملاً در چهار گوشه دنیا پراکنده شد. در این مقطع چندین واقعه کمابیش همزمان رخ داد و باعث شد تا این موجود (که بعدها نام انسان خردمند را بر خود نهاد)، خود را در ابعاد بی‌سابقه‌ای تکثیر کند. تنها ظرف صد سال جمعیتش دوبرابر شد، و باز هم دوبرابر. جنگل‌های وسیع کاملاً تخریب شدند. انسان‌ها این کار را عمداً برای سیر کردن شکم خود انجام می‌دهند، اما موجودات زنده را غیر عمدی از قاره‌ای به قاره دیگر منتقل می‌کنند و ترکیب زیستی کره را عوض می‌کنند.

در همین اثناء، یک دگرگونی اساسی تر و باز هم نیرومندتر در راه است. انسان‌ها با کشف منابع انرژی زیرزمینی شروع به تغییر ترکیب جوّی زمین می‌کنند، که به نوبه خود شرایط اقلیمی و ترکیب شیمیایی اقیانوس‌ها را دگرگون می‌کند. برخی از گیاهان و حیوانات می‌توانند با تغییر مکان، خود را با شرایط اقلیمی جدید سازگار کنند، مثلاً به کوهستان‌ها صعود کنند و به مناطق قطبی مهاجرت کنند. اما شمار عظیمی - در ابتدا صدها و بعد هزاران و نهایتاً شاید میلیون‌ها - خود را منزوی می‌یابند. میزان انقراض‌ها به شدت افزایش می‌یابد و تاروپود حیات دگرگون می‌شود.

هیچ موجودی پیش از این حیات بر روی سیاره را بدین شکل دگرگون نکرده بود. وقایع مشابه باز هم تکرار شده بود، اما در گذشته‌هایی بسیار دور. سیاره در مواردی بسیار استثنایی شاهد تغییراتی تا به این حد گسترده و دردناک بوده است که در نتیجه تنوع زیستی را به حداقل رسانید. زمین در دوران کهن پنج رخداد هولناک را پشت سر گذاشته که هر کدام به‌عنوان یک مقوله خاص به خود طبقه‌بندی شده است و به «پنج واقعه عظیم»^۱ معروف شده است. شاید اصلاً تصادفی نباشد که تاریخ این وقایع هولناک تنها وقتی برای انسان آشکار می‌شود که خودش آفریننده واقعه مشابه جدیدی می‌شود. اگرچه هنوز کمی زود است که بفهمیم آیا ابعاد این واقعه کنونی در حد پنج واقعه عظیم بوده یا خیر، اما در هر صورت نام «انقراض ششم» بر آن می‌نهمیم.

داستان/انقراض ششم، که تصمیم گرفتیم در باره‌اش صحبت کنیم در سیزده فصل مورد بحث قرار خواهد گرفت. هر فصل به شکلی نمادین یک گونه زیستی را بررسی می‌کند - ماستودون آمریکایی، اوک بزرگ و شاخ‌قوچی^۲ (که در انتهای

دوره زمین‌شناسی کرتاسه^۲ همراه با دایناسورها نابود شد). موجوداتی که در فصل‌های اول مورد بحث قرار می‌گیرند تاکنون منقرض شده‌اند و بخش مربوط به این فصل‌های کتاب، با اتکاء به تلاش‌های طبیعت‌گرای فرانسوی، ژرژ کوویه، عمدتاً به انقراض‌های بزرگ در گذشته و تاریخ پریپیچ و خم کشف‌شان می‌پردازد. بخش دوم کتاب تا حدود زیادی به زمان حال اختصاص می‌یابد، از جمله جنگل‌های بارانی آمازون که به طور فزاینده‌ای در حال تجزیه و تلاشی هستند، و نیز دامنه‌های منطقه آند، که به سرعت گرم می‌شوند و در ادامه مناطق دوردست گریت باری ریف مورد بررسی قرار می‌گیرد.

بنا به عادت روزنامه‌نگاری تصمیم گرفتم به این مناطق ویژه بروم و در ایستگاه‌های تحقیقاتی حضور یابم، و همچنین به این دلیل که کسی از من خواست تا در سفرهای اکتشافی‌اش به او ملحق شوم. ابعاد تغییرات جاری به‌قدری زیاد است که می‌توانستم با راهنمایی مناسب نشان‌هایی از آن‌ها را در هر جایی بیابم. فصلی از کتاب به یک روند نابودی می‌پردازد که تقریباً در حیات خلوت خود من (و احتمالاً در حیات خلوت شما) هم رخ می‌دهد.

اگر انقراض یک گونه خاص موضوع هولناکی است، پس انقراض گسترده گونه‌های بی‌شمار بسیار هولناک‌تر است. اما این موضوع همزمان جالب و شگفت‌انگیز هم هست. در صفحات بعدی تلاش می‌کنم این هر دو جنبه را بررسی کنم، یعنی هیجان ناشی از آنچه می‌آموزیم و وحشتی که این دانسته‌ها به دنبال می‌آورد.

امید من این است که خوانندگان این کتاب نسبت به اهمیت خارق‌العاده لحظه‌ای که در آن زندگی می‌کنند وقوف یابند.

فصل اول

انقراض ششم

قورباغه آته‌لوپوس زه‌ته‌کی

شهرک *ال‌واله دانتون* در مرکز پاناما در وسط یک دهانه آتشفشانی قرار گرفته که یک میلیون سال قبل به‌وجود آمده است. پهنای این دهانه آتشفشانی در حدود شش و نیم کیلومتر است، اما وقتی هوا صاف است می‌توان تپه‌های دندان‌واری را بر گرد شهرک دید که به دژهای یک شهرک مخروبه شباهت دارد. شهرک *ال‌واله* دارای یک خیابان اصلی، یک پاسگاه پلیس و یک بازار بدون سقف است. علاوه بر قفسه‌های معمول پر از کلاه‌های پانامایی و فلابدوزی‌هایی با رنگ‌های زنده در این بازار می‌توان مجسمه‌های طلایی قورباغه هم در آنجا یافت. در بازار قورباغه‌های طلایی دیده می‌شوند که روی برگ نشسته‌اند و برخی دیگر که بر روی تهی‌گاه خود نشسته‌اند و همچنین قورباغه‌های طلایی‌ای که تلفن همراه به‌دست دارند (و درک این سومی از همه مشکل‌تر است). قورباغه‌هایی هم هستند که پیراهن‌های گلدوزی شده بر تن دارند و قورباغه‌هایی که در حالت رقصيدن هستند و آن‌هایی که مثل رئیس‌جمهور روزولت سیگار برگ به لب دارند. قورباغه‌هایی که به شکل تاکسی زرد رنگ با لکه‌های قهوه‌ای تیره هستند در منطقه *ال‌واله* رواج زیادی دارند و نماد خوشبختی در پاناما هستند و تصویرشان بر روی بلیط‌های بخت‌آزمایی چاپ شده است (یا حداقل معمولاً دیده می‌شود).

تا همین ده سال پیش همه می‌توانستند قورباغه‌های طلایی را به راحتی در تپه‌های اطراف ال‌واله ببینند. این قورباغه‌ها سمی هستند و تخمین زده شده که سم موجود در زیر پوست هر قورباغه می‌تواند هزار موش با جثه‌ای متوسط را از پا درآورد - اما همین رنگ زنده است که باعث می‌شود این قورباغه‌ها در کف جنگل‌ها به بقای خود ادامه دهند. بر نه‌ری در نزدیکی ال‌واله نام «نهر هزار قورباغه» نهاد شده بود. اگر کسی در امتداد این نهر قدم می‌زد قورباغه‌های طلایی زیادی را می‌دید که کنار نهر حمام آفتاب می‌گرفتند. خزنده‌شناسی که به دفعات بسیار به آنجا سفر کرده بود می‌گفت، «این شگفت‌انگیز است، واقعاً شگفت‌انگیز است».

قورباغه‌های اطراف ال‌واله به تدریج ناپدید شدند، اما آن زمان هنوز کسی این را یک بحران ارزیابی نمی‌کرد. این مشکل ابتدا در نزدیکی مرز پاناما و کاستاریکا به غرب اطلاع داده شد. یک دانشجوی فارغ‌التحصیل آمریکایی در جنگل‌های بارانی آن مناطق روی قورباغه‌ها تحقیق می‌کرد. او برای مدتی به ایالات متحده بازگشت تا پایان‌نامه خود را بنویسد، اما وقتی به آنجا بازگشت قورباغه‌ای ندید، یا در آن حیطة هیچ گونه دوزیستی در آنجا نیافت. نمی‌دانست که چه اتفاقی افتاده است، ولی از آنجا که برای تحقیقات خود به قورباغه نیاز داشت، در منطقه‌ای بیشتر به سمت شرق، محلی برای مطالعه خود دست و پا کرد. قورباغه‌ها در این محل جدید در ابتدا سالم به نظر می‌رسیدند. سپس همان اتفاق دوباره تکرار شد و دوزیستان ناپدید شدند. این بیماری در جنگل بارانی شیوع یافت، تا اینکه در سال ۲۰۰۲ قورباغه‌ها در تپه‌ها و نهرهای اطراف شهرک سانتافه، در حوالی شانزده کیلومتری غرب ال‌واله به‌طور کامل نابود شدند. در سال ۲۰۰۴ در نزدیکی ال‌واله، در اطراف شهرک ال کوپه، اجساد از قورباغه‌ها پیدا شدند. در این مرحله گروهی از زیست‌شناسان پانامایی و آمریکایی نتیجه‌گیری کردند که قورباغه طلایی به‌طور جدی در معرض خطر انقراض است. آن‌ها تصمیم گرفتند که برای حفاظت از جمعیت باقی‌مانده آن‌ها تلاش

کنند و از هر جنس ده‌ها قورباغه را از جنگل‌ها جمع‌آوری کردند و در یک مرکز تحقیقاتی پرورش دادند. اما مردن قورباغه‌ها به هر دلیلی که بوده بسیار سریع‌تر از آن بود که زیست‌شناسان پیش‌بینی می‌کردند و قبل از اینکه زیست‌شناسان بتوانند طبق نقشه خود عمل کنند با موج نابودی قورباغه‌ها روبه‌رو شدند.

* * *

من در باره قورباغه‌های ال‌واله ابتدا در یک مجله علوم طبیعی برای کودکان (که برای فرزندانم خریده بودم) مطلبی خواندم. مقاله مربوط به قورباغه‌ها به تصاویر رنگی از قورباغه پانامایی و دیگر گونه‌های رنگارنگ مزین بود و داستان بلایی که بر سر قورباغه‌ها آمده بود و نیز تلاش زیست‌شناسان برای حل آن مشکل را تعریف می‌کرد. زیست‌شناسان امیدوار بودند که آزمایشگاه جدید مجهزی در ال‌واله به دست آورند که به‌موقع حاضر نشد. با وجود اینکه آن‌ها جایی برای مراقبت و پرورش این حیوانات نداشتند تلاش کردند تا شمار هر چه بیشتری از آن‌ها را نجات دهند. کاری که در نهایت انجام دادند این بود که قورباغه‌ها را در یک «هتل قورباغه» جا دادند! «یک هتل قورباغه باورنکردنی». این یک هتل واقعی بود که به تخت‌خواب و سرو صبحانه مجهز بود و اجازه می‌داد که از قورباغه‌ها در مجموعی از اتاق‌های اجاره‌ای، در مخزن‌هایی نگهداری شود.

این مقاله اشاره کرده بود که «قورباغه‌ها در سایه خدمات زیست‌شناسان از تسهیلات درجه یک بهره‌مند بودند، که شامل خدمتکار و خدمات معمول هتل می‌شد». بدین ترتیب برای قورباغه‌ها غذاهای تازه و خوشمزه می‌آوردند، «درواقع به قدری تازه که غذای‌شان می‌توانست از پشقاب بیرون بیفتد».

درست چند هفته بعد در باره «هتل شگفت‌انگیز قورباغه» در مقاله دیگری مربوط به قورباغه‌ها خواندم که به گونه دیگری تدوین شده بود. این مقاله که

در مجله گزارش‌های فرهنگستان ملی علوم به چاپ رسیده بود، توسط دو خزنده‌شناس نوشته شده بود. تیترا مقاله چنین بود: «آیا در بطن انقراض گسترده ششم هستیم؟ نگاهی از دریچه دوزیستان». مؤلفین، دیوید ویک، از دانشگاه «کالیفرنیا، برکلی» و وانس وره‌دنبورگ، از دانشگاه سانفرانسیسکو چنین نوشتند: «پنج انقراض گسترده عظیم در تاریخ حیات این سیاره وجود داشته است. این انقراض‌ها منجر به نابودی بنیادی تنوع زیستی شد». اولین انقراض گسترده در حدود ۴۵۰ میلیون سال قبل، در طی اواخر دوره /ورد/ویس^۴ رخ داد، یعنی در زمانی که موجودات زنده عمدتاً هنوز در آب‌ها زندگی می‌کردند. بزرگ‌ترین واقعه نابودساز در حدود ۲۵۰ میلیون سال قبل، در اواخر دوره پرمیان^۵ رخ داد و به مرز پاک کردن زمین از حیات رسید (از این واقعه گاهی تحت عنوان «مادر انقراض‌های گسترده»، یا «مرگ عظیم» یاد می‌شود). جدیدترین - و مشهورترین - انقراض گسترده در دوره کرتاسه^۶ پسین رخ داد که علاوه بر دایناسورها منجر به نابودی پلی‌سیه‌سورها^۷، ماسه‌سورها^۸، شاخ‌قوچی‌ها و تروسورها^۹ شد. ویک و وره‌دنبورگ معتقد بودند که انقراضی با ماهیت فاجعه‌بار مشابهی در میان دوزیستان در راه است. این مقاله قورباغه‌های کوهستانی پازرد را به تصویر می‌کشید که در حالتی ورم کرده روی صخره‌ها افتاده و همگی مرده بودند.

۴ Ordovician

۵ Permian

۶ plesiosaurs

۷ Mosasaurs خزندگان دریایی عظیم‌الجثه

۸ Pterosaurs خزنده - پرنده خونگرم



به طوری که متوجه شدم، مجلهٔ کودکان ترجیح داده بود به جای قورباغه‌های مرده تصاویری از قورباغه‌های زنده را منتشر کند و به انگیزهٔ خوشبینانهٔ مؤلفین در توصیف قورباغه‌های ساکن هتل نیز پی بردم. به عنوان خبرنگار کماکان فکر می‌کنم که این مجله ارتباط را پنهان کرده بود. واقعهای که از پانصد میلیون سال پیش فقط پنج بار رخ داده - یعنی از زمان ظهور اولین جانور مهره‌دار - باید بسیار نادر باشد. این حقیقت که واقعهٔ مشابه ششمی هم‌اکنون کمابیش در مقابل چشمان ما در شرف وقوع است، در نظر من تکان‌دهنده جلوه می‌کند. این داستان نیز - که سهمگین‌تر، سیاه‌تر و بسیار مهم‌تر هم هست - قطعاً ارزش گفتن دارد. اگر حق با ویک و وره‌دنبورگ باشد، ما انسان‌های زندهٔ کنونی نه تنها شاهد یکی از استثنایی‌ترین وقایع تاریخ حیات هستیم، بلکه خود مسبب آن هم هستیم. مؤلفین به این نتیجه رسیدند که

«یک گونهٔ ناچیز بدون آن که خود واقف باشد توانایی آن را یافته است تا مستقیماً سرنوشت خود و اغلب گونه‌های زیستی این سیاره را رقم بزند».

چند روز بعد از اینکه مقالهٔ ویک و وره‌دنبورگ را خواندم بلیطی به مقصد پاناما رزرو کردم.

* * *

مرکز حفاظتی دوزیستان ال‌واله در امتداد یک جادهٔ خاکی قرار دارد که از بازار بدون سقفی که مجسمه‌های قورباغه‌های طلایی را می‌فروختند زیاد دور نیست و به بزرگی دامپروری‌های حومهٔ شهر است. این مرکز فعالیت‌های خود را در گوشهٔ کوچکی در پشت یک باغ وحش خواب‌آلود برپا کرده است، درست در آن‌سوی قفس تنبل‌های بسیار خواب‌آلود. تمام ساختمان پر از مخازن هستند. مخازنی در کنار دیوار چیده شده‌اند و مخازن دیگری هم در وسط سالن قرار دارند، مثل قفسه‌های کتابخانه. مخزن‌های بلندتر توسط گونه‌هایی مثل قورباغه‌های درختی لمور اشغال شده است، که در قسمت‌های سایه‌دار جنگل زندگی می‌کنند؛ مخزن‌های کوتاه‌تر به گونه‌هایی مثل قورباغهٔ بزرگ‌سر رابر^۹ تعلق دارد، که تخم‌های خود را بر پشت‌شان حمل می‌کنند. ده‌ها مخزن به قورباغه‌های طلایی پانامایی آت‌لوپوس زه‌ته‌کی^{۱۰} اختصاص داده شده‌اند.

قورباغهٔ طلایی شیوهٔ راه رفتن خاصی دارد که آن را تا حدودی به فرد مستی شبیه می‌کند که بر روی یک خط راست راه می‌رود. آن‌ها اندام‌های باریک، پوزهٔ زرد رنگِ نوک تیز و چشمانی بسیار تیره دارند، گویی که از دریچهٔ این چشم‌ها دنیا را با دقت و احتیاط می‌نگرند. از ترس اینکه ساده‌اندیش قلمداد نشوم،

۹ Big-headed robber frog

۱۰ Atelopus zeteki

می‌گویم که این قورباغه‌ها باهوش به نظر می‌آیند. ماده‌ها در دنیای وحش در آب‌های جاری کم عمق تخم می‌گذارند، در حالی که نرها بر فراز صخره‌های پوشیده از خزه از حریم‌شان دفاع می‌کنند. در مرکز حفاظتی دوزیستان‌ال‌واله هر مخزن حاوی قورباغه‌های طلایی، مجهز به شلنگی است که آب جاری مخزن را تأمین می‌کند. این آب جاری قرار است تداعی‌گر زیستگاه طبیعی گذشته‌شان باشد تا قورباغه‌ها بتوانند در آنجا زندگی و تولید مثل کنند. در یکی از جایگزین‌های جریان آب، من متوجه درخشش یک تخم مرواریدمانند کوچک شدم. در آن نزدیکی کسی بر روی یک تخته سیاه یادداشتی گذاشته بود: «من تخم می‌گذارم!!»

مرکز حفاظتی دوزیستان‌ال‌واله کمابیش در مرکز حوزه قورباغه‌های طلایی قرار دارد، اما طراحی آن به گونه‌ای است که کاملاً جدا از دنیای بیرونی است. هیچ چیزی که ضدعفونی نشده باشد وارد نمی‌شود. قورباغه‌ها هم برای ورود باید در ابتدا با یک محلول ضدعفونی کننده تمیز شوند. بازدید کنندگان انسانی باید کفش‌های مخصوصی بپوشند و هیچ کیف و کوله پشتی و یا تجهیزاتی را که در محیط بیرون از آن‌ها استفاده می‌کنند با خود به داخل نیاورند. تمام آب‌هایی که وارد مخازن می‌شوند از فیلتر می‌گذرند و تصفیه می‌شوند. اقدامات حفاظتی این مرکز این احساس را ایجاد می‌کند که در یک زیردریایی یا شاید بیشتر در درون یک کشتی هستیم که در میان امواج شناور است.



یک قورباغه طلایی پانامایی (آته‌لوپوس زه‌ته‌کی)

مدیر مرکز حفاظتی دوزیستان ال‌واله یک فرد پانامایی است به نام ادگاردو گریفیث. گریفیث قدبلند و چهارشانه است، صورتی گرد و لبخندی گشاده دارد. او بر هر گوش خود یک گوشواره نقره دارد و یک خالکوبی بزرگ از اسکلت یک وزغ بر روی ساق پای چپش دارد. گریفیث، که در میانهٔ سومین دههٔ زندگی‌اش است، بخش اعظمی از دوران بلوغ خود را به دوزیستان ال‌واله اختصاص داده است و همسر آمریکایی‌اش را نیز - که به عنوان داوطلب گروه صلح به پاناما آمده بود - به مدافع قورباغه‌ها تبدیل کرده است. گریفیث اولین کسی بود که متوجه لاشهٔ قورباغه‌های کوچک منطقه شد و شخصاً در جمع‌آوری بخش زیادی از صدها دوزیستی که به هتل منتقل شدند، همکاری داشت (حیوانات زمانی به مرکز حفاظتی انتقال یافتند که ساختمان تکمیل شده بود). اگر مرکز حفاظتی نوعی کشتی باشد، گریفیث باید نوح آن کشتی باشد، اما قدمت خدمات او بسیار طولانی‌مدت‌تر از چهل روز است [مقایسه‌ای با کشتی نوح]، زیرا وظایف

گوناگونی به عهده گرفته است. گریفیث گفت که بخش مهمی از وظایفش شناخت یک به یک قورباغه‌ها بوده است و هر کدام از آن‌ها به اندازه یک فیل برایش ارزش دارد.

اولین باری که به مرکز حفاظتی آمدم، گریفیث نمونه‌هایی از گونه‌هایی را به من معرفی کرد که اکنون در دنیای وحش منقرض شده‌اند. این‌ها علاوه بر قورباغه‌های طلایی پانامایی شامل قورباغه‌های درختی رابز فرینگه لیمبدها^{۱۱} می‌شود، که اولین بار در سال ۲۰۰۵ شناخته شد.

زمانی که به مرکز حفاظتی رفتم، فقط یک قورباغه رابز در آنجا بود، پس امکان نجات فقط یک جفت نوح کاملاً از بین رفته بود. قورباغه قهوه‌ای، سبز با لکه‌های زرد حدود ۱۰ سانتیمتر قد داشت و پاهای بلندی داشت که به او ظاهر یک نوجوان بی‌حال را می‌داد. قورباغه‌های درختی رابز فرینگ لیمبدها در جنگل‌های بالای ال‌واله زندگی می‌کردند و تخم‌های خود را در شکاف درختان می‌گذاشتند. قورباغه‌های نر در یک نظم و ترتیب غیر معمول و شاید حتی منحصر به فرد به نوزادان‌شان اجازه می‌دهند پوست کمرشان را بخورند. گریفیث گفت که احتمالاً گونه‌های دیگر بسیاری از دوزیستان وجود داشته که آن‌ها نتوانستند، طی جمع‌آوری اولیه برای انتقال به مرکز حفاظتی، پیدا کنند، که اکنون نابود شده‌اند. از آنجا که بسیاری از این گونه‌ها برای علم ناشناخته ماندند، مشکل بتوان به شمار گونه‌های از دست رفته پی برد. این گونه‌های دوزیست متأسفانه قبل از شناسایی نابود شدند.

گریفیث گفت «حتی مردم معمولی در ال‌واله به این مسأله اشاره می‌کنند و می‌پرسند، چه اتفاقی برای این قورباغه‌ها افتاده است؟ ما دیگر صدای‌شان را نمی‌شنویم».



چند دهه پیش، هنگامی که اولین گزارش‌ها در مورد سقوط جمعیت قورباغه‌ها منتشر شدند، برخی از مطلع‌ترین افراد در این زمینه بیشترین تردید را داشتند. با این همه، دوزیستان جزو موفق‌ترین بازماندگان سیاره هستند. نیاکان قورباغه‌های امروزی ۴۰۰ میلیون سال قبل، از درون آب به بیرون خزیدند و اولین گونه‌های این‌ها در حدود ۲۵۰ میلیون سال پیش به دوزیستان کنونی بدل شدند: یکی از آن دسته‌ها شامل قورباغه‌ها و وزغ‌ها بود. دسته دوم شامل سوسمارهای آبی^{۱۲} و سمندرها و دسته سوم شامل موجودات عجیب بدون اندامی بود که کاسیلیان‌ها^{۱۳} نامیده می‌شود. این بدین معنا است که دوزیستان نه تنها قدیمی‌تر از پستان‌داران یا پرندگان، بلکه حتی قدیمی‌تر از دایناسورها هستند.

دوزیستان^{۱۴} از جهان آبی نشأت گرفته‌اند و اغلب‌شان هنوز پیوند نزدیکی با آب‌ها دارند. (مصریان باستان فکر می‌کردند که قورباغه‌ها محصول پیوند خشکی و آب، در طی طغیان سالانه رود نیل هستند). تخم قورباغه‌ها که فاقد پوسته است، باید مرطوب بماند تا رشد کند. قورباغه‌های زیادی هستند که، همچون قورباغه‌های طلایی پانامایی، در آب‌های جاری تخم می‌گذارند. قورباغه‌هایی در آبگیرهای موقت تخم‌گذاری می‌کنند. قورباغه‌های دیگری هم تخم خود را در زیر زمین می‌کارند، و انواعی هم هستند که تخم خود را در لانه‌هایی می‌گذارند که در کف آب ساخته‌اند. علاوه بر قورباغه‌هایی که تخم خود را بر پشت‌شان حمل می‌کنند، نوع دیگری هم هست که تخم‌ها را همچون نواری به دور پاهایش

۱۲ newts

۱۳ caecilians دوزیستان کرم‌مانندی که در زمین نقب می‌زنند و چشمان پیشرفته‌ای دارند، ولی فاقد دست و پا هستند - م.

۱۴ amphibian واژه دوزیستان یا آمفی‌بیان ریشه یونانی دارد، به معنای «زندگی دوگانه»

می‌پیچد. هر دوی این‌ها، که همین اواخر منقرض شدند، دو گونه متفاوت از قورباغه‌ها به‌شمار می‌آمدند، و تحت نام قورباغه‌های گاستریک برودینگ^{۱۵} شناخته می‌شدند، به این دلیل که تخم‌شان را به درون معده خود می‌فرستادند و قورباغه کوچکی را از طریق دهان‌شان متولد می‌کردند.

دوزیستان زمانی ظهور یافتند که تمام خشکی‌های روی زمین قسمتی از یک پهنه واحد، به نام پانجیا بود. بعد از آن که پانجیا به قاره‌های مختلف تجزیه شد، دوزیستان هم خود را با شرایط آن قاره‌ها سازگار کردند، به‌جز قطب جنوب. در سراسر دنیا تنها هفت هزار گونه شناسایی شده است و اگرچه بیشترین تعداد در جنگل‌های بارانی تروپیک وجود دارد، گاه‌گاهی دوزیستانی یافت شده که قادرند در بیابان زندگی کنند، مثل قورباغه شن‌زار^{۱۶} در استرالیا، و همچنین دوزیستانی وجود دارند که می‌توانند در مدار قطب شمال زندگی کنند، مثل قورباغه چوبی^{۱۷}. چندین قورباغه معمولی در آمریکای شمالی یافت شده که قادرند در زمستان یخ‌زده به بقاشان ادامه دهند، مثل اسپرینگ پیپر^{۱۸} و پاپسیکل^{۱۹}. تاریخ طولانی تکاملی این دوزیستان به گونه‌ای بوده که حتی گروه‌های دوزیستی که (از دیدگاه انسانی) تقریباً شبیه هم هستند، ممکن است از نظر ژنتیک متفاوت با هم باشند؛ در حد تفاوت میان خفاش‌ها و اسب‌ها.

دیوید ویک، یکی از نویسندگان مقاله، که مرا به پاناما فرستاد، جزو کسانی بود که در ابتدا گمان نمی‌کرد که این دوزیستان ناپدید شوند. این به سال‌های دهه ۱۹۸۰ برمی‌گردد. دانشجویان ویک از سفری که برای جمع‌آوری قورباغه‌ها

gastric-brooding ۱۵

sandhill frog ۱۶

wood frog ۱۷

spring peepers ۱۸

popsicles ۱۹

به سی‌یرا نوادا داشتند، دست‌خالی برگشتند. ویک دوران دانشجویی خود را در سال‌های دههٔ ۱۹۶۰ به خاطر می‌آورد که قورباغه‌های سی‌یرا از مردم فرار نمی‌کردند. او تعریف می‌کند: «ممکن بود کسی در میان چمن‌زارها قدم بزند و ندانسته روی آن‌ها پا بگذارد. آن‌ها همه جا بودند». ویک گمان می‌کرد که شاگردانش به محل اشتباهی رفته‌اند، یا اینکه دقیقاً نمی‌دانستند که به دنبال چه چیزی بگردند. سپس یک محقق فوق‌دکتری، با سال‌ها تجربهٔ جمع‌آوری به او گفته بود که دیگر نمی‌تواند دوزیستی پیدا کند. ویک به او گفت: «بسیار خب، من با شما می‌آیم و به‌طور آزمایشی با هم به چند مکان سرکشی می‌کنیم». من او را به آن مکان آزمایشی بردم و در آن‌جا فقط دو وزغ پیدا کردیم».

بخشی از آنچه که شرایط را اسرارآمیز کرده بود وضعیت جغرافیایی بود. به نظر می‌آمد که قورباغه‌ها فقط به دلیل افزایش جمعیت انسانی و تخریب زیست‌محیطی آن مناطق ناپدید نشدند، بلکه همچنین از مناطق دست‌نخورده هم برچیده شدند، مانند سی‌یرا و کوهستان‌های آمریکای مرکزی. در اواخر سال‌های دههٔ ۱۹۸۰ یک خزنده‌شناس آمریکایی به جنگل حفاظت‌شدهٔ مونته‌ورده کلاود در شمال کاستاریکا رفت تا به مطالعهٔ عادت‌های تولیدمثل وزغ‌های طلایی بپردازد. او دو فصل را صرف تحقیق در منطقه کرد. در جایی که وزغ‌ها به دفعات متعدد جفت‌گیری کردند، فقط یک نر مشاهده شد (وزغ طلایی که اکنون به عنوان منقرض شده طبقه‌بندی شده بود، در حقیقت به رنگ نارنجی روشن بود و فقط رابطهٔ دوری با قورباغهٔ پانامایی داشت و به دلیل وجود یک جفت غده در پشت چشم‌هایش بود که وزغ به حساب می‌آمد). تقریباً در همان زمان زیست‌شناسان در کاستاریکا متوجه شدند که جمعیت چندین قورباغهٔ بومی رو به سقوط گذاشته است. گونه‌های نادر و بسیار خاص در حال نابودی بودند و گونه‌های بسیار آشناتر نیز گرفتار همین سرنوشت شدند. وزغ جامباتو در اکوادور که اغلب در حیات‌خلوت‌ها دیده می‌شد، ظرف چند سال

ناپدید شد. و قورباغه جنوبی در شمال شرقی استرالیا هم، که روزی معمول‌ترین قورباغه منطقه بود، ناپدید شد.

اولین سرنخ در باره عامل اسرارآمیز کشنده‌ای که جان قورباغه‌ها را، از کوئینزلند تا کالیفرنیا تهدید می‌کرد - شاید به طنز و شاید جدی - به یک باغ‌وحش منتهی می‌شد. باغ‌وحش واشینگتن دی‌سی به گونه‌ای موفقیت‌آمیز طی نسل‌های زیادی تعداد قورباغه آبی نیزه، سمی^{۲۰} را تکثیر می‌کرد، که خاستگاه‌شان سورینام بود. سپس، از تعداد قورباغه‌های باغ‌وحش، که در مخزن پرورش می‌یافتند، هر روز کم می‌شد. آسیب‌شناس جانوری باغ‌وحش نمونه‌هایی از قورباغه‌های مرده را جمع‌آوری کرد و توسط یک میکروسکوپ الکترونی بررسی کرد و روی پوست آن‌ها موجودات ذره‌بینی عجیبی را کشف کرد، که متعلق به گروه قارچ‌های سمی چیتريد بودند.

قارچ‌های سمی چیتريد^{۲۱} تقریباً همه جا هستند، از نوک درختان گرفته تا اعماق زمین. این گونه خاص هرگز تا قبل از آن مشاهده نشده بود. در حقیقت، به‌قدری غیرمعمول بود که یک جنس زیستی کامل می‌بایست به وجود آید تا در درون خود به آن امکان زندگی بدهد. نام این گونه باتراچوچی‌تریوم دندروباتیدیس^{۲۲} است (به اختصار بی‌دی). باتراچوس معادل یونانی «قورباغه» است.

آسیب‌شناس جانوری نمونه‌های عفونی قورباغه‌های باغ‌وحش ملی را برای یک میکروب‌شناس قارچی در دانشگاه ماین فرستاد. میکروب‌شناس این قارچ را کشت و پرورش داد و به واشینگتن پس فرستاد. وقتی این قارچ سمی را در آزمایشگاه به قورباغه‌های سالم بلو پویزن دارت منتقل کردند، این قورباغه‌ها

^{۲۰} blue poison-dart frogs

^{۲۱} Chytrid fungi

^{۲۲} Batrachochytrium dendrobatidis

بیمار شدند و ظرف سه هفته مُردند. تحقیقات بعدی نشان دادند که بی‌دی از طریق جذب الکترولیت‌های بحرانی از راه پوست، قورباغه‌ها را مبتلا می‌سازد. ابتلای قورباغه‌ها به بی‌دی باعث درد و رنج شدید و نهایتاً مرگ از طریق حمله قلبی می‌شود.

* * *

شاید بهترین توصیف برای مرکز حفاظتی دوزیستان ال‌واله یک فعالیت جاری باشد. در هفته‌ای که من آنجا بودم یک گروه از داوطلبان آمریکایی هم آنجا بود و برای ترتیب دادن یک نمایشگاه کمک می‌کرد. قرار بود این نمایشگاه برای عموم باز باشد، پس به دلایل امنیت زیستی، فضای نمایشگاه می‌بایست جدا باشد و ورودی جداگانه خود را داشته باشد. در جاهایی که قرار بود محفظه‌های شیشه‌ای کار گذاشته شود، سوراخ‌هایی روی دیوارها بود، و کسی در اطراف سوراخ‌ها تصویری از یک چشم‌انداز کوهستانی کشیده بود که بسیار شبیه به آن مناظری بود که از بیرون پیدا بود. قسمت مهم نمایشگاه محفظه بزرگی بود، پر از قورباغه‌های طلایی، و داوطلبان سعی می‌کردند آشنایی برای‌شان درست کنند. اما دستگاه پمپ دچار اشکال بود و در منطقه‌ای که فاقد مغازه ابزارفروشی بود، به سختی می‌توانستند قطعات یدکی تهیه کنند. به نظر می‌رسید که داوطلبان وقت زیادی را در بطلان و انتظار تلف می‌کردند.

من هم همراه با آن‌ها وقت زیادی را تلف می‌کردم. همه داوطلبان، مثل خود گریفیث، به قورباغه‌ها عشق می‌ورزیدند. به طوری که فهمیدم، تعدادی از آن‌ها کارکنان باغ وحش بودند که در ایالات مختلف با دوزیستان کار می‌کردند (یکی از آن‌ها به من گفت که قورباغه‌ها ازدواج او را مختل کرده بودند). عشق و وفاداری برخی از داوطلبان تأثیر عمیقی در من گذاشته بود؛ همان عشقی که

باعث شده بود تا جایی برای قورباغه‌ها در «هتل قورباغه» دست و پا کنند و مرکز حفاظتی را تأسیس و اداره کنند، اگر چه آن را هنوز به‌طور کامل تکمیل نکره بودند. اما وقتی به حقیقت دردناکی فکر می‌کردم که در پشت آن تپه‌های سبز رنگ نقاشی شده و آبشارهای تقلبی نهفته بود، نمی‌توانستم جلوی احساساتم را بگیرم.

با توجه به اینکه تقریباً هیچ قورباغه‌ای در جنگل‌های اطراف ال‌واله باقی نمانده بود، جمع‌آوری و انتقال حیوانات به مرکز حفاظتی اکنون کاملاً به اجرا درآمده بود. هرچه قورباغه‌ها بیشتر در مرکز حفاظتی می‌ماندند، توضیح اینکه چرا اساساً آن‌ها زندگی خود را در آنجا سپری می‌کردند، دشوارتر می‌شد. معلوم شد که قارچ چیتريد برای زنده ماندن نیازی به دوزیستان ندارد. بدین معنی که حتی بعد از کشتن دوزیستان در منطقه‌ای، به زندگی خود ادامه می‌دهد و به عنوان قارچ چیتريد هر آنچه باید، می‌کند. بنابر این اگر به قورباغه‌های طلایی در مرکز حفاظتی اجازه داده می‌شد تا به تپه‌های واقعی اطراف ال‌واله برگردند، بیمار می‌شدند و از بین می‌رفتند (اگرچه قارچ‌ها می‌توانند با مواد سفیدکننده نابود شوند، اما ضدعفونی کردن تمام جنگل کاملاً غیرممکن بود). با هر کسی که در مرکز حفاظتی صحبت می‌کردم، می‌گفت که هدف مرکز نگهداری از حیوانات تا زمانی است که بتوانند آزاد شوند و حیات را به جنگل‌ها بازگردانند. اما همه می‌دانستند که حتی تصورش هم غیرممکن است.

پاول کرامپ خزنده‌شناس از باغ وحش هیوستون که پروژه آبشار را هدایت می‌کرد به من گفت «باید امیدوار باشیم که همه چیز به شکلی با هم جفت و جور شود. همه ما امیدوار شدیم که اتفاقی بیفتد تا بتوانیم همه چیز را هدایت کنیم، و همه چیز به حالت اول خود باز گردد. اما این گفته من الان کاملاً احمقانه به نظر می‌رسد».

گریفیث می‌گفت «نکته این است که بتوانیم همه چیز را به حالت اولش بازگردانیم، و من این را یک خیالبافی می‌دانم».

وقتی چیتريد سراسر ال‌واله را پوشاند، از پا نشست و به پیشروی به سمت شرق ادامه داد. اما از سمت مخالف، یعنی کلمبیا هم به پاناما نفوذ کرد. بی‌دی از ارتفاعات آمریکای جنوبی منتشر شد و در ادامه ساحل شرقی استرالیا را هم فرا گرفت، و سپس از نیوزیلند و تاسمانی هم گذشت. بی‌دی کارائیب را فرا گرفت و در ایتالیا، اسپانیا و سوئیس و فرانسه هم شیوع یافت. به نظر می‌رسد که از چند نقطه به ایالات متحده شیوع یافته، البته نه به صورت یک الگوی موج‌وار، بلکه به شکل سلسه‌ای از خرده امواج. در این مرحله، به نظر می‌رسد که بی‌دی غیر قابل کنترل باشد.



به همان شکل که مهندسان صوتی صحبت از «سروصدای پس‌زمینه»^{۲۳} می‌کنند، زیست‌شناسان هم از «انقراض پس‌زمینه»^{۲۴} [با انقراض طبیعی] سخن می‌گویند. در زمان‌های معمولی - زمان‌ها در اینجا به معنی تمامی عهدهای زمین‌شناسی است - انقراض فقط به صورت نادر اتفاق می‌افتد. میزان نابودی از میزان ظهور گونه‌های زنده جدید کم‌تر است. به این نابودی *میزان/انقراض طبیعی*^{۲۵} گفته می‌شود. این میزان نابودی در بین گروه‌های زیستی مختلف متفاوت است. اغلب انقراض را با واحد میلیون، گونه و سال محاسبه می‌کنند.^{۲۶}

۲۳ background noise

۲۴ background extinction نوعی از انقراض طبیعی است که بین یک تا پنج گونه در سال تخمین زده شده است - م.

۲۵ background extinction rate

۲۶ این معیار به تعداد انقراض‌هایی ارجاع دارد که انتظار می‌رود به صورت طبیعی صورت گیرد، که ده هزار گونه ظرف صد سال است - م.

محاسبه میزان انقراض طبیعی وظیفه دشواری است که مستلزم بررسی تمام اطلاعات و داده‌های برگرفته از سنگواره‌ها است. برای پستان‌داران، که گروهی است که شاید بهترین مطالعات روی‌شان انجام شده، میزان انقراض تقریباً ۲۵ در یک میلیون گونه زیستی در سال محاسبه شده است. منظور این است که با توجه به این که امروز در حدود ۵۵۰۰ گونه پستان‌دار وجود دارد، یک میزان انقراض طبیعی قابل انتظار معادل نابودی تقریباً یک گونه در هر هفت صد سال است.

انقراض‌های گسترده به گونه دیگری است. به جای نابودی‌های گاه‌گاهی، ما با یک فروریزی ناگهانی و یک میزان نابودی انفجارآمیز سروکار داریم. آنتونی هالام و پاول ویگنال، دیرین‌شناسان بریتانیایی، که در این باره مطالب زیادی نوشته‌اند، انقراض گسترده را همچون وقایعی توصیف می‌کنند که «زیستگاه‌های دنیا را در مقیاس گسترده و در زمانی ناچیز نابود می‌کنند. دیوید جابلونسکی انقراض گسترده را همچون «نقصان‌های چشم‌گیر در تنوع موجودات زنده» تعریف می‌کند، که به سرعت اتفاق می‌افتد، که «در ابعاد جهانی» رخ می‌دهند. مایکل بنتون، دیرین‌شناسی که در مورد دوران انقراض پریمیان پسین تحقیق کرده است، این را به درخت زندگی تشبیه می‌کند: «طی انقراض گسترده قسمت‌های زیادی از درخت بریده می‌شود، گویی که از طرف مهاجمان دیوانه تبر به دست مورد حمله قرار گرفته باشد». دیرین‌شناس پنجمی، به نام دیوید راوپ، می‌کوشد از زاویه قربانی به موضوع بنگرد: «خطر انقراض گونه‌های زیستی اغلب کم است. اما این وضعیت نسبتاً امن در مقاطع نادری تبدیل به وضعیتی بسیار خطرناک می‌شود. تاریخ حیات شامل دوره‌های طولانی ملالت‌آوری است که گاهی به وحشت می‌انجامد».



پنج انقراض بزرگ (که در سنگواره دریایی ثبت شده) منجر به سقوط گسترده تنوع زیستی شده است. اگر حتی یک گونه از یک خانواده زیستی جان سالم به در برد، نشان گر این است که بقای کل خانواده حفظ شده است. پس انقراض‌ها در سطح گونه‌ها بسیار گسترده‌تر هستند.

در دوران وحشت، گروه‌های جاندارانی که روزی مسلط بودند ممکن است در تمامیت خود ناپدید شوند یا به موقعیتی ثانوی تنزل یابند، گویی که جایگاه و نقش حیوانات تغییر کرده باشد. چنین ضایعات عظیمی دیرین‌شناسان را بر آن داشت تا فرض کنند که طی وقایع انقراض‌های گسترده - علاوه بر پنج انقراض گسترده - وقایع مشابه بسیار، اما در ابعاد کوچک هم رخ داده، که قانونمندی معمول بقاء را به تعلیق درآورده‌اند. شرایط چنان ریشه‌ای یا ناگهانی (یا هر دو باهم) تغییر می‌کنند که کارایی تاریخ تکامل محدود می‌شود. آن

عوامل ویژه‌ای که بیش‌ترین کارایی را برای مقابله با تهدیدات معمولی دارند، به‌واقع تحت چنین شرایط خارق‌العاده‌ای کارایی خود را از دست می‌دهند.

محاسبه دقیق‌ی از میزان انقراض طبیعی برای دوزیستان صورت نگرفته است، تا حدودی به این دلیل که سنگواره‌های دوزیستان بسیار کمیاب بوده‌اند. اما می‌توان تقریباً با قاطعیت گفت که این میزان کمتر از میزان انقراض پستان‌داران بوده است. شاید یک گونه دوزیست می‌توانست تقریباً در هر هزار سال یک‌بار منقرض شود. این گونه می‌توانست از آفریقا، آسیا و یا استرالیا بوده باشد. به عبارت دیگر، احتمال این که فردی بتواند شاهد وقوع چنین واقعه‌ای باشد قطعاً صفر است. گریفیث تاکنون شاهد انقراض چندین دوزیست بوده است. هر خزنده‌شناسی که مشاهدات نسبتاً زیادی در طبیعت داشته، بارها با انقراض‌هایی مواجه شده است (حتی خود من هم طی زمانی که مشغول تحقیق برای نوشتن این کتاب بودم، با یک گونه و نیز در پاناما با سه تا چهار مورد روبه‌رو شدم، که اکنون در طبیعت وحشی منقرض شده‌اند، مثل قورباغه طلایی پانامایی). جوزف مندلسون، خزنده‌شناس باغ‌وحش آتلانتا نوشت: «من به‌دنبال حرفه خزنده‌شناسی بودم، زیرا از کار با حیوانات لذت می‌برم. اما نمی‌توانستم پیش‌بینی کنم که این کار به دیرین‌شناسی شبیه باشد».

امروز دوزیستان به دلیل نامعلومی بیشتر از هر دسته حیوانی در جهان در معرض خطر انقراض هستند. تخمین زده شده است که احتمال انقراض این گروه می‌تواند به اندازهٔ چهل و پنج هزار بار بیشتر از میزان انقراض طبیعی باشد. اما درصد انقراض در میان گروه‌های دیگر به سطح انقراض دوزیستان نزدیک می‌شود. تخمین زده می‌شود که یک سوم تمام صخره‌های مرجانی، یک سوم تمام حلزون‌های آب شیرین، یک سوم کوسه‌ها و سفره‌ماهی‌ها، یک چهارم تمام پستان‌داران، یک پنجم تمام خزندگان و یک ششم تمام پرندگان نابود شوند. این تلفات در همه جا هستند: جنوب اقیانوس آرام، اقیانوس اطلس شمالی،

قطب شمال و ساحل، دریاچه‌ها و جزیره‌ها، کوهستان‌ها و دره‌ها. اگر بتوانید این را تشخیص دهید، شاید بتوانید نشان‌هایی از حوادث انقراض جاری را در حیات خلوت خود هم ببینید. ظاهراً دلایل متفاوتی برای نابودی گونه‌ها وجود دارد. اما اگر به حد کافی این روند را دنبال کنید، لزوماً به یک مجرم می‌رسید: «یک گونه لاغر و نحیف».

بی‌دی قادر است به تنهایی شیوع یابد. این قارچ بذرهایی ذره‌بینی با دم دراز و نازک تولید می‌کند که خود را در آب به جلو سوق می‌دهند و می‌توانند توسط جریان آب‌ها یا با رگبار باران در آبراه‌ها به فواصل دوردستی بروند (احتمالاً این نوع از انتشار باعث ایجاد آن چیزی شد که در پاناما خود را به صورت یک جابه‌جایی به سمت شرق نشان داد). اما این نوع از شیوع، آن‌هم کمابیش همزمان، نمی‌تواند پراکنده شدن این قارچ سمی در تمام بخش‌های دوردست دنیا را توضیح دهد - یعنی در امریکای مرکزی، آمریکای جنوبی، آمریکای شمالی و استرالیا. یک نظریه این است که بی‌دی با انتقال قورباغه آفریقایی پنجه^{۲۷} به سراسر دنیا شیوع یافت. از این قورباغه برای انجام آزمایش حاملگی در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ استفاده می‌شد (تزریق ادرار زن‌های حامله به قورباغه‌های آفریقایی پنجه ماده باعث می‌شد تا ظرف چند ساعت تخم بگذارند). به نظر نمی‌رسید که قورباغه‌های آفریقایی پنجه پس از این تزریق تأثیری منفی از بی‌دی گرفته باشند، اما عموماً مبتلا می‌شدند. یک نظریه دیگر این است که این قارچ‌ها با قورباغه‌های بول‌فراگ^{۲۸} آمریکای شمالی منتشر می‌شد، که گاه تصادفی و گاه عمدی وارد اروپا، آسیا و آمریکای جنوبی می‌شدند. این نوع از قورباغه‌ها اغلب برای مصرف انسان‌ها صادر می‌شدند. قورباغه‌های بول‌فراگ آمریکایی هم وسیعاً مبتلا به بی‌دی می‌شدند، اما به نظر نمی‌رسید

African clawed frog ۲۷

bullfrog ۲۸

که برای‌شان زیان‌آور باشد. نظریهٔ اول به «خارج از آفریقا» معروف شد و نظریهٔ دوم می‌بایست فرضیهٔ «سوپ پای قورباغه» نامیده شود.

در هر دو نظریه به یک منشأ واحد اشاره می‌شود. برای قورباغه‌ها غیرممکن می‌توانست باشد که به جز انتقال یافتن از طریق کشتی یا هواپیما بتوانند بی‌دی را از آفریقا به استرالیا یا از آمریکای شمالی به اروپا منتقل کنند. این نوع از جابه‌جایی فراقاره‌ای، که امروزه برای ما کاملاً عادی است، شاید در سه و نیم میلیارد سال تاریخ حیات موجودات زنده بی‌سابقه بوده است.



اگرچه بی‌دی اکنون در بخش اعظم پاناما پراکنده شده است، اما گریفیث هنوز گاه‌گاهی بیرون می‌رود و برای مرکز حفاظتی به دنبال دوزیستانی که هنوز زنده‌اند می‌گردد. من ملاقات خودم را طوری برنامه‌ریزی کردم که با یکی از این گشت و گذارهای جمع‌آوری همراه باشم و یک غروب را با او و دو تن از داوطلبان آمریکایی، که روی آبشار کار می‌کردند، هماهنگ کردم. ما به سمت شرق روانه شدیم و از آبراه پاناما گذشتیم و شب را در منطقه‌ای به اسم سه‌رو ازل، در میهمان‌خانه‌ای سپری کردیم که با حصار آهنی به بلندی ۲٫۵ متر احاطه شده بود. در سپیدهٔ صبح به ایستگاه جنگل‌بانی در ورودی پارک ملی چاکرس راندیم. گریفیث امیدوار بود ماده‌هایی از دو گونه بیابد، که در مرکز حفاظتی کم دارند. او مجوز جمع‌آوری را بیرون آورد و به کارمندان خواب‌آلودی که در پایگاه‌شان بودند، نشان داد. چند سگ گرسنه بیرون آمدند و اطراف کامیون را بو کشیدند.

پس از ایستگاه جنگل‌بانی، راه به یک سلسله چاله و مسیرهایی منتهی شد که با لاستیک خودروها گود شده بودند. گریفیث سی‌دی موسیقی جیمی هنریکس را در پخش‌صوت گذاشت و ما به دنبال ضربات آهنگ خود را تکان

می‌دادیم. جمع‌آوری قورباغه مستلزم تدارکات زیادی است، پس گریفیث دو نفر را برای حمل و نقل استخدام کرده بود. در آخرین مجتمع‌های مسکونی در روستای کوچک لوس آنجلس، سر و کله این دو مرد از غبار پراکنده شده در هوا پیدا شد. ما همچنان به راه‌مان ادامه دادیم، تا اینکه کامیون دیگر نمی‌توانست جلوتر برود. سپس همه بیرون آمدیم و ادامه مسیر را پیاده پیمودیم.

مسیر بر بستری از گل و لای قرمز رنگ در جنگل بارانی ادامه یافت. مسیر اصلی در هر چند متر با مسیر باریکی تلاقی می‌کرد. این مسیرها توسط مورچه‌های برگ‌چونده^{۲۹} ایجاد می‌شد تا طی میلیون‌ها یا میلیاردها رفت و آمد ذرات کوچک سبز را به لانه‌هاشان حمل کنند (این لانه‌ها، که شبیه به تپه‌های خاک اره بودند، می‌توانند مساحتی معادل یک پارک شهر را بپوشانند). یکی از داوطلبان آمریکایی به اسم کریس بدنارسکی، از باغ وحش هیوستون به من اخطار کرد که از مورچه‌های سرباز دوری کنم، زیرا فک خود را حتی تا بعد از مرگ‌شان بر روی ساق پایم باقی می‌گذارند. او گفت «آن‌ها واقعاً شما را می‌خورند». اما بدنارسکی تضمین کرد که «خوشبختانه آن‌هایی که می‌توانند واقعاً ما را بخورند کمیاب هستند». داوطلب آمریکایی دیگر، به اسم جان چاستین، از باغ وحش توله‌دو، تله‌ای با خود داشت تا از آن بر علیه مارهای سمی استفاده کند. صدای جیغ میمون‌های هاولر^{۳۰} (جیغ کش) از فاصله دور به گوش می‌رسید. گریفیث رد پای پلنگ‌های جگوار را روی خاک نرم به ما نشان داد.

پس از حدود یک ساعت به مزرعه‌ای رسیدیم که کسی درختانش را قطع کرده بود. مقداری ذرت نازک در حال روئیدن بود، اما کسی در اطراف نبود و نمی‌توانستم به درستی تشخیص دهم که آیا مزرعه به دلیل فقر خاک در آن

leaf-cutter ant ۲۹

Howler monkey ۳۰

جنگل بارانی رها شده بود یا صاحبش فقط برای یک روز آنجا را ترک کرده بود. صدای یک دسته بلبل سبز فضا را پر کرده بود. پس از چند ساعت دیگر، خود را در یک فضای باز یافتیم. یک مگس آبی رنگ مناطق تروپیک، که بال‌هایش به رنگ آبی آسمانی بود، در اطراف بال می‌زد. اتاقکی در آن مکان وجود داشت، اما به قدری درهم شکسته بود که همه ترجیح دادند بیرون بخوابند. گریفیت به من کمک کرد تا کیسه‌خوابم را آویزان کنم، که چیزی بود بین یک خیمه و یک قالی آویزانی، که به دو درخت بسته می‌شد. شکاف ته آن منفذ ورودی به کیسه‌خواب بود و در بالای آن حفاظی وجود داشت که قرار بود از ما در مقابل باران محافظت کند. وقتی به این کیسه‌خواب وارد شدم، احساس کردم که در یک تابوت خوابیده‌ام.

آن شب گریفیت با کمک یک اجاق گاز کوچک برنجی پخت. بعد از صرف غذا چراغ‌قوه‌های روی پیشانی خود را روشن کردیم و خود را به زحمت به کنار جریان آب رساندیم. بسیاری از دوزیستان در شب فعال هستند و تنها می‌توان آن‌ها را در تاریکی دید. این نکته به همان اندازه بغرنج است که به نظر می‌رسد. من از کیسه‌خوابم بیرون نیامدم و قانون شماره یک مربوط به امنیت جنگل را زیر پا گذاشتم: هیچ‌گاه به چیزی که نمی‌شناسی دست نزن. پس از چند اشتباه بدنام‌رسانی رطیلی را روی درختی در نزدیکی به من نشان داد که به اندازه مشت من بود.

جست‌وجوگران مجرب می‌توانند با انداختن پرتو نور در جنگل و گشتن به دنبال انعکاس نور از چشم قورباغه‌ها، آن‌ها را پیدا کنند. اولین دوزیستی که گریفیت با این شیوه پیدا کرد، یک قورباغه سان خوزه کوچران^{۳۱} بود که روی یک برگ نشسته بود. این گونه از قورباغه‌ها بخشی از یک خانواده بزرگ‌تر

هستند که گلاس فراگ^{۳۲} یا «قورباغه‌های شفاف» نامیده می‌شوند، زیرا از پوست نیم‌شفاف‌شان می‌شد اندام درونی‌شان را دید. این قورباغه شفاف خاص، سبزرنگ بود، با لکه‌های کوچک زرد. گریفیث یک جفت دست‌کش جراحی به‌دست کرد. سپس کاملاً بی‌حرکت ایستاد و ناگهان با یک حرکت شبیه پرندگان ماهی‌خوار به طرف قورباغه خیز برداشت و با دست آزادش شکم قورباغه را گرفت و او را در یک بطری پلاستیکی گذاشت. قرار بود که قورباغه در آزمایشگاه برای بی‌دی بازبینی شود، و چنانچه گونه مورد نظرشان نبود، دوباره آن را به طبیعت برگردانند و روی برگ بگذارند. سپس دوربینش را بیرون آورد. قورباغه بدون حرکت در لنز دوربین خیره شد.

ما کورمال به راه خود در تاریکی ادامه دادیم. یک نفر از ما نگاهی به یک قورباغه لوما رابر افتاد که رنگی نارنجی - قرمز داشت، مثل کف جنگل. همراه دیگری یک قورباغه وارزه‌ویچ^{۳۳} پیدا کرد، که به رنگ سبز روشن بود و شکلی شبیه به برگ داشت. گریفیث با تمام این حیوانات به یک روال معین عمل می‌کرد: به طرف‌شان خیز برمی‌داشت، شکم‌شان را می‌گرفت و از آن‌ها عکس‌برداری می‌کرد. در نهایت یک جفت قورباغه پانامایی رابر پیدا کردیم که به یک قورباغه آمپلکسوس^{۳۴} چسبیده بود، که نوعی جفت‌گیری دوزیستی بود. گریفیث این دو را به حال خودشان گذاشت.

یکی از دوزیستانی که گریفیث امید به گرفتنش را داشت قورباغه شاخدار کیسه‌دار^{۳۵} بود، صدایی متمایز داشت که شبیه بود به صدای بیرون پریدن چوب پنبه بطری شامپاین. وقتی که در گشت و گذار خود به میانه جریان رسیدیم،

glass frog ۳۲

Warzewitsch ۳۳

amplexus ۳۴

horned marsupial frog ۳۵

صدایی شنیدیم که به نظر می‌آمد که همزمان از چند جهت مختلف می‌آید. ابتدا حس می‌شد که از جایی در نزدیکی می‌آید، اما وقتی به آنجا نزدیک شدیم، به نظر می‌رسید که از جایی دورتر می‌آید. گریفیث شروع به تقلید آن صدا با لب‌هایش کرد. در نهایت به این نتیجه رسید که ما با ایجاد صدای شلپ شلپ در آب قورباغه‌ها را می‌ترسانیم. او به راهش ادامه داد و ما برای مدتی طولانی تا زانو در آب بی‌حرکت منتظر ماندیم. وقتی گریفیث بالاخره اشاره کرد تا نزدیک شویم، دیدیم که در مقابل قورباغه بزرگ زرد رنگی ایستاده‌ایم که انگشتان بلندی داشت و صورتش شبیه به جغد بود و روی یک شاخه درخت نشسته بود، که در سطح چشمان ما بود. گریفیث به دنبال قورباغه شاخدار کیسه‌دار ماده‌ای می‌گشت تا آن را به مجموعه مرکز حفاظتی اضافه کند. او بازویش را دراز کرد، قورباغه را گرفت و آن را پشت و رو کرد. این قورباغه فاقد آن کیسه‌ای بود که یک قورباغه ماده شاخدار کیسه‌دار دارد. گریفیث قورباغه را گرفت و در حالی که از آن عکس‌برداری می‌کرد زیر لب به قورباغه گفت «تو پسر قشنگی هستی». بعد آن را دوباره روی درخت گذاشت.

در حوالی نیمه شب به طرف اردوگاه برگشتیم. تنها حیوانی که گریفیث تصمیم گرفت با خود بیاورد دو قورباغه شکم‌آبی سمی^{۳۶} و یک سمندر سفید بود که گونه‌اش را نه خود او توانست شناسایی کند و نه دو آمریکایی همراه. آن دو قورباغه و سمندر در یک کیسه پلاستیکی قرار داده شدند، به همراه مقداری برگ، تا آن‌ها را مرطوب نگه دارد. من به این فکر می‌کردم که این قورباغه‌ها و زاده‌هایشان (اگر زاده‌هایی داشته باشند) و نیز زاده‌های آن زاده‌ها (اگر وجود داشته باشند) هرگز کف جنگل بارانی را لمس نخواهند کرد، اما می‌توانستند در مخازن شیشه‌ای ضد عفونی شده زندگی‌شان را سپری کنند. آن شب سپری شد و من در آن کیسه‌خواب تابوت مانند کابوس‌های ناخوشایند

پرتنش‌ی داشتم. اما تنها صحنه‌ای را که توانستم بعدها به خاطر آورم، آن قورباغهٔ
زرد روشن بود که سیگار می‌کشید.

فصل دوم

دندان‌های ماستودون

ماموت آمریکایی

انقراض می‌تواند اولین موضوعی باشد که کودکان امروزی باید با آن سر و کار داشته باشند. به کودکان یک‌ساله اسباب‌بازی دایناسورها را می‌دهند و کودکان دوساله حداقل تا حدی می‌فهمند که این موجودات پلاستیکی کوچک حیوانات بسیار بزرگی را نمایندگی می‌کنند. اگر این کودکان قابلیت یادگیری سریع را داشته باشند و هنوز پوشک به پا دارند می‌توانند توضیح دهند که زمانی انواع گوناگونی از دایناسورها وجود داشته و همگی در گذشته‌ای بسیار دور نابود شدند (پسران خود من، وقتی کوچک بودند، وقت زیادی را صرف می‌کردند تا تعدادی دایناسور را روی یک صفحه پلاستیکی جای دهند - که حکم جنگلی را در دوره جوراسیک یا کرتاسه داشت. صحنه روی پلاستیک سیلی از گدازه‌های آتشفشانی را نشان می‌داد که اگر آن را فشار می‌دادیم صدای خروشان مهیبی از خود بیرون می‌داد). تمام این‌ها به ما می‌گویند که انقراض به عنوان یک حقیقت آشکار خودنمایی می‌کند.

ارسطو یک مجموعه ده جلدی در باره تاریخ حیوانات نوشت، بدون آن که هیچ‌گاه به این امکان فکر کند که حیوانات در حقیقت دارای تاریخ هستند. کتاب تاریخ طبیعی، نوشته پلینی حاوی توضیحاتی در باره حیواناتی است که واقعی هستند و حیواناتی که افسانه‌ای هستند، اما هیچ توضیحی در باره حیواناتی که منقرض شده، در آن وجود ندارد. اندیشه انقراض در قرون وسطی یا رنسانس وجود نداشت، زیرا واژه «سنگواره» (فسیل) به هر آن چیزی نسبت

داده می‌شد که از زیر زمین بیرون می‌آمد (و واژه «سوخت سنگواره‌ای» از آن‌جا نشأت می‌گرفت). به‌طوری که آلكساندر پوپ در اثر خود با عنوان *مقاله‌ای در باره انسان* به آن اشاره کرد، نگرش حاکم در دوران روشنگری این بود که هر گونه‌ای حلقه زنجیری است از یک «زنجیر حیات» گسترده و به‌هم پیوسته:

هر چیزی تنها قسمتی از یک تمامیت شگفت‌انگیز است

که جسمش طبیعت است و روحش خداست

وقتی کارل لینیاس نظام نامگذاری دوبخشی جبری خود را معرفی کرد، تمایزی میان زنده و مرده قائل نشد، زیرا از زاویه نگرش او هیچ‌کدام لازم نبود. او در دهمین چاپ کتاب *نظام طبیعت* خود، که در سال ۱۷۵۸ منتشر شد، شصت و سه گونه سوسک اسکاراب^{۳۷}، سی و چهار گونه حلزون مخروطی^{۳۸} و شانزده گونه ماهی پهن^{۳۹} را فهرست کرد. و از میان تمام گونه‌های فهرست شده در این کتاب تنها یک گونه باقی مانده است.

این نگرش علیرغم وجود شواهد قابل توجهی که عکس آن را ثابت می‌کرد، به بقای خود ادامه داد. کنجکاوی در لندن، پاریس و برلین متوجه موجودات ناشناخته‌ای بود که کسی هرگز آن‌ها را ندیده بود. باقی‌مانده حیواناتی که اکنون به عنوان سه‌بندی‌ها^{۴۰}، بلمنایت‌ها^{۴۱} و شاخ‌قوچی‌ها شناسایی شده‌اند. پوسته سنگواره‌ای بعضی از این نمونه‌های آخر به اندازه چرخ یک کالسکه بزرگ بود. در قرن هجدهم استخوان‌های ماموت به گونه‌ای فزاینده راه خود را از سبیری

scarab beetle ۳۷

cone snail ۳۸

flat fish ۳۹

Trilobites گونه‌های دریایی از گروه بندپایان، شامل سر و سینه و دم و پوست سخت بودند. سه‌بندی‌ها جزو جانوران بی‌مهره بودند ۴۰

متعلق به دوران دیرینه‌زیستی بودند - م.

Belemnites گونه‌ای از گروه ماهی مرکب که اکنون منقرض شده - م. ۴۱

به اروپا باز کرد. این‌ها نیز به‌زور در مجموعه گنجانده شده بودند. استخوان‌های آن‌ها هم خیلی شبیه به استخوان‌های فیل‌ها بود. از آنجا که دیگر هیچ فیلی در روسیه معاصر باقی وجود نداشت، به این نتیجه رسیدند که استخوان‌ها باید متعلق به جانورانی بوده باشند که به‌طور گسترده به شمال هجوم آورده‌اند.

شاید اتفاقی نبود که واژه انقراض، نهایتاً در فرانسه انقلابی توسط روزنامه‌نگاری به اسم ژان لئوپارد نیکولاس فردریک کوویه ابداع شد و آن هم تا حدود زیادی با استناد به جانوری بوده که اکنون ماستودون آمریکایی، یا ماموت آمریکایی نام دارد. کوویه در تاریخ علم چهره دوگانه‌ای است. او از معاصرین خود بسیار جلوتر بود و بسیاری از آن‌ها را هم پشت سر خود گذاشت. او می‌توانست هم چهره جذابی باشد و هم شرور. هم‌زمان آینده‌نگر و ارتجاعی بود. اندیشه‌های او در نیمه قرن نوزدهم بی‌اعتبار شدند. اما جدیدترین کشفیات آن نظریاتی را که بیش از همه زیر سؤال رفته‌اند، تأیید می‌کنند، و چنین نتیجه‌گیری می‌کنند که چشم‌انداز اساساً غم‌انگیز کوویه از تاریخ زمین پیامبرانه بوده است.



دقیقاً معلوم نیست که اروپائیان چه زمانی استخوان‌های ماستودون آمریکایی را کشف کردند. یک دندان جداگانه که در منطقه‌ای در شمال نیویورک از زیر خاک بیرون آمد، در سال ۱۷۰۵ به لندن فرستاده شد و نام «دندان عظیم» بر آن نهاده شد. اولین استخوان‌های ماستودون در سال ۱۷۳۹ کشف شد. علیرغم این‌که جایگاه زمانی آن‌ها نامشخص بود، اما در هر حال در رده تحقیق علمی جای گرفت. همان سال شارل لو موآن به همراه بارون لونگوی و صد گروهان نظامی به /وهایو ریور سفر کرد. در این سفر برخی، مثل خود او، فرانسوی بودند،

اما اکثر آن‌ها سرخپوستان اهل الگونیکی و ایروکوایی^{۴۲} آمریکای شمالی بودند. این سفر دشواری بود با تدارکات محدود. یک سرباز فرانسوی بعدها می‌توانست به خاطر آورد که گروهان ناچار بود با خوردن بلوط شکم خود را سیر کند. زمانی در پاییز لونگوی و گروهانش در ساحل شرقی اوهایو اردو زدند، که چندان دور از شهر سین‌سیناتی کنونی نبود. چندین آمریکایی بومی شروع به شکار کردند. کیلومترها دورتر از آنجا به ناحیه‌ای باتلاقی رسیدند که بوی گوگرد می‌داد. رد پای گاوهای وحشی از هر طرف به باتلاق منتهی می‌شد و صدها یا شاید هزاران استخوان بزرگ، که به الوار بقایای کشتی شباهت داشت، از درون باتلاق بیرون زده بود. این مردان در بازگشت، استخوان رانی به طول بیش از یک متر، یک عاج بزرگ و چندین دندان بزرگ را با خود به اردوگاه آوردند. ریشه‌ی این دندان‌ها به اندازه‌ی دست یک انسان بود و وزن هر کدام به حدود ۴٫۵ کیلو می‌رسید.

لونگوی به‌قدری شیفته‌ی آن استخوان‌ها شده بود که به گروهانش فرمان داد تا بعد از جمع کردن اردو آن‌ها را با خود بیاورند. افراد گروهان ناچار بودند مقادیر زیادی عاج و استخوان و دندان‌های بلند ماموت را از میان مناطق وحشی با خود حمل کنند. بالاخره به رود میسی‌سیپی رسیدند و در آنجا به گروهان فرانسوی دومی برخوردند. طی ماه‌های بعد بسیاری از مردان لونگوی به دلیل بیماری تلف شدند و تهاجمات نظامی علیه سرخپوستان منطقه به شکست و حقارت انجامید. با این وجود، لونگوی از استخوان‌ها محافظت کرد. او با تمام آن عاج‌ها، استخوان‌ها و دندان‌ها به نیواورلئان رفت و از آنجا با کشتی راه فرانسه را در پیش گرفت. محموله‌ها نزد لویی پانزدهم برده شد و او هم آن‌ها را در کابینه‌ی پادشاهی موزه‌ی سلطنتی خود گذاشت. طی دهه‌های بعدی نقشه‌های دره‌ی اوهایو ریور هنوز عمدتاً خالی بودند، به‌جز منطقه‌ای که در آن استخوان‌های فیل را

یافته بودند (امروزه این منطقه پارک دولتی کنتاکی است و به بیگ بون لیک^{۴۳} شهرت دارد).

استخوان‌های لونگوی تعجب تمام کسانی را به آن‌ها نگاه می‌کردند، برمی‌انگیخت. به نظر می‌رسید که استخوان ران و عاج کشف شده متعلق به یک فیل بوده باشند، یا - بر اساس طبقه‌بندی‌های علمی آن زمان - متعلق به حیوان دیگری شبیه به فیل بوده باشد، مثلاً ماموت. اما دندان‌های یافت شده برای‌شان معما بود، زیرا در هیچ طبقه‌بندی نمی‌گنجید. سطح دندان‌های فیل‌ها (و نیز ماموت‌ها) تخت است، با لبه‌های باریک که از طرفی به طرف دیگر امتداد دارند، به‌طوری که سطح جویدن شبیه به کف یک کفش مخصوص دوندها است. اما مرکز دندان‌های ماستودون‌ها گود است. در حقیقت، به نظر می‌رسید که متعلق به انسان‌های غول‌پیکر باشند. اولین طبیعت‌شناس، به نام ژان اتی‌ین گتار، حتی حاضر نشد خاستگاه آن را حدس بزند.

او در نامه‌ای که برای فرهنگستان سلطنتی علوم فرانسه، در سال ۱۷۵۲ فرستاد، با لحنی آشفته پرسید «پس این متعلق به کدام حیوان است؟»

لوئی ژان ماری دوبانتون، مسئول وزارت پادشاهی در سال ۱۷۶۲ سعی کرد معمای این دندان عجیب را با این توضیح حل کند که «حیوان ناشناس اوهایو» اصلاً یک حیوان نیست، بلکه دو حیوان است. عاج‌ها و استخوان ران متعلق به فیل هستند، و دندان‌ها از موجود کاملاً متفاوتی می‌آیند. شاید او فکر می‌کرد که این موجود متفاوت اسب آبی باشد.

تقریباً در همان زمان بستۀ دیگری از محمولۀ استخوان ماستودون به اروپا فرستاده شد، این بار به لندن. این محموله نیز از بیگ بون لیک آمده بود، که همان الگوی عجیب را داشت و شبیه به استخوان‌ها و عاج‌های فیل بودند و

دندان‌ها پوشیده از گره‌ها و برآمدگی‌هایی بودند. ویلیام هانتز، پزشک ملازم دربار ملکه توضیحات دوبانتون را فاقد کیفیت علمی خواند. او توضیح متفاوتی ارائه داد: فقط نیمهٔ اول توضیحات دوبانتون درست است (استخوان ران و عاج‌ها متعلق به فیل است).

او گفت «فیل آمریکایی فرضی حیوان کاملاً جدیدی است که برای کالبدشناسان ناشناخته است». دندان‌های ترسناکش نشان می‌دهند که حیوان گوشتخواری بوده است. او نام این حیوان آمریکایی را ناشناس^{۴۴} گذاشت.

طبیعت‌شناس برجستهٔ فرانسوی، ژرژ لوئی لاکلرک (کنت دو بوفون) بر این بحث پیچیدگی بیشتری داد و گفت که اندام‌های یافت‌شده نه به یک یا دو حیوان، بلکه متعلق به سه حیوان هستند یکی از آن‌ها متعلق به فیل است، دومی به یک اسب آبی و سومی به یک گونهٔ دیگر که هنوز ناشناخته است. بوفون با سردرگمی ادعا کرد که این اندام آخر (که از همه بزرگ‌تر بود) باید متعلق به یک موجود منقرض‌شده باشد. فرضیهٔ او این بود که این تنها جانور خشکی است که نابود شده است.

در سال ۱۷۸۱ پای توماس جفرسون به این مشاجره کشیده شد. او درست پس از آن که حاکمیت دولتی را ترک کرد در اثری به نام *یادداشت‌هایی بر دولت ویرجینیا* چشم‌انداز خودش را از این ناشناخته ارائه داد. او با بوفون موافق بود که این حیوان بزرگ‌ترین هیولا است، که پنج تا شش برابر بزرگ‌تر از یک فیل است (این نگرش نظریه پذیرفته شدهٔ عمومی در اروپا در آن زمان را زیر سؤال می‌برد، که حیوانات نیویورک کوچک‌تر و رو به زوال‌تر از حیوانات قدیمی هستند). جفرسون با هانتز موافق بود که این موجود شاید گوشتخوار بوده است. اما هنوز جایی در آن مناطق به زندگی ادامه می‌دهد. اگر این جانور در ویرجینیا

یافت نمی‌شود، به این دلیل است که در آن بخش‌هایی از قاره می‌زیسته که «در وضعیت اولیه خود حفظ شدند و کشف نشدند و مورد تعرض قرار نگرفتند». وقتی جفرسون، در مقام رئیس‌جمهور، مری‌ودر لوئیس و ویلیام کلارک را به شمال غربی فرستاد، امیدوار بود که بتوانند این جانوران ناشناس را به صورت زنده، پرسیه‌زنان در جنگل‌هاشان بیابند.

او نوشت: «چنین است اقتصاد طبیعت، که اگر قرار بود طبیعت اجازه دهد که گونه‌ای از حیواناتش نابود شود، آن گونه آفریده نمی‌شد؛ و این بدین معنی است که طبیعت در کار عظیم آفرینش خود چنان پیوند ضعیفی ایجاد کرده که به اضمحلال گرائیده است».



نیم قرن بعد از کشف بقایای اوهایو والی، کوویه در اوایل سال ۱۷۹۵ به پاریس رسید. او جوان بیست و پنج ساله‌ای بود با چشمان آبی رنگ جدا از هم و بینی برجسته و خلق و خوی آرامی که او را با جلوه‌های خارجی زمین پیوند می‌داد، اما قابلیت این را هم داشت که به شدت از کوره در رود. کوویه در شهرک کوچکی در مرز سوئیس بزرگ شد و روابطی محدود با پایتخت داشت. با این وجود توانسته بود، از یک طرف به لطف کنار رفتن رژیم قدیمی و از طرف دیگر به دلیل عزت نفس والای خود اعتباری کسب کند. یک همکار قدیمی می‌توانست بعدها او را چنین توصیف کند که «همچون قارچ» از پاریس سر برآورد.

کار کوویه در موزه تاریخ طبیعی پاریس - جانشین دمکراتیک کابینه پادشاهی - رسماً آموزش بود. اما در اوقات فراغت خود در کلکسیون موزه کاوش می‌کرد. او ساعات زیادی را وقف مطالعه استخوان‌هایی می‌کرد که لونگوی برای

لویی پانزدهم فرستاده بود و آن‌ها را با نمونه‌های دیگر مقایسه می‌کرد. در چهارم آوریل - یا بر حسب تقویم انقلابی جاری آن زمان، در ۱۵ ژرمینال سال چهارم - کوویه حاصل بررسی‌های خود را در یک سخنرانی عمومی ارائه داد.

کوویه با بحث در بارهٔ فیل‌ها شروع کرد. اروپائیان از مدت‌های طولانی گمان می‌کردند که فیل‌های آفریقایی خطرناکند، اما فیل‌هایی که در آسیا زندگی می‌کنند رام‌تر هستند. اما فیل‌ها کماکان فیل قلمداد می‌شدند، مثل سگ‌ها، که علیرغم رام یا وحشی بودن‌شان باز هم سگ هستند. کوویه با عزیمت از نتیجهٔ بررسی‌هایش از بقایای فیلی که در موزه داشتند، مجموعه‌ای از سیلان را، که به خوبی حفظ شده بود، با یک مجموعهٔ دیگر از کیپ آو گود هوپ، مقایسه کرد و به‌درستی تشخیص داد که آن دو مجموعه متعلق به دو گونهٔ متفاوت هستند.

کوویه اعلام کرد که «روشن است که تفاوت میان فیل سری‌لانکایی با فیل آفریقایی بیشتر از تفاوت میان اسب با الاغ و یا تفاوت میان بز با گوسفند است». دندان‌های حیوانات مختلف جزو شاخص‌ترین اندام‌های آن‌ها هستند. فیل‌های سری‌لانکایی دندان‌هایی داشتند که روی‌شان شیارهای موجدار وجود داشت، «همچون نوارهای آراسته»، در حالی که فیل‌های منطقهٔ کیپ دندان‌هایی با شیارهایی به شکل الماس داشتند. اگر به حیوانات زنده نگاه کنیم، نمی‌توانیم این تفاوت را ببینیم (چه کسی می‌خواهد به داخل گلوی یک فیل نگاه کند؟) کوویه می‌گفت «جانورشناسی این کشف جالب را فقط مدیون کالبدشناسی است».

پس از این که کوویه به شیوه‌ای موفقیت‌آمیز فیل را به دو گونه تقسیم کرد، به تجزیه و تحلیل خود ادامه داد. او پس از «تحقیقی دقیق» شواهد مربوط به نظریهٔ پذیرفته شده در مورد خاستگاه استخوان بزرگ در روسیه را زیر سؤال برد. دندان و فک یافت شده در سیبری «دقیقاً شبیه به دندان و فک فیل

نیست»، بلکه متعلق به گونهٔ دیگری است. تا جایی که به دندان‌های جانور اوهایی مربوط می‌شود، خوب، یک نگاه ساده «کافی است تا نشان دهد که تفاوت‌شان باز هم بیشتر است». او این سؤال را مطرح کرد که «چه اتفاقی برای این دو جانور عظیم‌الجثه افتاده است که دیگر اثر زنده‌ای از آن‌ها وجود ندارد؟» پاسخ در چگونگی تدوین سؤال کوویه نهفته بود. این‌ها گونه‌هایی نبود شده هستند. کوویه از همان موقع تعداد مهره‌داران منقرض شده را دوبرابر کرد و آن را از (احتمالاً) یک به دو رساند. او می‌خواست این را ادامه دهد.

چند ماه قبل کوویه طرح‌هایی از یک اسکلت دریافت کرد که در سواحل ریو لوخان، در غرب بونس آیرس کشف شده بود. این اسکلت، که به درازای بیش از سه متر و نیم، و بلندی بیش از یک متر و هشتاد سانتیمتر بود، به مادرید منتقل شد و در آنجا به دقت روی هم سوار شد. کوویه با حرکت از اسکلت، صاحب آن را یک‌بار دیگر شناسایی کرد، که به درستی یک گونهٔ تنبل عظیم‌الجثهٔ بیگانه بود. او آن را مگاتریوم یعنی «جانور عظیم‌الجثه» نامید. اگرچه کوویه هیچ‌گاه به این منظور به آرژانتین، به مکانی دورتر از آلمان سفر نکرده بود، اما متقاعد بود که این مگاتریوم دیگر در سواحل آمریکای جنوبی پرسه نمی‌زند، زیرا هم‌اکنون منقرض شده است. همین امر در مورد جانوری صدق می‌کند که ماستریخت نامیده می‌شد. بقایای این جانور - یک آروارهٔ بزرگ و نوک‌تیز، با سری پهن و دندان‌هایی کوسه‌مانند - در یک معدن هلندی یافت شد (سنگوارهٔ ماستریخت اخیراً توسط فرانسوی‌هایی اندازه‌گیری شده که هلند را در سال ۱۷۹۵ اشغال کرده بودند).

کوویه اعلام کرد که اگر چهار گونهٔ منقرض شده یافت شده، پس باید شمار گونه‌های منقرض شده بیشتر باشد. با توجه به شواهد موجود، این تفکری جسورانه محسوب می‌شد. او بر پایهٔ چند استخوان متفرقه به یک زاویهٔ نگرش

جدید به زندگی رسیده بود. گونه‌هایی وجود داشته‌اند که اکنون منقرض شده‌اند و این نه پدیده‌ای منفرد، بلکه گسترده است.

کوویه گفت «تمام این شواهد هم‌پیوسته هستند و در هیچ رابطه‌ای متناقض نیستند، و این در نظر من اثباتی است بر وجود جهانی قبل از جهان ما. اما این زمین اولیه چه بود؟ و چه انقلابی قادر بود آن را نابود کند؟».



موزه تاریخ طبیعی از زمان کوویه به بعد به مؤسساتی در عرصه‌های گوناگون گسترش یافته، با بخش‌هایی تابع، که در تمام فرانسه پراکنده‌اند. بناهای اصلی آن هنوز شکل باغ‌های سلطنتی قدیمی در قسمت پنجم را حفظ کرده‌اند. کوویه فقط در موزه کار نمی‌کرد، بلکه در اکثر دوران بلوغش در یک بنای تاریخی زندگی کرده که بعدها به مکان‌های اداری تبدیل شد. در مجاورت آن بنا اکنون رستورانی وجود دارد و در کنار آن باغ وحشی است که همان روزی که من از آن دیدن کردم، چند کانگورو روی چمنزار حمام آفتاب می‌گرفتند. در میان باغ سالن بزرگی قرار دارد که کلکسیون دیرین‌شناسی موزه را در خود جای می‌دهد.

پاسکال تاسی مدیر موزه است و در حیطة فیل‌سانان یا پروباسیدیان‌ها تخصص دارد (گروهی که از جمله شامل فیل‌ها و خویشاوندان منقرض شده آن‌ها است، مثل ماموت‌ها، ماستودون‌ها و گامپادرس‌ها^{۴۵}). من به دیدار او رفتم، زیرا قول داده بود که همان استخوان‌هایی را که کوویه روی‌شان کار می‌کرد، به من نشان دهد. من تاسی را در دفتر کار کم نورش یافتم، که در زیرزمین، زیر سالن دیرین‌شناسی، در میان یک فضای حاوی مجسمه‌های باستانی قرار داشت.

دیوارهای این دفتر به جلد کتاب‌های خنده‌دار تن‌تن مزین بود. تاسی برایم تعریف کرد که وقتی هفت ساله بوده تصمیم گرفت تا دیرین‌شناس شود، و این به دنبال خواندن یک ماجرای تن‌تن در بارهٔ یک حفاری بود.

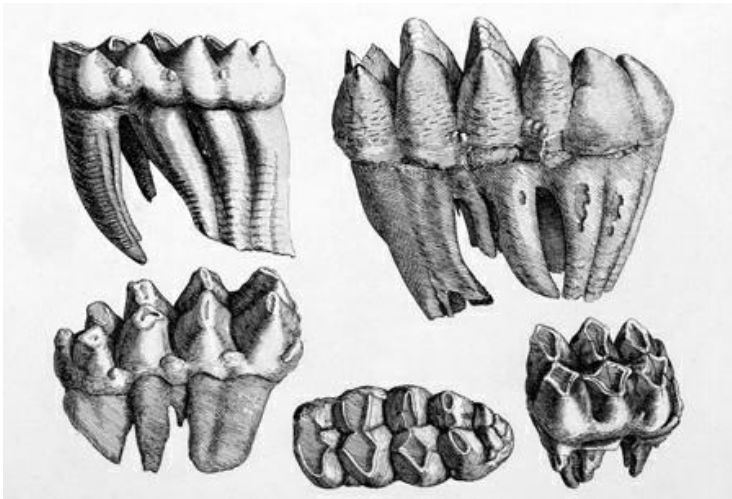
ما مدتی در بارهٔ فیل‌سانان با هم گپ زدیم. او می‌گفت «این مجموعهٔ شگفت‌انگیزی است. مثلاً خرطوم، که در محدودهٔ آناتومی چهره دستخوش تغییر شده، حقیقتاً خارق‌العاده است و به‌طور جداگانه پنج بار تکامل یافت. دو بار تحول هم می‌توانست عجیب باشد. اما این تحول پنج بار رخ داد و به‌طور مستقل! ما ناچار شدیم پس از بررسی سنگواره‌ها این را بپذیریم». تاسی گفت، ظرف پنجاه و پنج میلیون سال گذشته ۱۷۰ گونه از فیل‌سانان تا کنون شناسایی شده‌اند. «و مطمئنم که این شناخت تا کنونی ما اصلاً کامل نیست».

به طبقهٔ بالا رفتیم و از یک قسمت مکمل دیدن کردیم، که با قسمت انتهایی سالن دیرین‌شناسی مرتبط بود و به آشپزخانهٔ یک کشتی شباهت داشت. تاسی در اتاق کوچکی را باز کرد که پر از قفسه‌های فلزی بود. در نزدیکی در ورودی چیزی قرار داشت که تا قسمتی با پلاستیک پوشانده شده بود و به یک جای چتر شباهت داشت. تاسی توضیح داد که این پای یک ماموت پشمالو است، که در یک جزیره در شمال سیبری پیدا شد، که یخ زده و خشکیده بود. وقتی من از نزدیک به آن نگاه کردم، متوجه شدم که پوست این پا به هم دوخته شده بود، مثل یک کفش چرم‌دوخت. موی این پا قهوه‌ای تیره بود و به نظر می‌رسید که حتی پس از بیش از ده هزار سال تقریباً به‌طور کامل کیفیت خود را حفظ کرده بود.

تاسی یکی از قفسه‌های فلزی را باز کرد و محتویات آن را روی یک میز چوبی گذاشت. این‌ها دندان‌هایی بودند که لونگوی از اوهایو ریور آورده بود، که بسیار بزرگ بودند و تیره شده بودند.

تاسی گفت «این مونالیزای دیرین شناسی است» و به بزرگ‌ترین آن‌ها اشاره کرد و ادامه داد «آغاز همه چیز. این باورنکردنی بود، زیرا کوویه خودش طرح این دندان را کشید. او با دقت آن‌ها را بررسی می‌کرد». تاسی به شماره‌های اولیه فهرست‌نامه اشاره کرد، که در قرن هجدهم روی دندان نوشته شده بودند، اما به قدری محو شده بودند که به سختی قابل تشخیص بودند.

من بزرگ‌ترین دندان را برداشتم. واقعاً چیز قابل توجهی بود. طول آن حدود بیست، و عرضش حدود ده سانتیمتر بود و تقریباً به اندازه یک آجر، و کمابیش به همان سنگینی بود. روی سطح آن پوشیده بود از چهار مجموعه نوک تیز. مینای این دندان هنوز تا حدود زیادی سالم مانده بود. ریشه‌ها به قطر طناب بودند و تشکیل یک توده محکم به رنگ قهوه‌ای مایل به قرمز را می‌داد.



این طرح دندان ماستادون همراه با توضیح کوویه است که در سال ۱۸۱۲ چاپ شد.

از چشم‌انداز تکاملی، در واقع هیچ چیز عجیبی در دندان‌های ماستودون‌ها نیست. دندان ماستادون، مثل دندان تمام پستان‌داران دیگر، حاوی یک هسته عاجی است که توسط یک قشر سخت‌تر، اما شکننده مینای دندان احاطه شده است. در حدود سی میلیون سال پیش، در زنجیره فیل‌سانانی که به ماستادون‌ها منتهی شد، انشعاب ایجاد شد و ماموت‌ها و فیل‌ها به وجود آمدند. فیل‌ها نهایتاً دندان‌های خود را به گونه‌ای ظریف‌تر تکامل دادند، که مرکب بود از سطوحی پوشیده از مینا، به شکل قرص نان. حاصل این تغییرات، دندان بسیار سخت‌تری شد و این به ماموت‌ها (و فیل‌ها) اجازه داد تا بتوانند از خوراک غیرمعمول‌تر و فرساینده‌تر هم استفاده کنند. در این اثناء ماستادون‌ها (همچون انسان‌ها) تقریباً همان دندان‌های اولیه خود را حفظ کردند و به جویدن ادامه دادند. البته همان‌طور که تاسی به آن اشاره کرد، چشم‌انداز تکاملی دقیقاً همان است که کوویه نادیده گرفته بود، و این دستاوردهایش را به طرقی بسیار تحسین‌برانگیزتر می‌کند.

تاسی گفت «درست است که او اشتباهاتی داشت، اما اغلب کارهای فنی او پرشکوه بودند. او واقعاً یک کالبدشناس خارق‌العاده بود».

پس از اینکه کمی بیشتر دندان ماستادون را بررسی کردیم، تاسی مرا به سالن دیرین‌شناسی هدایت کرد. در نزدیکی ورودی، استخوان رانی که توسط لونگوی به پاریس فرستاده شده بود، روی پایه‌ای سوار شده بود. این استخوان به پهنای یک حصار بود. محصلین فرانسوی، مملو از شور و هیجان، از کنار ما گذشتند. تاسی یک دسته‌کلید بزرگ با خود داشت که از آن برای باز کردن کسوه‌های مختلف یک قفسه شیشه‌ای استفاده می‌کرد. او دندان ماموت، و قسمت‌هایی از دیگر گونه‌های منقرض شده را به من نشان داد که کوویه، به عنوان اولین فرد، آن‌ها را شناسایی و بررسی کرده بود. سپس مرا برای دیدن حیوان ماستریخت هدایت کرد، که تا به امروز هنوز یکی از معروف‌ترین

سنگواره‌های دنیا است (با وجود این که هلند به کرات خواستار بازگرداندن آن شده، اما فرانسه آن را برای بیش از دو قرن نزد خود نگاه داشته است). در قرن هجدهم کسانی گمان می‌کردند که سنگواره ماستریخت متعلق به یک تمساح عجیب باشد و کسان دیگری هم آن را متعلق به یک نهنگ دنداندار می‌دانستند. کوویه احتمالاً آن را نهایتاً (و باز به درستی) مربوط به یک خزنده دریایی می‌دانست (این موجود بعدها موزاسار^{۴۶} نام گرفت).

در حوالی وقت ناهار به اتاق کار تاسی برگشتیم. من از میان باغ راه رستورانی را که در نزدیکی خانه قدیمی کوویه بود، پیش گرفتم، زیرا حس می‌کردم می‌خواهم در آن رستوران غذا بخورم. من از روی فهرست غذاها، خوراک کوویه را به عنوان پیش‌غذا، و همچنین یک دسر انتخاب کردم. وقتی مشغول خوردن دسر شدم، که یک کیک خوشمزه پر از خامه بود، احساس کردم که زیادی خورده‌ام. به یاد توضیحی در مورد کالبد کالبدشناس افتادم که قبلاً خوانده بودم. کوویه در طی انقلاب لاغر بود. اما طی سال‌هایی که در زیرزمین موزه زندگی می‌کرد چاق‌تر و چاق‌تر می‌شد، تا این که در اواخر زندگی‌اش بسیار چاق شده بود.



کوویه در سخنرانی خود در باره «گونه‌های زنده و سنگواره فیل‌ها»، موفق شد مقوله انقراض را به عنوان یک واقعیت به اثبات برساند. اما عجیب‌ترین ادعایش - مبنی بر این که دنیای کاملی وجود داشته مملو از گونه‌های منقرض شده - به جایی نرسید. اگر چنین جهانی به واقع وجود می‌داشت، می‌بایست رد و آثاری

از حیوانات منقرض شده در آن دنیا یافت می‌شد. به این ترتیب بود که کوویه تصمیم گرفت آن‌ها را پیدا کند.

پاریس در سال‌های دهه ۱۷۹۰ محل خوبی برای دیرین‌شناس شدن بود. تپه‌های شمال شهر حفر می‌شدند تا گچ تولید کنند، که ماده اصلی گچ پاریس بود (پایتخت تصادفاً به دنبال آن همه معادن رشد کرد که در زمان کوویه یک امر تصادفی بزرگ بود). کم اتفاق نمی‌افتاد که معدنچیان استخوان‌های عجیبی پیدا می‌کردند، که کلکسیونرها حاضر بودند برای‌شان جایزه تعیین کنند، حتی با این که اصلاً نمی‌دانستند که چه چیزی جمع‌آوری می‌کردند. کوویه با کمک یکی از این کلکسیونرها توانست در مدت کوتاهی قطعات حیوان منقرض‌شده دیگری را جمع‌آوری کند، که آن را حیوان میان‌جثه مونترمارتر^{۴۷} نام‌گذاری کرد.

کوویه طی همان دوره خواستار نمونه‌هایی از دیگر محققان طبیعت در قسمت‌های دیگر اروپا شد. به دلیل شهرتی که فرانسوی‌ها برای تصاحب چیزهای باارزش به‌دست آوردند، کلکسیونرهای کمی حاضر بودند سنگواره‌های واقعی برای‌شان بفرستند. اما طراحی‌های مفصلی از جمله از مکان‌های دیگری مثل هامبورگ، اشتوتگارت، لایدن و بولونیا به فرانسه رسید. کوویه قدرشناسانه نوشت «باید بگویم که من با گرم‌ترین حمایت‌های مشتاقانه از طرف تمام فرانسوی‌ها و خارجی‌هایی روبه‌رو شدم که علوم را ترویج می‌کنند و به علوم عشق می‌ورزند ...».

در سال ۱۸۰۰، یعنی چهار سال پس از مقاله مربوط به فیل‌ها، باغ وحش سنگواره‌ای کوویه به‌قدری گسترش یافته بود که توانست ۲۳ گونه را که گمان می‌رفت منقرض شده‌اند، در خود جای دهد. این گونه‌ها از جمله به قرار زیر

بودند: اسب آبی کوچک^{۴۸}، که بقایایش را در انبار در موزه پاریس کشف کرده بود؛ یک گوزن شمالی با شاخ‌های بزرگ، که استخوان‌هایش در ایرلند یافت شده بود؛ و یک خرس بزرگ از آلمان (که اکنون به عنوان خرس غار شناخته شده است). حیوان مونترمارتر در آن زمان به شش گونه جداگانه تقسیم، یا تکثیر شده بود (حتی امروز اطلاعات کمی در باره این گونه‌ها وجود دارد، به جز این که آن‌ها انگیولیت^{۴۹} بودند و سی میلیون سال قبل زندگی می‌کردند). کوویه این پرسش را مطرح می‌کرد که «با توجه به این که این تعداد گونه منقرض شده فقط ظرف مدت زمان کوتاهی کشف شده‌اند، چه تعدادی را باید فرض کنیم که هنوز در اعماق زمین باقی مانده‌اند؟»

کوویه مدت‌ها قبل از آن که موزه کادر حرفه‌ای برای جلب مردم استخدام کند، یک بازیگر با استعداد را به کار گرفته بود، که می‌دانست چطور توجه عموم را جلب کند (تاسی چنین برایم توصیف کرد «او مردی است که امروز می‌توانست یک ستاره تلویزیون شود»). در یک نقطه یک سنگواره حیوانی به اندازه یک خرگوش در معادن گچ پاریس کشف شد، که اندامی باریک و سری چهارگوش داشت. کوویه چنین جمع‌بندی کرد که این سنگواره با استناد به شکل دندان‌هایش متعلق به یک جانور کیسه‌دار است. با توجه به این که هیچ جانور کیسه‌دار شناخته‌شده‌ای در دنیای قدیم وجود نداشت، این ادعا جسورانه می‌نمود. کوویه برای این که هیجان این ماجرا را بیشتر کند، اعلام کرد که می‌خواهد هویت خود را به آزمون عموم بگذارد. مارسوپال‌ها^{۵۰} یک جفت پا دارند، که اکنون به نام پاهای اپی‌پابیک^{۵۱} شناخته می‌شوند، که از لگن‌شان بیرون می‌آید. حتی اگر این پاها در سنگواره قابل دیدن نبودند (آن‌طور که برای

pygmy hippopotamus ۴۸

ungulate ۴۹

Marsupials گونه‌ای از پستان‌داران کیسه‌دار ۵۰

epipubic ۵۱

او توصیف شده بود)، کوویه پیش‌بینی کرد که اگر اطراف را حفر کند، بتواند آن پای مفقوده را پیدا کند. او از بزرگان علمی پاریس دعوت کرد تا بیایند و ببینند که او چطور با یک سوزن ظریف سطح سنگواره را می‌خراشد. بفرمایید، استخوان بیرون زد! (نمونه‌ای از سنگوارهٔ مارسوپال در سالن دیرین‌شناسی پاریس به معرض دید عموم گذاشته شده است، اما استخوان اصلی بسیار ارزشمندتر از آن است تا بتواند به نمایش گذاشته شود و در سردخانه‌ای از آن حفاظت می‌شود).

طی سفری به هلند، کوویه هم کار مشابهی در هنر معرفی دیرین‌شناسی انجام داد. او در موزه‌ای در هارلم نمونه‌ای را بررسی کرد که حاوی یک سر بزرگ به شکل قرص نیمهٔ ماه، متصل به بخشی از ستون فقرات بود. سنگوارهٔ نود سانتیمتری نزدیک به یک قرن پیش کشف شد و به انسان نسبت داده شده بود (عجیب این بود که به شکل یک سر بود. حتی به آن نام علمی هم داده شد: *هومو دیلووی تستیس*^{۵۲}، یا «مردی که شاهد رود بود»). کوویه برای رد این هویت‌سازی ابتدا یک اسکلت معمولی سمندر تهیه کرد. سپس با موافقت مدیر موزهٔ هارلم، شروع به جدا کردن ستون فقرات آن «مرد طوفان» بر روی یک صخره کرد. وقتی استخوان سنگوارهٔ حیوان را از پوشش درآورد، دقیقاً همان‌طور که پیش‌بینی کرده بود، استخوان‌ها شکل یک سمندر را به خود گرفتند. این موجود یک انسان کهن نبود بلکه چیز بسیار عجیب‌تری بود: یک دوزیست غول‌پیکر.

نشان داده شد که هر چه کوویه گونه‌های بیشتری کشف می‌کرد، ماهیت این حیوانات بیشتر تغییر می‌کردند. خرس‌های غاری، تنبل‌های غول‌پیکر، حتی سمندرهای غول‌پیکر، همگی گواه پیوندی بودند که میان آن‌ها و گونه‌های زندهٔ کنونی وجود داشت. اما با یک سنگوارهٔ عجیب، در قالب سنگ آهک که در باواریا یافت شده بود، چه می‌توان کرد؟ کوویه از یکی از مکاتبان متعدد خود

یک نقاشی از این سنگواره دریافت کرد. این نقاشی تلی از استخوان‌ها را نشان می‌داد، از جمله استخوان‌هایی شبیه به بازوهای بلند عجیب، انگشتان نازک و یک منقار باریک. اولین محقق تاریخ طبیعت که آن را بررسی کرد چنین می‌پنداشت که صاحب این استخوان‌ها باید یک جانور دریایی بوده باشد، که از بازوهای بلندش به عنوان پارو استفاده می‌کرده است. تشخیص تکان‌دهنده کوویه با استناد به این نقاشی‌ها این بود که این حیوان درواقع یک خزنده پرنده است. او نام آن را تروداکتیل^{۵۳} گذاشت، به معنی بال‌انگشتی^{۵۴}

* * *

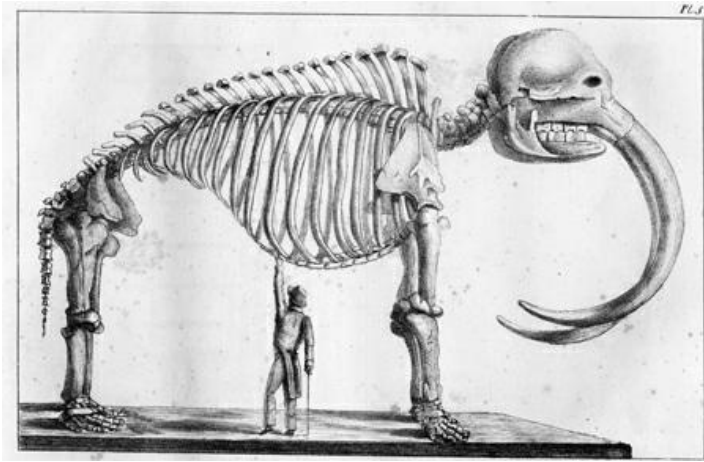
پی‌بردن به انقراض (جهانی قبل از جهان ما) توسط کوویه اشتیاق گسترده‌ای را به وجود آورد و خبر آن خیلی زود در سراسر منطقه اقیانوس اطلس منتشر شد. وقتی اسکلت غول‌پیکر تقریباً کاملی توسط یک کشاورز در نیوبورگ، نیویورک، از زیر خاک بیرون آمد، به عنوان یک کشف بزرگ و مهم به رسمیت شناخته شد. توماس جفرسون، که در آن مقطع معاون رئیس‌جمهور بود، تلاش‌هایی به خرج داد و استخوان‌ها را لمس کرد، ولی به جایی نرسید. اما دوست سمج‌تر او، چارلز ویلسون پیل هنرمند، که اخیراً اولین موزه تاریخ طبیعی ملی در فیلادلفیا را تأسیس کرده بود، به نتیجه رسید.

پیل، که شاید مبلغ باز هم ماهرتری از کوویه بود، ماه‌ها وقت صرف کرد تا استخوان‌هایی را که از نیوبورگ به‌دست آورده بود، با هم جفت و جور کند و قطعات گمشده را با چوب و چسب و کاغذ بازسازی کرد. او اسکلت آماده شده را در شب کریسمس ۱۸۰۱ به معرض دید عموم گذاشت. پیل برای آگاهی کردن

۵۳ Pterodactyl

۵۴ wing-fingered نوعی مارمولک پرنده مربوط به دوران جورا (حدود دویست میلیون سال قبل) - م.

نمایشگاه از خدمتکار سیاه خود کمک گرفت. او که ماوزز ویلیامز نام داشت، یک کلاه پَر سرخپوستی بر سر گذاشت و سوار بر اسب سفیدی از خیابان‌های فیلادلفیا گذر کرد. این جانور بازسازی شده تا شانه، قامتی به بلندی سه متر و سی سانتیمتر، و از دندان تا دم درازایی بیش از پنج متر داشت، که تا حدودی اغراق آمیز بود. از بازدیدکنندگان پنجاه سنت دریافت شد، که در آن زمان مبلغی قابل توجه بود. برای این موجود (ماستودون آمریکایی) هنوز اسمی انتخاب نشده بود که مورد توافق همگانی باشد، و به تناوب *ناشناخته*، جانور اوهاییوی و (مغشوش‌تر از همه) ماموت خطاب می‌شد. این اولین نمایش عظیم تاریخ بود و موجی از «تب ماموت» با خود به همراه آورد. شهرک چی‌شایر، ماساچوست، «نان ماموت» تولید می‌کرد؛ روزنامه‌ها از «هویج وحشی ماموت»، «درخت هلوی ماموت»، و «ماموت‌خواری که ۴۲ تخم مرغ را ظرف ده دقیقه می‌بلعید» گزارش می‌دادند. پیل ماستادون دیگری هم بازسازی کرد که از استخوان‌های اضافی پیدا شده در نیوبورگ و شهرک‌های اطراف هادسن والی سرهم‌بندی شده بود. پس از یک شام میهمانی، که زیر قفس حیوانات برگزار شد، اسکلِت سرهم‌بندی شدهٔ دوم را همراه با دو تن از پسرانش به اروپا فرستاد. اسکلِت طی چندین ماه در لندن نمایش داده شد، و پسر جوان‌تر پیل چنین تشخیص داد که دندان نیش جانور باید به طرف پایین باشد، مثل دندان شیرماهی. برنامه این بود که اسکلِت را به پاریس ببرند و آن را به کوویه بفروشد. اما هنگامی که هنوز در لندن بودند، میان بریتانیا و فرانسه جنگ درگرفت و به این شکل سفر بین دو کشور غیرممکن شد.



کوویه بالاخره اسم ماستودون را انتخاب کرد و این در سال ۱۸۰۶ در روزنامه‌ای در پاریس منتشر شد. این نامگذاری خاص از معنی یونانی «دندان سینه» می‌آید؛ برآمدگی‌های گرد روی دندان‌های حیوان برای او نوک پستان را تداعی می‌کرد (در این مرحله حیوان توسط یک محقق آلمانی علوم طبیعت یک اسم علمی گرفت؛ متأسفانه این اسم - ماموت آمریکایی - ابهام میان ماستودون‌ها و ماموت‌ها را جاودانی کرد).

علیرغم تداوم دشمنی میان بریتانیا و فرانسه، کوویه موفق شد طراحی‌های مفصلی از اسکلتی که پسران پیل به لندن آورده بودند، به دست آورد و این تصویر بسیار بهتری از آناتومی حیوان به او داد. او متوجه شد که ماستادون فاصله بسیار بیشتری با فیل‌های امروزی دارد تا به ماموت‌ها، و آن را در جنس جدیدی طبقه‌بندی کرد (امروز ماستودون‌ها نه تنها در بین جنس خود قرار داده شده‌اند، بلکه خانواده خود را هم دارند). علاوه بر ماستودون آمریکایی، کوویه چهار گونه ماستادون دیگر را هم شناسایی کرد، «همه به یک اندازه با

طبیعت امروزی بیگانه بودند». پیل تا سال ۱۸۰۹ این نامگذاری جدید کوویه را به رسمیت نشناخت ولی وقتی این کار را کرد، بلافاصله به آن استناد کرد. او در نامه‌ای به جفرسون یک مراسم نامگذاری برای اسکلت ماستادون در موزه فیلادلفیا پیشنهاد داد. جفرسون نسبت به نامگذاری کوویه بی‌اشتیاق بود و گفت که این اسم به خوبی هر اسم دیگری است و اظهار نظری در مورد پیشنهاد نامگذاری نکرد.

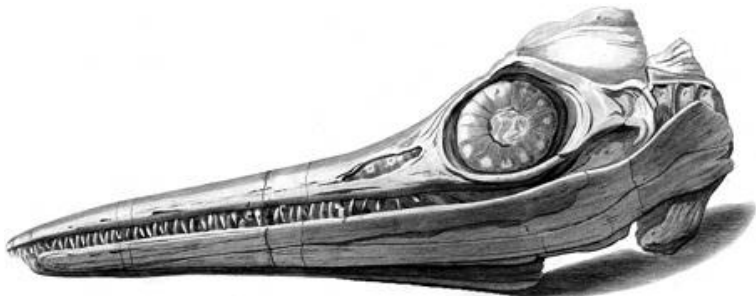
در سال ۱۸۱۲ کوویه حاصل کارهایش بر روی سنگواره‌های حیوانات را در مجموعه‌ای چهار جلدی منتشر کرد: *بررسی استخوان‌های سنگواره چهارپایان*^{۵۵}. قبل از آنکه کوویه «تحقیقش» را شروع کند، (بسته به این که چه کسی این محاسبه را می‌کرد) صفر یا یک مهره‌دار منقرض شده وجود داشت. با بهره‌گیری از اغلب تلاش‌های او، این تعداد اکنون به ۴۹ مورد رسیده است.

شهرت کوویه به موازات طولانی‌تر شدن فهرست او افزایش می‌یافت. محققان تاریخ طبیعی کمی بودند که به خود جرأت می‌دادند یافته‌های خود را، قبل از آنکه کوویه آن‌ها را بررسی کرده باشد، منتشر کنند. اونوره دو بالزاک می‌بایست بپرسد «آیا کوویه بزرگ‌ترین شاعر کشور ما نیست؟ طبیعت‌گرای جاودانی ما دنیاها را توسط استخوان‌های سفیدشده بازسازی کرد؛ و همچون کادموس [شخصیت اسطوره‌ای یونانی] شهرها را به کمک دندان بازآفرید». ناپولئون از کوویه تقدیر نکرد و وقتی جنگ‌های ناپولئونی بالاخره تمام شد، به بریتانیا دعوت شد تا به دربار معرفی شود.

انگلیسی‌ها مشتاق بودند به پروژه کوویه بپیوندند. در سال‌های اول قرن نوزدهم جمع‌آوری سنگواره به‌قدری در میان طبقات بالا مرسوم شده بود که یک حرفه کاملاً جدید به وجود آمد. «کلکسیونر سنگواره» کسی بود که از راه

پیدا کردن نمونه [سنگواره] برای علاقمندان پول دار ارتزاق می کرد. همان سال که کوویه «تحقیقات» خود را منتشر کرد، یک نمونه سنگواره ناشناخته خاص توسط یک زن جوان کلکسیونر سنگواره، به اسم مری آنینگ کشف شد. سر این موجود، که در صخره های سنگ آهک شهرک دویست یافت شد، حدود یک متر و دویست سانتیمتر ارتفاع داشت، با آرواره ای که شبیه به یک جفت سوراخ بینی انبرمانند بود، حفره چشمش به طور برجسته ای بزرگ بود و پوشیده بود از لایه های استخوانی.

اولین سنگواره ایکتیوسور، که در سالن مصری لندن به نمایش درآمد. این سنگواره از موزه تاریخ طبیعی سالن مصری در لندن سر درآورد، که



یک موزه خصوصی، شبیه به موزه پیل بود. این سنگواره را به عنوان یک ماهی و سپس به عنوان خویشاوندی از یک پلاتیپوس^{۵۶} به نمایش گذاشتند، تا اینکه بعدها به عنوان یک نوع جدید خزنده - یک ایکتیوسور^{۵۷}، یا «مارمولک ماهی» به رسمیت شناخته شد. چند سال بعد نمونه های دیگری توسط آنینگ جمع آوری شد، که بقایایی از موجوداتی وحشی تر بودند که نام پلی سیه سور یا

۵۶ Platyus جانوری منقاری، جزو پستان داران تخم گذار، در استرالیا - م.

۵۷ Ichthyosaur خزنده دریایی منقرض شده شبیه به دلفین - م.

«مارمولک مانند» بر آن‌ها گذاشته شد. اولین پروفیسور زمین‌شناسی آکسفورد، ریورند ویلیام بوکلاند پلی‌سیه‌سور را چنین توصیف کرد: «سر یک مارمولک» متصل به یک گردن که «شبیه به بدن یک مار است»، «دنده‌های یک سوسمار، و باله‌های یک نهنگ». کوویه با مطلع شدن از این یافته، حکایت پلی‌سیه‌سور را چنان تکان‌دهنده یافت که این سؤال را مطرح کرد که آیا این نمونه‌ها با هم وصله پینه شده‌اند؟ وقتی آنینگ سنگواره تقریباً کامل دیگری از پلی‌سیه‌سور را کشف کرد، کوویه باز هم سریعاً از یافته‌ای مطلع شد و به دنبال آن اعتراف کرد که در اشتباه بوده است. او برای یکی از مکاتبان خود نوشت «نمی‌توان ظهور چیز هیولایی‌تر از این را پیش‌بینی کرد». وقتی کوویه به انگلستان رفت تا از آکسفورد دیدن کند، بوکلاند سنگواره باز هم عجیب‌تری را به او نشان داد: یک آرواره گول‌پیکر با یک دندان منحنی که از آن بیرون زده بود، مثل یک شمشیر هلالی شکل. کوویه این جانور را هم به عنوان نوعی مارمولک شناسایی کرد. چند دهه بعد مشخص شد که این آرواره متعلق به یک دایناسور بوده است.



جانور ماستریخت هنوز در پاریس در معرض دید بازدیدکنندگان است.

تحقیقات چینه‌شناسی^{۵۸} [لایه‌های زمین] در آن زمان در مراحل ابتدایی خود بود، اما محققان از همان زمان می‌دانستند که لایه‌های متفاوت صخره‌ها در دوره‌های مختلفی شکل گرفته بودند. پلی‌سیه‌سور، ایکتیوسور و دایناسور، که تا آن زمان بدون نام بود، همگی در رسوبات سنگ آهکی یافت شدند. این‌ها به دوره‌ای ارجاع داده می‌شدند که گذشته ثانوی نامیده شد، اما اکنون به دوران میانه‌زیستی^{۵۹} شناخته شده است. همین‌ها در مورد جانوران تروداکتیل و ماستریخت هم صادق بود. این الگو کوویه را به نگرش خارق‌العاده دیگری در باره تاریخ حیات هدایت کرد: تاریخ حیات سمت و سو دارد. گونه‌های نابود شده که بقایایشان در نزدیکی سطح زمین یافت شده است، مثل ماستادون‌ها و خرس‌های غاری، متعلق به آن مجموعه از موجوداتی بوده‌اند که هنوز زنده بودند. عمیق‌تر حفر کنید و موجوداتی را بیابید مثل جانور مونترمارتر، که فاقد

stratigraphy ۵۸

Mesozoic ۵۹

همتایان مشخصی در دوران جدید بودند. به حفر کردن ادامه دهید و همهٔ پستان‌داران ناپدید شده از سنگواره‌ها سر در می‌آورند. به تدریج به دنیایی رسیدیم که فقط دنیای قبل از ما نبود، بلکه دنیایی بود که قبلاً خزندگان غول‌پیکر بر آن حاکم بودند.

* * *

افکار کوویه در بارهٔ این تاریخ حیات - که طولانی، تغییرپذیر و سرشار از موجودات شگفت‌انگیزی است که اکنون نابود شده‌اند - او را به یک مدافع طبیعی تکامل بدل کرد. اما کوویه با مفهوم تکامل، که در آن زمان در پاریس به دگرگون‌پذیری^{۶۰} معروف بود، مخالف بود. سعی می‌کرد هر محقق طرفدار نظریهٔ تکامل را تحقیر کند و به نظر می‌رسید که در این کار موفق هم بود. جالب این بود که همان مهارتی که به او امکان داد تا از انقراض پرده بردارد، باعث شد تا واژهٔ تکامل را به اندازهٔ واژهٔ «متعالی شدن»^{۶۱} نامعقول بداند.

کوویه مایل بود تأکید کند، اعتقادش به آناتومی به او امکان داده تا تفاوت میان استخوان‌های ماموت و فیل را از هم تشخیص دهد و سمندر غول‌پیکری را که دیگران انسان فرض می‌کردند، به درستی بازشناسد. هستهٔ اصلی آناتومی در نگاه او «هم‌پیوستگی اجزاء» است. منظور او از این گفته این است که تمام اجزاء یک جانور با هم جور هستند و به گونه‌ای مطلوب طراحی شده‌اند تا در پیشبرد زندگی‌اش در مسیرهای معین کمک کنند. بنابر این، مثلاً یک گوشتخوار به نظامی از روده‌ها نیاز دارد که متناسب با هضم گوشت باشد؛ آرواره‌هایش باید به گونه‌ای ساخته شده باشد تا بتواند طعمه‌اش را بلعد؛

transformisme ۶۰

levitation ۶۱

چنگال‌هایش باید بتوانند طعمه را بقاپند و از هم پاره کنند، و دندان‌هایش باید بتوانند گوشت را خرد و تکه‌تکه کنند؛ تمامی دستگاه اندام‌های حرکتی‌اش باید بتوانند طعمه را دنبال کند و به دام اندازند؛ اندام‌های حسی‌اش باید بتوانند طعمه را از دور تشخیص دهند.

برخلاف جانور گوشت‌خوار، حیوان سُم‌دار ضرورتاً باید گیاه‌خوار باشد، پس «هیچ اندامی برای به چنگ انداختن طعمه ندارد. تاج دندان‌هایش باید صاف باشد تا بتواند دانه و گیاه را بساید»، و آرواره باید بتواند عرضی حرکت کند. اگر هر کدام از این قسمت‌ها تغییر کند، کارکرد یکپارچه در تمامیت خود درهم خواهد ریخت. اگر حیوانی مثلاً با دندان یا اندام‌هایی حسی متولد شود که تاحدودی متفاوت از اندام‌های والدینش باشد، قادر به بقاء خود نخواهد بود، حال از بزرگ شدنش به یک موجود جدید بالغ چیزی نمی‌گوییم.

ژان باپتیست لامارک، همکار ارشد کوویه در موزه تاریخ طبیعی و برجسته‌ترین مدافع نظریه «دگرگون‌پذیری» در آن زمان بود. لامارک فکر می‌کرد که نیرویی به اسم «قدرت حیات» وجود دارد که موجودات زنده را وامی‌دارد تا به‌طور فزاینده رو به پیچیدگی روند. همزمان حیوانات و گیاهان هم اغلب ناچارند خود را با تغییرات زیست‌محیطی سازگار کنند. آن‌ها این کار را به شکل تطبیق دادن عادات خود با شرایط انجام می‌دهند؛ این عادات جدید به نوبه خود موجب تغییرات جسمی می‌شود که بعدها به فرزندان‌شان منتقل می‌گردد. پرنده‌گانی که در دریاچه‌ها به دنبال طعمه می‌گردند، هنگام برخورد کردن با آب چنگال‌های خود را باز می‌کنند و بدین ترتیب به تدریج غشاء پاهای‌شان تکامل می‌یابد و به اردک تبدیل می‌شوند. وقتی موش کور زیر زمین زندگی می‌کند، از بینایی‌اش استفاده نمی‌کند و به این صورت چشم‌هایش نسل به نسل کوچکتر و ضعیف‌تر می‌شوند. لامارک به سهم خود با اندیشه کوویه در مورد انقراض قاطعانه مخالفت کرد؛ نمی‌توانست فکرش را بکند که فرآیندی

موجود زنده‌ای را کاملاً از صحنهٔ حیات پاک کند. (جالب این بود که تنها استثناء برای او در این زمینه نقش انسان بود، که بتواند برخی از جانوران عظیم‌الجثه، با امکان تولیدمثل آهسته را منقرض کند). آنچه که کوویه به عنوان گونه‌های منقرض شده^{۶۲} تفسیر می‌کرد، لامارک آن‌ها را موجوداتی می‌پنداشت که به کامل‌ترین شکلی دگرگون شده‌اند.

این تفکر که جانوران بتوانند بدن خود را تغییر دهند، برای کوویه مضحک جلوه می‌کرد. او چنین تغییراتی را غیر معقول می‌دانست، که مثلاً «اردک‌ها با شیرجه رفتن به اردک‌ماهی بدل شوند؛ اردک‌ماهی با به خشکی زدن مبدل به اردک شود؛ پاهای مرغ‌هایی که کنار آب به جست‌وجوی غذا می‌گردند، به مرور دراز می‌شوند، زیرا می‌خواهند از خیس شدن ران‌هاشان جلوگیری کنند و به این نحو به لک‌لک و مرغ ماهیخوار تبدیل می‌شوند». کوویه (حداقل در ذهن خودش) علیه فرضیهٔ دگرگون‌پذیری، با استناد به مورد یک گربهٔ مومیایی‌شده، مدرکی قطعی ارائه داد.

هنگامی که ناپولئون مصر را فتح کرد، فرانسوی‌ها، طبق معمول، هر آنچه را که مورد علاقه‌شان بود ضبط کردند. در میان صندوق‌های غارت شده، که به فرانسه منتقل شد، یک گربهٔ مومیایی شده وجود داشت. کوویه برای یافتن علائمی از دگرگونی، گربهٔ مومیایی‌شده را بررسی کرد، اما تغییری در آن نیافت. گربهٔ مصری باستانی از نظر کالبدشناسی غیر قابل تمایز از گربهٔ ایرانی ولگرد بود. این ثابت می‌کرد که گونه‌ها ثابت باقی می‌مانند. لامارک پاسخ داد که چند هزار سالی که از مومیایی شدن گربهٔ مصری گذشته، در مقایسه با گسترهٔ زمانی تکاملی «مدت‌زمان بسیار کوتاهی» محسوب می‌شود.

کوویه در رد ادعای لامارک گفت «من می‌دانم که برخی از محققان تاریخ طبیعی گذشت چند هزار سال را معادل با یک چرخش قلم می‌دانند». کوویه با گذشت زمان فراخوانده می‌شد تا در مدح لامارک سخنرانی کند، و او هم این کار را به دفعات متعدد انجام داد، اما نه در ستایش او، بلکه در تقبیح او. لامارک از نظر کوویه یک خیال‌پرداز بود. او معتقد بود که نظرات لامارک، مثل «قصرهای باشکوه در داستان‌های عاشقانه قدیمی» بر «پایه‌های خیالی» استوارند، که اگرچه می‌توانند «تخیلات شاعرانه را شکوفا کنند، اما هیچ‌گاه اثری از کار تحقیقی در آن‌ها برای تجزیه و تحلیل پدیده‌ها مشاهده نشد».

کوویه با رد نظریه دگرگون‌پذیری خلایی از خود به جا گذاشت. او نه ذهنیتی از این داشت که موجودات زنده جدید چگونه به‌وجود می‌آیند، و نه توضیحی برای اینکه چگونه گروه‌های متفاوت حیوانات، در زمان‌های مختلف به‌وجود آمدند. و به نظر هم نمی‌آمد که این امر او را چندان نگران کرده باشد. با این همه، علاقه او نه به پیدایش گونه‌ها، بلکه به نابودی آن‌ها بود.



اولین باری که کوویه در باره انقراض صحبت کرد، ادعا کرد که از عامل ایجاد انقراض (اگرچه نه در جزئیات دقیق آن) آگاهی دارد. او در سخنرانی‌اش در باره «گونه فیل‌ها، چه زنده و چه سنگواره» مطرح کرد که ماستادون، ماموت و مگاتریوم، همه «به دنبال نوعی فاجعه طبیعی» نابود شدند. کوویه در توضیح ماهیت دقیق این فاجعه طفره رفت: «این وظیفه ما نیست که در عرصه وسیع فرضیاتی وارد شویم که می‌توانند پاسخی برای این پرسش‌ها بیابند»، اما چنین برمی‌آید که او برای وقوع انقراض وقوع یک فاجعه طبیعی را ضروری می‌داند.

باور کوویه به حوادث بزرگ و ناگهانی طبیعی^{۶۲} (و نگرش او به فرضیه دگرگون‌پذیری) با اعتقاداتش در حیطه کالبدشناسی سازگار است، یا در حقیقت می‌تواند از کالبدشناسی نشأت گیرد. از آنجا که حیوانات موجوداتی کارکردی هستند، پس به نحو مطلوبی با شرایط خود سازگارند. از این رو دلیلی وجود ندارد تا گمان کنیم که در روند معمول حوادث از بین بروند. حتی ویرانگرترین حوادثی که در دنیای کنونی اتفاق می‌افتند، مثل فوران آتشفشانی، آتش‌سوری جنگل‌ها، برای توضیح انقراض کافی نیستند. موجودات زنده در مقابله با چنین تغییراتی جابه‌جا شده‌اند و زنده مانده‌اند. بنابر این تغییراتی که موجب انقراض‌ها شده‌اند، باید ابعاد بسیار گسترده‌تری می‌داشتند، به‌قدری بزرگ که حیوانات قادر به سازگاری با آن‌ها نباشند. این واقعیت که حوادث نابودساز این‌چنینی هرگز توسط هیچ محقق تاریخ طبیعی مشاهده نشده، گواه دیگری است بر تغییرپذیری طبیعت: چنین حوادثی در گذشته با شدت و ویرانگری بیشتری از آنچه در دوران کنونی رخ می‌دهد، اتفاق افتاده است.

کوویه نوشت «یک سلسله از وقایع متوقف شده‌اند. طبیعت مسیر عوض کرده است و هیچ‌کدام از عواملی که طبیعت امروز به‌کار می‌گیرد کفایت نخواهد کرد تا وقایع قبلی را تکرار کند». کوویه، همراه با یکی از دوستانش، سال‌هایی را برای مطالعه شکل و ساختار صخره‌های اطراف پاریس سپری کرد؛ او اولین نقشه چینه‌شناسی برکه‌های پاریس را به‌وجود آورد، و در اینجا نیز از تغییرات ناشی از حوادث بزرگ طبیعی نشان‌هایی یافت. صخره‌ها نشان دادند که این منطقه در مقاطع مختلف زیر آب رفته است. کوویه جمع‌بندی می‌کند که تغییر از یک شرایط محیطی به دیگری - تبدیل اقیانوس به خشکی، یا در مقاطعی، تبدیل آب‌های شور به آب تازه - به هیچ وجه به آرامی صورت نگرفته است، بلکه به صورت «انقلاب‌هایی در سطح زمین» رخ داده‌اند. جدیدترین این

انقلاب‌ها باید نسبتاً به تازگی به‌وقوع پیوسته باشند، زیرا رد و نشان‌هایی از آن‌ها هنوز در همه جا مشاهد می‌شود. کوویه معتقد بود که این حادثه در ورای محدوده تاریخ ثبت‌شده رخ داده است؛ او می‌دید که بسیاری از اسطوره‌ها و متون باستانی، از جمله کتاب‌های عهد عتیق، بر نوعی از بحران (مثلاً توفان نوح) دلالت دارند، که قبل از نظم کنونی رخ داده است.

نشان داده شد که اندیشه‌های کوویه در باره یک کره زیستی که توسط فجایع نابودساز به طور دوره‌ای تخریب می‌شود، تقریباً به اندازه کشفیات اولیه‌اش دارای نفوذ و اعتبار هستند. اثر اصلی او در این خصوص، که در سال ۱۸۱۲ در فرانسه منتشر شد، تقریباً بلافاصله به انگلیسی به چاپ رسید و از آنجا به آمریکا رفت. این اثر به آلمانی، سوئدی، ایتالیایی، روسی و زبان چک هم چاپ شد، اما بخش زیادی از آن از بین رفت، یا حداقل در ترجمه سوء تفسیر شد. اثر کوویه صریحاً سکولار بود. او از کتاب مقدس، به عنوان یکی از متون متعدد باستانی (و نه کاملاً قابل استناد)، در کنار ودای هندو و شوجینگ نقل آورد. این نوع از تفسیر برای روحانیون کلیسای انگلیسی - که موضوعات آموزشی در مؤسساتی مثل آکسفورد را تدوین می‌کردند - غیر قابل قبول بود، و وقتی که اثر به انگلیسی ترجمه شد، توسط باکلاند و دیگران به عنوان اثبات ماجرای توفان نوح تعبیر شد.

پایه‌های تجربی نظریه کوویه اکنون وسیعاً رد شده‌اند. آن شواهد مادی که او را نسبت به وجود یک «انقلاب» - درست قبل از تاریخ مکتوب - متقاعد کرده بود، (که انگلیسی‌ها آن را به عنوان اثبات توفان نوح تفسیر کرده بودند) در واقع خس‌وخاشاکی بود که توسط آخرین یخبندان رنگ باخت. ساختار لایه‌های زمین در آب‌های پاریس بازتاب «فوران‌های» ناگهانی آب نیست، بلکه حاصل

تغییرات تدریجی در سطح آب‌ها و تأثیرات لایه‌های سخت فوقانی زمین^{۶۴} است. چنانکه اکنون می‌دانیم، کوویه در تمام این موارد در اشتباه بود.

همزمان، دیدیم که برخی از ادعاهای عجیب کوویه به‌طرز شگفت‌انگیزی درست از آب در آمدند. حیات بر روی زمین طی «حوادث وحشتناک» دچار اختلال شد و «خیل بی‌شمار موجودات زنده» قربانی این حوادث شدند. چنین حوادثی با نیروها یا «عوامل» دست‌اندرکار کنونی قابل توضیح نیستند. طبیعت گاه‌گاهی «مسیر عوض می‌کند»، و در چنین لحظاتی گویی «رشته کارکردها» از هم می‌گسلد.

در هر صورت، تا آنجا که به ماستادون آمریکایی برمی‌گردد، حق کاملاً با کوویه بود. او به این نتیجه رسید که این جانور، پنج یا شش هزار سال پیش منقرض شده است، یعنی در همان «انقلابی» که ماموت و مگاتریوم نابود شد. ماستادون آمریکایی درواقع در حدود سیزده هزار سال پیش منقرض شد. نابودی ماستادون بخشی از موج انقراض‌هایی بود که تحت نام انقراض مگافونا^{۶۵} [پستان‌داران غول‌پیکر] شناخته شد. این موج انقراض‌ها همزمان بود با گسترش جمعیت انسان نوین، و این ما را بیش از پیش به این درک می‌رساند که این موج انقراض درواقع نتیجه گسترش انسان بر روی زمین بوده است. به این مفهوم، آن بحرانی که کوویه قبل از تاریخ مکتوب به آن اشاره می‌کرد، همان انسان بود.

فصل سوم

پنگوئن اولیه

پنگوئن ایمپنیس^{۶۶}

واژه «فاجعه‌نگر»^{۶۷} توسط ویلیام هی‌ول^{۶۸} ابداع شد، که یکی از رهبران انجمن زمین‌شناسی لندن بود، هی‌ول همچنین واژه‌های انگلیسی آنود^{۶۹} (قطب مثبت)، کاتود^{۷۰} (قطب منفی)، یون و دانشمند^{۷۱} را برای ما به ارث گذاشت. با اینکه واژه فاجعه‌نگر بعدها به منظوره‌ای منفی و نومیدانه به کار می‌رفت، اما برداشت هی‌ول این نبود. وقتی آن را پیشنهاد کرد برای همگان روشن ساخت که او خودش را یک «فاجعه‌نگر» می‌انگارد، و اضافه کرد که اغلب دانشمندانی که می‌شناخته هم فاجعه‌نگر بودند. در حقیقت او فقط یک نفر را می‌شناخت که با این شیوه نگرش سازگار نبود، و او یک زمین‌شناس تازه کار و پرشور بود به نام

۶۶ *Pinguinus impennis* پرندای شبیه به پنگوئن که به خانواده آوکها (auk) تعلق داشت. این پرنده قادر به پرواز نبود، اما در

شیرجه زدن مهارت خوبی داشت و از طریق ماهیگیری در دریا زندگی می‌کرد و محل زندگی‌اش اقیانوس اطلس بود. طی قرن هجدهم

شکار گسترده این پرنده باعث انقراضش شد - م.

۶۷ Catastrophist کسی که در نگرش به آینده به بدترین سناریو فکر می‌کند - م.

۶۸ William Whewell

anode ۶۹

cathode ۷۰

scientist ۷۱

چارلز لایل^{۷۲}. هیول در ارتباط با لایل واژه جدیدی را ابداع کرد و او را «یکسان‌نگر»^{۷۳} نامید.

لائل در جنوب انگلستان و در جامعه‌ای بزرگ شد که هواخواه چین آستن بود. سپس به آکسفورد آمد و در آنجا تحصیل کرد تا وکیل شود. نقصان در بینایی کار حقوقی را برایش دشوار می‌کرد، از این رو به جای آن به علوم طبیعی روی آورد. لایل در جوانی سفرهایی به قاره کرد و با کوویه دوست شد و اغلب برای صرف شام او را ملاقات می‌کرد. از نظر او کوویه مردی مسن، بسیار مهربان و صمیمی بود. کوویه به او اجازه می‌داد تا از چندین سنگواره معروف کپی بسازد و با خود به انگلستان ببرد. اما چشم‌انداز کوویه در مورد تاریخ زمین برای لایل اصلاً قانع کننده نبود.

وقتی لایل (که نزدیک‌بین بود) به تپه‌های سنگی روستای بریتانیایی یا به لایه‌های دریاچه‌های پاریس و یا به جزایر آتشفشانی حوالی ناپل نگاه می‌کرد، اثری از حوادث بزرگ و ناگهانی در آن‌ها نمی‌دید. در حقیقت کاملاً برعکس بود: فکر می‌کرد که غیرعملی باشد (یا آن‌طور که خودش عنوان کرد، «غیر فلسفی» بود) که تصور کنیم که دلایل یا ابعاد تغییرات در گذشته متفاوت از امروز بوده باشد. از نظر لایل، تمام ویژگی‌های زمین حاصل فرآیندهای تدریجی است که طی هزاره‌های بی‌شماری جریان داشته‌اند، مثل رسوب^{۷۴}، فرسایش و فوران آتشفشانی، که همه به راحتی هنوز قابل مشاهده هستند. طی نسل‌ها دانشجویان زمین‌شناسی پایان‌نامه لایل را در اثری به نام «حال کلید گذشته است» گردآوری کردند.

Charls Lyell ۷۲

۷۳ Uniformitarian فرض یکسان‌نگری این است که همان فرآیندها و قوانین طبیعی که در مشاهدات علمی کنونی ما خود را نشان

می‌دهند در گذشته‌های بسیار دور هم به همین شکل عمل کرده‌اند - م.

۷۴ Sedimentation رسوب مواد زنده و غیر زنده در آب که طی زمان طولانی به سنگ آهک و سنگ مرمر تبدیل می‌شوند - م.

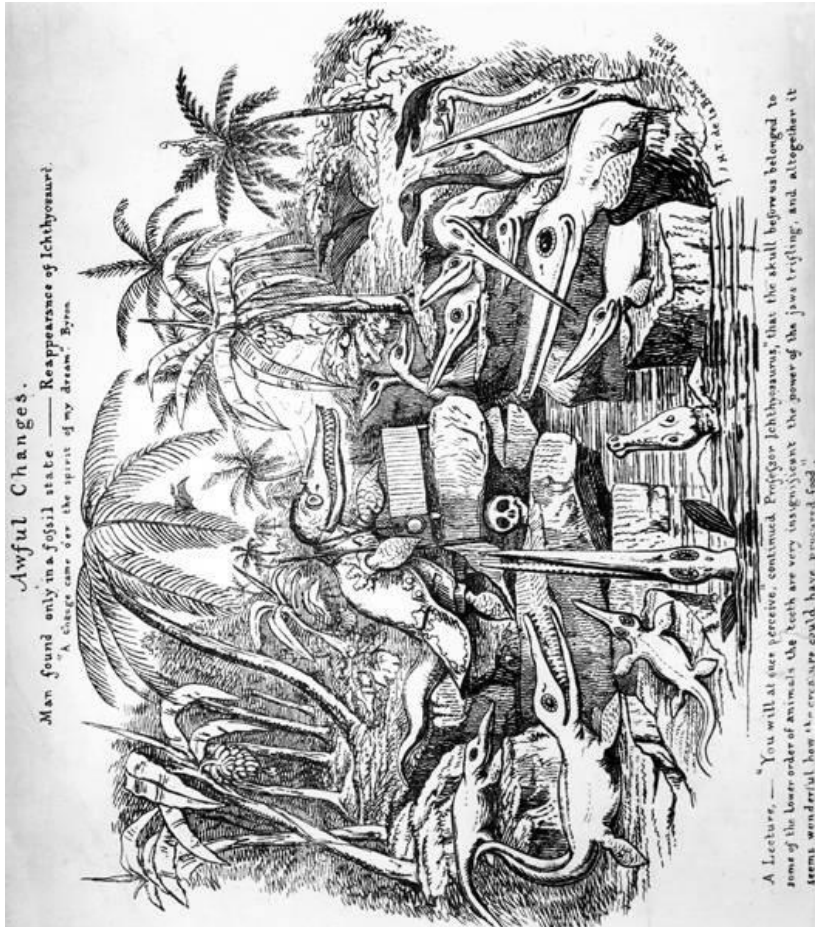
از نظر لایل، انقراض هم بسیار کند و آرام رخ داده است، به قدری آرام که در هر مقطع زمانی و مکانی قابل رؤیت نبوده است. یافته‌های سنگواره‌ای، که ادعا می‌شد آثار بازمانده از گونه‌های جانور در مقاطع مختلف تاریخی بوده‌اند، که یک‌جا به دنبال حادثه‌ای نابود شده‌اند، قابل اعتماد نیستند. حتی این اندیشه، که تاریخ حیات مسیر معینی داشته (از خزندگان به پستان‌داران)، اشتباه دیگری است که حاصل نتیجه‌گیری از داده‌های ناکافی بوده است. تمام اشکال موجودات زنده در تمام دوره‌ها وجود داشته‌اند، و آن‌هایی که ظاهراً منقرض شده‌اند، می‌توانند تحت شرایط مناسب دوباره ظهور کنند. «ایگوانودون»^{۷۵} غول‌پیکر ممکن است دوباره در جنگل‌ها ظاهر شود و ایکتیوسور در دریا، در حالی که تروداکتیل شاید دوباره در بیشه‌زارهای پر سایه سرخس بال بزند. لایل نوشت، «نظریه توده پسند تکامل تدریجی حیوانات و گیاهان آشکارا فاقد پایه و اساس و داده‌های زمین‌شناسی معتبر است».

لایل اندیشه‌های خود را در سه جلد قطور با این عنوان انتشار داد: بنیان‌های زمین‌شناسی: تلاشی برای توصیف تغییرات پیشین سطح زمین، با مراجعه به علت‌های عمل‌کننده کنونی. روی سخن این اثر مخاطبین عمومی بودند، که به گرمی از آن استقبال کردند. چاپ اول با ۴۵۰۰ نسخه به سرعت فروش رفت و بعد چاپ دومی با ۹۰۰۰ نسخه سفارش داده شد. لایل در نامه‌ای به نامزدش مغرورانه نوشت که این تعداد «حداقل ده برابر بیشتر از هر کتاب زمین‌شناسی دیگری به انگلیسی بوده که تا کنون فروخته شده است». لایل مشهور شد و استیون پینکر دوران خود شد و وقتی در بوستون سخنرانی کرد، چهار هزار نفر برای گوش کردن به او حضور یافتند.

لایل برای وضوح بیشتر (و ایجاد فضای تفننی برای خواننده) مخالفین خود را به استهزاء می‌گرفت و آن‌ها را «غیرفلسفی‌تر» از آنچه به‌واقع هستند، جلوه

۷۵ Iguanodon دایناسور گیاهخوار، گاه دوبا، در دوره کرتاسه پیشین، با دمی سخت و پهن و انگشت شصت میخ مانند - م.

می‌داد. اما این تمسخرها پاسخ گرفتند. یک زمین‌شناس بریتانیایی به اسم هنری دو لا بش، که در طراحی مهارت داشت، اندیشه‌های لایل را در مورد بازگشت/بدی به تمسخر گرفت. او طرحی کشید و در آن لایل را به شکل یک ایکتیوسور نزدیک بین کشید که در حالی که در مقابل گروهی خزنده غول‌پیکر



پروفسور ایکتیوسوروس در تیتیری خطاب به شاگردانش می گوید، «به زودی تجربه خواهید کرد که این اسکلِت سر، که در مقابل ما است، متعلق به یکی از حیوانات ردهٔ پایین است؛ دندان های کوچکی دارد، قدرت آرواره هایش کم است، و به طور کلی باعث تعجب است که چنین موجودی توانسته باشد غذای خود را تأمین کند». دولا بش این طراحی را «تغییرات وحشتناک» نامگذاری کرد.



یکی از کسانی که مجموعهٔ بنیان های زمین شناسی لایل را خواند، چارلز داروین بود. داروین که در آن زمان ۲۲ ساله بود و از کمبریج فارغ التحصیل شده بود، از طرف رابرت فیتزروی دعوت شد تا به عنوان یک نجیب زاده، کاپیتان کشتی *چ/م/س بیگل* را همراهی کند. کشتی به طرف آمریکای جنوبی رهسپار شد تا به تحقیق در ساحل آنجا پردازد و کاستی های نقشه را که در کشتیرانی اختلال ایجاد می کرد، حل کند (دریاسالار به ویژه علاقمند به یافتن بهترین مسیر به جزایر فالکلند بود، که بریتانیایی ها اخیراً کنترل آن را به دست گرفته بودند). این سفر، که تا سن ۲۷ سالگی داروین به درازا کشید، او را به سوی یک ماجرای طولانی هدایت کرد: کشتی از تنگهٔ ماگه لان به پلیمو در مونته ویدیو در جزایر گالاپاگوس رفت، و طی عبور از میان اقیانوس آرام جنوبی به تاهیتی، و نیوزیلند، استرالیا و تاسمانی رسید، و سپس با گذشتن از اقیانوس هند به موریتیوس، از منطقهٔ کیپ/وگودهوپ در آفریقای جنوبی سر درآورد، و نهایتاً از آنجا به آمریکای جنوبی بازگشت. در نظر عموم مردم این سفری بود که داروین در آن با گونه های وحشی لاک پشت های غول پیکر، مارمولک های دریایی و گنجشک

سهره با متقارهایی به اشکال و اندازه‌های مختلف روبه‌رو شد و سپس قانون انتخاب طبیعی را کشف کرد. اما داروین در حقیقت نظریه خود را بعد از بازگشت خود به انگلستان تدوین کرد. وقتی داروین از سفر خود بازگشت، محققان تاریخ طبیعی انبوهی از گونه‌ها را طبقه‌بندی کرده بودند.

بهتر است بگوییم که در سفر بیگل بود که داروین لایل را کشف کرد. مدت کوتاهی بعد از عزیمت، فیتزروی یک نسخه از جلد اول بنیان‌ها را به داروین داد. اگرچه داروین در اولین سفر (همچون در بسیاری از دیگر سفرها) شدیداً دچار ناخوشی دریازدگی شده بود، اما با این وجود اثر لایل را در حین سفر به جنوب «مشتاقانه» مطالعه کرد. اولین توقف بیگل در سنت جاگو (سانتیاگو کنونی) در جزایر کاپه ورده بود. داروین تصمیم گرفت در آنجا مشتاقانه دانش جدیدش را به کار بندد و چندین روز را صرف نمونه‌برداری از صخره‌های سنگی آن منطقه کرد. یکی از ادعاهای محوری لایل این بود که برخی از مناطق زمین تدریجاً بالا می‌روند، و همزمان مناطق دیگری افت می‌کنند (لائل همچنین مدعی بود که این پدیده‌ها همواره در تعادل هستند، تا «یکپارچگی کلی میان خشکی و دریا را حفظ کنند»). به نظر می‌رسید که سنت جاگو امتیاز خود را به اثبات می‌رساند. این جزیره در ابتدا مشخصاً آتشفشانی بود، اما ویژگی‌های عجیبی داشت، از جمله این که در نیمی از صخره‌های تیره، رگه سفید سنگ آهک وجود داشت. نتیجه‌گیری داروین این بود که این ویژگی رگه سفید سنگ آهک اثباتی است بر بالا رفتن لایه‌های زمین. او بعدها نوشت، «اولین مکانی که در آن تحقیقات زمین‌شناسی‌ام را انجام دادم، مرا نسبت به حقانیت نظرات لایل متقاعد کرد». او به‌قدری جذب جلد اول بنیان‌ها شده بود که خواست تا جلد دوم را برایش به مونته‌ویدئو بفرستند، و جلد سوم را هم در فالکلند دریافت کرد.

هنگامی که بیگل در ساحل غربی آمریکای جنوبی می‌راند، داروین ماه‌هایی را وقف بررسی شیلی کرد. او بعد از یک راه‌پیمایی، بعدازظهری را در نزدیکی شهر والدویا برای استراحت گذارند. در آن لحظه زمین زیر پایش شروع به تکان خوردن کرد، گویی که از ژله درست شده بود. او نوشت، «یک ثانیه از زمان چنان ترسی در انسان ایجاد می‌کند که ساعت‌ها تعمق نمی‌تواند». چند روز بعد از زمین‌لرزه، داروین به کنسپسیون^{۷۶} رسید و در آنجا شهری را یافت که کاملاً به ویرانه‌ای بدل شده بود. او گزارش داد که «حتی یک خانه قابل سکونت هم باقی نمانده بود». این صحنه «وحشتناک‌ترین، اما جالب‌ترین نمایشی بود که او تا آن موقع شاهدش بود». اندازه‌گیری‌هایی که فیتزروی در اطراف بندر کنسپسیون انجام داده بود نشان داد که زمین‌لرزه ساحل را تا حدود ۲٫۵ متر بالا برده بود. یک بار دیگر اینجا نشان داده شد که بنیان‌های لایل سربلند بیرون آمده بود. لایل می‌گفت، زمین‌لرزه‌های مکرر طی یک مدت زمان کافی می‌تواند یک رشته کوهستان کامل را تا چند هزار متر بالاتر ببرد.

به نظر می‌رسید که هرچه داروین دنیا را بیشتر می‌کاوید، بیشتر طرفدار لایل می‌شد. او بیرون از دروازه‌والپارایزو رسوباتی از پوسته‌های دریایی را یافت که بسیار بالاتر از سطح دریا بودند. او اینها را نتیجه برآمدگی‌ها طی دوره‌های متعدد می‌دانست، همان برآمدگی‌هایی که شبیه آن را اخیراً مشاهده کرده بود. او بعدها نوشت، «من همیشه فکر می‌کردم که امتیاز برجسته بنیان‌ها این بود که تمام فضای ذهنی فرد را تغییر می‌دهد» (داروین در شیلی همچنین یک گونه قورباغه جدید و جالب توجه را کشف کرد، که به قورباغه شیلیایی داروین شناخته شد). نرهای این گونه کرم‌های نوزاد خود را در محفظه صدایی خود نگه می‌داشتند. جست‌وجوهای اخیر برای یافتن اثری از قورباغه‌های شیلیایی داروین به جایی نرسید و این گونه اکنون منقرض شده فرض شده است.

در حوالی اواخر سفر بیگل داروین با صخره‌های مرجانی مواجه شد. این صخره‌ها اولین دستاورد بزرگ او را برایش به ارمغان آوردند و باعث شکل‌گیری اندیشه شگفت‌انگیزی شد که ورودش را به حلقه علمی لندن تسهیل کرد. داروین معتقد بود که کلید فهم صخره‌های مرجانی کنش واکنش میان زیست‌شناسی و جغرافیا است. اگر یک صخره در اطراف جزیره‌ای یا در امتداد حاشیه قاره‌ای تشکیل می‌شد که به آرامی فرو می‌رفت، مرجان‌ها می‌توانستند با رشد کردن به طرف بالا، موقعیت خود را در رابطه با آب حفظ کنند. همزمان با اینکه خشکی به تدریج فرو می‌رفت، مرجان‌ها می‌توانستند یک صخره مرجانی ایجاد کنند. اگر خشکی در نهایت به‌طور کامل غرق شود، صخره‌ها می‌توانند یک صخره گرد مرجانی^{۷۷} تشکیل دهند.

توضیح داروین فراتر رفت و تا حدودی در تعارض با نظر لایل قرار گرفت؛ لایل فرض می‌کرد که صخره‌های مرجانی از حاشیه‌های کوه‌های آتشفشانی در زیر آب به‌وجود می‌آید. اندیشه‌های داروین به‌قدری در ماهیت خود ملهم از اندیشه‌های لایل بودند که وقتی آن‌ها را در بازگشت به انگلستان برای لایل بازگو کرد، لایل خرسند شد. آن‌طور که مورخ علمی، مارتین رادویک اشاره می‌کند، لایل «متوجه شد که داروین او را ترک کرده است».

یک زندگینامه‌نگار نفوذ لایل بر داروین را چنین جمع‌بندی کرد: «بدون لایل داروینی وجود نمی‌داشت». داروین، پس از انتشار تحقیقاتش پس از سفر بیگل و نیز انتشار کتابی در مورد صخره‌های مرجانی نوشت، «همیشه احساس می‌کنم که کتاب‌های من تا نیمی، از مغز لایل بیرون آمدند».



لایل معتقد بود که رشته زندگی را تغییر ترسیم می‌کند، که همواره و در هر جای دنیا در جریان است. این نظریه که گونه‌های گیاهی یا حیوانی بتواند به مرور زمان بنیان ظهور گونه‌های جدیدی را فراهم می‌آورند، از دیدگاه او غیر قابل تصور بود. او قسمت‌های زیادی از جلد دوم بنیان‌ها را به رد این نظریه اختصاص داد و در یک مورد برای اثبات مخالفت‌هایش به گربه مومیایی‌شده کوویه استناد کرد.

مخالفت تزلزل‌ناپذیر لایل با تطور^{۷۸} [تحول از شکلی به شکل دیگر] آن‌طور که در لندن شناخته شده بود، تقریباً به اندازه مخالفت کوویه با آن گیج‌کننده بود. لایل معتقد بود که گونه‌های جدید به‌طور منظم در یافته‌های سنگواره‌ای ظاهر می‌شوند. اما چگونگی این ظهور موضوعی بود که کسی هرگز به آن نپرداخته است، به جز اینکه گفته می‌شود که شاید هر گونه جدید با «یک جفت واحد، یا (در مواردی که یک فرد بتواند کافی باشد) به‌صورت منفرد شروع شد» و از آنجا تکثیر و پراکنده شد. این فرآیند، که به نظر می‌رسد به دخالت الهی یا حداقل دخالت نیرویی ماوراء طبیعی وابسته باشد، با قواعدی که لایل برای زمین‌شناسی تدوین کرده، در تناقض آشکار قرار می‌گیرد. و وجود چنین نیروی خارق‌العاده‌ای در حقیقت نیازمند یک معجزه است که لایل آن را زیر سؤال برده بود.

داروین با نظریه انتخاب طبیعی خود بار دیگر از نظرات لایل فراتر رفت. او معتقد بود که درست همان‌طور که جهان اشکال غیرزنده (دلتاها، رودها، دره‌ها، سلسله کوه‌ها) با تغییرات تدریجی به وجود می‌آید، جهان موجودات زنده هم تابع تغییرات پیوسته است. ایکتیوسورها و پلی‌سیه‌سورها، پرنده‌ها و ماهی‌ها و

همچنین حیرت‌انگیزترین موجود زنده، یعنی انسان، از فرآیند تطور عبور کرده، و این طی نسل‌های بی‌شماری صورت گرفته است. از نظر داروین، این فرآیند، که به‌طور غیرمحسوس کند است، هنوز در حال شدن است؛ حال کلید گذشته است، چه در زیست‌شناسی و چه در زمین‌شناسی. داروین در یکی از عباراتش که بسیار به آن استناد شده، می‌نویسد:

می‌توان گفت که انتخاب طبیعی به‌طور روزمره و هر لحظه، هر نمودی از هستی را به آزمون می‌گذارد، حتی کوچک‌ترین‌ها را؛ هر آنچه را که بد است نابود می‌کند و هر آنچه را که خوب است حفظ و تکثیر می‌کند؛ در سکوت و نامحسوس عمل می‌کند، در هر زمان و مکانی که موقعیت فراهم شود.

انتخاب طبیعی نیاز به هر معجزه‌ای را از بین می‌برد. حتی کوچک‌ترین گونه‌ها به گونه‌های جدیدی متحول می‌شوند، که از نمودهای قدیمی‌تر بیرون آمده است، به این شرط که زمان کافی برای این تحول را داشته باشند. این بار لایل عجله به خرج نداد تا شاگرد خود را برای کارش تشویق کند، او فقط نظریه داروین در مورد «انتقال ویژگی‌ها به فرزندان»^{۷۹} را با چنان بی‌میلی پذیرفت، که گویی آغازی بر پایان دوستی‌شان باشد.

نظریه داروین در باره خاستگاه گونه‌ها، نظریه دیگری را به دنبال آورد: چطور گونه‌ها نابود شدند. انقراض و تکامل تار و پود یکدیگر در کارخانه زندگی هستند، یا اگر خواستید می‌توانید بگویید دو روی یک سکه هستند. داروین نوشت، «ظهور اشکال نوین و نابود شدن اشکال قدیمی با هم مربوطند». عمل کردن هر دو «مبارزه برای بقاء» است، که آن‌ها را که سازگاری می‌یابند تقویت می‌کند و آن‌ها را که سازگاری نمی‌یابند نابود می‌کند.

نظریه انتخاب طبیعی بر پایه این باور بنا شده که هر موجود جدید، و نهایتاً هر گونه جدید نسبت به رقیبان خود دارای این امتیاز است که خود را باز تولید می کند و باقی می ماند؛ و انقراض نتیجه حتمی آن هایی است که در این رقابت مورد بی مهری قرار می گیرند.

داروین مورد گاو اهلی را مثال آورد. هنگامی که یک موجود سالم و نیرومند یا بارآور به وجود آمد، جایگزین گونه های دیگر شد. او به مورد یورک شایر اشاره کرد، «از نظر تاریخی معروف است که گاو شاخ بلند جایگزین گاو سیاه باستانی شد» و این گاو هم متعاقباً توسط گاو شاخ کوتاه «از دور خارج شد»، گویی که گرفتار یک طاعون کشنده شده باشد.

داروین بر سادگی نظریه اش تأکید داشت. انتخاب طبیعی به قدری نیرومند است که نیاز به چیز دیگری نیست. در کنار آغازهای معجزه وار می تواند فجایع گسترده رخ دهد. او تلویحاً برای تحقیر کوویه چنین نوشت، «موضوع انقراض گونه ها در تمامیت خود آلوده به تعبیرهای بی پایه راز آلود شده است».

نظر داروین حاوی یک پیشگویی مهم بود. اگر انقراض توسط انتخاب طبیعی، و فقط انتخاب طبیعی صورت گیرد، هر دو فرآیند ناگزیرند تقریباً به یک میزان تداوم یابند. اگر انقراضی صورت گیرد، بیشتر به صورت تدریجی رخ می دهد.

او اشاره کرد که «انقراض کامل گونه های یک گروه عموماً فرآیند کندتری از فرآیند تولید آن ها است».

به گفته داروین هیچ کس تاکنون ندیده است که یک گونه جدید به وجود آید و انتظار هم نمی رود که دیده شود. شکل گیری گونه های جدید به قدری طولانی بوده است که با هیچ وسیله و دیدگاهی قابل مشاهده نیست. او نوشت، «ما چیزی از این تغییرات جاری نمی بینیم». بدیهی است که مشاهده انقراض

باید بسیار دشوار تر باشد. اما این طور نبود. در حقیقت، طی سال‌هایی که داروین در *داون هاوس* به سر می‌برد، و مشغول تدوین اندیشه‌هایش در باره تکامل بود، آخرین بازمانده‌های یکی از مشهورترین گونه‌های اروپا، اوک بزرگ^{۸۰} منقرض شد. این واقعه توسط پرندشناسان بریتانیایی ثبت شد. اینجا نظریه داروین مستقیماً در تناقض با واقعیات، و پیامدهای عمیق بالقوه‌اش قرار گرفت.



مؤسسه تاریخ طبیعی ایسلند در بنای جدیدی در یک کوهپایه منزوی در خارج از شهر ریکیاویک قرار دارد. این بنا یک بام و یک دیوار شیشه‌ای کج دارد و تا حدودی شبیه دماغه یک کشتی است و برای یک مرکز تحقیقی طراحی شده است، بدون امکان دسترسی عموم، بدین معنی که برای دیدن نمونه‌های کلکسیون مؤسسه باید وقت گرفت و ترتیب ملاقاتی را داد. من در روز ملاقات از این مؤسسه دریافتم که نمونه‌های این مؤسسه یک ببر پوشالی، یک کانگوروی پوشالی و اتفاکی پر از پرندگان بهشتی پوشالی است.

دلیل دیدار من از این مؤسسه دیدن اوک بزرگ در آنجا بود. ویژگی ایسلند در این رابطه این است خانه آخرین پرندۀ شناخته شده‌ای است که به طرز مشکوکی منقرض شد، و نمونه‌ای که می‌خواستیم ببینیم در سال ۱۸۲۱، جایی در این کشور کشته شده بود - کسی از جای دقیق آن اطلاعی ندارد. لاشه این پرندۀ از یک دانمارکی، به نام فردریک کریستیان رابن، خریداری شد، که به ایسلند آمده بود تا مشخصاً برای کلکسیون خود یک اوک بخرد و تقریباً معامله را انجام داد. رابن این نمونه را در قلعه‌اش نگه داشت و تا سال ۱۹۷۱ در مالکیت خصوصی او بود، تا اینکه در مزایده لندن ظاهر شد. مؤسسه تاریخ طبیعی

تقاضای کمک مالی کرد و ظرف سه روز ایسلندی‌ها معادل ده هزار پوند انگلیسی کمک مالی کردند تا مؤسسه بتواند اوک را بازخريد کند (با زنی صحبت کردم که در آن زمان ده ساله بود و قلک خود را برای پرداخت این اعانه خالی کرد). شرکت هواپیمایی / ایسلند / ایر دو صندلی برای این مؤسسه اختصاص داد، یکی برای مدیر مؤسسه و یکی دیگر برای جعبه حاوی پرنده.

گوموندور گوموندسون، که در حال حاضر معاون مدیر است پرنده را به من نشان داد. او متخصص فورامینیفر^{۸۱} است (موجودات کوچک دریایی که شکل پیچیده صدف را دارند و به «تستز» معروفند). در میان راه برای دیدن پرنده، به دفتر کار او رفتیم، که پر از بطری‌های شیشه‌ای کوچک بود و هر کدام حاوی نمونه‌ای از تست بود. وقتی که من یکی را برداشتم، شروع به وول خوردن کردند. او گفت در اوقات فراغت ترجمه می‌کند. چند سال پیش اولین ترجمه ایسلندی کتاب منشأ گونه‌ها^{۸۲} را به اتمام رساند. از نظر او نثر داروین بسیار دشوار بود - «جمله در جمله در جمله» - ترجمه ایسلندی فروش چندانی نداشته، شاید به دلیل این که بسیاری از ایسلندی‌ها در زبان انگلیسی تبحر دارند.

سپس راه خود را به سوی محل نگه‌داری کلکسیون مؤسسه ادامه دادیم. ببر پوشالی در پلاستیک پیچیده شده بود و به نظر می‌رسید که آماده حمله به کانگوروی پوشالی است. اوک بزرگ (پنگوئن ایمپه‌نیس^{۸۳}) در یک جعبه از جنس پلاستیک شفاف، بر یک صخره مصنوعی روی پای خود ایستاده بود و در کنارش هم یک تخم مصنوعی بود.

اوک بزرگ، همان‌طور که از اسمش بر می‌آید، پرنده‌ای بزرگ بود؛ قامت بالغین آن‌ها به بیش از ۷۵ سانتیمتر می‌رسید. اوک نمی‌توانست پرواز کند و

Foraminifera ۸۱

On the Origin of Species ۸۲

Pinguinus impennis ۸۳

جزو معدود پرنندگان بدون بال نیمکره شمالی بود و بال‌های کوتاه و قطورش در تناسب با بدنش به‌طرز مضحکی کوچک به نظر می‌رسید. این اوک مورد نظر پره‌ای قهوه‌ای بر روی منقارش داشت؛ شاید وقتی زنده بود این پرها سیاه بودند، اما به مرور زمان رنگ باختند. گوموندسون با لحنی اندوهگین گفت، «نور ماوراء بنفش پرهایش را تخریب کرده است». پره‌ای روی سینه اوک سفید بود و لکه‌ای سفید هم بین چشمانش بود. بارزترین ویژگی این پرنده منقار بزرگش بود، با شیاری روی آن و تا حدی منحنی‌شکل، که کمی متمایل به طرف بالا بود. این حالتی اندوهگین در او ایجاد می‌کرد.

گوموندسون گفت که هنگامی که دولت ایسلند مؤسسه را بازسازی کرد، اوک بزرگ تا سال ۲۰۰۸ در شهر ریکیاویک به نمایش گذاشته شد. در آن زمان سازمان دیگری پیشنهاد کرد تا خانه جدیدی برای این پرنده بسازد، اما حوادث ناگوار گوناگون، از جمله بحران مالی ایسلند، مانع انجام این کار شد، و به این دلیل است که اوک متعلق به نجیب‌زاده رابن اکتون اینجا بر روی یک صخره مصنوعی در گوشه این سالن نشسته است. بر روی صخره مصنوعی توضیحی نقش بسته بود، که گوموندسون برایم ترجمه کرد: *پرنده‌ای که اینجا نشسته، در سال ۱۸۲۱ کشته شد. این یکی از معدود بقایای اوک بزرگ است.*



اوک بزرگ در دوران شکوفایی خود و قبل از آنکه انسان‌ها آشیانه‌های آن‌ها را پیدا کنند، از نروژ تا نیوفاندلند و از ایتالیا تا فلوریدا را می‌پوشاند و جمعیتش به چند میلیون می‌رسید. وقتی اولین مهاجرین اسکاندیناویایی به ایسلند رسیدند، حضور اوک بزرگ به‌قدری گسترده بود که مهاجرین آن‌ها را به طور منظم برای شام می‌خوردند و بقایایشان در قرن دهم در زباله‌های خانگی مردم

آن زمان یافت می‌شد. هنگامی که در ریکیاویک بودم، از موزه‌ای بازدید کردم که بر روی ویرانه‌هایی ساخته شده بود که گمان می‌رفت یکی از قدیمی‌ترین ساختارها در ایسلند باشد. و آن یک لانگ‌هاوس^{۸۴} بود که از ساقه‌های رستنی‌ها ساخته می‌شد. بنابر یکی از توضیحات موزه در معرفی اوک، این بود که این پرنده یک «طعمه آسان» برای ساکنان قرون وسطایی ایسلند محسوب می‌شد. در این معرفی علاوه بر یک جفت استخوان اوک، ویدیویی بازسازی شده ماجرایی رویارویی انسان و این پرنده را به تصویر می‌کشید. در این تصویرسازی نشان داده می‌شود که سایه یک انسان در امتداد ساحل صخره‌ای به دنبال سایه یک اوک روان است. وقتی سایه انسانی به حد کافی نزدیک می‌شود چماقی بیرون می‌آورد و بر سر جانور می‌کوبد. اوک جیغی می‌کشد که می‌تواند ترکیبی از جیغ یک غاز و نعره درنداک یک خوک باشد. این ویدیو برای من بسیار تکان‌دهنده بود و من آن را چندین بار تماشا کردم. تعقیب، چماق، جیغ اوک. تکرار ویدیو.

اوک‌های بزرگ بسیار شبیه به پنگوئن‌ها عمل می‌کردند و درواقع همان پنگوئن‌های اولیه بودند. انتخاب واژه «پنگوئن» مبهم است و معلوم نیست که بتوان آن را به واژه لاتین پینگوئیس^{۸۵} مربوط دانست، که به معنی «چاق» است. این نام توسط دریانوردان اروپایی انتخاب شد، که در خلال سفرهاشان در اقیانوس اطلس شمالی با آن‌ها روبه‌رو می‌شدند. بعدها، هنگامی که نسل‌های بعدی دریانوردان در نیمکره جنوبی با پرندگانی با رنگ مشابه و فاقد توانایی پرواز مواجه شدند، از همان نام استفاده کردند، که ابهام‌برانگیز بود، زیرا اوک‌ها و پنگوئن‌ها به خانواده‌های کاملاً متفاوتی تعلق داشتند (پنگوئن‌ها خانواده خودشان را تشکیل می‌دهند، در حالی که اوک‌ها اعضای خانواده‌ای هستند که

۸۴ Longhouse خانه سنتی ایرکویی و دیگر سرخیوستان آمریکای شمالی - م.

۸۵ Pinguin

شامل پافین‌ها^{۸۶} و گیلیمات‌ها^{۸۷} می‌شود؛ آزمایش‌های ژنتیک نشان داده که ریزوربیل‌ها^{۸۸} نزدیک‌ترین خویشاوندان زندهٔ اوک‌های بزرگ هستند).

اوک‌های بزرگ، همانند پنگوئن‌ها، شناگران خارق‌العاده‌ای بودند - به بیان شاهد عینی سرعت این پرندگان در آب شگفت‌انگیز است. اوک‌ها بیشتر زندگی خود را در دریا می‌گذراندند. اما طی فصل جفت‌گیری و تولیدمثل، در ماه‌های مه و ژوئن، در تعداد بسیار زیاد در کنار ساحل به سر می‌بردند. و آسیب‌پذیری آن‌ها هم همین‌جا بود. اروپائیان دورهٔ پارینه‌سنگی و آمریکایی‌های بومی اوک بزرگ شکار می‌کردند - یک قبر باستانی در کانادا یافت شد که حاوی بیش از صد منقار اوک بزرگ بود: استخوان‌های اوک بزرگ در مکان‌های باستانی، از جمله در دانمارک، سوئد، اسپانیا، ایتالیا و جبل‌الطارق یافت شده است. در زمانی که اولین مهاجرین به ایسلند رفتند، بسیاری از مکان‌های تولیدمثل اوک‌ها از قبل غارت شده بود و احتمالاً قلمرو آن‌ها هم بسیار کاهش یافته بود. از آن پس قتل عام گسترده شروع شد.

در اوایل قرن شانزدهم اروپائیان شیفتهٔ ماهیگیری در آن مکان شدند که پر از ماهی کاد^{۸۹} بود و سفرهای منظمی را به نیوفاندلند ترتیب دادند. در میان راه با صخرهٔ گرانیث صورتی‌رنگی، به مساحت بیش از بیست هکتار برخوردند، که از آب بیرون می‌زد. این صخره در بهار پوشیده از پرنده می‌شد، گویی که پرنده‌ها شانه به شانه ایستاده‌اند تا با هم صحبت کنند. بسیاری از این‌ها از گونه‌های

۸۶ Puffin پرنده‌ای دریایی است که با ایجاد سوراخ آشیانه می‌سازد و در آب‌های قطب شمال زندگی می‌کند. سری بزرگ و منقار

رنگارنگ مثلی روشنی دارد - م.

۸۷ Guillemot گونه‌ای از اوک‌ها، پرنده‌ای دریایی، با سینه‌ای سفید رنگ، منقاری باریک و تیز، که معمولاً در لبهٔ صخره‌ها آشیانه

می‌سازد - م.

۸۸ Razorbill اوک به رنگ سیاه و سفید، پرنده‌ای دریایی، با منقاری عمیق که شبیه به تیغهٔ صاف است. این پرنده در اقیانوس اطلس

شمالی و دریای بالتیک یافت شده است - م.

گانت^{۹۰} و گیلومات بودند. بقیه اوک‌های بزرگ بودند. این صخره، که در حدود شصت و چهار کیلومتر از شمالی‌ترین ساحل نیوفاندلند فاصله داشت، به جزیره پرندگان^{۹۱} یا جزیره پنگوئن^{۹۲} شناخته شد. اما امروز آن را به نام فانک / یلند^{۹۳} می‌شناسند. در حوالی انتهای سفر به آن سوی اقیانوس اطلس و در زمانی که خواروبار کم بود، گوشت تازه گران شد و سهولت شکار اوک‌های روی آن صخره سریعاً مورد توجه قرار گرفت. در گزارشی از سال ۱۵۳۴ سیاح فرانسوی ژاک کارتیه نوشت که برخی از پرندگان ساکن جزیره به بزرگی «یک غاز بزرگ» هستند.

آن‌ها همیشه در آب هستند و از آنجا که بال‌های کوچکی دارند، نمی‌توانند در آسمان پرواز کنند. این پرنده‌ها با همان سرعتی در امتداد آب می‌دوند که پرندگان دیگر در آسمان پرواز می‌کنند. این پرندگان چاق هستند و این عالی است. ظرف نیم ساعت ما دو قایق را پر از آن‌ها کردیم، گویی که سنگ هستند. آن‌ها که به صورت تازه خورده نمی‌شدند، در پنج، شش بشکه در کشتی‌ها انبار می‌شدند و همراه با نمک و ادویه در طول سفر خورده می‌شدند.

چند سال بعد، که یک هیئت اعزامی بریتانیایی به آن جزیره آمده بود، پرندگان زیادی در آنجا یافت. دریانوردان تعداد بسیار زیادی از آن‌ها را به کشتی آوردند و اعلام کردند که گوشتی بسیار خوشمزه و مغذی است. گزارشی در سال ۱۶۲۲ از کاپیتان ریچارد وایت‌بورن چنین توصیف می‌کند که اوک‌های

۹۰ Gannet یک پرندۀ دریایی بزرگ، عمدتاً پوشیده از پرهای سفید، که به ماهیگیران شیرجه‌زن شناخته شده‌اند - م.

Isle of Birds ۹۱

Penguin Island ۹۲

Funk Island ۹۳

بزرگ صدتا صدتا به کشتی آورده می‌شدند، گویی که خدا این موجودات بی‌چاره را خلق کرده تا غذای دلچسبی برای انسان‌ها باشند.

استفاده از اوک بزرگ چند دهه بعد هم مشاهده شد (به توصیف یک گزارشگر «مردم همیشه در تخیلات خود به ترفندهای جدیدی برای استئمار اوک‌های بزرگ فانک آیلند می‌رسیدند»). از اوک‌ها به عنوان طعمه ماهیگیری، منبع پر برای پر کردن تشک و سوخت استفاده می‌کردند. در فانک آیلند حصارهای سنگی کشیده می‌شد - که هنوز می‌توان بقایایش را در آنجا یافت - و پرندگان را در حیطة آن حصارها جمع‌آوری می‌کردند، تا اینکه فرصت قصابی‌شان فرا رسد. یک دریانورد انگلیسی به اسم آرون توماس، که به نیوفاندلند کشتی می‌راند، در اچ‌ام‌اس بوستون نوشت:

اگر برای پرهاشان می‌آیی، زحمت کشتن‌شان را به خود نده، یکی از آن‌ها را بگیر و بهترین پرهايش را بکن. سپس پنگوئن بی‌چاره را با پوست لخت و پاره‌پاره‌اش به حال خود بگذار تا بمیرد.

در فانک آیلند درختی برای سوزاندن وجود ندارد. این خود موضوع دیگری شد تا توماس در آن باره بنویسد.

ظرفی را بردار و یک یا دو پنگوئن در آن بینداز و زیر آن آتش روشن کن. این آتش به سرعت با بدن‌های چرب این پنگوئن‌های نگوخت مشتعل می‌شود.

تخمین زده می‌شود که وقتی اول‌بار اروپائیان به فانک آیلند آمدند، صد هزار جفت اوک بزرگ در آنجا یافتند که از صد هزار تخم نگه‌داری می‌کردند (اوک‌های بزرگ احتمالاً فقط یک تخم در سال می‌گذاشتند؛ اندازه این تخم‌ها در حدود ۱۳ سانتیمتر بود و سطح آن‌ها پوشیده از لکه‌های سیاه و قهوه‌ای

بود). این جزیره که محل تولیدمثل این پرندگان بود، قطعاً باید وسیع بوده باشد، تا غارت آن دو قرن وقت لازم داشته باشد. اواخر قرن هفدهم تعداد پرندگان شدیداً سقوط کرده بود. تجارت پر به قدری جذاب شده بود که گروه‌هایی از مردم تمام تابستان خود را در فانک سپری می‌کردند تا پرندگان را در آب جوش بسوزانند و پرهاشان را بکنند. در سال ۱۷۸۵ جرج کارت‌رایت، سیاح و تاجر انگلیسی، کار این گروه‌ها را چنین تشریح کرد: «تخریب و ویرانی این مردان باورنکردنی است. اگر تلاشی برای متوقف کردن بلافاصله آن‌ها صورت نگیرد، اوک بزرگ به‌زودی نابود خواهد شد».



اوک بزرگ، متعلق به انجمن ملی اودوبون در آمریکا

به‌درستی روشن نیست که آیا آخرین اوک جزیره به‌دست این گروه‌ها کشته شده یا اینکه کشتارها جمعیت کولونی را به‌قدری کاهش داد که تعداد ناچیز باقی‌ماندگان در برابر شرایط دیگر آسیب‌پذیر شدند و از بین رفتند (کاهش

جمعیت می‌توانسته بقاء را برای افراد باقی‌مانده دشوارتر کند. این پدیده آله افکت^{۹۴} نام گرفته است). در هر صورت، تاریخی که معمولاً برای نابودی اوک بزرگ در آمریکای شمالی داده می‌شود ۱۸۰۰ است. حدود سی سال بعد، هنگامی که جان جیمز اودوبون اثر *پرندگان آمریکا*^{۹۵} را تدوین می‌کرد، برای یافتن اوک بزرگ به نیوفاندلند سفر کرد، تا به طور زنده از روی آن‌ها نقاشی بکشد. او پرنده‌ای پیدا نکرد و بنابر این ناگزیر شد تا از روی یک پرندۀ پوشالی در ایسلند نقاشی کند، که از دلالتی در لندن خریداری شده بود. اودوبون در توصیفش از اوک بزرگ نوشت که «این پرنده کمیاب بود و به‌طور تصادفی در سواحل نیوفاندلند دیده می‌شد، و گفته می‌شد که این پرنده بر روی صخره‌ای در آن جزیره تولیدمثل می‌کرد». این متناقض به نظر می‌رسد، زیرا پرندگان به طور «تصادفی» تولیدمثل نمی‌کنند.



بعد از آنکه که پرندگان فانک آیلند بر سر میز غذا آورده شدند، پرهاشان را کردند و در آب جوش سوزاندند و نهایتاً به فراموشی سپردند، تنها یک کولونی نسبتاً بزرگ از اوک‌های بزرگ در دنیا باقی‌مانده بود و آن در جزیره‌ای بود به نام گیرفוגلاس کر^{۹۶} یا صخره اوک بزرگ، که در فاصله پنجاه کیلومتری جنوب غربی شبه جزیره ریکیانس در ایسلند قرار دارد. از بخت بد اوک‌ها، یک فوران آتشفشانی گیرفוגلاس کر را در سال ۱۸۳۰ ویران کرد. این حادثه تنها یک پناهگاه برای پرندگان باقی گذارد، یک نقطه کوچک در جزیره‌ای به اسم الدی. در این نقطه، اوک بزرگ با تهدید جدیدی مواجه شد: جمعیت کمش. تخم و

Allee effect ۹۴

The Birds of America ۹۵

Geirfuglasker ۹۶

پوست اوک وسیعاً از طرف اشرافی مثل رابن طلب می‌شد، که می‌خواستند با آن کلکسیون خود را گسترده‌تر کنند. به تقاضای چنین مشتاقانی بود که آخرین جفت شناخته شدهٔ اوک‌ها در سال ۱۸۴۴ در اِلدی کشته شد.

قبل از رفتن از ایسلند، می‌خواستم آخرین محل اوک‌ها را ببینم. اِلدی فقط در فاصلهٔ شانزده کیلومتری شبه‌جزیرهٔ ریکیانس است و در جنوب آن قرار دارد. اما معلوم شد که رفتن به جزیره دشوارتر از آن بود که گمان می‌کردم. با هر کسی که در ایسلند تماس گرفتم، گفت هیچ کس به آنجا نرفته است. بالاخره یکی از دوستان ایسلندی من با پدرش تماس گرفت، که در ریکیاویک وزیر است، و او هم با دوستی تماس گرفت که یک موزهٔ مرکز طبیعی را در شهرکی در آن شبه‌جزیره اداره می‌کند که سندگه‌روی نامیده می‌شود. رئیس این موزه، رینیر سوینسون، به نوبهٔ خود ماهیگیری به اسم هالدور آرمان‌سون را پیدا کرد، که گفت می‌تواند مرا به آنجا ببرد، به این شرط که هوا خوب باشد؛ اگر هوا بارانی باشد یا باد بوزد، سفر خطرناک و تهوع‌آوری خواهد شد و او نمی‌خواهد خود را به خطر بیندازد.

خوشبختانه هوا در روز تعیین شده عالی بود. من سوینسون را در موزهٔ مرکز طبیعی ملاقات کردم. او یک نمایشگاه در مورد کاشف فرانسوی، ژان بابتیست شارکو ترتیب داده است. شارکو در کشتی‌اش مرد. اسم این کشتی «چرا که نه» بود و در سال ۱۹۳۶ در سندگه‌روی غرق شد.

به بندر رفتیم. آرمان‌سون در حال بارگیری صندوقی در قایقش، به اسم استلا، بود. او توضیح داد که درون صندوق یک قایق نجات بادی ذخیره وجود دارد. آرمان‌سون علاوه بر دوست ماهیگیر خود، یک یخدان پر از نوشیدنی و شیرینی با خود آورده بود. به نظر می‌رسید که او از سفری که برای ماهیگیری نباشد استقبال می‌کند.

ما از ساحل دور شدیم و به سمت جنوب حرکت کردیم و شبه جزیره ریکیانس را دور زدیم. هوا صاف بود و ما می توانستیم قلّه پوشیده از برف /سنوفل شوکول را، که در فاصله صد کیلومتری آنجا قرار داشت، ببینیم (خطاب به انگلیسی زبانان، اسنوفل شوکول شاید بیش از هر چیز یادآور مکانی در رمان ژول ورن، «سفری به مرکز زمین» باشد، که در آن قهرمان داستان تونلی در زمین کشف می کند). الدی، که بسیار کوتاه تر از اسنوفل شوکول بود، هنوز در معرض دید نبود. سوینسون توضیح داد که معنای الدی «جزیره آتش» است. او گفت که اگرچه او تمام زندگی خود را در این منطقه سپری کرده، اما هرگز تا پیش از این از اینجا خارج نشده است. او یک دوربین معمولی با خود آورده بود و کمابیش بی وقفه عکس می گرفت.

وقتی سوینسون از اتفاق قایق خارج شد، من با آرمان سون شروع به گپ زدن کردم. برایم جالب بود که رنگ چشم هایش از هم متفاوت بود، یکی آبی و دیگری فندقی. او گفت که معمولاً برای گرفتن ماهی کاد، دامی در یک مسیر حدوداً ده کیلومتری می گذارد که دوازده هزار قلاب دارد. آماده کردن قلاب ها کار پدرش بود و در حدود دو سال طول کشید. حاصل یک ماهیگیری خوب می توانست به وزن هفت تُن برسد. آرمان سون اغلب در قایق می خوابید، که مجهز به یک میکرو ویو و دو اتاق خواب کوچک بود.

پس از مدتی الدی در افق ظاهر شد. این جزیره شبیه به یک ستون عظیم بود، یا شبیه یک پایه غول پیکر بود، که مثلاً قرار بود یک مجسمه باز هم غول پیکرتر بر رویش بگذارند. وقتی کمی جلوتر رفتیم، می توانستم قسمت فوقانی جزیره را ببینم، که از آن فاصله مسطح به نظر می رسید، اما درواقع در حدود ده درجه مایل بود. ما از ضلع کوتاه تر جزیره به آن نزدیک شدیم، پس می توانستیم تمامی سطح جزیره را ببینیم، که سفیدرنگ و موج وار به نظر می رسید. اما وقتی نزدیک تر شدیم، متوجه شدم که آن موج ها در حقیقت پرنده

هستند. به نظر می‌رسید که آن‌همه پرنده سطح جزیره را پوشانده باشند. و وقتی باز هم جلوتر رفتیم، توانستم تشخیص دهم که آن پرندگان متعلق به گونه گانت هستند (موجودات زیبایی با منقارهای بلند، سرهای کرم رنگ، و منقارهای مخروطی شکل). سوینسون توضیح داد که جزیره الدی یکی از گسترده‌ترین کولونی‌ها بود که در حدود سی هزار جفت گانت‌های شمالی را در خود جا می‌داد. سازمان محیط زیست ایسلند در آنجا یک دوربین نصب کرده بود. هدف این بود که نظارع‌کنندگان پرنده بتوانند شاهد نمایشی از موج زنده گانت‌ها باشند، اما این پروژه طبق برنامه پیش نرفت.

سوینسون گفت، «پرندگان از دوربین خوش‌شان نمی‌آید، پس بر فراز آن پرواز می‌کنند و مدفوع‌شان را روی آن می‌ریزند. مدفوع پرندگان سی هزار جفت گانت شکل یک پوشش وانیلی یخزده را به جزیره داده است».



برای حفظ گانت‌ها و شاید برای حفظ تاریخ این جزیره، بازدیدکنندگان اجازه ندارند تا بدون مجوز به آنجا قدم بگذارند، به‌ویژه به الدی (و گرفتن مجوز دشوار است). وقتی اول بار این را شنیدم دلگیر شدم، اما وقتی به جزیره رفتم و دیدم که چطور دریا به صخره می‌کوبد، آرام شدم.



آخرین کسانی که اوک بزرگ را زنده دیدند، بیش از ده نفر ايسلندی بودند که با قایق پارویی به الدی سفر کردند. آن‌ها یک بعدازظهر در ژوئن ۱۸۴۴ قایق خود را به آب انداختند، در طول شب پارو زدند و صبح روز بعد به جزیره رسیدند. سه مرد تلاش کردند تا با زحمت فراوان به تنها محل ممکن در جزیره صعود کنند، و آنجا صخره‌ای بود که از بدنهٔ جزیره بیرون زده بود و در سمت شمال شرقی قرار داشت (مرد چهارم به دلیل احساس خطر از همراهی با سه مرد دیگر سر باز زد). در آن مقطع شاید جمعیت کامل اوک‌های جزیره اصلاً زیاد نبود و ظاهراً محدود به یک جفت پرندۀ تنها و یک تخم بود. وقتی پرندگان چشم‌شان به انسان‌ها افتاد سعی کردند فرار کنند، اما سرعت‌شان کند بود. این مردان ايسلندی ظرف چند دقیقه اوک‌ها را به دام انداختند و خفه کردند. تخم پرندگان هم احتمالاً در خلال شکار آن‌ها شکست، پس دست به تخم مرغ نزدند. دو تن از مردان می‌توانستند به پشت قایق بپرند؛ مرد سوم، که به درون آب افتاده بود، می‌بایست با طنابی از موج‌ها بیرون کشیده شود.

جزئیات آخرین لحظات زندگی اوک‌های بزرگ، و اسامی مردانی که آن پرنده‌ها را کشتند، ثبت شده است، زیرا چهارده سال بعد، در تابستان ۱۸۵۸، دو محقق طبیعت‌شناس برای یافتن اوک به ايسلند سفر کردند. محقق مسن‌تر، جان والی، دکتر و یک کلکسیونر مشتاق تخم پرندگان بود؛ محقق جوان‌تر،

آلفرد نیوتون، همکار او در کمبریج بود که کمی بعد اولین پروفیسور در جانورشناسی شد. این دو محقق چند هفته را در شبه جزیره ریکیانس سپری کردند، که از مکانی که اکنون فرودگاه بین‌المللی ایسلند در آن قرار دارد، چندان دور نبود. طی آن روزها این دو محقق فقط با کسانی صحبت می‌کردند که شاید یک اوک را دیده باشد، یا حتی فقط راجع به آن شنیده باشد. آن‌ها از جمله با چند مردی که در سال ۱۸۴۴ در آن سفر بودند، صحبت کردند. محققان دریافتند که آن جفت پرنده‌ای که در آن سفر کشته شدند، به یک دلال به مبلغی معادل ۹ پوند فروخته شده بود. محتوای درونی بدن پرنده‌ها به موزه سلطنتی در کپنهاگ فرستاده شد. هیچ‌کس نمی‌توانست بگوید که چه اتفاقی برای پوست پرنده‌ها افتاده است (جست‌وجوهای بعدی نشان داد که پوست اوک ماده اکنون در نمایشگاه موزه تاریخ طبیعی لوس‌آنجلس قرار دارد).

والی و نیوتن امیدوار بودند که خودشان به الدی بروند، اما هوای بد مانع شد. نیوتن بعدها نوشت، «قایق، راهنما و آذوقه فراهم شد، اما موقعیت برای پا گذاشتن به جزیره حتی یک بار هم پیش نیامد. از دست دادن این موقعیت غم‌انگیز بود».

والی مدت کوتاهی بعد از آنکه جفت پرنده به انگلستان برگردانده شد، از دنیا رفت. و بعدها معلوم شد که تجربه این سفر برای نیوتن سرنوشت‌ساز بوده است. او نتیجه‌گیری کرد که اوک منقرض شده است - «از این رو به دلایل مختلف ما باید از آن به عنوان پدیده‌ای که به گذشته تعلق دارد، یاد کنیم» - و او چیزی را به وجود آورد که یک زندگینامه‌نگار به عنوان یک «اقدام خارق‌العاده برای جانوران منقرض شده» از آن یاد می‌کند. نیوتن می‌دید که پرندگان ساحل بریتانیا نیز در خطر هستند؛ او اخطار کرد که به این پرندگان در ابعاد گسترده، با اهداف ورزشی، شلیک می‌شود.



اوک بزرگ تنها یک تخم در سال می گذاشت

نیوتن در خطاب به /انجمن بریتانیایی توسعه علمی گفت، «پرنده‌ای که به آن شلیک شده والد است. ما از یکی از مقدس‌ترین غریزه‌هایش سوءاستفاده می‌کنیم تا آن را به دام اندازیم و از زندگی محروم کنیم، ما فرزندان بی‌پناه این پرنده را به مرگ رقت‌انگیز، از طریق گرسنگی، محکوم می‌کنیم». اگر این قضاوت نیست، پس چیست؟» نیوتن تقاضای ممنوعیت شکار طی فصل تولیدمثل را کرد و لابی سیاسی او منجر به یکی از اولین قوانینی شد که امروزه به آن حفاظت حیات وحش می‌گویند: قانون حفاظت پرندگان دریایی.

وقتی اولین اثر داروین در مورد انتخاب طبیعی به چاپ رسید، نیوتن هم درست در همان زمان از ایسلند به انگلستان بازگشت. بعد از آنکه داروین پی برد که یک روزنامه‌نگار جوان به اسم آلفرد راسل والاس افکار مشابهی دارد، مقاله‌اش را - با کمک لایل - با عجله در *مجله اقدامات/انجمن لینیان*^{۹۷} منتشر کرد (از والاس هم مقاله‌ای در مورد همان موضوع در *مجله منتشر شد*). نیوتن اثر داروین را بلافاصله بعد از بازگشت خود تهیه کرد و تا پاسی از شب به خواندن آن مشغول شد، تا آن را تمام کند. و بلافاصله بعد از خواندن به او گروید. او بعدها گفت، «این اثر برای من مثل یک وحی الهی بود. صبح روز بعد، وقتی چشم باز کردم، مجهز به شناختی بودم، که با عبارت ساده/انتخاب طبیعی، نقطه پایانی بر تمام رازها گذاشت». او در نامه‌ای «داروینیسیم خالص و کامل» را برای دوستش تشریح کرد. چند سال بعد نیوتن و داروین شروع به مکاتبه کردند - یک بار نیوتن یک پای آسیب‌دیده پرنده پارتریج را برایش فرستاد، چون فکر می‌کرد باید برای داروین جالب باشد - این دو به تدریج در مجامع عمومی هم‌کلام شدند.

این که موضوع اوک بزرگ در مکالمات آن‌ها مطرح شده باشد، برای ما نامعلوم است. در این باره اثری در مکالمات میان این دو نیست. داروین هم در هیچ‌کدام از آثارش اشاره‌ای ضمنی به این پرنده یا انقراضش در همان زمان نکرده است. اما او نسبت به انقراض‌های ساخته و پرداخته بشر آگاه بود. او در *مجمع‌الجزایر گالاپائوس* شخصاً شاهد چنین چیزی بود (اگر نه دقیقاً در قالب انقراضی عملی، اما چیزی بسیار شبیه به آن).

داروین از این *مجمع‌الجزایر* در پائیز ۱۸۳۵ بازدید کرد، یعنی نزدیک به چهار سال بعد از آغاز سفرش با کشتی بیگل. او در *چارلز آیلند* - فلوریدای کنونی - با یک مرد انگلیسی به اسم نیکولاس لاوسون ملاقات کرد، که فرماندار

گالاپائوس و نیز سرپرست یک کولونی کوچک کیفری نکبت‌بار بود. لاوسون اطلاعات مفید زیادی داشت. از جمله اطلاعاتی که او به داروین داد این بود که در هر جزیره در گالاپائوس لاک‌پشت‌ها لاک‌هایی با اشکال مختلف دارند. لاوسون بر این اساس ادعا کرد که «ممکن است هر لاک‌پشتی از هر جزیره‌ای آورده شده باشد». او همچنین اضافه کرد که عمر این لاک‌پشت‌ها بسیار کوتاه است. این جزیره‌ها متناوباً توسط کشتی‌های شکار نهنگ بازدید می‌شدند، که جانوران بزرگی را به عنوان اقلام مصرفی قابل حمل و نقل به آنجا می‌آوردند. فقط چند سال قبل از آن ناوچه‌ای که از چارلز آیلند دیدن می‌کرد، دویست لاک‌پشت را با خود از آنجا برد. به دنبال این، داروین در دفتر یادداشتش نوشت «تعداد لاک‌پشت‌ها بسیار کم شده است». در زمان بازدید بیگل لاک‌پشت‌های چارلز آیلند به قدری کمیاب شده بودند که داروین دیگر هیچ لاک‌پشتی در آنجا ندید. لاوسو پیش‌بینی می‌کرد که لاک‌پشت چارلز آیلند (که امروز آن را با نام علمی *چهلونوایدیس الفانتوپوس*^{۹۸} می‌شناسند) ظرف بیست سال آینده به طور کامل نابود خواهد شد. اما آن‌ها درواقع ظرف کم‌تر از ده سال ناپدید شدند (حال این که *چهلونوایدیس الفانتوپوس* یک گونهٔ مشخص بوده یا زیرمجموعهٔ گونه‌ای دیگر بوده، جای بحث دارد).

آشنایی داروین با انقراض ساخته و پرداختهٔ دست بشر از جمله در کتاب *منشأ گونه‌ها* مشهود است. در یکی از عبارات متعددی که او فجایع را دست کم می‌گیرد، متوجه می‌شود که حیوانات قبل از انقراض به گونه‌ای اجتناب‌ناپذیر کمیاب می‌شوند: «می‌دانیم که حوادث انقراض حیوانات توسط انسان، چه در ابعاد محلی و چه در ابعاد جهانی گسترش یافته است». این اشاره‌ای کوتاه است و با وجود کوتاهی‌اش تعمق‌برانگیز است. داروین فرض را بر این می‌گیرد که خوانندگانش با چنین «حوادثی» آشنا هستند و تا کنون با آن‌ها خو گرفته‌اند.

به نظر می‌رسد که خود او این حقیقت را چیز بغرنج و ویژه‌ای نمی‌داند. اما انقراض ساخته و پرداخته دست بشر به دلایل زیادی طبعاً نگران‌کننده است، که برخی از آن‌ها به نظریه خود داروین برمی‌گردد، و عجیب است که نویسنده فهمیده و خودمنتقدی مثل داروین به چنین چیزی توجه نمی‌کرد.

داروین در کتاب منشأ گونه‌ها تمایزی میان انسان و موجودات زنده دیگر قائل نبود. همان‌طور که او و بسیاری از معاصرانش به آن پی بردند، هم‌تراز دانستن انسان و سایر موجودات زنده بنیادی‌ترین جنبه کار او بود. انسان‌ها هم مثل هر گونه زیستی دیگری خصایل خود را برای فرزندانش به ارث می‌گذارد. حتی ویژگی‌های متمایز انسان‌های مختلف، مثل زبان، فهم و خرد، درک از درست و غلط، به همان شیوه‌ای تحول یافته که رفتارهای انطباقی دیگر شکل گرفته‌اند، مانند منقارهای درازتر یا دندان‌های تیزتر. به طوری که یکی از زندگینامه‌نگاران او بدان اشاره کرد، نظریه داروین «منکر جایگاه خاص و والای بشر است».

و آنچه در مورد تکامل صدق می‌کند، در مورد انقراض هم مصداق دارد، زیرا به عقیده داروین انقراض تنها یک اثر جانبی تکامل است. گونه‌ها درست همان‌طور که منقرض شدند، به‌وجود آمدند و «به دلایل عملی تدریجی و هنوز موجود ناپود شدند، یعنی از طریق رقابت و انتخاب طبیعی. توسل جستن به هر توضیح دیگر چیزی به جز رازآلود کردن واقعیت طبیعی نیست. پس مواردی مثل اوک بزرگ یا لاک‌پشت چارلز آیلند - یا اگر بخواهیم این فهرست را طولانی‌تر کنیم - پرندۀ دودو^{۹۹} یا گاو دریایی استلر^{۱۰۰} چگونه قابل توضیح است؟ این حیوانات مشخصاً توسط یک گونه رقیب، از بین نرفتند، که دارای نوعی

۹۹ Dodo پرندۀ منقرض شده در اواخر قرن هفدهم، فاقد توانایی پرواز، جاق، با بال‌های کوتاه و ضخیم، سر بزرگ و منقار قلاب‌گونه، یافت

شده در کشور موریسیوس - م.

Steller's sea cow ۱۰۰

امتیاز رقابتی باشند که تدریجاً تکامل یافته باشد. همه آنها توسط گونه انسانی و به طور ناگهانی کشته شدند - مدت زمان انقراض اوک بزرگ و لاک پشت چارلز آیلند معادل با محدوده زمانی عمر خود داروین بوده است. اگر این انقراضها ساخته و پرداخته دست بشر بوده باشند، که انسانها در آن همچون موجودی در فراسوی قانونمندیهای طبیعت «جایگاه خاصی» را اشغال کرده‌اند، و یا این که این انقراضها را حاصل فعل و انفعالاتی مقطعی در نظام طبیعت بی‌انگاریم، در هر صورت متأسفانه حق با کوویه بود.

فصل چهارم

اقبال شاخ قوچی‌ها

دیسکاس کافایتس جرسی ینسیس

شهرک تپه‌ای گوبیو، در ۱۶۰ کیلومتری شمال روم، می‌تواند به عنوان یک شهر سنگواره‌ای توصیف شود. خیابان‌هایش به قدری باریک هستند که در اکثر آن‌ها حتی باریک‌ترین فیات هم نمی‌تواند تردد کند، و میدان‌های سنگ‌فرش شده‌اش بسیار شبیه به دوران دانته است (که درواقع سبک گوبیایی پر عظمتی بود که به فرمان شهردار فلورانس بنا شد، همان کسی که دانته را در سال ۱۳۰۲ تبعید کرد). اگر مثل من در زمستان از این شهرک بازدید کنید، یعنی وقتی که خبری از جهانگردان نیست، هتل‌ها تعطیل هستند و قصر تصاویر خالی از جمعیت است، این حس را تداعی می‌کند که شهر طلسم شده و بی‌صبری می‌کند تا دوباره بیدار شود.

درست آن‌سوی حاشیه شهرک، یک گلوگاه باریک وجود دارد که به شمال شرقی منتهی می‌شود. دیوارهای این گلوگاه، که گولادل‌بوتاکسیون نام دارد، از لایه‌های راه‌راه مورب‌شکل سنگ آهک تشکیل شده است. مدت‌های طولانی قبل از آنکه این منطقه توسط انسان‌ها مسکونی شود، و خیلی پیش از آنکه انسانی وجود داشته باشد، گوبیو در کف دریایی صاف و آبی‌رنگ قرار داشت. سال به سال و قرن به قرن و هزاره به هزاره بقایای موجودات دریایی ریز بر کف آن دریا جمع شد و لایه بر لایه در آنجا رسوب کرد. با انباشت این لایه‌ها، کوهستان‌های اپنین به وجود آمدند، سنگ آهک در یک زاویه چهل و پنج درجه به صورت مورب بالا آمد. امروز قدم زدن در این گلوگاه سفری است به لایه‌های

زمان. یک محدودهٔ چند صد متری معرف تقریباً صد میلیون سال گذشت زمان است.

گولادل بوتاکسیون اکنون به عنوان یک منطقهٔ توریستی، برای گروه خاصی از جهانگردان اعتبار خاص خود را دارد. در اواخر دههٔ ۱۹۷۰ زمین‌شناسی به اسم والتر آلوارز، به آنجا آمد تا در مورد منشأ آپنین‌ها تحقیق کند، اما کمابیش به‌طور تصادفی شروع به بازنویسی تاریخ حیات کرد. او در گلوگاه اولین آثار شهاب آسمانی گول‌پیکر، را یافت، که با اصابت به زمین نقطهٔ پایانی بر دورهٔ کرتاسه گذاشت و منجر به چیزی شد که شاید بزرگ‌ترین فاجعهٔ سیارهٔ زمین تا کنون بوده باشد. وقتی غبار (واقعی یا تمثیلی) این فاجعه فرو نشست، نزدیک به سه چهارم تمام گونه‌های زیستی نابود شده بودند.



لایهٔ خاک گوبیو، که با یک آبنبات محل را نشانه‌گذاری می‌کند

آثار شهاب آسمانی به صورت لایه‌ای در زیر خاک، نیمی از گلوگاه را پوشانده است. جهانگردان می‌توانند در جاده‌ای فرعی در همان نزدیکی پارک کنند. کیوسک کوچکی هم در آنجا هست که به زبان ایتالیایی در مورد اهمیت آن مکان توضیح می‌دهد. این قشر خاکی به راحتی قابل تشخیص است و با صدها انگشت لمس شده است، تقریباً مثل انگشتان پای مجسمهٔ برونزی سنت پی‌یر در روم، که توسط زائران بوسیده می‌شود. روزی که من به آنجا رفتم آسمان خاکستری بود و باد می‌وزید و من در آنجا تنها بودم. از خود پرسیدم، تمام این انگشت‌گذاری‌ها برای چه بوده. آیا حاصل یک کنجکاوی ساده است، و یا ناشی از یک حس همدردی؟ یعنی تمایلی - اگرچه ضعیف - برای ایجاد رابطه با دنیای نابود شدهٔ پیشین است؟ من هم طبعاً انگشتم را فرو کردم و به اطراف چرخاندم و تکه‌ای گل خشک‌شده به اندازهٔ یک سنگ کوچک را کندم، که رنگ آجرهای

پوسیده را داشت. سپس آن را در یک کاغذ آبنبات پیچیدم و در جیبم گذاشتم. این تکه کوچکی است از فاجعهٔ سیاره.

* * *

والتر آوارز از یک تبار نسل اندر نسل دانشمند می‌آمد. پدر بزرگش و مادر بزرگش هر دو پزشکان شناخته‌شده‌ای بودند. پدرش، لوئیس، در دانشگاه کالیفرنیا - برکلی فیزیكدان بود. اما علاقه به زمین‌شناسی را مادرش در او به وجود آورد، زیرا پسرش را در کودکی به پیاده‌روی‌های طولانی بر روی تپه‌ها برکلی می‌برد. والتر از دانشگاه پرینستون فارغ‌التحصیل شد. سپس در صنعت نفت مشغول کار شد (وقتی معمر قذافی قدرت را در سال ۱۹۶۹ در لیبی به‌دست گرفت، والتر آنجا بود). چند سال بعد یک پست تحقیقاتی در رصدخانهٔ لامونت - دوروتی به او دادند. این رصدخانه از هیودسون تا مانهاتان را زیر پوشش داشت. در آن زمان، پدیده‌ای توجه کارکنان را به خود جلب کرد که گاهی به آن «انقلاب لایه‌های سخت فوقانی زمین» می‌گفتند.

آوارز سعی کرد با عزیمت از علم لایه‌های سخت فوقانی زمین، پی ببرد که چطور شبه‌جزیرهٔ ایتالیا پدید آمد. کلید ورود به این پروژه نوعی سنگ آهک قرمز رنگ، به اسم اسکاگلیا روسو بود، که می‌توان آن را در مکان‌های دیگر در گولادل‌بوتاکیون پیدا کرد. پروژه به جلو پیش می‌رفت، با موانع مواجه می‌شد و تغییر جهت می‌داد. شاید آوارز بعدها می‌توانست با اتکاء به تجربیاتش از این وقایع نتیجه‌گیری کند که «در علم گاهی پیشرفت بیش از آنکه حاصل ذکاوت باشد، نتیجهٔ خوش‌اقبال است». آوارز نهایتاً در گوئیو، به همراه یک

زمین‌شناس ایتالیایی، به اسم ایزابلا پره‌مولی سیلوا، مشغول کار شد، که یک متخصص فورامینیفره‌را^{۱۰۱} بود.

فورامینیفره‌را، یا به‌طور خلاصه «فورام‌ها»، موجودات ریز دریایی هستند که پوسته‌ای از کلسایت^{۱۰۲} یا تستز تولید می‌کنند، که بعد از مردن حیوانات آبی در کف اقیانوس رسوب می‌کنند. تستز در هر گونه زیستی شکل متفاوتی دارد. برخی از آن‌ها (زیر ذره‌بین) مثل کندو هستند، بعضی دیگر شبیه تاربافته یا حباب و یا خوشه انگور هستند. فورام‌ها وسیعاً توزیع می‌شوند و به‌طور گسترده باقی می‌مانند، و این امر آن‌ها را به عنوان شاخص‌های سنگواره‌ای بسیار قابل استفاده می‌کند، مثلاً متخصصی مثل سیلوا می‌تواند، با شناسایی گونه‌های فورام‌های یافت شده در لایه‌های یک صخره معین، عمر صخره را مشخص کند. در خلال همکاری در گولادل‌بوتاکسیون سیلوا رگه کمیابی را به آلواریز نشان داد. سنگ‌های آهکی مربوط به آخرین مرحله دوره کرتاسه حاوی فورام‌های متنوع، فراوان و نسبتاً بزرگی بودند، که در بسیاری از موارد به بزرگی دانه‌های شنی می‌رسیدند. درست در بالای آن سنگ‌های آهکی لایه‌ای از گل وجود داشت که به حدود چهار سانتیمتر می‌رسید و فورام در آن نبود. روی این لایه گلی لایه موجود سنگ آهک حاوی فورام بیشتر بود، اما این‌ها فقط متعلق به معدودی گونه زیستی بودند، که همگی بسیار ریز و تماماً متفاوت با نمونه‌های بزرگ‌تر در لایه‌های زیرین بودند.



فورامینیفه‌ها در اشکال متفاوت، گاهی در اشکال خیالی

آلوارز به گفتهٔ خودش در یک نظام آموزشی «خشک یکپارچه‌نگر»^{۱۰۲} آموزش دیده است. به او یاد داده بودند که بعد از لایل و داروین، نابودی هر گروه از موجودات زنده حاصل فرآیندهای تدریجی است، که در آن گونه‌های زیستی یکی پس از دیگری منقرض می‌شوند. اما او با مشاهدهٔ لایه‌های سنگ آهک گوپیو به نتیجهٔ دیگری رسید. به نظر می‌رسید که بسیاری از گونه‌های فوراما در لایه‌های زیرین کمابیش به طور ناگهانی همزمان نابود شده‌اند. آلوارز بعدها گفت که به نظر می‌رسد که تمام فرآیند انقراض «کاملاً ناگهانی» بوده است. این یک مقطع زمانی عجیب بود. نشان داده شد که فورام‌های بزرگ درست در حوالی مقطعی نابود شدند که آخرین دایناسورها از بین رفتند. در

۱۰۲ Uniformitarianism نظریه‌ای است که می‌گوید تغییرات در لایه‌های زمین طی تاریخ زمین‌شناسی حاصل عمل پیوستهٔ

فرآیندهای یک‌شکل است - م.

نظر آلوارز این بیش از یک امر تصادفی صرف بود. او معتقد بود که باید مشخص کرد که یک تکه گلی حدوداً یک و نیم سانتیمتری معرف چقدر زمان است.

آلوارز در سال ۱۹۷۷ کاری در برکلی گرفت - که پدرش لوئیس هم هنوز در آنجا کار می کرد - و نمونه ای از گوبیو با خود به کالیفرنیا برد. هنگامی که والتر در مورد لایه های سخت فوقانی زمین مطالعه می کرد، پدرش، لوئیس، برنده جایزه نوبل شد. او همچنین اولین شتاب دهنده های پروتون خطی را توسعه داده بود، یک محفظه حباب اختراع کرده بود، چندین دستگاه ابداعي رادار طراحی کرده بود، و در کشف تریتیوم شرکت داشت. لوئیس در اطراف برکلی به «مرد اندیشه های بکر» شناخته شده بود. او متأثر از بحث مربوط به احتمال وجود گنج در محفظه های درون دومین هرم بزرگ مصر آزمایشی را طراحی کرد که مستلزم سوار کردن یک دستگاه موان یاب در بیابان بود (این دستگاه نشان داد که آن هرم درواقع یک صخره محکم است). در مقطع دیگری به ماجرای قتل کندی علاقه نشان داد و آزمونی فراهم آورد که در آن به طالبی شلیک می شد (این آزمایش نشان داد که حرکت سر رئیس جمهور بعد از شلیک در هماهنگی با یافته های کمیته رسیدگی وارن بوده است). والتر برای پدرش از معمای گوبیو گفت و پدرش را شگفت زده کرد. این لوئیس بود که به کمک ماده شیمیایی ایریدیوم به فکر بکر تعیین طول عمر گل افتاد.

ایریدیوم در سطح زمین بسیار نادر است، اما در شهاب های آسمانی به وفور یافت می شود. تکه های شهاب های آسمانی، به شکل ذرات ذره بینی غبار کیهانی، همواره توسط باران روی سیاره را فرا می گیرد. لوئیس نتیجه گیری کرد که هرچه لایه گلی بیشتری جمع شود، غبار کیهانی بیشتری بر روی زمین جمع می شود، بنابر این حاوی ایریدیوم بیشتری خواهد بود. او با یک همکار خود در برکلی، به اسم فرانک آسارو، تماس گرفت، که آزمایشگاهش یکی از معدود آزمایشگاه های موجود بود که مجهز به تجهیزات لازم برای این تحقیقات بود.

آسارو با انجام آزمایش بر روی ده‌ها نمونه موافقت کرد، اما در مورد این که این آزمایشات به نتیجه‌ای برسند تردید داشت. والتر نمونه‌هایی از سنگ آهک فوقانی و تحتانی لایه گلی و نیز نمونه‌ای هم از خود لایه گلی را در اختیارش گذاشت و منتظر جواب آزمایش شد. نه ماه بعد با او تماس گرفته شد. اشکالی جدی در نمونه‌های مربوط به لایه‌های گلی وجود داشت. میزان ایریدیوم خارج از محدوده نقشه بود.

هیچ‌کس نمی‌دانست با آن چه کند. آیا این یک انحراف عجیب بود یا چیزی باز هم قابل توجه‌تر از آن؟ والتر به دانمارک پرواز کرد تا از مجموعه صخره‌های سنگ آهک، معروف به استهونس کلینت لایه‌هایی از کرتاسه پسین جمع‌آوری کند. در استهونس کلینت، انتهای دوره کرتاسه به صورت یک لایه گلی نمایان شد که کاملاً سیاه است و بوی ماهی مرده می‌دهد. نمونه‌های دانمارکی بدبو هم، بعد از تجزیه و تحلیل، وجود سطوح نجومی^{۱۰۴} از ایریدیوم را در خود نشان دادند. مجموعه سومی از نمونه‌ها از منطقه ساوت آیلند در نیوزیلند هم وجود رگه ایریدیوم را درست در پایان دوره کرتاسه نشان داد.

واکنش لوئیس به این خبرها، بنا به گفته همکارانش، همچون واکنش «کوسه‌ای بود که بوی خون را حس کرده باشد». او در این نمونه‌ها فرصتی برای یک بررسی دامنه‌دار را می‌دید. پدر و پسر به جست‌وجو در اطراف نظریه‌های موجود پرداختند. اما همه آن‌ها یا با داده‌های به‌دست آمده سازگاری نداشتند و یا طی آزمایشات بیشتر نادرست از آب درآمدند. بالاخره بعد از یک سال بن‌بست، به فرضیه تصادم^{۱۰۵} رسیدند. در یک روز معمولی، شصت و پنج

۱۰۴ Astronomical اجرام آسمانی

۱۰۵ impact hypothesis فرضیه تصادم، که گاهی «بیگ اسپلاش» (Big Splash) نامیده شده، نظریه‌ای است که بر اساس آن کره

ماه حاصل بقایای تصادمی است بین زمین و یک جرم آسمانی، به اندازه مریخ، تقریباً ۴٫۵ میلیارد سال قبل، در ابردوران هادین

Hadean eon - م.

میلیون سال قبل، یک شهاب آسمانی به عرض نزدیک به ده کیلومتر با زمین برخورد کرد و طی اصابت با زمین انفجاری ایجاد کرد و معادل صد میلیون مگاتن ماده منفجره تی‌ان‌تی - یا بیش از یک میلیون برابر بمب هیدروژنی که تا کنون آزمایش شده - انرژی تولید کرد. ذرات این انفجار، از جمله ایریدیوم حاصل از پودر شهاب آسمانی، در سراسر کره زمین پراکنده شد. روز به شب بدل شد و دما شدیداً بالا رفت و یک انقراض گسترده به دنبال آورد.

آلوارز پدر و پسر حاصل نمونه‌های گوبیو و استهون کلینت را ثبت کردند و آن را به همراه توضیحات پیشنهادی خود برای مجله ساینس فرستادند. والتر گفت، «به خاطر می‌آورم که سخت کار می‌کردم، تا بتوانم تا جایی که ممکن است مطلبی قوی و پرمغز ارائه دهم».



مقاله آلوارز پدر و پسر به عنوان «علت فرازمینی انقراض کرتاسه - تریاری»^{۱۰۶} در ژوئن ۱۹۸۰ منتشر شد. این مقاله هیجان زیادی، به‌خصوص در فراسوی مرزهای دیرین‌شناسی، ایجاد کرد. مجلات مختلف، از رشته‌های روان‌شناسی بالینی گرفته تا خزنده‌شناسی، از یافته‌های آلوارز پدر و پسر گزارش دادند و مدت کوتاهی بعد از آن یک اندیشه در مورد یک شهاب پایان‌بر کرتاسه توسط مجلات تایم و نیوزویک تدوین شد. یک منتقد نوشت، «مرتبط کردن دایناسورها، به عنوان موجوداتی که مورد علاقه انسان‌ها هستند، و ارائه احمقانه‌ترین داستان، در باره یک حادثه فرازمینی شگفت‌انگیز می‌توانست جزو نقشه‌هایی باشد که یک ناشر خوش‌فکر بتواند یک فروش خوب را برای نشریه خود تضمین کند». گروهی از دانشمندان فیزیک نجومی به رهبری کارل

ساگان، با الهام از فرضیه تصادم، تلاش کردند نمونه‌ای از پیامدهای یک جنگ تمام عیار را پیش‌بینی کنند و به مقوله «زمستان هسته‌ای» رسیدند، که به نوبه خود موج واکنش‌های رسانه‌ای خود را به دنبال آورد.

اما اندیشه‌های این دو دانشمند در میان دیرین‌شناسان حرفه‌ای و در موارد بسیاری از جانب خود این دو مورد انتقاد خشنی قرار گرفت. یک دیرین‌شناس حرفه‌ای خطاب به نیویورک تایمز چنین گفت: «این انقراض گسترده آشکار بر پایه آمار ساختگی قرار دارد و ناشی از درک ناچیز این دو محقق از تاکسونومی^{۱۰۷} است».

دیرین‌شناس دیگری اعلام کرد: «تکبر این دو دانشمند باورنکردنی است. آن‌ها تقریباً هیچ چیز راجع به تکامل، زندگی و انقراض حیوانات واقعی نمی‌دانند. اما این جغرافیای شیمی‌دانان^{۱۰۸} علیرغم ناآگاهی خود، گمان می‌کنند که تمام کاری که شما باید انجام دهید چرخاندن دسته یک دستگاه خیالی است و آنگاه شما در علم انقلاب ایجاد کرده‌اید».

دیرین‌شناس سومی گفت: «شهاب‌سنگ‌های نامرئی که در دریای نامرئی می‌افتد، از نظر من فاقد اعتبار است».

باز هم یک دیرین‌شناس دیگر معتقد بود که «انقراض‌های کرتاسه تدریجی بودند و نظریه فاجعه‌نگر غلط است، اما نظریه‌های ساده‌انگارانه به اغوا کردن معدودی محقق ادامه خواهند داد و جان تازه‌ای به مجلات عامیانه خواهند داد». عجیب این بود که هیئت تحریریه مجله تایمز تصمیم گرفت روی این موضوع

۱۰۷ Taxonomy علم طبقه‌بندی موجودات زنده - م.

۱۰۸ Geochemist ژئوکیمیستری علمی است که از ابزار و اصول شیمی استفاده می‌کند تا ساز و کارهای نهفته در پشت نظام‌های

زمین‌شناسی، مثل پوسته زمین و اقیانوس‌ها را توضیح دهند - م.

تعمق کند و طی مقاله‌ای هشدار داد: «اخترشناسان^{۱۰۹} باید وظیفه جست‌وجوی دلایل حوادث زمین را به طالع‌بینان^{۱۱۰} واگذار کنند، تا ایشان در آسمان‌ها و در ستارگان به دنبال پاسخ بگردند».

برای درک احساسات شدیدی که در پشت این واکنش‌ها بود، لازم است بار دیگر به عقب برگردیم و به لایل مراجعه کنیم. انقراض‌های گسترده در داده‌های سنگواره‌ای به قدری از هم متفاوتند که هر کدام زبان تاریخی خاص خود را برای توصیفش می‌طلبد. جان فیلیپس، که به کمک لایل موفق شد در سال ۱۸۴۱ مدیر انجمن زمین‌شناسی لندن شود، حیات را به سه فصل تقسیم کرد، و فصل اول را دیرینه‌زیستی^{۱۱۱} - نامید، که برگرفته از واژه یونانی، به معنی «زندگی باستانی» است. فصل دوم، میانه‌زیستی^{۱۱۲} خوانده شد، به معنی «زندگی میانی». و فصل سوم نوزیستی^{۱۱۳} لقب گرفت، به معنی «زندگی نوین». فیلیپس بین دو عصر دیرینه‌زیستی و میانه‌زیستی نقطه تمایزی را گنجاند، که امروز به اسم انقراض مرحله پایانی پرمیان شناخته می‌شود، و بین میانه‌زیستی و نوزیستی واقعه کرتاسه پسین را قرار داد (در زبان جاری زمین‌شناسی دیرینه‌زیستی، میانه‌زیستی و نوزیستی «عهد» خوانده می‌شوند و هر دوران شامل چندین «دوره» است، مثلاً دوره‌های تریاس^{۱۱۴}، جوراسیک و کرتاسه که در دوران میانه‌زیستی قرار دارد). سنگواره‌های این سه عهد به قدری از هم

astronomers ۱۰۹

astrologers ۱۱۰

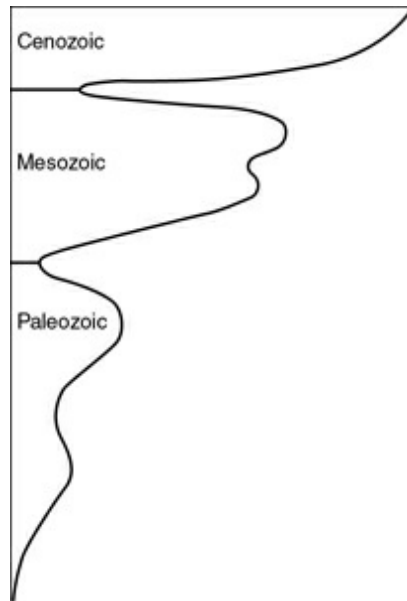
Paleozoic ۱۱۱

Mesozoic ۱۱۲

Senozoic ۱۱۳

Triassic ۱۱۴

متفاوت بودند که فیلیپس گمان می کرد که آن‌ها معرف عمل کردهای متفاوتی از آفرینش هستند.



این طرح که توسط جان فیلیپس ترسیم شده، تفاوت انبساط و انقباض حیات را نشان می‌دهد

لایل به‌خوبی از این لایه‌های سنگواره‌ای آگاه بود. او در جلد سوم بنیان‌های زمین‌شناسی به «شکافی» اشاره کرد که میان گیاهان و حیوانات در صخره‌های مربوط به دوره کرتاسهٔ پسین و ابتدای دورهٔ تریاری وجود داشت (که اکنون از

نظر فنی به دوران آغازین پالئوجینی^{۱۱۵} شناخته شده است). برای مثال، رسوبات کرتاسهٔ پسین حاوی بقایای گونه‌های بسیاری از گروه زیستی پِلْمِنایت^{۱۱۶} و ماهی مرکب بود و این‌ها سنگواره‌هایی از خود به جا گذاشتند که شبیه به گلوله هستند. اما سنگواره‌های پِلْمِنایت هیچ‌گاه در رسوبات جدیدتر یافت نشدند. الگوی مشابهی در مورد شاخ‌قوچی‌ها و نرم‌تنان رودیست - حلزون^{۱۱۷} صدق می‌کرد که تپه‌های دریایی عظیمی را تشکیل دادند (رودیست‌ها به عنوان صدف‌هایی توصیف شده‌اند که مایل هستند به مرجان تبدیل شوند). برای لایل غیرممکن یا «غیرفلسفی» می‌نمود تا تصور کند که این «شکاف» معرف تغییر فراگیر ناگهانی و بزرگ باشد. بنابر این او در یک استدلال دقیق و تکراری اعلام کرد که شکاف جانوری فقط شکافی در داده‌های سنگواره‌ای است. لایل پس از مقایسهٔ اشکال حیات در دو طرف شکاف فرضی، نتیجه‌گیری کرد که فاصلهٔ به حساب نیامده باید طولانی بوده باشد، تقریباً معادل با تمام آن زمانی است امکان ثبت آن بوده است. با معیار زمانی کنونی این شکاف معادل ۶۵ میلیون سال است.

داروین هم به خوبی نسبت به عدم پیوستگی در پایان دورهٔ کرتاسه آگاه بود. او در کتاب منشأ گونه‌ها توضیح داد که به نظر می‌رسد که نابود شدن شاخ‌قوچی‌ها «به حد شگفت‌انگیزی ناگهانی» بوده باشد. و مثل لایل شاخ‌قوچی‌ها و پیامی که شاخ‌قوچی‌ها برای گفتن داشتند را رد می‌کرد. او گفت:

من به داده‌های زمین‌شناسی طبیعی به عنوان تاریخ فراگیر نگاه می‌کنم، که ناقص است و به روال متفاوتی نوشته شده است. ما

Paleogene ۱۱۵

۱۱۶ belemnites یک اختاپوس منقرض شده با یک پوستهٔ درونی کروی است که اغلب به صورت سنگواره در رسوبات دریایی مربوط به

دوره‌های جوراسیک و کرتاسه یافت می‌شود - م.

rudist bivalves - mollusks ۱۱۷

تنها آخرین جلد این تاریخ را در اختیار داریم، که فقط با دو یا سه کشور مرتبط می‌شود. از این مجلد اینجا و آنجا فصلی کوتاه، و از هر صفحه فقط چند خط به‌جا مانده است.

ماهیت ناقص داده‌ها باعث می‌شود که آنچه تغییر ناگهانی جلوه می‌کند و ما آن‌ها را انقراض‌های ظاهراً ناگهانی می‌بینیم که دامنگیر گروه‌های کاملی از حیوانات یا نظام‌های طبیعی شده است، درواقع انقراض‌هایی بوده که در مقاطع زمانی بسیار طولانی رخ داده‌اند، که ما توضیحی برای‌شان نداریم. اگر مدرک این مقاطع از بین نرفته بود، مشخص می‌شد که این انقراض‌ها بسیار کند صورت گرفته‌اند. بدین ترتیب داروین ادامه داد که: پروژه لایل مدارک زمین‌شناسی را وارنه کرد و بر روی قاعده خود بنا کرد. او نوشت: «ناآگاهی ما به‌قدری زیاد و فرضیات تا حدی گزاف هستند که وقتی می‌شنویم که موجود زنده‌ای منقرض می‌شود، شگفت‌زده می‌شویم، و از آنجا که دلیل را نمی‌بینیم، تصور می‌کنیم که گویا فجایع ناگهانی طبیعی دنیا را ویران کرده است!»

پیروان داروین مشکل «انقراض بسیار کند» را به ارث بردند. یکپارچه‌نگری هر نوعی از تغییرات ناگهانی یا گسترده را غیرممکن می‌دانست. اما هرچه شناخت ما از داده‌های سنگواره‌ای بیشتر می‌شد، انکار یک عصر کامل ده‌ها میلیون ساله، به این یا آن شکل دشوارتر می‌شد. این تنش فزاینده منجر به یک سلسله توضیحات فزاینده اضطراب‌آور شد. شاید در انتهای کرتاسه نوعی «بحران» وجود داشت، اما این بحران باید بسیار کند بوده باشد. شاید نابودی‌ها در انتهای آن دوران باعث «انقراض گسترده» شده است. اما نباید انقراض گسترده را با «فاجعه» اشتباه گرفت. همان سالی که آلوارز پدر و پسر مقاله خود را در ساینس منتشر کردند، جرج گی‌لورد سیمپسون، که شاید در آن زمان بانفوذترین دیرین‌شناس بود، نوشت که «واژگونی» در انتهای کرتاسه باید به عنوان بخشی از «یک فرآیند طولانی اساساً پیوسته نگریسته شود».

فرضیه تصادم با بنیان‌های فکری «یکپارچه‌نگری سخت‌گیرانه» کاملاً ناسازگار بود. آلوارز پدر و پسر مدعی بودند که می‌توانند واقعه‌ای را توصیف کنند که اتفاق نیفتاده است، و نمی‌توانست اتفاق بیفتد. مثل این بود که کسی بخواهد داروی مشخصی برای یک بیماری خیالی بفروشد. چند سال بعد از آنکه پدر و پسر فرضیه خود را منتشر کردند، در جلسه انجمن دیرین‌شناسی مهره‌داران یک بررسی غیررسمی صورت گرفت. اکثر کسانی که در آن تحقیق شرکت کردند، بر این باور بودند که احتمالاً نوعی تصادم کیهانی رخ داده است. اما فقط یکی از بیست نفر بود که فکر می‌کرد که این با انقراض دایناسورها ربط دارد. یکی از دیرین‌شناسان در جلسه فرضیه آلوارزها را «مزخرف» خواند.



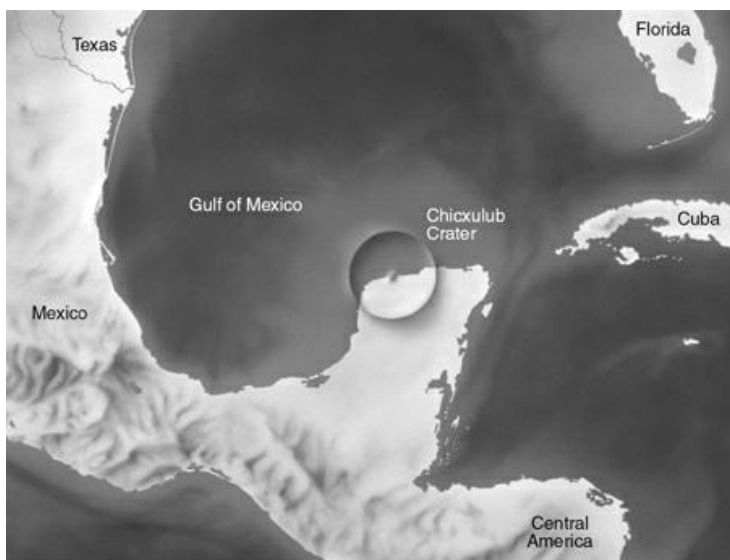
در این اثناء برای این فرضیه شواهد جمع‌آوری می‌شد.

اولین شواهد مستقلى که فرضیه را تأیید می‌کردند، به صورت ذره‌های ریزی از صخره‌ای به اسم «شوگد کوارتز» آمدند. شوگد کوارتز طی بزرگ‌نمایی چیزی را نشان می‌دهد که شبیه به خراش است، که شکل ساختار بلوری را در اثر فشار زیاد تغییر شکل می‌دهد. شوگد کوارتز ابتدا در مکان‌های آزمایشات هسته‌ای مورد توجه قرار گرفت و بعد در نزدیکی گودال ایمپکت کریتر^{۱۱۸} یافت شد. در سال ۱۹۸۴ ذراتی از شوگد کوارتز در لایه‌ای از خاک رس از دوره گذار کراسه به ترتیاری، یا گذار «کی - تی» در مونتانای شرقی کشف شد («کی» (K) به عنوان اختصاری برای کرتاسه به کار می‌رود، زیرا «سی» (C) قبل از آن برای

۱۱۸ impact craters گودالی است تقریباً گرد بر سطح یک سیاره که در اثر اصابت یک سنگ کوچک آسمانی ایجاد شده باشد - م.

کربنی فروس استفاده می‌شد. امروز این دورهٔ گذار رسماً به عنوان پالئوئوجینی - یا گذار کی - پی جی K-PG - شناخته می‌شود.

سرنخ بعدی در یک لایهٔ عجیب سنگ‌ماسهٔ کرتاسهٔ پسین، در جنوب تگزاس نمایان شد، که به نظر می‌رسید توسط یک سونامی عظیم تولید شده باشد. برای والتر آلوارز روشن شد که اگر یک سونامی عظیم و نیرومند وجود می‌داشت، سواحل را با خود می‌شست، و آثار مخرب خود را در رسوبات ثبت می‌کرد. او اثر هزاران هستهٔ رسوبی را بررسی کرد، که در اقیانوس‌ها حفر شده بودند، و یک چنین اثری را در مرکز خلیج مکزیک پیدا کرد. بالاخره یک دهانهٔ آتشفشانی به عرض صد و شصت کیلومتر در شبه‌جزیرهٔ یوکاتان کشف شد (یا به بیان صحیح‌تر دوباره کشف شد). این دهانه، که در زیر هشتصد متر رسوبات جدیدتر مدفون شده بود، در آزمایش‌های نیروی جاذبه، توسط شرکت‌های نفتی دولتی مکزیک کشف شد. زمین‌شناسان این شرکت آثار به‌دست آمده از آتشفشان زیر آب را آزمایش کردند و از آنجا که اثری از نفت در آن نیافتند، بلافاصله آن را رها کردند. هنگامی که آلوارز پدر و پسر به دنبال مکان‌هایی که شرکت حفر کرده بود می‌گشتند، به آن‌ها گفته شد که این مکان‌ها در یک آتش‌سوزی تخریب شده‌اند، ولی در حقیقت جابه‌جا شده بودند. این مکان‌ها بالاخره در سال ۱۹۹۱ شناسایی شدند و درست در دوران گذار کی‌تی (از کرتاسه به تریاری)، لایه‌ای از شیشه - سنگ در آنجا یافت شد، که ذوب شده بود و سپس به سرعت سرد شده بود. در اردوگاه آلوارز این مدرکی قاطع به شمار می‌رفت، و از نظر او کافی بود تا محققان بی‌طرف بسیاری را حول آن متحد کند. تایمز اعلام کرد، «دهانهٔ آتشفشانی نظریهٔ انقراض را تقویت می‌کند». در آن زمان لوئیس آلوارز در نتیجهٔ عوارض ناشی از سرطان مری مرد. والتر این دهانه را «دهانهٔ نابودی» نامید. این دهانه با عنوان دهانهٔ چیکسولاب در شهرک مجاور باز هم معروف‌تر شد.



دهانهٔ چیکسولاب در شبه‌جزیرهٔ یوکاتان، مدفون در زیر ۸۰۰ متر رسوب

والتر گفت، «آن یازده سال، زمانی طولانی به نظر می‌رسد، اما اگر به گذشته نگاه کنیم، زمان کوتاهی است. فقط برای یک لحظه به آن فکر کنید. ما اینجا نظریهٔ یکپارچه‌نگر را به چالش کشیده‌ایم که پایهٔ آموزشی برای همهٔ زمین‌شناسان، دیرین‌شناسان، پروفیسورهای آن‌ها و پروفیسورهای پروفیسورهای آن‌ها، تا خود لایل بوده است. و همه خواستار شواهد بودند. اما به تدریج نظرشان عوض شد».

هنگامی که آلوارز پدر و پسر فرضیهٔ خود را منتشر کردند، فقط سه محل را می‌شناختند که در آن ایریدیوم یافت شده بود. دو محلی که والتر در اروپا از آن دیدن کرده بود و سومی، محلی بود در نیوزیلند که برای‌شان نمونه فرستاده

بودند. طی دهه‌های بعدی ده‌ها مکان دیگر شناسایی شدند، از جمله یکی در نزدیکی یک ساحل برهنه در بیاریتز، مکان دومی در بیابان تونس و محل سومی هم در حومه نیوجرسی. نیل لندن، دیرین‌شناسی که در باره شاخ‌قوچی‌ها تخصص دارد، اغلب سفرهایی به این منطقه سوم دارد. در یک روز گرم پائیزی او مرا دعوت کرد تا با او همراه شوم. ما در مقابل موزه تاریخ طبیعی آمریکا در مانهاتان با هم ملاقات کردیم. دفتر کار لندن در برجی مشرف به پارک مرکزی بود. ما همراه با دو دانشجوی فارغ‌التحصیل، به سوی جنوب برج لینکلن راهی شدیم.

طی عبور از شمال نیوجرسی از مقابل یک سلسله مرکز خرید و نمایشگاه‌های خودرو عبور کردیم، که به نظر می‌رسید مثل مهره‌های بازی دومینو در فاصله هر چند کیلومتری ظاهر می‌شدند. بالاخره در حومه پرینستون به پارکینگی در نزدیکی یک زمین بیسبال وارد شدیم (لندن ترجیح داد که من آدرس دقیق این محل را فاش نکنم تا پای کلکسیونرهای سنگواره به آنجا باز نشود). در محوطه پارکینگ با زمین‌شناس، مات گارب، ملاقات کردیم، که در دانشکده بروکلین درس می‌دهد. گارب، لندن و دانشجویان فارغ‌التحصیل وسایل‌شان را بر پشت خود گذاشتند. ما در اطراف زمین بیسبال به گردش درآمدیم - که در وسط روز خلوت بود - از میان بوته‌زارها گذشتیم. بعد از مدت کوتاهی به آب‌های کم‌عمقی رسیدیم، که سواحلش پوشیده از لجن‌های پوسیده‌رنگ بودند. بوته‌ها روی سطح آب آویزان بودند. انواع زباله‌ها، مثل بقایای نوارهای آگهی‌های تبلیغاتی، پلاستیک، روزنامه و بطری در همه جا بود. لندن گفت «در نظر من اینجا بهتر از گوبیو است».

او توضیح داد که طی دوران کرتاسه پسین، این پارک، آب‌ها و هر چیز دیگری در اطراف، تا کیلومترها زیر آب بود. دنیا در آن زمان خیلی گرم بود - در قطب شما جنگل‌ها می‌روئیدند - و سطح آب بالا بود. بیشتر مساحت

نیوجرسی بخشی از حاشیه قاره بود که اکنون شرق آمریکای شمالی است، و اقیانوس اطلس در آن زمان بسیار باریک‌تر بود و بسیار نزدیک‌تر به اروپای کنونی بود. لندمن به محلی در برکه اشاره کرد، که چندین سانتیمتر بالاتر از خط آبی بود. آنجا لایه ایریدیوم وجود داشت، اما از جاهای دیگر متفاوت نبود. لندمن این محل را می‌شناخت، زیرا چند سال قبل آنجا را به طور پیوسته مورد تجزیه و تحلیل قرار داده بود. لندمن درشت‌اندام و کوتاه قد بود، با چهره‌ای گشاده و ریش خاکستری. در سفر شلوارک خاکی‌رنگ و کفش‌های ورزشی به پا داشت. در کنار آب را می‌رفت تا به دیگران ملحق شود. کمی بعد یک نفر یک سنگواره دندان کوسه پیدا کرد. نفر دیگر تکه‌ای از یک شاخ‌قوچی را بیرون کشید، که به اندازه یک توت‌فرنگی بود و از جوش یا زگیل پوشیده بود. لندمن آن را شناسایی کرد، که متعلق به گونه دیسکاس کافایتس آیریس^{۱۱۹} بود.



شاخ‌قوچی‌ها طی بیش از سیصد میلیون سال در تمام اقیانوس‌های کم‌عمق شناور بودند و صدف‌های سنگواره شده آن‌ها در سراسر دنیا وجود داشت. گایوس پلینیوس^{۱۲۰} [یا یلینیوس مسن‌تر]، که در فورانی که پومپی را مدفون کرد، مرد، با شاخ‌قوچی‌ها آشنایی داشت. اگرچه گمان می‌کرد سنگ‌های قیمتی باشند (گفته می‌شد که این سنگ‌ها، که او آن‌ها را در دانش‌نامه تاریخ طبیعی خود ثبت کرد، رؤیاهای پیش‌گویانه با خود می‌آورد). شاخ‌قوچی‌ها در انگلستان قرون وسطی به عنوان «سنگ‌های مار» معروف بودند و در آلمان از آن‌ها برای مداوای

گاوها استفاده می‌شد. در هند قدیم - و تا حدودی هم اکنون - تجلی خدای ویشنو بوده است.

شاخ‌قوچی‌ها - که ارتباط دوری با ناتیلوس‌های مرواریدگونه^{۱۱} داشتند - پوسته‌های مارپیچی می‌ساختند که به محفظه‌های متعددی تقسیم می‌شدند. خود حیوان فقط آخرین و بزرگ‌ترین محفظه را اشغال می‌کرد. بقیه محفظه‌ها پر از هوا بود. این آرایشی بود که می‌تواند با ساختمان‌هایی مقایسه شود که فقط آپارتمان مجلل طبقه بالای آن اجاره داده می‌شود. دیوارهای میان محفظه‌ها، که اسپتا (تیغه) نام دارند، استادانه ساخته شده است، به صورت موج‌هایی روی هم تا می‌خورند، مثل حاشیه‌های یک دانه برف (گونه‌های فردی می‌توانند با تفاوت‌شان در چین‌ها شناخته شوند). این تحول تکاملی به شاخ‌قوچی‌ها اجازه داد تا صدف‌هایی بسازند که هم روشن و هم مستحکم هستند - تاب مقاومت در برابر فشار آب در شرایط جوی مختلف را دارند. اکثر شاخ‌قوچی‌ها در دست یک انسان جای می‌گیرند، ولی بعضی به اندازه یک حوضچه کوچک رشد می‌کنند.

بر اساس نه عدد دندانی که شاخ‌قوچی‌ها دارند، گمان می‌رفت که نزدیک‌ترین خویشاوندان‌شان هشت‌پاها باشند. اما از آنجا که قسمت‌های نرم بدن شاخ‌قوچی‌ها برجا نمانده‌اند، اندازه دقیق این حیوانات و شیوه زندگی آن‌ها موضوع بحث زیادی است. ممکن است آن‌ها با بیرون دادن فوران آب از درون، حرکت می‌کردند، که بدین معنا است که فقط می‌توانستند به سمت عقب حرکت کنند.



سنگواره‌های شاخ‌قوچی برگرفته از طراحی‌های قرن نوزدهم

لندمن گفت «وقتی دانش‌آموز بودم در درس دیرین‌شناسی به ما می‌آموختند که تروداکتیل‌ها می‌توانستند پرواز کنند. اولین سؤال من این بود که خب، تا چه ارتفاعی می‌توانستند پرواز کنند؟ اما پاسخ به این سؤال دشوار بود». او ادامه داد: «چهل سال در باره شاخ‌قوچی‌ها مطالعه کردم، اما هنوز

مطمئن نیستم چه چیزی دوست داشتند. گمان می‌کنم که دوست داشتند تا در عمق بیست، سی، یا شاید چهل متری باشند. آن‌ها شناگر بودند، ولی شناگران خوبی نبودند. گمان می‌کنم که زندگی ساکت و آرامی داشتند». شاخ‌قوچی‌ها در نقاشی‌ها معمولاً مثل مرکب‌ماهی‌هایی کشیده می‌شوند که در صدف‌های حلزونی خود مرکب انباشته‌اند. اما لندمن با چنین تصویری مخالف بود. شاخ‌قوچی‌ها معمولاً با چندین شاخک شناور نشان داده می‌شوند، اما درواقع آن‌ها شاخکی نداشتند. در یک نقاشی که اخیراً همراه با یک مقاله در مجله‌ای به اسم جیویوس منتشر کرد، شاخ‌قوچی‌ها بیشتر شبیه به حباب نشان داده شده‌اند. آن‌ها اندامی شبیه به بازوهای کوتاه و ضخیم دارند، که به صورت دایره هستند و به یک تاربافته متصل شده‌اند. در نرها یکی از بازوها به سمت بالا اشاره دارد و از تاربافته بیرون آمده و برای این نمونه از مرکب‌ماهی حکم آلت تناسلی دارد.

لندمن دوره آموزش مقدماتی را در ییل، در دهه ۱۹۷۰ گذراند. در دوران ماقبل آلوارز، در مدرسه به او آموخته بودند که شاخ‌قوچی‌ها در طی دوران کرتاسه نابود شده‌اند، پس برای بررسی ناپدید شدن احتمالی آن‌ها کار زیادی نمی‌توان کرد. او به خاطر می‌آورد که «درک عمومی این بود که شاخ‌قوچی‌ها نابود شدند، همین و بس».

بسیاری از کشفیات بعدی توسط خود لندمن صورت گرفت و او نشان داد که، برعکس، شاخ‌قوچی‌ها به خوبی زندگی می‌کردند. او گفت: «همین‌جا ما گونه‌های زیادی داریم و من طی سال‌های اخیر هزاران گونه جمع‌آوری کرده‌ام». درواقع همین‌جا در کف این دریاچه، لندمن دو گونه کاملاً جدید شاخ‌قوچی پیدا کرد و به حکم احترام به همکارش، نام او، دیسکاس کافایتس میناردی، را بر روی یکی از آن‌ها گذاشت. و نام منطقه را هم بر روی شاخ‌قوچی دیگر گذاشت: دیسکاس کافایتس جرسی‌ینسیس. این دومی شاید ستون فقرات کمی

داشت که از صدفش بیرون زده بود، که از نظر لندن به حیوان کمک می‌کند تا بزرگ‌تر و ترسناک‌تر از آنکه واقعاً هست، به نظر آید.

* * *

آلوارز پدر و پسر در مقاله اصلی خود مطرح کردند که دلیل اصلی انقراض گسترده کی‌تی تأثیر فاجعه و حتی عواقب بعدی آن نبود. اثر واقعی فاجعه شهاب آسمانی - یا گلوله آتشین^{۱۲۲} - غبار انفجار بود. در همان دهه‌ها همین توضیح برای فرآیندهای بی‌شماری به کار رفت (تاریخ این حوادث هم به عقب رفت - به ۶۵ میلیون سال قبل). با این وجود محققان هنوز با حرارت زیادی در جزئیات آن‌ها بحث می‌کنند. یکی از آن‌ها به قرار زیر است:

گلوله آتشین از جنوب شرقی آمد و از یک زاویه پایین نسبت به سطح زمین عبور کرد، بنابر این نه از بالا، بلکه از کنار آمد، مثل هواپیمایی که ارتفاع خود را از دست داده باشد. وقتی این شهاب‌سنگ به شبه‌جزیره یوکاتان اصابت کرد، با سرعتی بیش از ۷۰ هزار کیلومتر در ساعت در حرکت بود، و در مسیرش به‌ویژه آمریکای شمالی مورد تخریب قرار گرفت. ابر عظیمی از بخار حریق به سرعت قاره را فرا گرفت و همه چیز را در مسیر خود سوزاند. یک زمین‌شناس این‌طور برایم تشریح کرد: «یک دایناسور گیاه‌خوار تراپسره‌تاپس^{۱۲۳} ظرف دو دقیقه به بخار تبدیل می‌شد».

اصابت شهاب آسمانی به زمین و ایجاد گودالی عظیم باعث شد که جرم خود شهاب بیش از پانزده بار در آسمان منفجر شود و به غبار بدل گردد. این

^{۱۲۲} Bolide گلوله آتشین، شهاب‌سنگی نورانی است که اغلب در جو منفجر می‌شود و ذراتش به اطراف پخش می‌شوند و نور آن به اندازه نور

قرص ماه کامل است - م.

غبار در آسمان پخش شد و خاکستر سفیدی ایجاد کرد که به یکباره تمام آسمان را روشن کرد و حرارتی ایجاد کرد که سطح سیاره را سوزاند. به دلیل ترکیب شیمیایی موجود در خاک شبه جزیره یوتاکان، غباری که به بیرون منتشر شد مملو از گوگرد بود. فوران سولفات حاصله به خصوص در مسدود کردن نور خورشید مؤثر بود، و به این دلیل است که پیامدهای یک فوران آتشفشانی، مثل فوران کراکاتوا، می تواند دما در تمام سیاره را برای سال ها پایین آورد. پس از آن گرمای اولیه، زمین با زمستان های سخت پی در پی روبه رو شد و جنگل ها نابود شدند. پالینولوژیست ها - که در باره اسپورها و پولن ها^{۱۲۴} تحقیق می کنند - دریافتند که فرن ها^{۱۲۵} سریعاً تکثیر و پراکنده شدند، و به طور کامل جای مجموعه های گیاهی گوناگون را گرفتند (این پدیده تحت عنوان «فرن اسپایک»^{۱۲۶} شناخته شد). اکوسیستم های دریایی اساساً فرو ریختند و تا نیم میلیون سال - یا شاید چندین میلیون سال - به همان صورت باقی ماندند (دریای متروک پس از این دوران به اقیانوس «استرنج لاول» شناخته شده است).

غیرممکن است بتوان شرح نسبتاً کاملی از گونه، جنس، خانواده و حتی دسته های جانورانی که در دوره گذار کی تی منقرض شدند، ارائه داد. در خشکی تمام حیواناتی که بزرگ تر از گربه بودند، نابود شدند. معروف ترین قربانیان انقراض، دایناسورها - یا دقیق تر، دایناسورهای غیرپرنده - بودند که به طور صد درصد نابود شدند. در میان گروه هایی که شاید تا پایان کرتاسه زنده ماندند، نمونه های شناخته شده ای را می توان یافت، که در موزه ها به نمایش گذاشته

۱۲۴ spores and pollen گروه های گیاهی تک سلولی هستند که فاقد بذر هستند و بقایای سنگواره ای آن ها از ۳۶۰ میلیون سال قبل

موجود است - م.

۱۲۵ Ferns مشتق از گیاهان مجردار هستند که از اسپورها تولید می شوند و مثل آن ها فاقد بذر و گل هستند

۱۲۶ fern spike در علم دیرین شناسی فرن اسپایک وقوع غیرمنتظره زیاد درات

می‌شوند، مثل دایناسورهای گیاهخوار هادروسور^{۱۲۷}، آنکی‌لوسور^{۱۲۸} و تراپسره‌تاپس^{۱۲۹} و نیز دایناسورهای گوشتخوار تیرانوسور^{۱۳۰} (جلد کتاب والتر آلوارز در مورد انقراض، تی. رکس و دهانۀ نابودی، یک تیرانوسور عصبانی را به تصویر می‌کشد که در مقابل فاجعه دچار وحشت شده است). تروساورها نیز نابود شدند. پرندگان ضربهٔ سختی خوردند. شاید سه چهارم تمام خانواده‌های پرندگان - و شاید بیشتر - منقرض شدند. پرندۀ انانتیورنیتین^{۱۳۱} که ویژگی‌های کهنی، مثل دندان، را حفظ کرده بودند، از بین رفتند، همان‌طور که پرندگان همپورونیتین^{۱۳۲} هم - که آبی‌زی بودند و تا حدود زیادی فاقد توانایی پرواز بودند - نابود شدند. مارمولک‌ها و مارها هم دچار همین سرنوشت شدند و چهار پنجم از تمام گونه‌های آن‌ها منقرض شد. طبقات گوناگون پستان‌داران هم نابود شدند؛ چیزی نزدیک به دو سوم خانواده‌های پستان‌دارانی که در انتهای دوران کرتاسه زندگی می‌کردند در دوران گذار کی‌تی منقرض شدند.

در دریاها، پلی‌سیه‌سورها منقرض شدند، که کوویه ابتدا وجودشان را نامحتمل و سپس هیولایی فرض می‌کرد. ماسه‌سورها، بلمنایت‌ها و طبعاً شاخ‌قوچی‌ها هم دچار همین سرنوشت شدند. حلزون‌های بای‌والو^{۱۳۳} که ما امروزه آن‌ها را به عنوان حلزون می‌شناسیم و صدف‌های اویستر^{۱۳۴} وسیعاً از این

Hadrosaurs	۱۲۷
Ankylosaurs	۱۲۸
Triceratops	۱۲۹
Tyrannosauruses	۱۳۰
Enantiornithine	۱۳۱
Hesperornithine	۱۳۲
Bivalves	۱۳۳
Oysters	۱۳۴

فجایع آسیب دیدند، درست مثل براکیوپودها^{۱۳۵}، که شبیه حلزون هستند، اما کالبد کاملاً متفاوتی دارند، و برایزونها^{۱۳۶}، که شبیه مرجان هستند، اما آن‌ها هم کاملاً متفاوت از مرجان هستند. چندین گروه از موجودات ذره‌بینی هم در ردهٔ این نابودی‌ها قرار گرفتند. چیزی نزدیک به ۹۵ درصد از تمام گونه‌های فورامینیفرای پلانکتونی منقرض شدند، از جمله آباتومفلوس میاروانسیس^{۱۳۷}، که بقایاشان در آخرین لایهٔ سنگ آهک کرتاسه در گوپیو یافت شد (فورامینیفرای پلانکتونی تقریباً بر روی سطح اقیانوس زندگی می‌کند و گونه‌های بنتیک در کف اقیانوس زندگی می‌کنند).

به‌طور کلی هر چه بیشتر در بارهٔ دوران گذار کی‌تی می‌دانیم، بیشتر به اشتباهات لایل در برداشت از داده‌های سنگواره‌ای پی می‌بریم. مشکل داده‌ها این نیست که انقراض‌های آهسته ناگهانی به نظر می‌رسند، بلکه این است که حتی انقراض‌های ناگهانی احتمالاً طولانی‌مدت به نظر می‌رسند.

به نمودار زیر نگاه کنید. هر گونهٔ زیستی دارای کیفیتی است که «قابلیت حفظ بقای سنگواره‌ای» نامیده می‌شود - یعنی این احتمال که احاد یک گونهٔ خاص به سنگواره بدل شود - و این بستگی دارد از جمله به کثرت آن حیوان، کجا زندگی می‌کند و از چه چیزی ساخته شده است (موجودات دریایی با پوستهٔ ضخیم احتمال بقای سنگواره‌ای بسیار بیشتری در مقایسه با مثلاً موجودات استخوان‌پوک دارند).

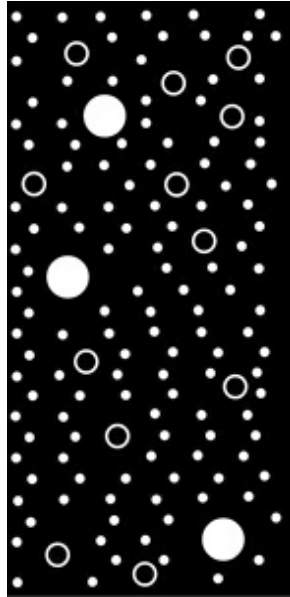
در این نمودار دایره‌های بزرگ سفید نمایانگر گونه‌هایی هستند که به‌ندرت سنگواره از خود به‌جا گذاشته‌اند. دایره‌های متوسط موجوداتی هستند که بیشتر

Brachiopods ۱۳۵

Bryozoans ۱۳۶

Abathomphalus mayaroensis ۱۳۷

سنگواره به جا گذاشته‌اند و نقطه‌های سفید کوچک گونه‌هایی هستند که هنوز به وفور یافت می‌شوند.



حتی اگر تمام این گونه‌ها دقیقاً در یک لحظه از بین رفته باشند، باز این نمودار نشان می‌دهد که گونه‌های دایره بزرگ سفید خیلی زودتر ناپدید شدند،

به این دلیل ساده که بقایای آن‌ها کمیاب‌تر هستند. این ویژگی - که پس از کشف شدن توسط محققان ویژگی سیگنور لپس نام گرفت - مایل به «محو شدن» در طی وقایع انقراض ناگهانی هستند، که این باعث می‌شود تا به نظر برسد که طی مدت طولانی نابود شده‌اند.

پس از انقراض کی‌تی، برای حیات میلیون‌ها سال طول کشید تا خود را به سطح همان تنوع زیستی قبلی خود برساند. طی این زمان به نظر می‌رسد که بسیاری از گونه‌های بازمانده کوچک‌تر شده باشند. این پدیده، که می‌توان نمونه آن را در فورام‌های بسیار کوچک، در قسمت فوقانی لایه ایریدیوم در گوبیو سراغ گرفت «تأثیر لیلیپوت» نام دارد.



لندمن، گارب و دانشجویان فارغ‌التحصیل تمام صبح را به جست‌وجو در کف آب گذراندند. با وجود این که ما در مرکز پرجمعیت‌ترین شهر آن کشور بودیم، کنجکاو حتی یک نفر هم نسبت به کاری که در آنجا می‌کردیم جلب نشد. هرچه روز گرم‌تر و مرطوب‌تر می‌شد، ماندن در آب دلپذیرتر می‌شد (اگرچه لجن قرمز ذهن مرا اشغال می‌کرد). یکی از همراهان یک جعبه مقوایی خالی با خود آورد و از آنجا که من کلنگ نداشتم، شروع کردم به جمع‌آوری سنگواره‌هایی که دیگران پیدا می‌کردند، و آن‌ها را در جعبه می‌چیدم. چندین تکه دیگر از دیسکاس کافایتس آیریس و تکه‌هایی هم از یک شاخ‌قوچی و یوباکولایت کاریناتوس پیدا شد - که به جای پوسته مارپیچی، پوسته‌ای بلند و باریک به شکل نیزه داشت - (یک نظریه رایج در اوایل قرن بیستم در مورد نابودی شاخ‌قوچی‌ها این بود که پوسته باز نشده گونه‌ای مثل یوباکولایت کاریناتوس نشان داده که این گروه امکانات عملی خود را از دست داد و وارد

نوعی از انحطاط شد، که مرحله لیدی گایائیش نام دارد). پیدا کردن تکه‌ای به اندازه یک مشت از کف دریاچه هیجان گارب را برانگیخت. او به حاشیه این تکه پیدا شده اشاره کرد، که به یک ناخن انگشت کوچک شبیه بود و توضیح داد که این یک قطعه از آرواره شاخ‌قوچی است. آرواره‌های شاخ‌قوچی‌ها بیش‌تر از قسمت‌های دیگر بدن‌شان یافت می‌شوند، اما باز بسیار نادر هستند. گارب گفت: «همین تکه یافت شده ارزش این سفر را داشت».

معلوم نیست که چه عاملی باعث انقراض شاخ‌قوچی‌ها شد (گرما، تاریکی، سرما، تغییرات شیمیایی آب). و باز هم روشن نیست که چرا برخی از خویشاوندان مرکب‌ماهی آن‌ها، مثل سفالوپادها^{۱۳۸}، زنده ماندند. بر خلاف شاخ‌قوچی‌ها، مثلاً نوتیلوس‌ها^{۱۳۹}، از فاجعه انقراض جان سالم به‌در بردند. گونه‌های شناخته‌شده بسیاری توانستند در طی گذار از انتهای کرتاسه به ترتیاری دوام آورند.

نظریه متفاوتی تخم را نقطه آغاز می‌داند. شاخ‌قوچی‌ها تخم‌های بسیار کوچکی می‌گذاشتند، که فقط چند صدم اینچ بود. باز شدن تخم، یا شاخ‌قوچی‌های تازه از تخم سربرآورده امکان حرکت نداشتند و فقط به سطح آب شناور می‌شدند و با جریان آب می‌رفتند. اما از طرف دیگر نوتیلوس‌ها تخم‌های بسیار بزرگی می‌گذارند که جزو بزرگ‌ترین تخم‌ها در میان جانوران بی‌مهره است، که به قطر یک اینچ می‌رسد. نوتیلوس‌ها پس از حدود یک سال رشد، از تخم سر در می‌آورند و همچون بالغ‌ها بلافاصله شروع به شنا کردن به اطراف و جست‌وجوی غذا در اعماق می‌کنند. شاید در انتهای فاجعه سطح اقیانوس به قدری سمّی بود که شاخ‌قوچی‌های تازه از تخم سربرآورده

نمی‌توانستند در آن زنده بمانند، در حالی که وضعیت در سطوح پایین‌تر آب کمی بهتر بود، به طوری که نوزادان نوتیلوس‌ها توانستند زنده بمانند.

مقایسه میان این دو گروه، صرف‌نظر از هر توصیفی، ما را به یک نکته کلیدی می‌رساند: تمام موجوداتی که اکنون زنده هستند میراث موجوداتی هستند که از فاجعه جان سالم به‌در برده‌اند. اما این بدین معنی نیست که بازماندگان کنونی قابلیت سازگاری بهتری دارند. طی دوره‌های فشار شدید مفهوم سازگاری - حداقل با عبارات داروینی - مفهوم خود را از دست می‌دهد: چطور موجودی می‌تواند با شرایطی که هرگز در تمامی تاریخ تکاملی خود با آن روبه‌رو نشده است، سازگاری (خوب یا بدی) ایجاد کند؟ پل تایلور، دیرین‌شناس موزه تاریخ طبیعی لندن بر چنین شرایطی نام «قانونمندی‌های بازی بقاء» برای تغییر ناگهانی گذاشته است. ویژگی‌هایی که طی میلیون‌ها سال مفید بوده‌اند، ناگهان مرگبار می‌شوند (اگرچه مشکل بتوان بعد از گذشت میلیون‌ها سال از واقعه آن ویژگی‌های خاص را بازشناسی کرد). و آنچه در مورد شاخ‌قوچی‌ها و نوتیلوس‌ها صدق می‌کند، قابل انطباق با بلمنایت‌ها و ماهی‌های مرکب، پلی‌سیه‌سورها و لاک‌پشت‌ها، دایناسورها و پستان‌داران هم هست. این حقیقت که این کتاب توسط یک دوپای مودار نوشته می‌شود، و نه توسط یک موجود فلس‌دار، بیشتر به دلیل نگون‌بختی دایناسورها است، نه امتیاز ویژه پستان‌دارها.

هنگامی که مشغول جمع‌آوری آخرین سنگواره‌های دریاچه بودیم و آماده بازگشت به نیویورک می‌شدیم، لندمن گفت: «شاخ‌قوچی‌ها هیچ اشتباهی نکردند. اگر تخم‌گذاری آن‌ها مثل پلانکتون‌ها می‌بود، برای سرنوشت آن‌ها تعیین‌کننده می‌توانست باشد. چه راه بهتری برای تکثیر گونه‌ها وجود دارد؟ در اینجا هم نهایتاً پاسخ شاید در گرو نابودی آن‌ها باشد».

فصل پنجم

به آنتروپوسین خوش آمدید

دیگراناکوفتوس سیزاک^{۱۴۰}

در سال ۱۹۴۹ دو تن از روان‌شناسان هاروارد ده‌ها دانشجوی ماقبل لیسانس را برای آزمایشی در مورد ادراک به‌کار گرفتند. آزمایش ساده بود: از دانشجویان خواسته شد تا به ورق‌های بازی، که یکی یکی برای‌شان نشان داده می‌شد، نگاه کنند و آن‌ها را شناسایی کنند. این‌ها همان ورق‌های معمولی بودند، اما معدودی از آن‌ها تغییر یافته بود، به طوری که خشت حاوی چیزهای دیگری بود، مثلاً یک شش پیک قرمز و یک چهار دل سیاه. وقتی ورق‌ها به سرعت نشان داده می‌شدند، دانشجویان متوجه تغییرات ایجاد شده نمی‌شدند. مثلاً ممکن بود شش پیک قرمز را شش دل، یا چهار دل سیاه را چهار پیک بخوانند. اما وقتی ورق‌ها به آرامی از مقابل چشمان‌شان می‌گذشت، ذهن آن‌ها در رابطه با علائم تغییر یافته مغشوش می‌شد. بعضی‌ها در مورد رنگ شش پیک دچار سردرگمی می‌شدند و آن را «صورتی» یا «قهوه‌ای» و یا «سیاه رنگ‌باخته» می‌دیدند. این تغییرات دانشجویان دیگر را باز هم بیشتر مغشوش می‌کرد.

یکی از دانشجویان گفت: علائم «معکوس یا جابه‌جا شده‌اند».

دانشجوی دیگر گفت: «نمی‌توانم تشخیص دهم که چه رنگی است، یا اینکه پیک است یا دل. حتی مطمئن نیستم که پیک دقیقاً چطورری است! خدای من!»

روانشناسان یافته‌های خود را با عنوان «در بارهٔ درک ناهمخوانی: یک الگو» تدوین کردند. این بررسی از جمله برای توماس کوهن^{۱۴۱} جذاب بود (کوهن یکی از بانفوذترین مورخان علم در قرن بیستم بود). این آزمایش درواقع پارادایمی (الگویی) بود، که نشان می‌داد چطور انسان‌ها اطلاعات منقطع را پردازش می‌کنند. تمایل ناگهانی و اولیهٔ آن‌ها این است که آن اطلاعات را در یک چهارچوب آشنا بگنجانند: دل، پیک، خشت. علائم ناخوانا تا زمانی که امکان دارد نادیده گرفته می‌شود - پیک قرمز «قهوه‌ای» یا «رنگ پریده» تعبیر می‌شود. در مقطعی که ناخوانایی‌ها بسیار آشکار می‌شوند، بحران به وجود می‌آید - روان‌شناسان واکنش «اوه، خدای من!» را تجلی این بحران تعبیر کردند؟

آن‌طور که کوهن در اثر اصلی خود بیان کرد، این الگو ساختار/انقلاب‌های علمی است، و به حدی اساسی است که نه فقط ادراک‌های فردی را، بلکه تمامی عرصه‌های تحقیق را شکل داده است. داده‌هایی که با فرضیات رایج پذیرفته شده در زمینهٔ معینی هماهنگی ندارند، یا جرح و تعدیل می‌شوند و یا تا جایی که ممکن است توجیه می‌شوند و نادیده گرفته می‌شوند. هرچه تناقضات بیشتر می‌شوند، توصیف عقلانی دشوارتر می‌شود. کوهن نوشت: «نوظهوری چه در علم و چه در آزمایش بازی ورق به‌سختی به‌وجود می‌آید». اما بالاخره کسی به ناخوانایی‌ها پی برد و تصمیم گرفت پیک قرمز را پیک قرمز بخواند. اینجا است که بحران به آگاهی منجر می‌شود و چهارچوب قدیمی جای خود را به

چهارچوب جدیدی می‌دهد. کشفیات بزرگ علمی - یا اگر بخواهیم عبارات مشهور کوهن را به کار ببریم - «تغییر الگو» در این مرحله رخ می‌دهد.

می‌توان تاریخ علم انقراض را یک سلسله تغییرات الگویی نامید. تا پایان قرن هجدهم مقوله انقراض هنوز وجود نداشت. هر چه استخوان‌های عجیب بیشتری - مثل ماموت‌ها، مگاتریوم، ماسه‌سورها - از زیر خاک بیرون می‌آمدند، برای محققان علوم طبیعی دشوارتر می‌شد تا آن‌ها را با چهارچوب‌های شناخته شده تطبیق دهند. اما آن‌ها همین کار را می‌کردند. استخوان‌های غول‌پیکر را متعلق به فیل‌هایی می‌دانستند که به سمت شمال روان شده بودند، یا کرگدن‌هایی که به طرف غرب رفته بودند، و یا نهنگ‌هایی که آرواره‌های ترسناک داشتند. وقتی کوویه به پاریس آمد متوجه شد که دندان‌های نیش ماستادون‌ها قابل انطباق با چهارچوب‌های شناخته شده نیستند، و این یک لحظه «اوه، خدای من» بود که او را واداشت تا روش کاملاً جدیدی را برای بررسی آن‌ها پیشنهاد کند. کوویه به این درک رسید که حیات تاریخی دارد. این تاریخ با وقایع و رویدادهایی مشخص شده است که در تصورات انسانی بسیار وحشتناک جلوه می‌کند. به طوری که کوهن توصیف کرد، «اگرچه دنیا با تغییر الگوها تغییر نمی‌کند، اما محقق بعد از آن در دنیایی متفاوت سیر خواهد کرد».

کوویه در اثر خود بررسی استخوان‌های سنگواره‌ای چهارپایان ده‌ها گونه منقرض شده را فهرست کرد و مطمئن بود که گونه‌های بیشتری وجود دارند که منتظرند در آینده کشف شوند. ظرف چند دهه به قدری موجود منقرض شده شناسایی شد که چهارچوب کوویه شکاف برداشت. برای همگام شدن با داده‌های فزاینده در باره سنگواره‌ها، تعداد فجایع طبیعی نیز می‌بایست افزایش می‌یافت. لایل به طنز می‌گفت: «خدا می‌داند چه تعداد فاجعه» مورد نیاز است تا این انقراض‌های ادعایی را توضیح دهد. راه حل لایل انکار کامل فاجعه بود. لایل -

و بعدها داروین - معتقد بودند که انقراض یک امر منفرد است. نابودی هر گونه زیستی به دلیل عدم شایستگی کافی او در «مبارزه برای بقاء» بوده است.

توصیف یکپارچه‌نگر در مورد انقراض بیش از یک قرن اعتبار خود را حفظ کرد. سپس علم با کشف لایه ایریدیوم، با بحران دیگری مواجه شد (به عقیده یک مورخ، اثر آلوارز پدر و پسر برای علم «به همان حد انهدام‌گر بود که فجایع طبیعی برای زمین ویران‌گر بودند»). فرضیه فاجعه بر روی یک لحظه واحد در زمان انگشت می‌گذاشت: یک روز وحشتناک در پایان دوره کرتاسه. اما همین لحظه واحد برای درهم شکستن فرضیه لایل و داروین کافی بود. فاجعه واقعاً اتفاق افتاده بود.

آنچه گاهی فاجعه‌گرایی نوین خوانده می‌شود، امروزه اغلب زمین‌شناسی مرسوم به حساب می‌آید و چنین توصیف می‌کند که شرایط معمولاً در روی زمین فقط به صورت آهسته تغییر می‌کنند، به جز در مواردی استثنایی، که خلاف این عمل می‌کنند. از این زاویه نگرش الگوی حاکم نه الگوی کوویه است و نه الگوی داروین، بلکه ترکیبی است از عوامل کلیدی این دو: «دوران طولانی ملالت به طور اتفاقی به وحشت بدل شد». این لحظات وحشت - اگر چه به صورت نادر به وجود می‌آیند - بی‌اندازه مهم هستند. این لحظات، الگوی انقراض - یا به عبارت دیگر الگوی حیات - را تعیین می‌کنند.



مسیر به یک تپه و به جریان آبی منتهی می‌شود، و در آنجا لاشه گوسفندی دیده می‌شود که همچون بادکنکی خالی، هوا از بدنش خارج شده است. تپه به رنگ سبز روشن است، اما فاقد درخت است. نسل‌هایی از خویشاوندان و نیاکان گوسفندها مانع از آن شده‌اند که رستنی‌ها بیش از حد معینی رشد کنند. حس

می‌کنم که اینجا، در ارتفاعات جنوب اسکاتلند، باران می‌بارد، اما یکی از زمین‌شناسان همراه می‌گوید که این فقط باران مختصری است.

مقصد ما محلی است به نام د/بس/لین، که بر اساس یک قصیده قدیمی، خود شیطان توسط یک چوپان مؤمن به اسم داب به صخره‌ای رانده شد. پس از مدتی به آن صخره می‌رسیم و باران باز هم تندتر می‌شود. در آنجا با چشم‌اندازی بر روی یک آبشار روبه‌رو می‌شویم، که به دره‌ای باریک می‌ریزد. ده‌ها متر دورتر یک سلسله تپه سنگی وجود دارد، که در سایه روشن به صورت نوارهای عمودی به نظر می‌رسند. جان زالیثویچ، زمین‌شناس متخصص در زمینه چینه‌شناسی^{۱۴۲}، از دانشگاه لستر، کوله‌پشتی‌اش را روی زمین نمناک می‌گذارد و روپوش بارانی قرمز رنگ خود را مرتب می‌کند و به یکی از نوارهای روشن اشاره می‌کند و می‌گوید: «اتفاقات بدی اینجا افتاده است».



آبشار دابسلین

صخره‌هایی که در مقابل ما هستند به ۴۴۵ میلیون سال پیش، یعنی به قسمت آخر دورهٔ اوردوای برمی‌گردند. در آن مقطع کرهٔ زمین شرایط بغرنجی را از سر گذراند. اکثر قسمت‌های خشکی - از جمله آفریقای کنونی، آمریکای شمالی، استرالیا و قطب جنوب - در یک تودهٔ عظیم به اسم گوندونا به هم پیوسته بودند، که گسترهٔ آن بیش از نود درجه در عرض جغرافیایی بود. انگلستان جزو این قاره بود، که اکنون از آوالونیا جدا شده است. دابسلین در آن زمان در نیمکرهٔ غربی، در کف اقیانوسی به اسم یاپه‌توس قرار داشت.

دورهٔ اوردوای که مستقیماً بعد از دورهٔ کامبری^{۱۴۳} می‌آید، حتی برای دانشجویان دوره‌های ابتدایی زمین‌شناسی به «انفجار» اشکال جدید حیات شناخته شده است. دورهٔ اوردوای هم زمانی بود که زندگی در مسیرهای

هیجان‌انگیز جدیدی جریان یافت - که به تشعشع اورداوی معروف است - اگر چه این زندگی تا حدود زیادی محدود به آب‌ها باقی ماند. طی دوره اورداوی شمار خانواده‌های زیستی دریایی سه برابر شد و آب‌ها پر از موجوداتی شد که ما آن‌ها را کمابیش می‌شناسیم (پیشگامان ستاره دریایی امروزی، خارپشت‌های دریایی و حلزون‌ها و نوتیلوس‌ها) و همچنین موجودات زیادی که نمی‌شناسیم (کانودانت‌ها، که شاید به شکل مارماهی بودند؛ بندپایان خرچنگی، که شبیه به خرچنگ‌های نعل اسبی بودند؛ و عقرب‌های دریایی غول‌پیکر، که تا آنجا که قابل تشخیص هستند، شبیه به کابوس به نظر می‌رسیدند). اولین تپه‌های دریایی نمایان شدند و پیشینیان کنونی حلزون‌ها شکل حلزونی امروزی خود را گرفتند. در میانه دوره اورداوی اولین گیاهان خشکی را فراگرفتند. این‌ها نمونه‌های اولیه گیاهان بدون گل بودند و در سطح زمین می‌روئیدند، گویی که تمایلی به محیط اطراف خود نداشته باشند.

در پایان دوره اورداوی، در حدود ۴۴۴ میلیون سال قبل، اقیانوس‌ها خالی شدند و در حدود ۸۵ درصد از گونه‌های زیستی دریایی نابود شدند. این واقعه طی مدتی طولانی همچون شبه‌فجایی به نظر می‌رسیدند تا نشان دهند که داده‌های سنگواره‌ای تا چه حد غیر قابل اطمینان می‌توانستند باشند. امروزه به آن به عنوان اولین مورد از پنج انقراض بزرگ می‌نگرند و گمان می‌رود که در دو انفجار شدید کشنده کوتاه رخ داده باشد. اگر چه قربانیان آن هیچ کجا اقتدار و ویژگی‌های موجودات منقرض شده پایان دوره کرتاسه را نداشتند، اما به عنوان یک نقطه عطف در تاریخ حیات شناخته می‌شود - این لحظه‌ای بود که قوانین بازی ناگهان عوض شد، و پیامدهای آن مهر خود را به تمام حوادث آینده زد.

ریچارد فورتی، دیرین‌شناس بریتانیایی گفت، حیوانات و گیاهانی که از انقراض اورداوی جان به‌در بردند «دنیای نوین را پایه‌ریزی کردند. اگر فهرست بازماندگان کمی متفاوت می‌بود، دنیای امروزی هم متفاوت از این می‌بود».



زالیزویچ، راهنمای من به دابسلین، مردی است لاغراندام، با موهای پرپشت، چشمان آبی کمرنگ و رفتار رسمی مؤدبانه. او متخصص گراپتولایت‌ها^{۱۴۴} است، موجودی که زمانی متعلق به طبقه‌ای از موجودات دریایی بسیار متفاوت بود که در طی دوران اوردوای شکوفا شد و سپس در واقعه انقراض تقریباً در معرض نابودی قرار گرفت. با چشمان غیرمسلح سنگواره‌های گراپتولایت به صورت خراش‌هایی دیده می‌شود و در مواردی شبیه تروگلیف‌ها به نظر می‌رسد (واژه گراپتولایت در یونانی به معنی «صخره نوشته شده» است؛ لینه‌ئوس این واژه را انتخاب کرد. او انکار می‌کرد که گراپتولایت‌های با پوسته معدنی خود سعی می‌کردند خود را همچون بقایای حیوانات به جا بگذارند).

اما اگر با یک ذره‌بین به آن‌ها نگاه کنیم، اشکال هیجان‌انگیز و جالبی را می‌بینیم؛ یک گونه زیستی یک پر را تداعی می‌کند، گونه دیگر ساز چنگ را، و یک گونه سومی هم برگ‌های سرخس را به نمایش می‌گذارد. گراپتولایت‌ها جاندارانی بودند که در ارتباط تنگاتنگ و در مستعمرات زیستی می‌زیستند؛ هر فردیت حیوانی زوئید^{۱۴۵} نامیده می‌شود، که برای خود یک پناهگاه کوچک و لوله‌مانند می‌سازد، که ثکا^{۱۴۶} نام دارد، و به صورت خانه‌ای در یک مجتمع خانه‌های مشابه، در کنار همسایگانش زندگی می‌کرد. یک سنگواره گراپتولایت واحد معرف یک جماعت کامل است، که همچون موجودی در اطراف شناور می‌شود و حتی از پلانکتون‌های کوچک‌تر تغذیه می‌کند. کسی دقیقاً نمی‌داند

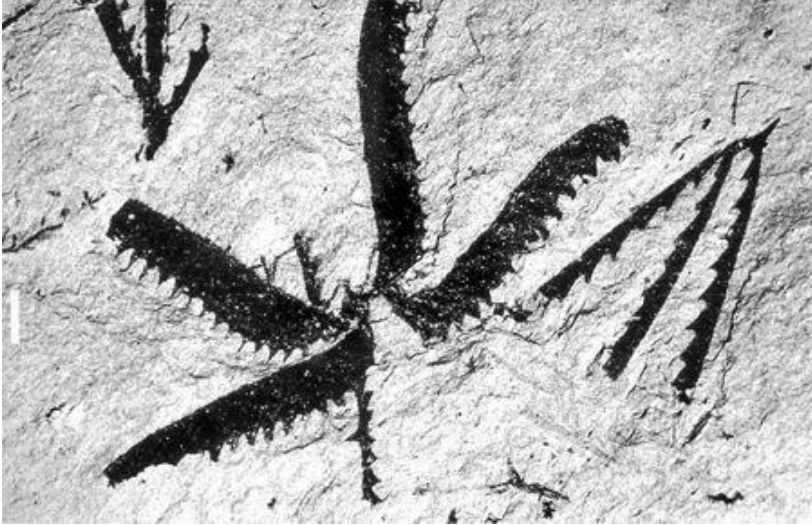
۱۴۴ Graptolite جانور بی‌مهره دریایی منقرض شده در عهد دیرینه‌زیستی (پالئوزوئیک)، که کولونی پلانکتونی ایجاد می‌کرد و احتمالاً با

تروپونچ‌ها مرتبط بود - م.

zooid ۱۴۵

theca ۱۴۶

که زوئیدها چه چطور به نظر می‌رسیدند (که همچون شاخ‌قوچی‌ها، قسمت‌های نرم‌شان باقی نماندند). اما اکنون گمان می‌رود که گراپتولایت‌ها با تروبرنچ‌ها مرتبط باشند، که موجودات دریایی کوچک و کمیابی بودند که به ونوس‌های حشره‌خوار^{۱۴۷} شباهت دارند.



سنگواره گراپتولایت از دوران اوردوای پیشین

گراپتولایت‌ها عادت داشتند خود را جدا کنند، تکثیر کنند و به سرعت از بین بروند (و این از زاویه نگرش یک چینه‌شناس جالب است). زالیثویچ آن‌ها را به ناتاشا تشبیه می‌کند، که قهرمان حساس و ظریف داستان جنگ و صلح است. او می‌گوید، «آن‌ها ظریف و عصبی بودند و به چیزهای اطراف خود بسیار حساس بودند». این ویژگی آن‌ها را به سنگواره‌های کارآمدی بدل می‌کند - گونه‌های

سلسله‌وار می‌توانند برای شناسایی لایه‌های صخره‌های سلسله‌وار مورد استفاده قرار گیرند.

یافتن گراپتولایت در دابسلین حتی برای آماتورترین کلکسیونرها هم کار آسانی است. این‌ها سنگ‌هایی تیره به صورت لایه‌های نازک و تیز هستند. فقط یک ضربه آرام برای جدا کردن یک تکه کافی است. تکه‌ها همچون برگ‌های کتابی جدا می‌شوند. اغلب چیزی روی سطح سنگی دیده نمی‌شود، اما بسیار اتفاق می‌افتد که یک (یا چند) علامت مبهم، پیامی از دنیای گذشته دارد. من موفق شدم یکی از گراپتولایت‌های به‌جا مانده را با وضوح خاصی تشخیص دهم، که شکل یک مجموعه مژه مصنوعی، اما بسیار کوچک را داشت، مثل مژه‌های یک عروسک. زالیژویچ با قطعیت اغراق‌آمیزی گفت که من با این کشف خود «نمونه‌ای با کیفیت موزه‌ای» پیدا کردم. من آن را در جیبم گذاشتم.

وقتی زالیژویچ نشانم داد که دنبال چه چیزی بگردم، توانستم از دروازه انقراض عبور کنم. گراپتولایت‌ها، در شکل تکه‌های نازک تیره، متعدد و گوناگون هستند. بعد از مدت کوتاهی به‌قدری سنگ جمع کردم که جیب کاپیشم پر شد. بسیاری از سنگواره‌ها تنوعی به صورت حرف وی دارند، با دو بازو که از یک نقطه مرکزی از هم جدا می‌شوند. بعضی‌ها به شکل زیپ هستند، و برخی دیگر به شکل جناق استخوان. و بعضی هم بازوهایی دارند که به صورت یک درخت شاخه شاخه می‌شود.

اما برعکس، سنگ‌های روشن‌تر چیزی برای نشان دادن ندارند و به ندرت می‌توان یک گراپتولایت در آن‌ها یافت. گذار از یکی به دیگری - از سنگ‌های سیاه به خاکستری، از گراپتولایت‌های فراوان به تقریباً هیچ - گویای این است که این گذار به طور ناگهانی صورت گرفته است.

او گفت: «تغییر از سیاه به خاکستری نشان‌گر نقطه عطفی بود؛ از کف اقیانوسی که حیات در آن جریان داشت تا کف اقیانوسی که از حیات پاک شده بود. و این را می‌توان در طی دوره زندگی انسانی مشاهده کرد». او این گذار را آشکارا در راستای نگرش کوویه توصیف می‌کند.

دو تن از همکاران زالیژویچ به نام‌های دان کاندون و ایان میلر، از ارگان بریتانیایی بررسی زمین‌شناسی بریتانیا، در سفر به دابسلین با ما همراه بودند. این دو در شیمی ایزوتوپ متخصص هستند و نمونه‌های مختلف رگه‌های سنگی جمع‌آوری می‌کنند. که امیدوارند حاوی کریستال‌های زیرکون باشد. آن‌ها این سنگ‌ها را در آزمایشگاه حل می‌کنند و کریستال آن را توسط دستگاهی به اسم اسپکترومتر جدا می‌کنند. این کار به آن‌ها امکان می‌دهد تا بتوانند در باره نیم میلیارد سال قبل اظهار نظر کنند، یعنی زمانی که این لایه‌ها شکل گرفتند. میلر اسکاتلندی است و مدعی است که ترسی از باران ندارد. به هر حال او باید اعتراف کند که هنگام بارندگی همه جا پر از آب است. جریان گل و لای لایه‌های سنگی را می‌پوشاند و این، امکان پیدا کردن نمونه‌های خالص را از بین می‌برد. تصمیم گرفتیم تا کار را به روز بعد موکول کنیم. سه زمین‌شناس وسایل‌شان را جمع کردند و همگی از میان گل و لای گذشتیم و وارد خودرو شدیم. زالیژویچ در یک هتل کوچک در نزدیکی شهرکی به اسم مافات اتاق رزرو کرده بود، که معروفیتش را مدیون داشتن کوچک‌ترین هتل دنیا و یک گوسفند برونزی بود.



یک طراحی از گراپتولایت دیکرانوگراپتوس زیکراک، به ابعاد چند بار بزرگ شده

وقتی لباس‌های خیس خود را عوض کردیم در سالن هتل برای صرف چای جمع شدیم. زالیثویچ تعدادی از انتشارات اخیر خود در مورد گراپتولایت‌ها را با خود آورد. کاندون و میلر بعد از نشستن روی صندلی‌هایشان اطراف را برانداز کردند. زالیثویچ آن‌ها را نادیده گرفت و با حوصله خلاصه‌ای از آخرین اثرش، «گراپتولایت‌ها در چینه‌شناسی بریتانیایی» را برایم ارائه داد، که مصورات مفصلی از بیش از ۶۵۰ گونه را در شصت و شش تک‌برگ به نمایش می‌گذاشت. در این اثر تأثیرات انقراض به گونه‌ای نظام‌مندتر ترسیم می‌شد - اگرچه کم فروغ‌تر از آن آثاری بودند که در تپه بارانی شاهدش بودیم. گراپتولایت‌های وی شکل (۷) تا آخر دوره اوردوای مسلط بودند. این‌ها شامل گونه‌هایی مثل دیکرانوگراپتوس زیکراک بودند که حفره‌های کوچک‌شان در راستای بازوهاشان

پیچ می خوردند و سپس در هم می تنید، مثل دندان های عاج، و ادلوگراپتوس دیورجنس^{۱۴۸} که علاوه بر دو بازوی اصلی اش بازویی کوچک در کنار داشت که مثل انگشت شست بیرون می زدند. فقط مشتی گونه گراپتولایت از واقعه انقراض جان به در برد و همین ها بودند که به تدریج تنوع و کثرت زیستی دریاها در سیلوریان را به وجود آوردند. اما ساختار بدنی گراپتولایت های سیلوریان متناسب با آب ها بود، و بیشتر به جای اینکه به شکل مجموعی از شاخه ها باشند، شبیه به یک شاخه منفرد بودند. وی شکل ها برای همیشه نابود شدند و شاخ قوچی ها - که روزی گونه ای بسیار موفق بود، به فراموشی پیوست.

* * *

چه اتفاقی در ۴۴۴ میلیون سال قبل افتاد که گراپتولایت ها، کانودانت ها، براچیوپادها^{۱۴۹}، اچینودرم ها^{۱۵۰} و تریلوبایت ها را تقریباً از صفحه روزگار محو کرد؟ بلافاصله در سال های بعد از انتشار فرضیه آلوارز، باور عمومی بر این بود - حداقل در میان کسانی که این فرضیه را مهمل می دانستند - که یک نظریه یکپارچه در مورد انقراض گسترده وجود دارد. اگر اثر شهاب سنگ در داده سنگواره ای منعکس می شد، پس منطقی می توانست باشد که انتظار داشته باشیم پیامدهای آن باعث تمام آن انقراض ها بوده باشد. در سال ۱۹۸۴، وقتی دو دیرین شناس دانشگاه شیکاگو تحلیلی مقایسه ای از داده های سنگواره ای دریایی منتشر کردند، این نظریه بیشتر تقویت شد. این تحقیق نشان می داد که علاوه بر پنج انقراض گسترده، انقراض های محدودتر بسیاری هم وجود داشته اند.

Adelograptus divergens ۱۴۸

Brachiopods ۱۴۹

Echinoderms ۱۵۰

هنگامی که تمام این‌ها در کنار هم قرار گرفتند، الگویی شکل گرفت: انقراض‌های گسترده در فواصل منظمی تقریباً طی ۲۶ میلیون سال رخ داده است. به عبارت دیگر، انقراض به صورت دوره‌ای رخ داده است، مثل سیکیداهایی^{۱۵۱} که از دل زمین سر برمی‌آورند. دیوید راپ و جک سپکوسکی دلیل این انقراض‌ها را نمی‌دانستند، اما احتمال می‌دادند که «چرخهٔ نجومی و فیزیک نجومی از طریق بازوهای مارپیچ راه شیری با گذار منظومهٔ شمسی مرتبط باشد». گروهی از متخصصین فیزیک نجومی - همانند همکاران آلوارز پدر و پسر در برکلی - گامی فراتر در این بحث برداشت. این گروه معتقد بود که این نوسان نجومی می‌تواند با یک ستارهٔ کوچک همراه خورشید قابل توضیح باشد، که هر ۲۶ میلیون سال یک‌بار از میان /بر/ورت^{۱۵۲} عبور می‌کند و یک تودهٔ دنباله‌دار ایجاد می‌کند، که زمین را تخریب زمین می‌کند. این امر که کسی این ستاره را - که در فیلم «نهمه‌سیس» به گونه‌ای ترسناک ترسیم شده - ندیده است، گروه برکلی را با مشکل روبه‌رو می‌کند، اما نه مشکلی غیر قابل حل؛ تعداد زیادی ستارهٔ کوچک وجود داد که در انتظار شناسایی و طبقه‌بندی هستند.

آنچه در رسانه‌های عامیانه به عنوان «ماجرای نهمه‌سیس» شناخته شده، تقریباً به اندازهٔ فرضیهٔ شهاب‌سنگ هیجان ایجاد می‌کند (به طوری که گزارشگری تعریف می‌کند، در این داستان هر چیزی وجود دارد، به جز رابطهٔ جنسی و خانوادهٔ سلطنتی). مجلهٔ تایم مقاله‌ای منتشر کرد که بلافاصله با تکذیب هیئت تحریریهٔ نیویورک‌تایمز مواجه شد (این هیئت تحریریه فرضیهٔ «ستارهٔ مرموز مرگ» را انکار کرد). این بار این روزنامه بر چیزی تمرکز می‌کرد. با وجود اینکه گروه برکلی سال بعد را صرف جست‌وجوی نهمه‌سیس در

۱۵۱ Cicadas نوعی سوسک - م.

۱۵۲ Oort cloud

آسمان‌ها کرد، اثری از «ستاره مرگ» نیافت. جالب‌تر این بود که شواهد مربوط به نوسان‌های نجومی طی تحلیل‌های بیشتر زیر سؤال رفت. دیوید راب توضیح داد که «اگر یک توافق عمومی وجود داشته باشد، این است که این‌همه یک تشابه آماری بود».

در این اثنا، جست‌وجو برای ایریدیوم و نشان‌هایی دیگر از وقایع فرازمینی تضعیف شد. اما لوئیس آلوارز، همراه با بسیاری از محققان دیگر، این جست‌وجو را شروع کرد. در زمانی که تقاضای همکاری علمی با چینی‌ها عملاً بی‌پاسخ ماند، لوئیس نمونه‌هایی از صخره‌های جنوب چین را به دست آورد که به دوره بین پرمیان و تریاس مربوط می‌شدند. در میان انقراض‌های پنج‌گانه، انقراض پایان دوره پرمیان یا انقراض پرمو، تریاس بزرگ‌ترین انقراض محسوب می‌شود، این دوره‌ای بود که تمامی موجودات چندسلولی در آن در مرز انقراض کامل قرار گرفتند. لوئیس به خود می‌بالید که توانسته بود لایه‌ای از گل در میان سلسله صخره‌های جنوب چین پیدا کند، همان‌طور که در گوبیو یافته بود. او بعدها گفت: «ما مطمئن بودیم که ایریدیوم زیادی در آنجا وجود دارد». اما معلوم شد که گل چینی حاوی ایریدیوم بسیار ناچیزی برای اندازه‌گیری بود. ایریدیوم بیش از حد معمول به تناوب، از جمله در صخره‌های دابسلین یافت شده، که مربوط به انتهای دوره اوردوای است. اما هیچ‌کدام از نشان‌های اظهار شده، نظیر شوکد کوارتز به محدوده زمانی مورد نظر ارجاع ندارند و مشخص بود که سطح ایریدیوم افزایش یافته - اگر چه کمتر به نظر می‌رسید - بیشتر به تغییرات غیرمنتظره رسوبات مربوط بود.

نظریه جاری این است که انقراض پایان دوره اوردوای حاصل یخبندان بود. در اغلب دوره‌ها آب و هوای گلخانه‌ای حاکم بود، سطح دی اکسید کربن در هوا بالا بود و سطح دمای آب‌ها هم بالا بود. اما درست در نزدیکی زمان بروز اولین انقراض - که باعث نابودی گراپتولایت‌ها شد - سطح دی اکسید کربن کاهش

یافت. دما سقوط کرد و گاندوانا^{۱۵۳} یخ بست. شواهد مربوط به یخبندان اورداوی در چنین بقایای دیرین قاره‌های بزرگ پیشین، مثل عربستان سعودی، اردن و برزیل یافت شده است. سطح آب‌ها سقوط کرد و زیستگاه‌های آبی بسیار، و همراه با آن، احتمالاً موجودات زنده دریایی نابود شدند. ترکیب شیمیایی اقیانوس‌ها هم تغییر کرد. همچنین آب سردتر اکسیژن بیشتری به وجود آورد. کسی به درستی نمی‌داند که نابودی گراپتولایت‌ها به دلیل تغییر دما بود، یا یکی از تأثیرات فراوان حاصل از آن. همان‌طور که زالیژویچ اشاره کرد، «شما پیکری در کتابخانه دارید و چندین نفر خجولانه به اطراف می‌روند». هیچ‌کدام نمی‌دانند چه چیزی باعث این تغییرات شد. یک نظریه این است که یخبندان توسط خزه‌هایی ابتدایی به وجود آمد که سطح خشکی را فرا گرفت و دی اکسید کربن را از هوا گرفت. اگر این‌طور بوده باشد، اولین انقراض گسترده حیوانات توسط گیاهان به وجود آمده است.

چنین به نظر می‌رسد که انقراض انتهای پرمیان با تغییرات اقلیمی ایجاد شده باشد. در این صورت این تغییر جهتی معکوس پیدا کرد. درست در مقطع انقراض، در ۲۵۲ میلیون سال قبل، مقدار عظیمی کربن در هوا پخش شد - به قدری که برای زمین‌شناسان دشوار است حتی تصورش را بکنند که این همه کربن از کجا می‌توانست بیاید. دما افزایش یافت - گرمای آب‌ها تا ۱۸ درجه بالا رفت - و تعادل شیمیایی اقیانوس‌ها برهم ریخت. آب‌ها اسیدی شدند و میزان اکسیژن حل شده به حدی سقوط کرد که احتمالاً بسیاری از موجودات زنده تحت تأثیر قرار گرفتند و خفه شدند. صخره‌های مرجانی درهم ریختند. انقراض انتهای پرمیان به وقوع پیوست، اما نه کاملاً در یک محدوده زمانی زندگی انسانی. چنین زمانی در عبارات زمین‌شناسی لحظه‌ای ناگهانی فرض می‌شود. بر اساس آخرین تحقیق که توسط محققان چینی و آمریکایی صورت گرفت،

۱۵۳ Gondwana قاره‌ای پهناور که گمان می‌رود در نیم‌کره جنوبی وجود داشته و حاصل تجزیه پانجیا در عهد میان‌زیستی بوده است - م.

تمام این واقعه طی دویست هزار سال - یا شاید طی کمتر از صد هزار سال - رخ داد. بعد از این مدت در حدود نود درصد از کل گونه‌های زیستی روی زمین نابود شدند. حتی گرمایش جهانی شدید و اسیدی شدن اقیانوس‌ها برای توضیح این نابودی‌ها در چنین ابعاد گسترده‌ای ناکافی می‌نماید. از این رو محققان کماکان به دنبال آن دلایل دیگر می‌گردند. یک فرضیه از این قرار است که گرمای اقیانوس‌ها باعث رشد باکتری‌هایی شد که سولفید هیدروژن تولید می‌کردند، که برای اغلب اشکال حیات سمی بودند. بر اساس این سناریو سولفید هیدروژن در آب‌ها انباشته شد و حیوانات دریایی را کشت و سپس به هوا وارد شد و هر موجود دیگری را نابود کرد. باکتری کاهش دهنده سولفید رنگ اقیانوس‌ها را تغییر داد و سولفید هیدروژن رنگ آسمان را عوض کرد؛ کارل زیمر، نویسنده مطالب علمی، دوره پایان پرمیان را به عنوان یک «مکان واقعاً درهم ریخته» توصیف کرد، که در آن دریا‌های شیشه‌ای بنفش حباب‌های سمی متصاعد می‌کردند که به سمت «آسمان سبز کم‌رنگ» بالا می‌رفت.

بیست و پنج سال قبل چنین فکر می‌کردند که تمام انقراض‌ها در نهایت به یک عامل برمی‌گردند، اما اکنون عکس این فکر می‌کنند. همان‌طور که تولستوی می‌گوید، هر انقراضی در خود واقعه ناکام و مرگباری است. شاید درواقع بسیار عجیب باشد که وقایع چنین مرگبار و ناگهانی هستند. موجودات زنده خود را با شرایطی مواجه می‌بینند که تکامل در آن‌ها مکانیسم‌های آمادگی مقابله با آن شرایط را به وجود نیاورده است.

والتر آلوارز گفت: «فکر می‌کنم پس از آنکه شواهد قوی‌تری برای وقایع انتهایی دوره کرتاسه بدست آوردیم، همه ما که ساده‌اندیشانه بر روی این موضوع کار می‌کردیم انتظار داشتیم برویم بیرون و شواهدی بر تلاقی حوادث با یکدیگر بیابیم، اما معلوم شد که قضیه بسیار پیچیده‌تر از این‌ها است. ما اکنون می‌بینیم

که انقراض گسترده می‌تواند توسط انسان‌ها به وجود آید. روشن است که یک نظریه کلی در باره انقراض گسترده نداریم».

* * *

آن شب در مافات، بعد از صرف چای و گفت‌وگو در مورد گراپتولایت‌ها به باری که در طبقه همکف کوچک‌ترین هتل دنیا قرار داشت، رفتیم. بعد از نوشیدن یکی دو پک گفت‌وگوها به عرصه دیگری از موضوعات مورد علاقه زالیژویچ کشانده شد: موش‌های غول‌پیکر. موش‌ها انسان‌ها را در تمام نقاط دنیا همراهی کرده‌اند و نظر حرفه‌ای زالیژویچ این است که روزی موش‌ها زمین را تسخیر خواهند کرد.

او می‌گفت، «تعدادی از آن‌ها احتمالاً با همان شکل و اندازه موش امروزی باقی خواهند ماند، اما بسیاری از آن‌ها کوچک‌تر یا بزرگ‌تر می‌شوند، به‌خصوص اگر انقراض همه‌گیری را از سر گذرانده باشند. آنگاه که محیط زیست گشوده می‌شود، ممکن است برای موش‌ها بهترین مکانی باشد تا از آن بهره‌مند شوند. و می‌دانیم که تغییر در اندازه می‌تواند بسیار سریع به وجود آید». من به یاد آوردم که روزی موشی را دیدم که در یک ایستگاه مترو تکه‌ای از یک پیتزا را با خود می‌کشید. سپس تصور کردم که بعد از عبور از یک تونل متروک به یکباره به اندازه یک سگ بزرگ شود.

صرف نظر از اینکه ارتباط این دو دور از ذهن است، اما علاقه زالیژویچ به موش‌های غول‌پیکر تداوم منطقی علاقه او به گراپتولایت‌ها است. او مجذوب جهانی است که قبل از انسان‌ها وجود داشته و نیز جهانی که است که بعد از آن‌ها وجود خواهد داشت. هر کدام خبر از دیگری دارد. هنگامی که اورداوی را بررسی می‌کند، سعی می‌کند گذشته دور را بر اساس سرنخ‌های ناقص باقی‌مانده

بازسازی کند: سنگواره‌ها، ایزوتوپ‌های کربن، لایه‌های رسوبی صخره‌ها. وقتی به آینده فکر می‌کند، تلاش می‌کند خیالبافی کند که چه چیزی از حال باقی خواهد ماند، که زمانی در آینده به شکل تکه‌های ناقصی به‌جا خواهد ماند: سنگواره‌ها، ایزوتوپ‌های کربن، لایه‌های رسوبی صخره‌ها. زالیژویچ معتقد است که حتی یک چینه‌شناس متوسط قادر است اتفاقات خارق‌العاده‌ای را مربوط دنیای گذشته با صد میلیون سال فاصله، بازگو کند. همین امر حتی در مورد دنیای آینده صدق می‌کند. تمام آن چیزهایی که برای ما بارزش هستند - مجسمه‌ها، کتابخانه‌ها، بناهای تاریخی و موزه‌ها، شهرها و کارخانه‌ها - همه در لایه‌های رسوباتی به ضخامت یک کاغذ سیگار متراکم خواهند شد. زالیژویچ جایی نوشت: «ما تاکنون داده‌ای از خود به‌جا گذاشته‌ایم که ماندگار خواهد ماند».

یکی از شیوه‌های ما برای انجام چنین کاری بی‌قراری ما است. انسان‌ها یا عمدتاً و یا سهواً موجودات زنده گیاهی و حیوانی را از زیستگاه‌های طبیعی خود جدا کرده‌اند و آن‌ها را، مثلاً از آسیا به آمریکا، یا از آمریکا به اروپا، و یا از اروپا به استرالیا منتقل کرده‌اند. موش‌ها همواره پیشگامان این نقل و انتقالات بوده‌اند، و به هر مکانی نفوذ کرده‌اند، حتی به جزایر دورافتاده‌ای که هیچ‌گاه انسانی زحمت اقامت در آن مکان‌ها را به خود نداده است. موش منطقه اقیانوس آرام، به نام راتوس اکسولانس، یک موش بومی جنوب شرقی آسیا است که با دریانوردان پلینزی هم‌سفر شد و به مناطق بسیاری، مثل هاوایی، فیجی، تاهیتی، تونگا، ساموا، جزیره ایستر و نیوزیلند سفر کرد. مسافر قاچاق، راتوس اکسولانس در آنچه دیرین‌شناس نیوزیلندی ریچارد هالدادی «یک جذر و مد خاکستری» توصیف کرد، شروع به تکثیر خود کردند و «هر چیز خوردنی را به پروتئین موش بدل کردند» (یک بررسی جدید در باره گرده و بقایای حیوانات در جزیره ایستر چنین نتیجه‌گیری کرد که این انسان‌ها نبودند که این منطقه را جنگل‌زدایی کردند، بلکه موش‌ها بودند که با بهره‌گیری از امتیاز کمبود

حیوانات درنده، بدون هیچ عامل بازدارنده‌ای تولیدمثل کردند. درخت‌های نخل محلی نمی‌توانست با سرعت لازم بذر تولید کنند تا بتوانند خود را بازتولید و تکثیر کنند). وقتی اروپائیان به آمریکا رسیدند و بعد به سمت غرب، به جزایر پلینزی ادامه دادند و در آنجا مستقر شدند، یک موش باز هم انطباق‌پذیرتر نروژی، به اسم راتوس نروجیکوس، را باخود آوردند. موش‌های نروژی، که درواقع چینی بودند، در بسیاری از مناطق موش‌های فاتح قبلی را در رقابت از میدان به‌در کردند و جمعیت پرندگان و خزندگان منطقه را نابود کردند، و این کاری بود که موش‌های اقیانوس آرام نتوانستند انجام دهند. می‌توان گفت که موش‌ها «محیط زیست» خود را به وجود آوردند تا نسل‌های بعدی‌شان بتوانند در آنجا حاکم شوند. به عقیده زالیژویچ، فرزندان موش‌های امروزی منطقه‌ای را که راتوس اکسولانس و راتوس نروجیکوس خالی کرده بودند، به جایگاه مناسبی برای خود بدل خواهند کرد. او گمان می‌کند که شکل و اندازه موش‌های آینده تغییر خواهد کرد، بعضی‌ها کوچک‌تر از موش‌های ریز شریوز^{۱۵۴} خواهند شد و برخی بزرگ‌تر از فیل‌ها. او نوشت، «ما باید - از روی کنجکاوی و امکان انتخاب بیشتر - یک یا دو گونه موش را در جمع رودنت‌های غول‌پیکر بدون مو قرار دهیم که در غارها زندگی می‌کنند، و ابزارهای سنگی ابتدایی می‌سازند، پوست پستان‌دارانی را می‌پوشند که کشته و خورده‌اند».

واقعۀ انقراض، صرف‌نظر از آیندۀ موش‌ها، و نقشی که خود در ایجادش ایفا می‌کنند، نشان خاص خود را همچون نقطۀ عطف، جایی در صخره‌ها به جا خواهد گذاشت، اما نه به این زودی و نه در نزدیکی دابسلین و گوبیو که داده‌ها به وضوح بر صخرۀ گلی و یا در لایۀ گلی ثبت شده‌اند. تغییر اقلیمی - که خود عامل انقراض است - نیز آثار زمین‌شناختی خود را برجا خواهد گذاشت، درست

مثل باران هسته‌ای، انحراف رودها، کشت‌های تک محصولی و اسیدی شدن اقیانوس‌ها.

به این دلایل زالیژویچ معتقد است که ما به عصر جدیدی وارد شده‌ایم، که مشابه آن در تاریخ زمین مشاهده نشده است. این از نظر زمین‌شناسی نقطه عطفی است.

طی سالیان، برای عصری که انسان‌ها بدان پا گذاشتند، نام‌هایی پیشنهاد شده است. زیست‌شناس برجسته، مایکل سوله، اظهار کرد که به جای سینوزوئیک^{۱۵۵}، ما اکنون در عصر «کاتاستروفوزوئیک»^{۱۵۶} زندگی می‌کنیم. مایکل سامویز حشره‌شناس^{۱۵۷} از دانشگاه استلنبوش در آفریقای جنوبی واژه «هوموجینوسین»^{۱۵۸} را پیشنهاد کرد. دانیل پاولی، زیست‌شناس دریایی کانادایی «میکسوسین»^{۱۵۹} را پیشنهاد کرد، که برگرفته از واژه یونانی برای «اسلیم» (لعب) است. آندریو روکین، روزنامه‌نگار آمریکایی «آنتروسین»^{۱۶۰} را پیشنهاد کرد (اغلب این واژه‌ها، حداقل به طور غیر مستقیم ملهم از لایل هستند که در

۱۵۵ Cenozoic به دوره کنونی ارجاع دارد که به دنبال دوره میانه‌زیستی آمده، که شامل دوره‌های تریاری و کوارترناری است - م.

Catastrophotozoic ۱۵۶

Entomologist ۱۵۷

Homogenocene ۱۵۸

Myxocene ۱۵۹

Anthrocene ۱۶۰

دهه سی قرن هجدهم واژه‌های ایوسین^{۱۶۱}، میوسین^{۱۶۲} و پلیوسین^{۱۶۳} را ابداع کرد).

واژه «آنتروپوسین»^{۱۶۴} ابداع پاول کراتزن، شیمی‌دانان هلندی است که برای کشف اثرات ترکیبات تخلیه اوزون (مشترکاً) برنده جایزه نوبل شد. به سختی می‌توان در مورد اهمیت این کشف غلو نکرد. اگر این کشف صورت نگرفته بود - و اگر مواد شیمیایی به همان میزان گسترده معمول مورد استفاده قرار می‌گرفتند - سوراخ اوزون که هر بهار بر فراز قطب جنوب باز می‌شود، می‌توانست به قدری گسترش یابد که نهایتاً تمام زمین را احاطه کند (یکی از کسانی که در جایزه نوبل با کراتزن شریک بود گفت که شبی از آزمایشگاه به خانه برگشت و به همسرش گفت، «کار خوب پیش می‌رود، اما به نظر می‌رسد که دنیا به پایان برسد»).

کراتزن به من گفت که واژه «آنتروپوسین» هنگامی به ذهنش رسید که در جلسه‌ای حضور داشت. رئیس جلسه به هالوسین، به عنوان عصر «کاملاً جدید» استناد کرد، که یازده هزار و هفتصد سال پیش، در انتهای آخرین عصر یخبندان شروع شد و - حداقل رسماً - تا زمان حاضر ادامه یافته است.

همان‌جا در خلال جلسه کراتزن گفت، «یک لحظه صبر کنید. ما دیگر در دوران هالوسین به سر نمی‌بریم. ما در عصر آنتروپوسین هستیم. سپس سکوت در سالن حکمفرما شد». طی ساعت استراحت بعدی آنتروپوسین موضوع اصلی

Eocene ۱۶۱

Miocene ۱۶۲

Pliocene ۱۶۳

Anthropocene ۱۶۴

گفت‌وگو بود. کسی نزد کراتزن آمد و پیشنهاد کرد که برای ثبت این واژه اقدام کند.

کراتزن اندیشه خود را در یک اثر کوتاه، به اسم «زمین‌شناسی بشر» تدوین کرد، که در مجله طبیعت منتشر شد. او گفت، «به نظر می‌رسد که واژه «آنتروپوسین» برای توصیف عصر حاضر مناسب باشد، زیرا از زوایای گوناگونی عصر زمین‌شناسی تحت تسلط بشر است». کراتزن به نقل زیر اشاره کرد.

در میان تغییرات زمین‌شناختی متعدد:

- فعالیت بشری بین یک سوم تا نیمی از سطح خشکی سیاره را دگرگون کرده است.
- اغلب رودهای بزرگ جهان سدبندی یا منحرف شده‌اند.
- نیتروژنی که کود گیاهی تولید می‌کند بیشتر است از میزان تولید طبیعی نیتروژن توسط تمام اکوسیستم‌های خشکی.
- ماهیگیری بیش از یک سوم تولید اولیه ماهی را از آب‌های ساحلی اقیانوس‌ها خارج می‌کند.
- بشر بیش از نیمی از آب تازه قابل دسترس را مصرف می‌کند.

کراتزن گفت، مهم‌ترین چیز این است که انسان‌ها ترکیب اتمسفر را تغییر داده‌اند. به دلیل ترکیب سوخت سنگواره‌ای و نابودی جنگل‌ها، تمرکز دی اکسید کربن در هوا طی دو قرن اخیر بیش از چهل درصد افزایش داشته است، در حالی که تمرکز گاز متان، که گاز گلخانه‌ای باز هم قوی‌تری است، بیش از ده برابر شده است.

کراتزن نوشت، شرایط اقلیمی جهانی به دلیل گازهایی که توسط بشر منتشر شده است، به میزان برجسته‌ای متفاوت از وضعیت طبیعی طی هزاره‌های بی‌شمار بوده است.

کراتزن «زمین‌شناسی بشر» را در سال ۲۰۰۲ منتشر کرد. از آن زمان به بعد واژه «آنتروپوسین» شروع به وارد شدن به نشریات عرصه‌های علمی کرد.

«تحلیل جهانی از نظام‌های رودها: از نظام کنترل زمین تا علائم آنتروپوسین» عنوان مقاله‌ای بود که در سال ۲۰۰۳ در نشریه *توافقات فلسفی جامعه سلطنتی بی به‌چاپ رسید*.

«خاک‌ها و رسوب‌ها در آنتروپوسین» عنوان مقاله‌ای در نشریه *خاک‌ها و رسوب‌ها*، در سال ۲۰۰۴ بود.

وقتی زالیثویچ با این واژه آشنا شد، مجذوب آن شد. او گفت که اکثر کسانی که از آن استفاده می‌کنند، چینه‌شناسان ورزیده‌ای نبوده‌اند. او کنجکاو بود بداند همکارانش چه نظری نسبت به این نام دارند. در آن زمان او رئیس کمیته چینه‌شناسی / انجمن زمین‌شناسی لندن بود، انجمنی که لایل و ویلیام هی‌ول و جان فیلیپس روزی ریاست آن را بر عهده داشتند. در یک ملاقات ناهار زالیثویچ نظر اعضای همکار کمیته‌اش را در باره آنتروپوسین پرسید. ۲۱ نفر از ۲۲ نفر آن را نام شایسته‌ای می‌دانستند.

گروه تصمیم گرفت تا این اندیشه را به عنوان یک مشکل رسمی در زمین‌شناسی مورد بررسی قرار دهد. آیا واژه آنتروپوسین می‌تواند پاسخگوی معیارهای لازم برای تبیین یک عصر جدید باشد؟ (در نظر زمین‌شناسان یک

عصر^{۱۶۵} زیرمجموعه یک دوره^{۱۶۶} است، که به نوبه خود بخشی از یک عهد^{۱۶۷} است. برای مثال هالوسین یک عصر در کوارترناری است، و کوارترناری دوره‌ای است در سینوزوئیک). پاسخ اعضاء پس از یک سال مطالعه یک «بله» محکم بود. تصمیم بر این شد که تغییراتی که کراتزن برشمرده بود این باشد که یک تأییدیه جهانی توسط کمیته بین‌المللی چینه‌شناسی تحت عنوان «اثر چینه‌شناسی جهانی» فراهم شود که برای میلیون‌ها سال آتی قابل خواندن باشد، به همان صورت که دوره یخبندان اوردای یک «اثر چینه‌شناسی» از خود به جا گذاشت که هنوز قابل خواندن است. اعضای گروه از جمله خلاصه یافته‌های خود را در یک برگ تدوین کردند، که آنتروپوسین با یک «علامت چینه‌شناختی زیستی» منحصر به فرد مشخص شود، که از یک طرف محصول انقراض کنونی است و از طرف دیگر نقش انسانی در بازتولید حیات را نشان دهد. گروه ملزم ساخت که این علامت برای همیشه ثبت شود، آن‌طور که تکامل آتی از موجوداتی که زنده‌اند حرکت خواهد کرد (و اغلب از تأثیرات ساخته و پرداخته بشر). یا بنا به خواست زالیژویچ، از موش‌هایی که زنده خواهند ماند.

طی زمان دیدار من در اسکاتلند زالیژویچ مسئله تصویب واژه آنتروپوسین را به بعد موکول کرده بود. کمیته بین‌المللی چینه‌شناسی، یا آی‌سی‌اس، گروه مسئول تعیین گاهنامه رسمی تاریخ زمین است. این آی‌سی‌اس است که موضوعاتی مثل موارد زیر را تصویب می‌کند: دقیقاً چه زمانی پلیستوسین^{۱۶۸} آغاز شد؟ (پس از بحث‌های داغ بسیار، کمیته اخیراً تاریخ آغاز آن عصر را به عقب موکول کرد، یعنی به ۱٫۸ تا ۲٫۶ میلیون سال پیش). زالیژویچ آی‌سی‌اس را متقاعد کرد که امکان تصویب رسمی واژه آنتروپوسین را مورد بررسی قرار

Epoch ۱۶۵

period ۱۶۶

era ۱۶۷

Pleistocene عهد چهارم زمین‌شناسی - م. ۱۶۸

دهند. این وظیفه‌ای بود که خود او به عهده گرفته بود. زالیژویچ به عنوان رئیس گروه کاری آنتروپوسین امیدوار است بتواند پیشنهادی را در برابر تمامیت کمیته در سال ۲۰۱۶ به رأی بگذارد. اگر او موفق شود و آنتروپوسین به عنوان یک عصر جدید پذیرفته شود، تمام کتاب‌های زمین‌شناسی در دنیا بلافاصله قدیمی خواهند شد.

فصل ششم

دریای اطراف ما

پاته‌لا کائهرولیا^{۱۶۹}

کاستللو آراگونیز جزیره کوچکی است که همچون برجی از دریای تیره‌نیان بیرون زده است. در حدود سی کیلومتر از غرب ناپل جزیره بزرگ‌تری در ایسکیا وجود دارد و ما می‌توانیم توسط یک پل سنگی باریک و دراز وارد کاستللو آراگونیز شویم. در انتهای پل اتفاقی وجود دارد که بلیط‌های ده یورویی می‌فروشد و بعد از خرید بلیط می‌توان به آن صعود کرد - یا صحیح‌تر بگوییم، آسانسور را گرفت و به بالای قلعه عظیمی رفت که معرف اسم این جزیره است. این قلعه ابزارهای قرون وسطایی شکنجه را به نمایش گذاشته و همچنین یک هتل تفننی و یک کافه‌تریای باز را در خود جای داده است. در یک بعدازظهر تابستانی این کافه‌تريا محل دلپذیری می‌تواند باشد برای مزه کردن نوشیدنی کامپاری و نشستن و اندیشه کردن به وحشت دوران گذشته.

کاستللو آراگونیز، مثل بسیاری از مکان‌های دیگر، محصول نیروهای بسیار قدرتمند است، و در این مورد خاص یک نیروی شمالی در آفریقا است که هر سال تریپولی را به اندازه تقریباً یک اینچ به روم نزدیک می‌کند. مجموعی از

چین‌های پیچیده سطح زمین آفریقا را به اروسیا می‌فشد، آن‌طور که یک صفحه فلزی به درون یک کوره روانه می‌شود. گاه‌گاهی این فرآیند منجر به فوران‌های آتشفشانی نیرومندی می‌شود (یک چنین فورانی در سال ۱۳۰۲ باعث شد تا تمام جمعیت ایسکیا به کاستللو آراگونیز پناهنده شود). این فرآیند به‌طور منظم جریان‌های گاز متصاعد می‌کند که به صورت جریان حباب از کف دریا بیرون می‌زند. این گاز حاوی تقریباً صد درصد دی اکسید کربن است.

دی اکسید کربن خواص بسیاری دارد، و یکی از آن‌ها این است که در آب حل می‌شود و اسید تولید می‌کند. من در اواخر ژانویه، خارج از برنامه‌های فصلی منطقه، به ایسکیا آمدم، به‌خصوص برای این‌که در خلیج اسیدی و حباب‌دار آن شنا کنم. دو زیست‌شناس دریایی به نام‌های جیسون هال اسپنسر و ماریا کریستینا بویا قول دادند مجرای حبابی را به من نشان دهند، به شرط این‌که آن توفان باران پیش‌بینی شده پیش نیاید. روزی سرد و خاکستری است و ما در یک کشتی ماهیگیری، که تبدیل به یک کشتی تحقیقی شده، در آب‌ها روانیم. ما کاستللو آراگونیز را دور می‌زنیم و در حدود بیست متری صخره‌های مرجانی‌اش لنگر می‌اندازیم. از درون قایق نمی‌توانم مجرای حبابی را ببینم، اما علائم آن را می‌بینم. توده‌ای سفیدرنگ از باناکل^{۱۷۰} همه جا در جزیره خودنمایی می‌کند، به جز در بالای مجرای حبابی، که هیچ بارناکلی وجود ندارد.

هال اسپنسر گفت، «بارناک‌ها تقریباً سخت هستند». او بریتانیایی است و موهای آشفته روشنی دارد و کت و شلوار خشکی به تن دارد. بویا ایتالیایی است، با موهایی خرمایی که تا شانه‌هایش می‌رسد. آب سرد است. هال اسپنسر چاقویی همراه دارد. او چند خارپشت دریایی را از روی سنگی جدا می‌کند و به من نشان می‌دهد. خارهاشان تیره است. ما در امتداد ساحل جنوبی به سمت مجرای حبابی شنا می‌کنیم. هال اسپنسر و بویا می‌ایستند تا نمونه جمع‌آوری

۱۷۰ Barnacles متعلق به گروه بندپایان دریایی هستند، با یک پوسته خارجی که به صورت دائم به سطوح مختلف می‌چسبند - م.

کنند - مرجان، حلزون، جلبک، صدف - و آن‌ها را در کیسه‌های منفذاری قرار می‌دهند و در آب به دنبال خود می‌کشند. وقتی به حد کافی نزدیک می‌شویم، حباب‌هایی را می‌بینم که از ته دریا بالا می‌آیند. این حباب‌ها شبیه به مهره‌های جیوه‌ای هستند. زیر پای ما موج لایه‌های خزّه‌های دریایی وجود دارد، که برگ‌های سبز زنده خارق‌العاده‌ای دارند. بعدها متوجه شدم که این رنگ زنده به دلیل است که آن موجودات کوچک که معمولاً آن‌ها را می‌پوشانند، در آن لحظه حضور نداشتند. هر چه بیشتر به مجرای حبابی نزدیک می‌شدیم چیز کم‌تری برای جمع‌آوری پیدا می‌کردیم. خارپشت‌های دریایی و صدف‌ها و بارناکل‌ها از اطراف‌مان می‌گریختند. بویا چند صدف لیمپت را یافت که به صخره‌ای چسبیده بودند. پوسته‌هایشان تقریباً شفاف بود. دسته‌ای عروس دریایی به آرامی از مقابل‌مان گذشتند، که فقط کمی از خود دریا کم‌رنگ‌تر بودند.

هال اسپنسر اخطار کرد «مواظب باشید، نیش می‌زنند».



از آغاز انقلاب صنعتی انسان‌ها به اندازه‌ای سوخت سنگواره‌ای - زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی - سوزانده‌اند، و این در حدود ۳۶۵ میلیارد تن کربن به جو زمین افزوده است. نابودی جنگل‌ها ۱۸۰ میلیارد تن دیگر هم به این مقدار اضافه کرده است. ما هر ساله ۹ میلیارد تن دیگر کربن به هوا می‌فرستیم. باگذشت هر سال ۶ درصد هم به این میزان سالانه افزوده می‌شود. در نتیجه، تمرکز دی اکسید کربن در هوا - که کمی بیش از چهارصد قسمت در میلیون است - طی ۸۰۰ هزار سال اخیر - و احتمالاً طی چند میلیون سال اخیر - در بالاترین سطح خود بوده باشد. اگر این روند ادامه یابد، تمرکز دی اکسید کربن در سال ۲۰۵۰ از مرز پانصد قسمت در میلیون هم فراتر خواهد رفت، یعنی

حدوداً دوبرابر سطح دوران پیشاصنعتی. انتظار می‌رود که این افزایش کربن باعث بالا رفتن دمای متوسط جهانی بین ۳٫۵ و ۷ درجهٔ فارنهایت شود، و این به نوبهٔ خود باعث وقوع یک سلسله حوادث دگرگون کننده در سطح جهانی خواهد شد، از جمله آب شدن اکثر یخ‌های قطبی باقی‌مانده، زیر آب رفتن جزایر پست و شهرهای ساحلی و ذوب شدن کوه یخی قطب شمال. اما این فقط نیمی از ماجرا است.

اقیانوس‌ها هفتاد درصد از سطح زمین را می‌پوشانند و هر کجا که آب و هوا در ارتباط با هم قرار می‌گیرند، تبادلی به وجود می‌آید. گازهای جوّ زمین توسط اقیانوس‌ها جذب می‌شود و گازهای حل شده در اقیانوس‌ها در جوّ پراکنده می‌شوند. وقتی این دو در تعادل با هم هستند، تقریباً همان مقدار گازی که حل می‌شود، به جو می‌رود. تغییر در ترکیب جو، که توسط انسان ایجاد شده، موازنه را بر هم می‌زند: دی اکسید کربنی که وارد آب‌ها می‌شود بیشتر از میزانی می‌شود که از آب‌ها خارج می‌شود. به این شکل انسان‌ها همواره دی اکسید کربن بیشتری به آب‌ها اضافه می‌کنند، بسیار بیشتر از آن میزانی که حباب‌های آشفشانی وارد آب‌ها می‌کنند، اما از بالا، نه از زیر آب‌ها و در ابعادی جهانی. فقط همین امسال اقیانوس‌ها دو و نیم میلیارد تن کربن جذب کرده‌اند و انتظار می‌رود که سال آینده هم دو و نیم میلیارد تن دیگر هم به آن اضافه شود. در حقیقت هر آمریکایی هر روزه بیش از سه کیلو گرم کربن وارد آب‌ها می‌کند.

به دلیل تمام این کربن‌های اضافی، تعادل اسیدی - قلیایی پی‌اچ (PH) آب‌های سطح اقیانوس‌ها هم‌اکنون از میزان متوسط تقریباً ۸٫۲ به حدود ۸٫۱ کاهش یافته است. مقیاس پی‌اچ همانند مقیاس ریشتر لگاریتمی است، یعنی حتی یک چنین تفاوت عددی کوچکی معادل تغییرات عظیمی در دنیای واقعی است. یک کاهش یک دهم درصدی به این معنی است که اقیانوس‌ها اکنون سی درصد بیشتر از سال ۱۸۰۰ اسیدی شده‌اند. اگر انسان‌ها به سوزاندن

سوخت سنگواره‌ای ادامه دهند، اقیانوس‌ها به جذب بیشتر دی اکسید کربن ادامه می‌دهند و بیش از پیش اسیدی می‌شوند. تحت آنچه که «فعالیت اقتصادی معمول» خوانده می‌شود، انتشار گازها باعث کاهش میزان پی‌اچ سطح اقیانوس‌ها می‌شود. این میزان در سال ۲۰۵۰ به هشت، و در انتهای قرن به ۷٫۸ نزول خواهد کرد. در آن مقطع اقیانوس‌ها ۱۵۰ درصد اسیدی‌تر از ابتدای انقلاب صنعتی خواهند شد.^{۱۷۱}

آب‌های اطراف کاستللو آراگونیز - به دلیل انتشار دی اکسید کربن از مجرای زمین - یک تصویر کلی نسبتاً معقول از آینده اقیانوس‌ها به دست می‌دهد. وقتی من در ژانویه در این جزیره پرسه می‌زدم، به تدریج از سرما بی‌حس می‌شدم. اینجا امروز امکان شنا کردن در آب‌های آینده وجود دارد - وقتی به این فکر می‌کنم، دچار وحشت می‌شوم.



وقتی به بندرگاه در ایسکیا برگشتیم، باد می‌آمد. عرشه پر از مخزن‌های مصرف شده هوا بود. از لباس‌های خیس‌مان آب می‌چکید و جعبه‌ها پر از نمونه‌های جمع‌آوری شده بود. بعد از جمع‌آوری همه چیز باید آن‌ها را از خیابان‌های تنگ با خود حمل می‌کردیم و به ایستگاه محلی زیست‌شناسی دریایی می‌بردیم، که بر روی دماغه‌ای مشرف به دریا قرار دارد. این ایستگاه توسط یک محقق علوم طبیعی آلمانی به اسم آنتون دورن تأسیس شد. بر روی دیوار سالن ورودی چشمم به نسخه‌ای از نامه داروین به دورن افتاد، که در سال ۱۸۷۴ نوشته شده

۱۷۱ دامنه ارزش پی‌اچ از صفر تا چهارده است. میزان هفت خنثی است؛ بالاتر از آن قلیایی است و پایین‌تر از آن اسیدی است.

اقیانوس‌ها به طور طبیعی قلیایی است، پس اگر پی‌اچ سقوط کند، اسیدی خوانده می‌شود و درصد قلیایی آن سقوط می‌کند.

بود. در این نامه داروین به دنبال شنیدن این خبر از دوست مشترکشان، که دورن بیش از حد کار می‌کند، ابراز نگرانی کرده بود.



کاستللو آراگونیزبویا و هال اسپنسر حیواناتی را که در حوالی کاستللو آراگونیز جمع‌آوری کرده بودند در مخزن‌هایی در زیرزمین آزمایشگاه رها کردند. این حیوانات در نگاه ناآزموده من مرده به نظر می‌رسیدند. اما بعد از لحظه‌ای شروع به تکان دادن شاخک‌های حساس خود برای پیدا کردن غذا کردند. در میان این‌ها می‌توان به این موجودات اشاره کرد: یک ستاره دریایی، که یک بازوی خود را از دست داده بود؛ یک توده دراز و لاغراندام، که به مرجان شباهت داشت؛ چند خارپشت دریایی، که با ده‌ها «پای استوانه‌ای» نخ‌گونه خود در مخزن‌هاشان در حرکت بودند (هر پای استوانه‌ای به صورت هیدرولیک هدایت می‌شد، که در واکنش به فشار آب منبسط یا منقبض می‌شدند). همچنین خیارهای دریایی ۱۵ سانتیمتری وجود داشت که به صورت ناخوشایند یک سوسیس خونی یا حتی بدتر، به شکل مدفوع به نظر می‌رسیدند. در این آزمایشگاه سرد تأثیر تخریبی مجراهای حبابی معمول بود. اوسیلینوس

توربیناتوس^{۱۷۲}، یک حلزون معمولی مدیترانه‌ای است با پوسته‌ای با خال‌های منظم شبیه به الگوی پوست مار، که بین سفید و سیاه در نوسان بود. اما آن اوسیلینوس توربیناتوس که اینجا در مخزن وجود دارد، فاقد نقش و نگار است. لایه‌های بیرونی سخت پوسته‌اش خورده شده است، و از این رو می‌توان لایه زیرین تماماً سفید و نرم آن را دید. صدف لیمپت پاته‌لا کائرولیا^{۱۷۳} شکلی به صورت یک کلاه حصیری چینی دارد. پوسته‌های چندین پاته‌لا کائرولیا زخم‌های عمیقی بر خود دارند که می‌توان از منفذ آن‌ها بدن کرمی رنگ آن‌ها را دید، گویی در اسید غوطه خورده باشند.

هال اسپنسر برای اینکه صدایش از میان سروصدای آب‌های جاری شنیده شود با صدای بلند می‌گوید، «به این دلیل است که ما انسان‌ها نیروی زیادی را صرف می‌کنیم تا مطمئن شویم که میزان پی‌اچ درون خون‌مان ثابت بماند. اما برخی از این موجودات کوچک‌تر ساختار زیستی لازم برای سازگاری ندارند. آن‌ها فقط مجبورند آنچه را که از بیرون بر آن‌ها تحمیل می‌شود تحمل کنند و از این رو است که به ورای مرزهای زیستی خود رانده شده‌اند».

بعد، هنگام ناهار، هال اسپنسر در باره اولین سفرش به مجراهای حبابی برایم گفت. زمانی در تابستان سال ۲۰۰۲ بود، که او بر روی یک کشتی تحقیقی ایتالیایی به اسم *یورینا* کار می‌کرد. یک روز گرم یورینا از نزدیکی ایسکیا عبور می‌کرد که ملوانان تصمیم گرفتند در آنجا لنگر اندازند و شنا کنند. بعضی از محققان ایتالیایی که در باره مجرای حبابی اطلاع داشتند هال اسپنسر را آوردند تا از روی تفنن واکنش او را نظاره کنند. او از تازگی این تجربه لذت می‌برد -

Osilinus turbinatus ۱۷۲

limpet Patella caerulea ۱۷۳

شنا کردن از میان حباب‌ها تا حدودی شبیه به حمام گرفتن در شامپاین بود - اما این حباب‌ها بعد از آن او را به فکر فرو برد.

در همان زمان زیست‌شناسان دریایی تازه شروع به تشخیص خطرات ناشی از اسیدی شدن کردند. برخی محاسبات نگران کننده انجام شد و تعدادی آزمایش اولیه از حیواناتی که در آزمایشگاه‌ها پرورش داده می‌شدند گرفته شد. هال اسپنسر به این فکر رسید که مجرای حبابی می‌تواند برای یک تحقیق جدید و بلندپروازانه‌تر استفاده شود. این تحقیق نه فقط معدود گونه‌هایی را مورد مطالعه قرار می‌داد که در این مخازن پرورش داده می‌شدند، بلکه ده‌ها گونه دیگر که در زیستگاه طبیعی خود (یا زیستگاه طبیعی غیرطبیعی شده) زندگی می‌کنند را هم بررسی می‌کرد.

مجراهای حبابی در کاستللو آراگونیز باعث افت سطح پی‌اچ می‌شود. آب‌ها در لبه شرقی جزیره کم‌تر در معرض تأثیر هستند. این منطقه می‌تواند به عنوان منطقه کنونی مدیریتانه به شمار آید. هر چه بیشتر به مجراهای حبابی نزدیک شویم، اسید آب بیشتر می‌شود و پی‌اچ کاهش می‌یابد. با استدلال هال اسپنسر یک نقشه زیستی در امتداد این افول پی‌اچ می‌تواند معرف نقشه‌ای باشد از آنچه در برابر اقیانوس‌های جهان قرار خواهد گرفت، و می‌تواند شبیه به یک دستگاه زمانی برای دریاها باشد.

دو سال طول کشید تا هال اسپنسر دوباره به ایسکیا بازگشت. او هنوز نتوانسته بود برای پروژه‌اش پشتیبان مالی پیدا کند، و بنابر این برایش دشوار بود تا دیگران را متقاعد کند تا او را جدی بگیرند. از آنجا که وضعیت مالی‌اش اقتضا نمی‌کرد تا در هتل اتاق رزرو کند، در لبه صخره چادر زد. برای جمع‌آوری نمونه از بطری‌های پلاستیکی دور انداخته استفاده می‌کرد. او گفت، «تا حدی شبیه به تجربه رابینسون کروزو» بود.

بالاخره او تعدادی کافی از مردم، از جمله بویا، را نسبت به جدی بودن پروژه‌اش متقاعد کرد. اولین وظیفه انجام یک بررسی مفصل از سطح پی‌اچ در اطراف جزیره بود. بعد آماری از موجودات زنده در مناطق با سطوح مختلف پی‌اچ تنظیم کردند. آن‌ها این کار را با قرار دادن قاب‌هایی فلزی در امتداد ساحل انجام دادند، که هر صدف، بارناکل و لیمپتی را که به صخره‌ها می‌چسبیدند، ثبت می‌کردند. این کار همچنین مستلزم نشستن در زیر آب طی ساعت‌ها متمادی و شمردن ماهی‌های در حال عبور می‌شد.

هال اسپنسر و همکارانش در آب‌های دور از مجراهای حبابی، مجموعی متداول شامل گونه‌های مدیترانه‌ای یافتند، از جمله *اگه‌لاس / اورویدنز*^{۱۷۴}، اسفنجی که کمی شبیه به کف‌های حبابی ایزولاسیون بود، *سارپا سالپا*^{۱۷۵}، نوعی ماهی که مصرف آن متداول بود و گاه مصرف‌کنندگان را به ناخوشی و همی مبتلا می‌کرد، و *آرابیکا لیکسولا*^{۱۷۶}، خارپشت دریایی بنفش کم‌رنگ. از جمله موجوداتی که در منطقه زندگی می‌کردند، *آمفیرو ریجیدا*^{۱۷۷}، یک جلبک دریایی بنفش رنگ میخ‌گونه، و *هالیمیدا تونا*^{۱۷۸}، جلبک دریایی سبز رنگی که به شکل یک سلسه قرص مرتبط با هم رشد می‌کردند (این سرشماری محدود به موجوداتی بود که به اندازه کافی بزرگ بودند تا بتوان آن‌ها را با چشم غیر مسلح تشخیص داد). در این منطقه بدون مجرای حبابی شصت و نه گونه حیوانی و پنجاه و یک گونه گیاهی شمارش شد.

Agelas oroides ۱۷۴

Sarpa salpa ۱۷۵

Arbacia lixula ۱۷۶

Amphiroa rigida ۱۷۷

Halimeda tuna ۱۷۸

وقتی هال اسپنسر و گروهش قاب‌های فلزی خود را در نزدیکی مجرای حبابی قرار دادند، به محاسبات بسیار متفاوتی رسیدند. *بالانوس پرفورا/توس*^{۱۷۹} یک بارناکل سخت‌پوست خاکستری است که شبیه به یک آتشفشان کوچک است و از آفریقای غربی تا ویلز مرسوم و فراوان است. در منطقه پی‌اچ ۷٫۸ - که معادل دریا‌های آینده‌ای نه چندان دور است - *بالانوس پرفورا/توس* هم‌اکنون ناپدید شده است. *میتیلوس گالوپروین سیالیس*^{۱۸۰}، صدف آبی، سیاه بومی مدیترانه، به‌قدری انطباق‌پذیر است که به عنوان گونه‌ای مهاجم در بخش‌های بسیاری از جهان استقرار یافته است. اما این گونه هم‌اکنون نابود شده است. بنابر این گونه‌های نابود شده این‌ها هستند: *کارولینا الونگاتا*^{۱۸۱} و *کارولینا /وفیسینالیس*^{۱۸۲} هر دو جلبک دریایی هستند با پوسته‌ای سخت قرمز؛ *پوماتوسروس تریکونه‌تر*^{۱۸۳}، نوعی کرم کیل است؛ سه گونه مرجانی؛ چندین گونه حلزون؛ و *آرکا نو*^{۱۸۴}، نرم‌تنی که به‌خوبی تحت نام کشتی نوح شناخته شده است. با این‌همه، یک سوم آن گونه‌هایی که در منطقه بدون مجرای حبابی یافت شده‌اند، در منطقه با سطح پی‌اچ ۷٫۸ دیده نشده‌اند.

هال اسپنسر با خوشبینی بریتانیایی خود گفت: «متأسفانه بزرگ‌ترین نقطه چرخش، که در آن اکوسیستم شروع به فروریزی می‌کند، پی‌اچ ۷٫۸ است، که انتظار می‌رود در سال ۲۱۰۰ رخ دهد، و این یک هشدار است.»

Balanus perforatus ۱۷۹

Mytilus galloprovincialis ۱۸۰

Corallina elongata ۱۸۱

Corallina officinalis ۱۸۲

Pomatoceros triqueter ۱۸۳

Arca noae ۱۸۴

از زمانی که اولین مقاله هال اسپنسر در باره نظام مجراهای حبابی در سال ۲۰۰۸ منتشر شد، علاقه انفجار آمیزی نسبت به اسیدی شدن و پیامدهای آن به وجود آمده است. شماری پروژه تحقیقی بین المللی، از جمله با عناوین زیر شکل گرفتند: بیواسید (پیامدهای زیست شناختی اسیدی شدن اقیانوس ها)^{۱۸۵}، اپوکا (پروژه اروپایی در باره اسیدی شدن اقیانوس ها)^{۱۸۶}. علاوه بر این ها صدها و شاید هزاران آزمایش در این باره آغاز شده است. این آزمایشات در عرشه کشتی ها، در آزمایشگاه ها و در محوطه های باز، به اسم مزوکوسم^{۱۸۷}، هدایت شده اند، که این مورد سوم این امکان را فراهم می کند تا شروط دخیل در آزمایشات بتوانند در قسمتی از اقیانوس واقعی جرح و تعدیل شوند.

این آزمایشات بارها و بارها خطرات ناشی از افزایش دی اکسید کربن را تأیید کرده اند. در حالی که بسیاری از گونه ها آشکارا با شرایط سازگار می شوند و حتی در اقیانوس اسیدی خود را بازتولید می کنند، گونه های دیگر نابود می شوند. برخی از موجودات زنده که نشان داده شد که آسیب پذیر هستند، مثل ماهی کلون و صدف منطقه اقیانوس آرام را در آکواریوم ها و بر سر میز شام می شناسیم. برخی دیگر محبوبیت کمتری دارند (یا زیاد خوشمزه نیستند)، اما شاید وجودشان برای اکوسیستم دریایی ضروری تر است. برای مثال، *امیلیانیا هاکسلی*^{۱۸۸} که یک پلانکتون ذره بینی^{۱۸۹} تک سلولی - یا کاکولیتوفور^{۱۹۰} است -

BIOACID (Biological Impacts of Ocean Acidification) ۱۸۵

EPOCA (the European Project on Ocean Acidification) ۱۸۶

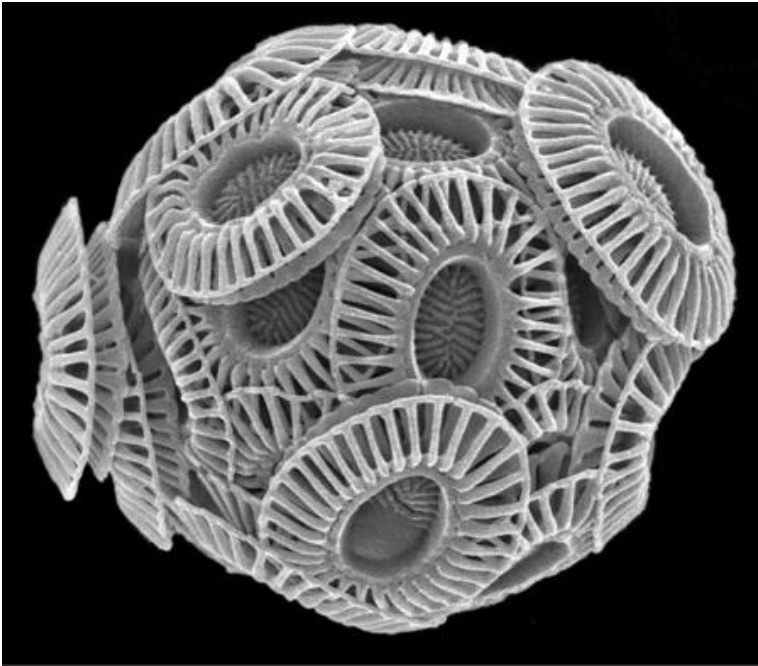
Mesocosms ۱۸۷

Emiliania huxleyi ۱۸۸

Phytoplankton ۱۸۹

Coccolithophore ۱۹۰

که خود را با لایه‌های کلسایت ذره‌بینی می‌پوشاند. با برزگ‌نمایی شبیه نوعی پروژۀ کاردستی عجیب و غریب است: یک توپ فوتبال پوشیده از دکمه. این موجود در برخی مقاطع زمانی در سال به‌قدری متداول است که بخش‌های وسیعی از دریاها را سفید شیری رنگ می‌کند و پایه‌ای برای بسیاری از زنجیره‌های غذایی دریایی است. *لیماسینا هلیسینا*^{۱۹۱} گونه‌ای از تروپودها یا «پروانه دریایی» است که شبیه حلزون بال‌دار است. این موجود در قطب شمال زندگی می‌کند و منبع غذایی مهمی برای بسیاری از حیوانات بزرگ‌تر است، از جمله برای شاه‌ماهی، ماهی قزل‌آلا و نهنگ‌ها. این دو گونه نسبت به اسیدی شدن آب بسیار حساسند: امیلیانیا هاکسلی در یک آزمایش در محوطهٔ باز، تماماً از مناطق معینی با سطح دی اکسید کربن بالا، محو شدند.



کاکولیثوفور امیلیانیا هاکسلیالف ریه‌سل یک اقیانوس‌شناس موجودات زیستی است، که در مرکز تحقیق اقیانوسی در کی‌یل^{۱۹۲} در آلمان کار می‌کند. او چندین تحقیق عمدهٔ اسیدی شدن اقیانوس‌ها، در سواحل نروژ، فنلاند و سوالبارد را هدایت کرده است. ریه‌سل پی برد که گروه‌هایی که بیشترین قابلیت سازگاری را در آب‌های اسیدی دارند، پلانکتون‌هایی هستند که بسیار ریز هستند - کوچک‌تر از دو میکرون - که نسوج غذایی میکروسکوپی خودشان را تولید می‌کنند. وقتی تعداد این پیکوپلانکتون‌ها افزایش می‌یابد، مواد غذایی

بیشتری مصرف می‌کنند و این باعث می‌شود که موجودات بزرگ‌تر برای یافتن غذا در تنگنا قرار گیرند.

ربیه‌سل به من گفت، «اگر از من سؤال کنید چه اتفاقی در آینده خواهد افتاد، می‌گویم که بر اساس شواهد محکم با کاهش تنوع زیستی مواجه خواهیم شد. بعضی از گونه‌ها با توانایی مقاومت بیشتر گسترش می‌یابند، اما تنوع زیستی در تمامیت خود از بین خواهد رفت. این چیزی است که در تمام این انقراض‌های گسترده به وقوع پیوسته است.»

اسیدی شدن اقیانوس‌ها گاهی به عنوان «همزاد اهریمنی» گرمایش جهانی معرفی شده است. با استناد به داده‌ها نمی‌توان به هیچ عاملی به عنوان تنها علت تمام این انقراض‌ها اشاره کرد، و هنوز تغییر در ترکیب شیمیایی اقیانوس‌ها پیش‌بینی نسبتاً معقولی است. اسیدی شدن اقیانوس‌ها حداقل در دو مورد از پنج انقراض گسترده نقش ایفا کرده است (پرمیان پسین و تریاس پسین) و کاملاً ممکن است که عامل اصلی سومین انقراض هم بوده باشد (کرتاسه پسین). شواهد محکمی بر اسیدی شدن اقیانوس‌ها طی انقراض معروف به انقراض تواریک^{۱۹۳} وجود دارد، که در جوراسیک پیشین، در ۱۸۳ میلیون سال قبل رخ داد، و شواهد مشابهی به انتهای پالئوسین، در ۵۵ میلیون سال پیش ارجاع دارد، که باعث شد تا چندین گونه زیستی دریایی با بحران عظیمی روبه‌رو شوند.

زالیزویچ در دابسلین به من گفت، «اسیدی شدن اقیانوس‌ها، همان فاجعه بزرگی است که در راه است.»

چرا اسیدی شدن اقیانوس‌ها این قدر خطرناک است؟ پاسخ به این پرسش دشوار است، زیرا فهرست دلایل بسیار طولانی است. بسته به این که موجودات زنده چطور بتوانند فرآیندهای شیمیایی درونی خود را تنظیم کنند، اسیدی شدن می‌تواند بر فرآیند پایه‌ای سوخت و ساز بدن، فعالیت آنزیم‌ها و کارکرد پروتئینی آن‌ها تأثیر بگذارد. از آنجا که اسیدی شدن آرایش جوامع میکروبی را تغییر می‌دهد، بر امکان دسترسی به مواد مغذی کلیدی، مثل آهن و نیتروژن تأثیر می‌گذارد. به دلایل مشابهی میزان نوری که از آب می‌گذرد را تغییر می‌دهد و به دلایل کمابیش متفاوتی بر انتشار صدا تأثیر می‌گذارد (به‌طور کلی انتظار می‌رود اسیدی شدن، دریاها را پرسرو صداتر کند). و احتمال می‌رود که موجب گسترش جلبک‌های سمی شود. بر فتوسنتز تأثیر بگذارد - گونه‌های گیاهی بسیاری متمایل به استفاده از سطوح دی اکسید کربن هستند - و این ترکیبات شکل گرفته توسط فلزهای حل شده را تغییر می‌دهد، و در مواردی این ترکیبات سمی می‌شوند.

از میان انبوه تأثیرات ممکن شاید برجسته‌ترین مورد شامل گروه موجوداتی است که کلسیفایر^{۱۹۴} هستند (واژه کلسیفایر (یا آهکی‌ها) به هر موجود زنده‌ای اطلاق می‌شود که پوسته یا ساختار بیرونی تشکیل می‌دهد و در مورد گیاهان، از ماده معدنی کلسیم کربنات نوعی اسکلت‌بندی درونی به‌وجود می‌آورد). کلسیفایرهای دریایی بسیار متنوع‌اند. خارپوستانی مثل ستاره ماهی و خارپشته‌های دریایی، و نیز نرم‌تنانی مثل حلزون‌ها و صدف‌ها کلسیفایر هستند. همین‌طور می‌تواند به بارناکل‌ها اشاره کرد که متعلق به خانواده خرچنگ‌ها هستند. بسیاری از گونه‌های مرجان‌های دریایی کلسیفایر هستند. بدین گونه است که آن‌ها ساختارهای بلندی می‌سازند که بعدها به صخره‌های دریایی

۱۹۴ Calcifiers موجودات دریایی که با استفاده از یون کلسیم و کربنات حل شده در آب پوسته و اسکلت خود را می‌سازند. اسیدی شدن

آب‌ها برای این موجودات زنده دریایی تهدیدی محسوب می‌شود، زیرا برای ساختن و حفظ پوسته خود با دشواری روبه‌رو می‌شوند - م.

تبدیل می‌شوند. بسیاری از انواع جلبک‌های دریایی کلسیفایر هستند. این‌ها اغلب با لمس کردن سخت و شکننده حس می‌شوند. مرجان‌های جلبک‌های مرجانی - موجودات زنده کوچکی که در مستعمرات زیستی رشد می‌کنند، که شبیه به لکه‌های صورتی به نظر می‌رسند - نیز کلسیفایر هستند. براچیوپادها و کاکولیتوفورها، فورامینیفرها و بسیاری از انواع تروپودها هم کلسیفایر هستند. این فهرست ادامه دارد. تخمین زده می‌شود که فرآیند کلسیفیکاسیون [آهکی شدن] حداقل طی بیست دوره زمانی در تاریخ حیات روی داده باشد، و کاملاً محتمل به نظر می‌رسد که این تعداد باز هم بیشتر باشد.

از چشم‌انداز انسانی فرآیند کلسیفیکاسیون تا حدودی شبیه به کار ساخت و ساز و تا حدودی هم شبیه کیمیاگری است. کلسیفایرها برای ساختن پوسته‌ها یا ساختاری بیرونی و یا لایه‌های آهکی خود باید یون کلسیم (Ca^{2+}) و یون کربنات (CO_3^{2-}) را با هم ترکیب کنند تا کربنات کلسیم (CaCO_3) تشکیل دهند. اما در ترکیباتی که در آب‌های معمولی دریاها یافتند، کلسیم و یون کربنات ترکیب نمی‌شوند. از این رو موجودات زنده باید شیمی آب را در مکان آهکی شدن تغییر دهند تا در حقیقت شیمی خود را بر آن‌ها تحمیل کنند.

اسیدی شدن اقیانوس‌ها قبل از هر چیز هزینه آهکی شدن را از طریق کاهش شمار یون کربنات موجود افزایش می‌دهد. برای درک بهتر مثالی می‌آوریم. تصور کنید می‌خواهید خانه‌ای بسازید، اما کسی آجرهای شما را می‌دزد. هرچه آب‌ها بیشتر اسیدی شوند، انرژی بیشتر لازم است تا گام‌های ضروری برداشته شوند. در مقطع معینی آب خاصیت فرسایشی پیدا می‌کند و کربنات کلسیم شروع به حل شدن در آب می‌کند. به این دلیل است که صدف‌های لیمپت منطقه کاستللو آراگونیز، در نزدیکی مجراهای حبابی سوراخ‌هایی بر پوسته خود داشتند.

تحقیقات آزمایشگاهی نشان داده‌اند که کلسیفایرها با سقوط پی‌اچ اقیانوس در شرایط بسیار دشواری قرار می‌گیرند و فهرست گونه‌های زیستی نابود شده در کاستللو آراگونیز این را تأیید می‌کند. در مناطق با پی‌اچ ۷٫۸ سه چهارم گونه‌های زیستی نابود شده کلسیفایر هستند. این فهرست شامل بارناکل بالانوس پرفورا/توس متداول در همه جا، صدف سخت میتیلوس گالوپرووین سیالیس، و کرم کیل پامه‌تاسروس/تریکوثر^{۱۹۵} هم می‌شود. کلسیفایرهای نابود شده دیگر این‌ها هستند: صدف/لیما/لیما، که یک صدف دو کفه‌ای متداول است، جوجوبینوس/ستر/توس^{۱۹۶}، که یک حلزون دریایی شکلاتی است، سرپولوربیس آره‌ناریوس^{۱۹۷}، نرم‌تنی که به عنوان حلزون کرمی شناخته شده است. در این اثناء جلبک دریایی آهکی هم به طور کامل منقرض شد.

بر اساس نظریه زمین‌شناسانی که در منطقه کار می‌کنند، مجراهای حبابی در کاستللو آراگونیز حداقل به مدت چند صد سال، یا بیشتر، دی اکسید کربن منتشر کرده‌اند. هر صدف یا بارناکل و یا کرم کیل، که بتواند طی قرن‌ها با سطح پایین پی‌اچ سازگاری ایجاد کند، احتمالاً تاکنون سازگار شده است. هال اسپنسر می‌گوید «ما نمی‌توانیم انتظار داشته باشیم که آن‌ها تا ابد با این شرایط خود را سازگار کنند. ادامه این وضعیت باعث نابودی آن‌ها خواهد شد».

و هرچه پی‌اچ پایین‌تر بیاید شرایط کلسیفایرها بدتر می‌شود. هال اسپنسر گفت، درست در بالای مجراهای حبابی، که حباب‌های دی اکسید کربن به صورت نوارهای قطوری به بالا جریان دارند، کلسیفایرها نابود شده‌اند. درواقع تمام موجودات باقی‌مانده در این منطقه - که منطقه‌ای مرده در زیر آب به شمار

Pomatoceros triquetter ۱۹۵

Jujubinus striatus ۱۹۶

Serpulorbis arenarius ۱۹۷

می‌آید - معدودی گونهٔ جلبکی بومی سرسخت، چند گونهٔ جلبکی مهاجر، یک نوع میگو، یک اسفنج و دو نمونه حلزون بی‌صدف باقی مانده است.

هال اسپنسر می‌گفت، «در مناطقی که حباب‌ها بیرون می‌آیند هیچ موجود زندهٔ آهکی دیده نمی‌شود. شما می‌دانید که در یک بندر آلوده فقط معدود گونهٔ زیستی می‌توان یافت که باید شرایط بسیار متلاطمی را تحمل کنند. خب، این حاصل انتشار بیشتر دی اکسید کربن است».

* * *

تقریباً یک سوم از دی اکسید کربن که انسان‌ها به هوا می‌فرستند توسط اقیانوس‌ها جذب می‌شود. این میزان به سطح سرسام‌آور ۱۵۰ میلیارد تن می‌رسد. بنابر این، همچون اکثر جنبه‌های آنتروپوسین، نه فقط میزان انتشار دی اکسید کربن، بلکه سرعت این انتشار هم اهمیت می‌یابد. یک مقایسه معقول (اگرچه نه چندان کامل) می‌تواند الکل باشد. درست همان‌طور که تأثیر یک بطری الکل بر ترکیب شیمیایی خون ظرف یک ماه می‌تواند بسیار متفاوت از تأثیر همان میزان الکل ظرف یک ساعت باشد، تأثیری که ترکیب شیمیایی موجودات دریایی از دی اکسید کربن ظرف بیش از یک میلیون سال می‌گیرد، بسیار متفاوت از صد سال خواهد بود. میزان، هم در ارتباط با اقیانوس‌ها و هم در ارتباط با کبد انسانی اهمیت دارد.

اگر انتشار دی اکسید کربن در هوا آهسته‌تر صورت می‌گرفت، فرآیند فیزیکی زمین، مثل تأثیرات آب و هوا بر صخره می‌توانست برای مقابله با اسیدی شدن نقش داشته باشد. آنچه هست این است که تأثیر چنین نیروهای عمل‌کننده آرامی بر موجودات، بسیار ژرف و سریع است. راشل کارسون زمانی

به مشکلی بسیار متفاوت و همزمان مشابه اشاره کرد: «زمان یک عامل اساسی است، اما در دنیای نوین زمانی وجود ندارد».

گروهی از محققان، تحت رهبری بربل هونیش، از رصدخانه زمینی لامونت-دوهرتی کلمبیا اخیراً شواهدی را در خصوص تغییر سطح دی اکسید کربن در گذشته زمین‌شناسی مورد بررسی قرار داد و نتیجه‌گیری کرد که اگرچه چندین مقطع اسیدی شدن شدید اقیانوس‌ها در داده‌ها مشاهده می‌شود، اما هیچ‌کدام از وقایع گذشته شباهتی به آنچه هم‌اکنون رخ می‌دهد ندارد، و این تفاوت در سرعت بی‌سابقه انتشار دی اکسید کربن در مقطع جاری است. معلوم شده است که راه‌های دیگری برای تزریق میلیاردها تن کربن به هوا با چنین سرعتی وجود نداشته است. بهترین توضیحی که تا کنون برای انقراض دوره پرمیان پسین ارائه شده فوران گسترده آتشفشانی در منطقه‌ای بوده که سیری کنونی است. اما حتی این واقعه تکان‌دهنده، که باعث ایجاد آنچه که به دام‌های سیری شناخته شده، شاید کمتر از کربنی بوده که خودروها، کارخانه‌ها و نیروگاه‌های ما اکنون فقط ظرف یک‌سال تولید می‌کنند.

انسان‌ها با سوزاندن زغال و نفت به قدری کربن به هوا می‌فرستند که به ده‌ها - اغلب صدها - میلیون سال وقت نیاز داشت تا به طور طبیعی در هوا جمع شود. ما در این فرآیند تاریخ زمین را با سرعتی دیوانه‌وار به عقب بازمی‌گردانیم.

لی کامپ، زمین‌شناس از دانشگاه پن استیت و اندی ریچول طراح اقلیمی از دانشگاه برستول شماره ویژه‌ای از نشریه *اقیانوس‌شناسی* را به اسیدی شدن اختصاص دادند. این دو محقق ادامه دادند، «آنتروپوسین جزو خارق‌العاده‌ترین، اگر نگوییم فاجعه‌بارترین، وقایع در تاریخ جهان است که به‌جا خواهد ماند».

فصل هفتم

چکاندن اسید

اکروپورا میله پورا

نیم جهانی دورتر از کاستللو آراگونیز جزیره وان تری قرار دارد، که در جنوبی ترین نقطه منطقه صخره های مرجانی گریت باری ریف^{۱۹۸}، در حدود هشتاد کیلومتر دورتر از ساحل استرالیا واقع شده است. این منطقه بیش از یک درخت دارد، اما وقتی من به آنجا رسیدم، این نکته مرا شگفت زده کرد، زیرا انتظار داشتم فقط یک درخت نخل تنها در آنجا ببینم که از ماسه های سفید بیرون زده است. به طوری که معلوم شد، ماسه ای هم در آنجا نبود. تمام جزیره از تکه سنگ ها پوشیده شده بود، از سنگ های مرمر کوچک گرفته تا سنگ های بسیار بزرگ. این سنگ ها، همچون صخره های مرجانی زنده، روزی بخشی از تکه سنگ های بزرگی در ده ها شکل مختلف بودند. بعضی از این سنگ ها کوچک و قطور، به شکل انگشت بودند و برخی دیگر شاخه شاخه، مثل یک شمعدانی با چندین شمع. و باز سنگ هایی وجود داشت که شبیه به شاخ گوزن یا پشقاب، و یا تکه های مغز بودند. گمان می رود که جزیره وان تری طی توفان های وحشتناک

در حدود چهار هزار سال پیش به وجود آمده باشد (آن‌طور که یک زمین‌شناس، که منطقه را بررسی کرده بود، به من گفت، «وقتی این اتفاق افتاد کسی اصلاً آرزو نمی‌کرد آنجا باشد»). این جزیره هنوز در معرض دگرگونی است؛ یک توفان - به اسم سیکلون هامیش - که در مارس ۲۰۰۹ از آن منطقه عبور کرد، سلسله برجستگی‌هایی در امتداد شرقی ساحل به جا گذاشت.

به جز یک ایستگاه تحقیقاتی که از طرف دانشگاه سیدنی در آنجا بنا شده، این جزیره یک ویرانه به شمار می‌رود. من هم، مثل دیگران، به آن جزیره رفتم، اما از طریق یک جزیرهٔ بزرگ‌تر که تقریباً بیست کیلومتر از آنجا فاصله داشت (آن جزیره به جزیرهٔ مرغ ماهیخوار معروف است، که یک تلقی اشتباه است، زیرا در آنجا هیچ مرغ ماهیخواری وجود ندارد). وقتی لنگر انداختیم و پیاده شدیم، یک لاکپشت لاغرهد در حال خارج شدن از آب به ساحل بود. طول لاکپشت تقریباً در حدود ۱۲۰ سانتیمتر بود، و یک برجستگی بر روی لاک خود داشت، که با چیزهایی شبیه به باناکل پوشیده شده بود. خبرها در یک جزیرهٔ تقریباً متروک به سرعت پخش می‌شود و تمام جمعیت موجود در وان‌تری - که با خود من به ۱۲ نفر می‌رسید - جمع شدیم تا لاکپشت را ببینیم. لاکپشت‌های دریایی تخم‌های خود را در شب در ساحل شنی می‌گذارند، اما این یکی در وسط روز بر ویرانه‌های مرجانی ناهموار تخم می‌گذاشت. لاکپشت سعی کرد تا با باله‌های عقبی خود سوراخی حفر کند. بعد از تقلای زیاد سوراخ کم عمقی ایجاد کرد. در این لحظه از یکی از باله‌هایش خون می‌آمد. تلاش کرد تا کمی آن‌طرف‌تر در ساحل سوراخ دیگری حفر کند، و نتیجهٔ مشابهی گرفت. او یک ساعت و نیم دیگر را هم مشغول بود، که من ناچار بودم برای شنیدن سخنرانی مدیر ایستگاه تحقیقاتی، راسل گراهام بروم. او به من هشدار داد تا هنگام جذر و مد که به فیجی می‌آید شنا نکنم (این چیزی بود که من بارها طی حضورم در آنجا شنیده بودم، اما همه با هم توافق نداشتند که آیا جریان به طرف فیجی می‌رفت و یا از آنجا می‌آمد). من هشدارهای دیگری را هم دریافت کردم - که نیش هشت‌پای

آبی معمولاً مرگبار است. نیش سنگ‌ماهی مرگبار نیست، اما به‌قدری دردآور است که فرد آرزوی مرگ می‌کند. من برگشتم تا ببینم لاکپشت در تلاشش به کجا رسیده. لاکپشت ظاهراً موفق نشده بود و روانهٔ آب‌ها شده بود.



تصویری از آسمان از جزیرهٔ وان‌تری و حوالی مرجانی

ایستگاه تحقیقاتی وان‌تری دارای تجهیزات حدافی است، با دو آزمایشگاه موقتی، دو اتاقک، و اتاقکی هم در بیرون برای توالی. اتاقک‌ها مستقیماً روی سنگ‌ها بودند و بیشترشان کف نداشتند، به‌طوری که حتی وقتی کسی در داخل بود، احساس می‌کرد در بیرون اتاقک است. گروه محققان از سراسر دنیا برای آمدن به ایستگاه ثبت نام می‌کردند تا برای چند هفته یا چند ماه در آنجا باشند. در مقطعی کسی باید تصمیم گرفته باشد که هر گروهی باید گزارشی از بازدید خود بر روی دیوارهٔ اتاقک‌ها حک کند و به دنبال این نکاتی روی دیوارها نقش بسته بود.

گروه تحقیقی آمریکایی - اسرائیلی که در لحظه حضور من در آنجا اقامت داشت تا آن موقع دو سفر به جزیره کرده بود. شعاری که این گروه از اولین دیدار خود داشت این بود، چکاندن /سید به صخره‌های مرجانی. این شعار با طرحی از یک سرنگ همراه بود، که قطره‌ای خون‌رنگ را بر کره زمین می‌چکاند. پیام اخیر گروه به موضوع مورد تحقیقش ارجاع داشت، که مکانی بود از صخره‌های مرجانی به نام دی کی - ۱۳. این مکان بر روی صخره مرجانی است که به اندازه کافی از ایستگاه تحقیقاتی دور است.

نوشته روی دیوار می‌گفت، دی کی ۱۳! هیچ کس نمی‌تواند فریاد را بشنود.



اولین اروپایی که به گریت باری ریف آمد کاپیتال جیمز کوک بود. کوک در بهار ۱۷۷۰ در امتداد ساحل شرقی استرالیا کشتی می‌راند، که کشتی‌اش /ن‌دیوور^{۱۹۹} جایی در حدود چهل و هشت کیلومتری جنوب شرقی با بخشی از صخره مرجانی اصابت کرد و هر چیز که روی عرشه بود، از جمله توپ‌های جنگی به دریا پرتاب شد. تصادفی نیست که اکنون شهرک نزدیک در آنجا کوک‌تاون نامیده می‌شود. ان‌دیوور، که سوراخ شده بود، خود را به ساحل رساند و سرنشینان دو ماه را در آنجا سپری کردند و کشتی را تعمیر کردند. کوک از دیدن آن دیوار صخره مرجانی، که به صورت عمودی در آن اقیانوس ژرف بر سر راه‌شان قرار گرفته بود، مبهوت مانده بود. او متوجه شد که آن صخره زمانی در شکل اولیه خود موجودی زنده بوده است و توسط حیوانات در آب‌ها ایجاد شده بود. او بعدها از خود پرسید، «چطور تا این ارتفاع بلند قد کشیده است؟»

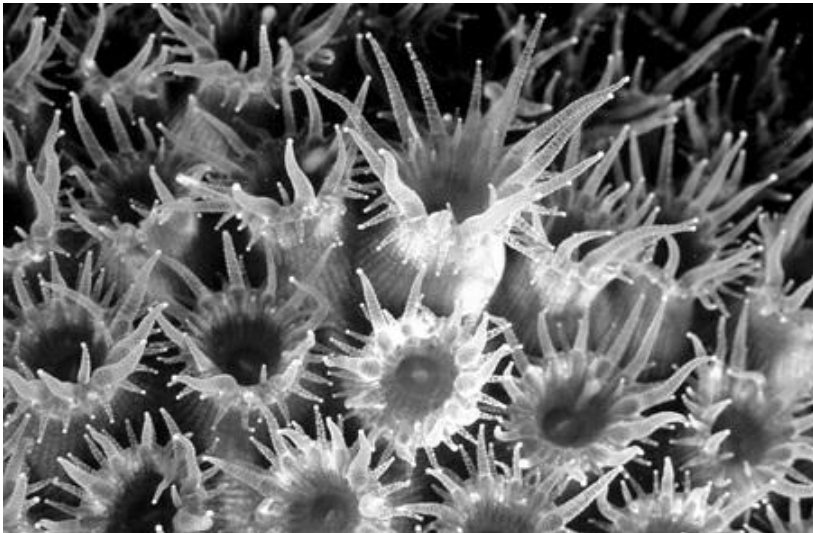
این پرسش، که چطور صخره‌های مرجانی قد می‌کشند، طی شصت سال به قوت خود باقی بود، تا اینکه لایل شروع به تدوین اثر خود، مجموعه بنیادها ... کرد. اگرچه لایل هیچ‌گاه صخره‌ای را ندیده بود، شیفته آن‌ها شده بود، و بخشی از جلد دوم خود را به بحث در باره منشأ آن‌ها اختصاص داده بود. نظریه لایل - مبنی بر این که صخره‌های مرجانی حاصل فوران موجودات منقرض شده آبرزی هستند - کمابیش تماماً از یک محقق علوم طبیعی روسی به اسم یوهان فردریش فون اشولتز به عاریه گرفته شده بود (قبل از اینکه مجمع‌الجزایر بیکیینی آتول، این نام را به خود گیرد، اشولتز آتول نامیده می‌شد، که چندان جذاب نبود [آتول یعنی جزیره مرجانی]).

وقتی نوبت به داروین رسید تا نظریه خود را در باره صخره‌های مرجانی تدوین کند، از این امتیاز برخوردار بود که پیش از آن چند صخره مرجانی را دیده بود. در نوامبر ۱۸۳۵ کشتی بیگل در تاهیتی لنگر انداخت. داروین به بالای یکی از بلندترین نقاط جزیره رفت، که از آن می‌توانست جزیره همسایه، موريا، را ببیند. او می‌دید که موريا توسط صخره مرجانی احاطه شده بود.

داروین در دفتر خاطرات خود، در خصوص صخره‌های مرجانی نوشت: «خوشحالم که از این جزایر دیدن کردیم، که جزو شگفت‌انگیزترین پدیده‌ها در جهان هستند». او هنگامی که به موريا و صخره‌های اطراف نظر می‌افکند، گذشت زمان را چنین تصویر می‌کرد: اگر این جزیره زیر آب فرو می‌رفت، صخره موريا یک آتول می‌شد. وقتی داروین پس از بارگشت به لندن، نظریه خود مبنی بر فرو رفتن جزیره را با لایل به اشتراک گذاشت، لایل در عین حال که تحت تأثیر قرار گرفته بود، با آن مخالفت کرد. او به داروین هشدار داد: «تا وقتی که مثل من سرت تاس نشده، با گفتن این که دیگران به تو ایمان خواهند آورد، خودستایی نکن».

درواقع، بحث در بارهٔ نظریهٔ داروین - در خصوص کتاب او در سال ۱۸۴۲، ساختار و توزیع صخره‌های مرجانی - تا سال‌های دههٔ ۱۹۵۰ ادامه یافت، تا اینکه ناوگان ایالات متحده به جزایر مارشال رسید تا بخشی از آن‌ها را نابود کند. این ناوگان به منظور آماده ساختن منطقه برای آزمایش بمب‌های هیدروژنی در یک سلسله از صخره‌ها بر روی یک آتول به اسم *انی‌وتاک* حفره ایجاد کرد. به‌طوری که یکی از زندگینامه‌نگاران داروین اشاره کرد، این مراکز ثابت کردند که نظریهٔ او، حداقل در کلیت خود «کاملاً صحت دارد».

توصیف داروین در مورد صخره‌های مرجانی به عنوان «شگفت‌انگیزترین پدیده‌ها در جهان» هنوز به قوت خود باقی است. در حقیقت، هر چه بیشتر در بارهٔ صخره‌ها می‌دانیم، برایمان شگفت‌انگیزتر جلوه می‌کنند. صخره‌ها اعداد زنده هستند - آن صخره‌های سختی که توسط کشتی‌ها تخریب شدند، توسط موجودات ژلاتینی ساخته شده بودند. بخشی از آن‌ها حیوانات، بخشی گیاهان



و بخش دیگر مواد معدنی بودند، که روزی سرشار از زندگی بودند و اکنون غالباً به عنوان نماد زندگی گذشته خودنمایی می کنند.

پولیپ های مرجانی

مرجان های صخره ساز، همانند خارپشتان دریایی، ستاره ماهی، حلزون ها، صدف ها و بارناکل ها، بر کیمیاگری آهک سازی مهارت یافته اند. آنچه که مرجان ها را از سایر آهکی ها متمایز می کند این است که برای ساختن پوسته یا لایه های کلسیتی^{۲۰۰}، به جای فردی عمل کردن، در چهارچوب پروژه های گسترده و جمعی ساخت عمل می کنند، که طی نسل ها ادامه پیدا می کند. هر موجود واحد، معروف به پولیپ، به اسکلت مشترک جرگه زیستی خود می پیوندد. بر روی یک صخره میلیاردها پولیپ، متعلق به صد گونه متفاوت وجود دارد که مشترکاً خود را وقف این وظیفه اساسی مشترک می کنند. وقت کافی و شرایط مناسب می تواند منجر به پدیده متناقض دیگری شود، و آن یک ساختار زنده است. گستره گریت باری ریف به بیش از دو هزار و چهارصد کیلومتر و در برخی مکان ها به قطر صد و هفتاد متر می رسد. اهرام جیزه مصر در مقایسه با این صخره ها همچون قطعات کوچکی به نظر می رسند.

روش تغییر جهان توسط مرجان ها می تواند به روش انسان ها شباهت داشته باشد، که پروژه های ساخت عظیم را طی نسل ها پیش می برند. اما یک تفاوت اساسی میان این دو وجود دارد. مرجان ها به جای نابود کردن موجودات دیگر، از آن ها حمایت می کنند. هزاران - یا شاید میلیون ها - گونه زیستی با اتکا به صخره های مرجانی تکامل یافتند، چه به طور مستقیم، از طریق تغذیه کردن از مرجان ها، و چه به طور غیرمستقیم، با شکار گونه هایی که برای جست و جوی پناهگاه یا خوراک به مرجان ها پناه آورده اند. این سفر مشترک تکاملی طی

اعصار زمین‌شناختی بسیاری تداوم داشته است. محققان اکنون بر این باورند که این سفر در آنتروپوسین تداوم نخواهد یافت. آن‌طور که سه محقق بریتانیایی اخیراً تصریح کرده‌اند، «احتمال می‌رود که صخره‌های مرجانی اولین قربانی اصلی انقراض اکولوژیک در دوران نوین باشد». بعضی‌ها بقای صخره‌های مرجانی را تا پایان این قرن پیش‌بینی کرده‌اند و برخی دیگر حتی در مدت زمانی باز هم کوتاه‌تر از این. مقاله‌ای منتشر شده در مجله طبیعت به قلم اووه گوا گولدرگ، از ایستگاه تحقیقاتی وان‌تری آیلند پیش‌بینی می‌کند که اگر روند کنونی ادامه یابد، در حوالی سال ۲۰۵۰ شاهد تخریب سریع صخره‌های ساحلی گریت باری ریف خواهیم بود».



آمدن من به وان‌تری کمابیش تصادفی بود. برنامه اولیه من این بود که در هرون آیلند بمانم، که ایستگاه تحقیقاتی بسیار بزرگ‌تری بود و منظره زیبایی داشت. من به هرون می‌رفتم تا شاهد تخم‌گذاری سالانه مرجان‌ها باشم و آن چیزهایی را که طی مکالمات مختلف در اسکایپ شنیده بودم را، به عنوان اولین تجربیم در مورد اسیدی شدن اقیانوس‌ها به چشم خود ببینم. محققان دانشگاه کوئینزلند یک صفحه شفاف مقاوم ساخته بودند تا بتوانند برای آزمایش در محوطه باز از آن استفاده کنند، که به آن‌ها امکان می‌داد تا سطح دی اکسید کربن را بر قسمتی از یک صخره مرجانی دستکاری کنند، و حتی به موجوداتی که وابسته به آن صخره بودند، امکان می‌داد تا شنا کنند و به صخره برگردند. محققان با تغییر پی‌اچ در محدوده آزمایشی و محاسبه پیامدهای آن بر صخره‌های مرجانی، می‌توانستند پیش‌بینی‌هایی کلی در باره صخره‌ها ارائه دهند. من برای دیدن تخم‌گذاری به‌موقع به هرون رسیدم، اما آزمایش خیلی عقب افتاده بود و محوطه آزمایش هنوز یک‌پارچه نبود. به جای صخره‌های

آینده تنها چیزی که دیده می‌شد گروهی دانشجوی مضطرب فارغ‌التحصیل بود که در آزمایشگاه دور هوئه لحیم‌کاری گرد آمده بودند.

در فکر بودم که قدم بعدی‌ام چه باشد، که در بارهٔ آزمایش دیگری بر روی صخره‌ها و اسیدی شدن اقیانوس‌ها باخبر شدم. این آزمایش در وان‌تری انجام می‌شد، که از نظر ابعاد، قابل مقایسه با آزمایش گریت باری‌یر ریف بود. خدمات حمل و نقل منظمی به وان‌تری وجود ندارد، پس من سفری را با قایق به آنجا تدارک دیدم.

مسئول گروه تحقیق در وان‌تری یک محقق جوّی، به اسم کن کلدیرا، از استنفورد بود. از کلدیرا اغلب به عنوان کسی که مقولهٔ «اسیدی شدن اقیانوس‌ها» را ابداع کرد، یاد می‌شود. او زمانی در اواخر دههٔ ۱۹۹۰، که بر روی پروژه‌ای برای وزارت انرژی کار می‌کرد، به این موضوع علاقمند شد. این وزارتخانه می‌خواست بداند که مهار کردن دی اکسید کربن و تخلیهٔ آن به اعماق دریاها چه پیامدهایی می‌تواند داشته باشد. در آن زمان هیچ کاری در زمینهٔ تأثیرات انتشار کربن بر اقیانوس‌ها انجام نشده بود. کلدیرا تخمینی از تغییر پی‌اچ اقیانوس‌ها بعد از تخلیهٔ دی اکسید کربن در اعماق آب‌ها به دست داد. او سپس این نتیجه را با تخلیهٔ جاری دی اکسید کربن به هوا و جذب آن توسط آب‌ها مقایسه کرد و نتایج به دست آمده را در سال ۲۰۰۳ در مجلهٔ طبیعت منتشر کرد. سردبیران مجله به او توصیه کردند تا بحث تخلیه به اعماق آب‌ها را حذف کند، زیرا محاسباتش در خصوص تأثیرات انتشار معمول دی اکسید کربن به هوا موجب وحشت مردم خواهد شد. کلدیرا اولین قسمت مقاله را با این عنوان به چاپ رساند: «طی قرون آتی اقیانوس‌ها به قدری اسیدی خواهند شد که طی ۳۰۰ میلیون سال گذشته بی‌سابقه بوده است».

کلدیرا ساعتی پس از آن که من به وان‌تری آمدم گفت «اگر وضعیت اقتصادی همین‌طور پیش رود در نیمهٔ قرن جاری شرایط ترسناک‌تر خواهد

شد». ما سر میز پیک‌نیک نشسته بودیم و به وضعیت دلخراش صخره‌های آبی‌رنگ دریا نگاه می‌کردیم. وسعت جزیره و جمعیت پرندگان دریایی شلوغ و پرشور در پس‌زمینه ترسناک بود. کلدیرا گفت: «آن‌ها از همین الان وحشت‌زده به نظر می‌رسند».



کلدیرا در سن ۵۵ سالگی خود موهای مجعد قهوه‌ای، سبیلی پسرانه و صدایی بلند دارد، گویی که اغلب به اشتباه به نظر می‌رسید که با ادای جمله‌اش سؤالی مطرح می‌کند. او قبل از اینکه به کار تحقیقی بپردازد به عنوان برنامه‌نویس در وال استریت کار می‌کرد. یکی از مشتری‌هایش بازار بورس نیویورک بود، و او برایش یک برنامه کامپیوتری نوشت که معامله‌گران داخلی را شناسایی می‌کرد. این برنامه بر اساس هدف تعیین‌شده عمل می‌کرد، اما بعد از مدتی کلدیرا به این باور رسید که آن شرکت بورس سهام درواقع علاقه‌ای در به‌دام انداختن معامله‌گران داخلی ندارد. بعد از آن تصمیم گرفت تا حرفه خود را عوض کند.

کلدیرا، در تفاوت با اغلب محققان جوی، که روی جنبه خاصی از نظام تمرکز می‌کنند، در هر لحظه بر روی چهار، پنج پروژه مختلف کار می‌کند. او علاقه خاصی به محاسبات تحریک‌کننده یا غافلگیرکننده دارد؛ برای مثال، او زمانی تأثیر مختصر خنک‌کننده قطع درختان تمام جنگل‌های دنیا و جایگزین کردن آن‌ها با چمن‌زار را محاسبه کرده بود (چمن‌زارها، که رنگ روشن‌تری نسبت به جنگل‌ها دارند، نور خورشید کمتری جذب می‌کنند). محاسبات دیگر او بدین قرار بود که گیاهان و حیوانات برای همگام شدن با سرعت میزان تغییر دمای کنونی باید هر روز ۹۰ متر به طرف قطب مهاجرت کنند، و این که یک مولکول دی اکسید کربن، که توسط سوخت‌های سنگواره‌ای به وجود می‌آید در

طول زندگی خود گرمایی در فضا تولید می‌کند که صد هزار بار بیشتر از گرمایی است که برای ایجادش آزاد شد.

زندگی در وان‌تری برای کالدیرا و گروهش حول جزر و مد دور می‌زد. یک ساعت قبل از اولین پائین آمدن آب در روز و یک ساعت پس از آن، کسی می‌بایست در آن صخره‌های مرجانی که دی‌کی ۱۳ نامیده می‌شد، نمونه‌های آب جمع‌آوری کند (این نام را محقق استرالیایی، دونالد کینسی، از روی حروف اول اسم خود انتخاب کرد). کمی بیش از دوازده سال بعد همین کار دوباره می‌بایست از سر گرفته شود و به همین روال، از پائین رفتن آب تا مرحله بعدی، ادامه یابد. این آزمایش بیشتر به جای آنکه پیشرفته باشد، آهسته بود. هدف محققان این بود که ویژگی‌های گوناگون آب را، که کینسی در سال‌های دهه ۱۹۷۰ اندازه‌گیری کرده بود، دوباره اندازه‌گیری کنند، سپس می‌بایست این دو مجموعه از داده‌ها را با هم مقایسه کنند و سعی کنند مشخص کنند که چگونه میزان آهک سازی بر روی صخره‌ها طی این دهه‌ها تغییر کرده‌اند. در روز روشن سفر به دی‌کی ۱۳ می‌توانست توسط یک نفر انجام شود. اما در تاریکی، به این دلیل که «کسی صدای دیگری را در تاریکی نمی‌شنود» مبنا بر این شد که دو نفر بروند.

در اولین شب من در وان‌تری، مد آب در ساعت ۸:۵۳ غروب رخ داد. نوبت کالدیرا بود که به سفر مد آب برود و من هم داوطلبانه همراه او رفتم. در حدود ساعت نه، ۶ بطری نمونه جمع‌آوری کردیم. ما با دو چراغ‌قوه و یک جی‌پی‌اس دستی شروع به کار کردیم.

فاصله میان ایستگاه تحقیقاتی و دی‌کی ۱۳ در حدود یک و نیم کیلومتر بود. مسیری که کسی در دستگاه جی‌پی‌اس ثبت کرده بود ما را به اطراف رأس جنوبی جزیره و به یک سطح کوچک از صخره‌ها هدایت می‌کرد که «شاهراه جلبیکی» نامیده می‌شد و ادامه راه ما را به مرجان‌ها می‌رساند.

اگرچه مرجان‌ها روشنایی را دوست دارند، اما نمی‌توانند به مدت طولانی در معرض هوا باشند. آن‌ها وقتی رشد می‌کنند که سطح آب پایین است و به‌طور عرضی گسترش می‌یابند. این امر باعث تولید گستره‌ای از صخره‌های مرجانی می‌شود، که کمابیش صاف و هموار هستند. سطح وان‌تری شکننده و قهوه‌ای رنگ بود و در زیر پا خرد می‌شد، و این خبر از آینده‌ای ناگوار می‌داد. محققان ایستگاه‌های تحقیقاتی آن را به «برش کیک» می‌شناختند. کالدیرا به من هشدار داد اگر بیفتیم هم صخره‌ها و بدتر از آن، ساق پاهایم صدمه خواهند دید. بر روی دیوار ایستگاه تحقیقاتی چشمم به یک پیام افتاد: «مواظب برش کیک باش!».

شب نسبتاً گرمی بود و در فراسوی نور چراغ‌قوه‌های ما تاریکی محض حاکم بود. حتی در تاریکی سرزندگی خارق‌العاده صخره‌ها بارز بود. ما از نزدیکی چندین لاکپشت دریایی گذشتیم که با حالتی از خمودگی در انتظار مد آب بودند. با ستاره‌ماهی آبی درخشان و کوسه ببری مواجه شدیم که به سواحل آبگیرهای کم عمق آمده بودند و هشت‌پای قرمز رنگی را دیدیم که تلاش می‌کرد با صخره‌ها بیامیزد. به فاصله هر چند متر از روی یک حلزون بزرگ با لب‌های نقش‌دار رد می‌شدیم (پوست این حلزون‌های بزرگ پوشیده از جلبک‌های رنگارنگ است). باریکه‌های میان صخره‌های مرجانی از خیارهای دریایی پوشیده بود، که علیرغم اسم‌شان بیشترین نزدیکی را با خارپشته‌های دریایی دارند. خیارهای دریایی در گریت باری‌یر ریف به اندازه خیار نیستند، بلکه به شکل متکای گرد هستند. من از روی کنجکاو یکی از آن‌ها را برداشتم. طول آن به شصت سانتیمتر می‌رسید و کاملاً مشکی بود و همچون یک پوشش مخملی لعاب‌دار حس می‌شد.

پس از چند بار به بیراهه رفتن و چندین تأخیر، بالاخره به کالدیرا در دی‌کی ۱۳ ملحق شدم، که با دوربین ضد آب مشغول عکس‌برداری از هشت‌پاها بود. در این مکان چیزی به چشم نمی‌خورد، به جز یک شناور زرد رنگ، حاوی

تجهیزات تحقیقی، که با طنابی به صخره‌ای بسته شده بود. به پشت سرم نگاه کردم و گمان می‌کردم که مسیری به سمت جزیره باشد، اما جزیره یا خشکی‌ای در تیررس دیده نمی‌شد. ما بطری‌های جمع‌آوری نمونه‌ها را شستیم، آن‌ها را پر کردیم و برگشتیم. تاریکی سایه‌افکن شده بود. ستارگان به قدری درخشان بودند که گویی از آسمان بیرون زده بودند. برای لحظه‌ای حس کردم که می‌توانم درک کنم که چرا کاشفانی چون کوک به چنین مکانی در حاشیه جهان آشنا آمدند.



صخره‌های مرجانی در باریکه‌ای می‌رویند که مانند کمربندی به دور شکم زمین بسته شده است، از مدار سی درجه شمال تا سی درجه جنوب در عرض جغرافیایی. ساحل بیلایز - بعد از گریت باری ریف - به عنوان گسترده‌ترین صخره مرجانی، در مقام دوم است. صخره‌های مرجانی بزرگی در مناطق تروپیک اقیانوس آرام، در اقیانوس هند و در دریای احمر و صخره‌های کوچک‌تر فراوانی در دریای کارائیب وجود دارند. اما جالب این بود که اولین شواهد مربوط به نقش نابودساز دی اکسید کربن برای صخره‌های مرجانی از منطقه بسته‌ای، به اسم کره زیستی دو^{۲۰۱} در آریزونا آمد، که ظاهراً خودکفا بود.

بنای «کره زیستی دو» شبیه به زیگورات با دیوارهای شیشه‌ای بود، که در اواخر دهه ۱۹۸۰ توسط یک گروه خصوصی تأسیس شد و توسط یک میلیارد به اسم ادوارد باس تأمین مالی شد. این بنا قرار بود نمونه کوچکی از «کره زیستی یک» (یعنی زمین) باشد و به عنوان یک مکان زندگی جایگزین عمل کند، که مثلاً می‌تواند در کره مریخ باشد. این بنا شامل یک «جنگل بارانی»،

یک «بیابان»، یک «منطقه کشاورزی» و یک «اقیانوس» ساختگی بود. اولین گروه کره زیستی دو چهار مرد و چهار زن بودند که در درون این بنا به مدت دو سال محبوس بودند. آن‌ها تمام غذای خود را کشت می‌کردند و از هوای بازیافت برای تنفس استفاده می‌کردند. اما این پروژه ناموفق ارزیابی شد. ساکنان اغلب گرسنه و ناامید بودند و کنترل خود بر فضای ساختگی خود را از دست داده بودند. قرار بود عمل تجزیه در «اکوسیستم‌های» مختلف، که اکسیژن می‌گیرد و دی اکسید کربن پس می‌دهد، با فرآیند فتوسنتز توازن یابد، منتها به‌صورت وارونه، یعنی دی اکسید کربن را جذب کند و اکسیژن بدهد. به دلایلی که عمدتاً ناشی از غنای خاک وارد شده به «منطقه کشاورزی» بود، عمل تجزیه صورت می‌گرفت. سطح اکسیژن در این بنا به شدت سقوط می‌کرد و به این دلیل ساکنان دچار بیماری ترس از ارتفاع شدند. در این اثناء سطح دی اکسید کربن بسیار بالا رفت و به تدریج به سه هزار قسمت در میلیون رسید، که حدوداً هشت برابر سطح معمولی در خارج از آن محیط بود.

کره زیستی دو رسماً در سال ۱۹۹۵ مضمحل شد و دانشگاه کلمبیا اداره بنا را به عهده گرفت. «اقیانوس»، که مخزنی معادل یک استخر المپیک بود، در این مقطع تخریب شده بود: اکثر ماهی‌های آن مرده بودند و مرجان‌ها به سختی زنده بودند. یک زیست‌شناس دریایی به اسم کریس لانگدون، قبول وظیفه کرد تا در راستای اهداف آموزشی مخزن را مورد مطالعه قرار دهد. اولین کار او تنظیم شیمیایی آب بود. تعجب‌آور نبود که با توجه به سطح بالای دی اکسید کربن در هوا سطح پی‌اچ «اقیانوس» پائین بود. لانگدون سعی کرد این مشکل را حل کند، اما وقایع عجیبی در این میان رخ داد و او تصمیم گرفت تا دلایل آن‌ها را بررسی کند. پس از مدتی لانگدون خانه‌اش را در نیویورک فروخت و به آریزونا نقل مکان کرد، تا بتواند تمام‌وقت روی پروژه «اقیانوس» کار کند.

حتی اگر تأثیرات اسیدی شدن به طور کلی خود را در قالب پی‌اچ نشان می‌دهند، روش دیگری هم برای بررسی وقایع وجود دارد - که شاید برای موجودات زنده مهم‌تر باشد - و آن ویژگی آب دریا است، که به «وضعیت اشباع با توجه به کربنات کلسیم»، یا «وضعیت اشباع با توجه به آراگونیت» شناخته شده است (کربنات کلسیم، بسته به ساختار بلوری خود، به دو شکل مختلف می‌آید. آراگونیت، که همان شکل تولید صخره‌های مرجانی است، نوع حل شدنی‌تر آن است). وضعیت اشباع توسط یک فرمول شیمیایی پیچیده تعیین می‌شود، که اساساً راهی است برای تمرکز کلسیم و یون کربناتی که در اطراف شناور است. وقتی دی اکسید کربن در آب حل می‌شود، اسید کربنی - H_2CO_3 - تشکیل می‌دهد، که به گونه مؤثری یون کربنات را «می‌خورد»، در نتیجه باعث کاهش وضعیت اشباع می‌شود.

وقتی لانگدون نتیجه تحقیقاتش در کره زیستی دو را منتشر کرد، نظر غالب در میان زیست‌شناسان دریایی این بود که صخره‌های مرجانی زیاد به وضعیت اشباع اهمیت نمی‌دهند، البته تا وقتی که بالای یک باقی بمانند (پائین‌تر از یک، آب «غیر قابل اشباع» است و کربنات کلسیم حل می‌شود). لانگدون بر اساس مشاهداتش مطمئن بود که صخره‌های مرجانی به وضعیت اشباع اهمیت داده‌اند، و درواقع خیلی زیاد هم اهمیت داده‌اند. لانگدون برای آزمایش فرضیه خود روش سرراست، اما وقت‌گیری را به کار برد. شرایط در «اقیانوس» می‌تواند متفاوت باشد و جرگه‌های زیستی کوچک مرجان‌ها، که به سطح کوچکی می‌چسبیدند، می‌توانند به صورت دوره‌ای از سطح آب بیرون آیند و مورد محاسبه قرار گیرند. اگر این جرگه زیستی مورد محاسبه قرار می‌گرفت، می‌توانست نشان دهد که در حال رشد است - یعنی با آهک‌سازی توده بیشتری تولید می‌کند. این آزمایش بیش از سه سال طول کشید تا به سرانجام رسد و محاسبات بیش از هزار بار تکرار شدند. این آزمایش کمابیش نشان دهنده یک رابطه مستقیم میان رشد میزان مرجان‌ها و وضعیت اشباعی آب بود. مرجان‌ها

تحت وضعیت اشباعی آراگونیتی پنج سریع تر رشد می کردند، اما در سطح چهار کمتر رشد می کردند و در سطح سه باز هم کمتر. در سطح دو اساساً از رشد باز می ماندند، مثل پیمان کارانی که امید خود را به سازندگی از دست داده باشند. پیامدهای تحقیقی کره زیستی مصنوعی دو جالب بود. وضعیت مرجان ها در دنیای واقعی - کره زیستی یک - نگران کننده تر بود.

قبل از انقلاب صنعتی، وضعیت اشباعی آراگونیت تمام صخره های مرجانی در آب های دنیا می توانست بین چهار و پنج باشد. امروز تقریباً در هیچ جایی بر روی سیاره نمی توان وضعیت اشباع بالاتر از چهار یافت و اگر انتشار جاری گازهای گلخانه ای ادامه یابد، در سال ۲۰۶۰ هیچ مکانی وجود نخواهد داشت که از حد سه و نیم فراتر رود، و در سال ۲۱۰۰ این حد به سه تنزل خواهد کرد. به موازات سقوط سطح اشباع، انرژی لازم برای آهکی سازی بیشتر خواهد شد و میزان آهکی سازی کاهش خواهد یافت. به تدریج ممکن است سطح اشباع به قدری سقوط کند که فرایند آهک سازی صخره های مرجانی کاملاً متوقف شود، اما مدت های طولانی قبل از آن، مرجان ها وضعیت دشواری را متحمل خواهند شد، زیرا در دنیای واقعی مرجان ها مداوماً توسط ماهی ها و خارپشتان دریایی و کرم های حفرکننده خورده می شوند. آن ها همچنین توسط امواج و طوفان ها مورد تهاجم قرار می گیرند، همان طور که بر سر وان تری آمد. بنابر این صخره های مرجانی فقط برای باقی ماندن باید به رشد ادامه دهند.

لانگدون روزی به من گفت: «این مثل درخت می ماند که میزبان حشرات است. باید بتواند به سرعت رشد کند تا فقط باقی بماند». لانگدون نتایج تحقیقاتش را در سال ۲۰۰۰ منتشر کرد. در آن زمان بسیاری از زیست شناسان دریایی، به دلیل تداعی شدن لانگدون با پروژه بی اعتبار شده کره زیستی یک به او تردید داشتند. لانگدون دو سال دیگر را هم صرف آزمایشاتش کرد، این بار با دقتی بیشتر. یافته ها همان بودند. در همان موقع محققان دیگری هم

نتیجه تحقیقات خود را منتشر کردند، که کشفیات لانگدون را تأیید می‌کردند: مرجان‌های صخره‌ساز نسبت به وضعیت اشباع حساس هستند. این نتایج در ده‌ها بررسی آزمایشگاهی دیگر و بر روی یک صخره واقعی هم نشان داده شد. چند سال قبل از آن لانگدون و شماری از همکارانش آزمایشی را بر روی یک سلسله صخره در نزدیکی یک مجرای آتشفشانی در پاپوا در گینه نو به پیش بردند. این بررسی از الگوی هال اسپنسر در کاستللو آراگونیز پیروی کرد، که از مجراهای آتشفشانی به عنوان منبع طبیعی اسیدی شدن استفاده می‌کرد. به موازات اینکه وضعیت اشباع آب سقوط می‌کرد، تنوع صخره‌های مرجانی هم سقوط می‌کرد. جلبک کارولین سقوط باز هم بیشتری داشت و این بدشگون بود، زیرا جلبک کارولین مثل نوعی چسب صخره‌ای عمل می‌کند و ساختار را به هم می‌چسباند، اما همزمان علف دریایی به رشد خود ادامه می‌داد.

جی‌ای‌ان ورون، رئیس اسبق محققان مؤسسه علوم دریایی استرالیا نوشت: «چند دهه پیش می‌توانست برای خود من مسخره باشد که تصور کنم که طول عمر صخره‌های مرجانی محدود است. با این وجود من امروز احساس اندوه دارم که خلاق‌ترین دوران علمی زندگی خود را بر روی غنای خارق‌العاده دنیای زیر آب سپری کردم و امروز اطمینان کامل دارم که این دنیا برای فرزندان ما باقی نخواهد ماند». یک بررسی جدید توسط گروه محققان استرالیایی نشان داد که پوشش مرجانی در گریت باری ریف طی سی ساله اخیر به میزان پنجاه درصد کاهش یافته است.

کالدیرا و شماری از اعضای گروهش، کمی قبل از سفر به وان‌تری، مقاله‌ای منتشر کردند که با استفاده از الگوهای کامپیوتری و داده‌های جمع‌آوری شده در منطقه برآوردی از آینده مرجان‌ها ارائه می‌داد. جمع‌بندی مقاله این بود که اگر روند انتشار جاری گازهای گلخانه‌ای ادامه یابد، طی حدود پنجاه سال آینده

«تمام صخره‌های مرجانی از رشد باز می‌ایستند و شروع به اضمحلال خواهند کرد».

محققان در وان‌تری در خلال سفرهای خود به صخره‌های مرجانی برای نمونه‌برداری از مخزن‌های اکسیژن زیادی هنگام رفتن به زیر آب استفاده کردند. مکان انتخابی گروه در حدود هشتصد متر دورتر از ساحل، در جهت مخالف جزیره دی کی ۱۳ بود و رفتن به آنجا مستلزم این بود که از قایق استفاده کنند.

برخی از محققان، که به همه جا سرکشی می‌کردند - به فیلیپین، اندونزی، مناطق کارائیب و جنوب اقیانوس آرام - به من گفتند که استفاده از مخزن اکسیژن در وان‌تری کار خوبی بود. باور کردنش آسان بود. اولین باری که از قایق خارج شدم و جنب و جوش حیات را در پیش پایم نظاره کردم، حسی غیرواقعی داشتم، گویی که در اعماق آب دنیای ژاک کوستو شنا می‌کردم. دسته‌هایی از ماهی‌های کوچک به دنبال دسته‌هایی از ماهی‌های بزرگ‌تر روان بودند، و کوسه‌ها هم به دنبال‌شان. سفره‌ماهی‌های بزرگ توسط لاکپشت‌هایی به بزرگی وان حمام تعقیب می‌شدند. سعی کردم فهرست آنچه را که می‌دیدم، در ذهنم نگه دارم، اما این شبیه به فهرست‌برداری از تصاویر رؤیایی بود. پس از هر سفری، ساعت‌ها کتاب ماهی‌های گریت باری بر ریف و مرجان دریایی را مرور می‌کردم. در میان ماهی‌هایی که گمان می‌کنم با آن روبرو شدم، کوسه ببری، کوسه لیمویی، کوسه صخره‌ای خاکستری و هفده رقم ماهی گوناگون دیگر بود.

صخره‌های مرجانی، به دلیل اشتراک در تنوع زیستی در خود، اغلب با جنگل‌های بارانی مقایسه می‌شوند، که مقایسه‌ای معقول است. شمار هر گروهی از موجودات زنده را که در نظر بگیرید، در حال سقوط است. یک محقق استرالیایی روزی تکه‌ای به اندازه یک توپ فوتبال از مرجان‌ها را از هم باز کرد و در درون آن حیات یافت، که شامل بیش از هزار و چهارصد کرم پلی‌کیت^{۲۰۲} می‌شد که متعلق به ۱۰۳ گونه مختلف بودند. اخیراً محققان آمریکایی قطعات مرجانی باز را شکافتند تا در آن به دنبال بندپایان بگردند. در یک مکان به اندازه یک متر مربع در نزدیکی جزیره هرون نمایندگانی از بیش از صد گونه زیستی یافتند، و مکانی به همان اندازه در قله شمالی گریت باری‌یر ریف نمایندگانی از صد و بیست گونه زیستی یافت شد. برآورد می‌شود که حداقل نیم میلیون و احتمالاً تا نه میلیون گونه زیستی حداقل بخشی از زندگی خود را در صخره‌های مرجانی سپری می‌کنند.

این تنوع زیستی در پرتو شرایط زیربنایی‌اش، باز هم شگفت‌انگیزتر می‌نماید. آب‌های مناطق تروپیک معمولاً در میزان مواد مغذی پایین هستند، مثل نیتروژن و فسفر، که برای اغلب اشکال حیات نقشی اساسی دارند (این بستگی به «ساختار حرارتی» جریان آب دارد، و به این دلیل است که آب‌های مناطق تروپیک اغلب تا به این حد زلال هستند). در نتیجه دریاها در مناطق تروپیک باید فاقد غنای زیادی باشند - یعنی معادل آبی بیابان‌ها هستند. بنابر این صخره‌های مرجانی فقط جنگل‌های بارانی زیر آبی نیستند، بلکه جنگل‌های بارانی در صحرای دریایی هم هستند. اولین فردی که از این عدم تجانس دچار سردرگمی شد داروین بود، و این از آن پس به «تناقض داروین» معروف شد. تناقض داروین هرگز کاملاً حل نشد، اما به نظر می‌رسید که کلیدی برای حل این معما باشد. صخره‌های مرجانی - یا درحقیقت موجودات صخره‌ای - نظام

بسیار مؤثری را به وجود آورده‌اند، که همچون بازار عظیمی، مواد مغذی توسط آن‌ها از طبقه‌ای از موجودات زنده به طبقه دیگر منتقل می‌شود. مرجان‌ها بازیگران اصلی در این نظام پیچیده مبادله هستند و همزمان بنیانی است که این تجارت را ممکن می‌سازد. بدون مرجان‌ها دریاها مکان متروکی هستند.

کالدیرا به من گفت: «مرجان‌ها طراحان معماری اکوسیستم هستند. پس کاملاً روشن است که اگر ناپدید شوند تمام اکوسیستم فرو خواهد ریخت».

یکی از محققان اسرائیلی به اسم جک سیلورمن چنین تشبیهی را به کار برد: «اگر مستأجرین خانه‌ای نداشته باشند، به کجا پناه خواهند برد؟»



صخره‌های مرجانی چندین بار در گذشته پدید آمده و نابود شده‌اند و بقایاشان در هر مکان دوری یافت می‌شود. برای مثال، ویرانه‌های صخره‌ها از دوران تریاس اکنون به صورت ارتفاعات بلندی از سطح دریا در کوهستان‌های آلپ اتریش سر برافراشته‌اند. کوهستان‌های گوادلوپ در غرب تگزاس بقایای صخره‌های دوره پرمیان هستند که در مرحله‌ای از ساختار زمین‌شناختی، در حدود ۸۰ میلیون سال قبل سر برآوردند. صخره‌های دوره سیلوری را می‌تواند در شمال گرینلند یافت.

تمام این صخره‌های کهن حاوی سنگ آهک هستند، اما موجودات کاملاً متفاوتی آن‌ها را به وجود آورده‌اند. از جمله موجوداتی که صخره‌ها را در دوران کرتاسه ساخته‌اند شمار عظیمی از صدف‌های دو کپه‌ای به نام رودیستا بوده‌اند. در منطقه سیلوری سازندگان صخره‌ها از جمله موجوداتی اسفنجی به

نام استروماتوپورویدها^{۲۰۳} یا «استرومها» بوده‌اند. در دوره دیوونی، صخره‌ها توسط مرجان‌های چین‌دار ساخته شده‌اند، که به شکل شاخ می‌رویدند و مرجان‌های جدولی که به شکل کندوی زنبور می‌رویدند. هم مرجان‌های چین‌دار و هم مرجان‌های جدولی رابطه دوری با مرجان‌های امروزی اسکراکتینیان^{۲۰۴} داشتند و هر دو در انقراض عظیم پرمیان پسین نابود شدند. این انقراض خود را در داده‌های زمین‌شناسی از جمله به صورت «شکاف صخره‌ای» نمایان می‌سازد - دوره‌ای حدوداً ده میلیون ساله که در آن صخره‌های مرجانی به یک‌باره نابود شدند. شکاف صخره‌ای همچنین بعد از انقراض‌های دوره‌های پرمیان پسین و تریاس پسین هم رخ دادند و در هر کدام از این موارد برای صخره‌های مرجانی میلیون‌ها سال طول کشید تا خود را بازسازی کنند. این رابطه متقابل برخی از محققان را واداشت تا استدلال کنند که صخره‌سازی باید از زاویه تغییرات زیست‌محیطی زیان‌آور بوده باشند - اما تناقض‌آمیز این است که ساختن صخره همچنین یکی از کهن‌ترین فرآیندهای سازندگی بر روی زمین بوده است.

اسیدی شدن اقیانوس‌ها طبعاً تنها خطری نیست که صخره‌های مرجانی را تهدید می‌کند. در حقیقت، مرجان‌ها در بخش‌هایی از جهان شاید تا آن زمان دوام نیاورند که اسیدی شدن اقیانوس‌ها به حیات‌شان خاتمه دهد. این‌ها بخشی از آن تهدیدها هستند: ماهیگیری در ابعاد گسترده، رشد جلبک‌هایی را که با مرجان‌ها رقابت می‌کنند، بیشتر می‌کند؛ زباله‌های کشاورزی هم به رشد جلبک‌ها کمک می‌کنند؛ نابودی جنگل‌ها، که باعث آلودگی آب‌ها می‌شود؛ و ماهیگیری با انفجار دینامیت، که قابلیت تخریبی آن آشکار است. تمام این فشارها مرجان‌ها را نسبت به پاتوژن‌ها آسیب‌پذیرتر می‌کند. بیماری ملقب به

وایت باند، یک عفونت باکتریایی است و آن طور که از اسمش برمی آید، نواری از بافت نکروتیک سفید ایجاد می کند. این بیماری دو گونه از مرجان های کارئیب را مبتلا کرد - به اسم های *اکروپورا پالماتا* (یا مرجان الکورن) و *اکروپورا سرویکورنيس* (یا مرجان استاگورن) - که تا همین اواخر صخره سازهای مسلط در منطقه بودند. این بیماری طوری این دو گونه مرجانی را تخریب کرده بودند که هر دو اکنون توسط اتحادیه بین المللی حفاظت از طبیعت در فهرست «وضعیت بحرانی رو به انقراض» قرار دارند. در همین حال مرجان هایی که کارائیب را پوشانده است در دهه های اخیر تا حد هشتاد درصد کاهش یافته است.

نهایتاً و شاید مهم تر از همه در فهرست این تهدیدها تغییر اقلیمی است، که همزاد اهریمنی اسیدی شدن اقیانوس ها محسوب می شود.

صخره های مناطق تروپیک نیاز به گرما دارند، اما وقتی دما بیش از حد افزایش می یابد، اختلال به وجود می آورد. دلیل این افزایش دما نوعی زندگی دوگانه را به مرجان های صخره ساز تحمیل می کند. هر پولیپی به صورت فردی یک حیوان است و همزمان میزبانی برای گیاهان ذره بینی که به زوکسانته لای^{۲۰۵} معروفند. زوکسانته لای با کمک فتوسنتز کربوهیدرات تولید می کند و پولیپ ها این کربوهیدرات ها را کشت می کنند، بسیار شبیه به کشاورزانی که ذرت کشت می کنند. وقتی دمای آب از نقطه معینی عبور می کند، رابطه همزیستی میان مرجان ها و مستأجرینش قطع می شود - این دما می تواند بسته به مکان و گونه های زیستی متغیر باشد. زوکسانته لای شروع به تولید تراکامات خطرناکی از رادیکال های اکسیژن می کند و پولیپ ها نومیدانه پاسخ می دهند و اغلب با بیرون راندن آن ها سعی در دفاع از خود می کنند. مرجان ها بدون زوکسانته لای، که منبع رنگ های شگفت انگیزشان است، سفید هستند. این پدیده ای است که

تحت نام «سفید شدن مرجان‌ها» شناخته شده است. مستعمرات زیستی سفید شده از رشد باز می‌ایستند و اگر تخریب به اندازه معینی زیاد باشد، نابود می‌شوند. حوادث سفید سازی گسترده‌ای در سال‌های ۱۹۹۸، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ به وقوع پیوست و انتظار می‌رود که تناوب و شدت چنین حوادثی با افزایش دمای زمین بیشتر شود. یک بررسی بر روی بیش از ۸۰۰ گونه مختلف مرجان‌های صخره‌ساز، منتشره در نشریه ساینس در سال ۲۰۰۸ نشان داد که یک سوم از آن‌ها در معرض خطر انقراض هستند، که وسیعاً نتیجه افزایش دمای اقیانوس‌ها است. این امر مرجان‌های سنگی را در رده گروه‌هایی قرار داده که در معرض بزرگ‌ترین خطر هستند: این مطالعه نشان داد که نسبت گونه‌های مرجانی، که در رده «در معرض خطر انقراض» طبقه‌بندی شده است، بیش از «اکثر گروه‌های حیوانی روی خشکی، به جز دوزیستان» است.



جزیره‌ها الگوی کوچکی از دنیا هستند، یا آن‌طور که دیوید کوامن توصیف کرد، «تقریباً الگوی کوچکی از طبیعت با تمام پیچیدگی‌اش». با این وصف، وان‌تری الگوی کوچکی از یک الگوی کوچک است. تمام این مکان کوچک‌تر از ۳۳۰ متر طول و ۱۵۰ متر عرض است، اما صدها محقق در آنجا کار کرده‌اند، و در بسیاری موارد برای کوچکی‌اش جذب آنجا شدند. در سال‌های دهه ۱۹۷۰ یک گروه سه نفره از محققان استرالیایی شروع به یک بررسی زیست‌شناختی کامل از جزیره کردند. آن‌ها بخش اعظمی از سه سال را در آنجا چادر زدند و مشغول فهرست‌برداری از هر گونه گیاهی و حیوانی که یافتند شدند، از جمله: درخت (۳ گونه مختلف)، علف (۴ گونه)، پرنده (۲۹ گونه)، مگس (۹۰ گونه) و جلبک (۱۰۲ گونه). آن‌ها دریافتند که جزیره فاقد پستان‌دار ساکن است، البته به جز خود محققان و خوکی که زمانی برای خوردن به آنجا برده بودند و در قفسی

حبس کرده بودند. گزارشی که از این کار تحقیقی به دست آمد به ۴۰۰ صفحه رسید، که با یک شعر شروع می‌شد که در مدح آن جزیره کوچک بود:

یک جزیره خفته
محصور در هاله‌ای
از آب‌های فیروزه‌ای و آبی.
از جواهر خود در مقابل امواج حفاظت می‌کند
در حاشیه مرجانی‌اش

در آخرین روز اقامت در وان‌تری شنا در دستور کار نبود، پس تصمیم گرفتم در امتداد ساحل قدم بزنم، و این نرمشی بود که می‌بایست در حدود ۱۵ دقیقه طول بکشد. مدت زیادی از سفرم نگذشته بود که سراغ رئیس ایستگاه تحقیقاتی، گرایم، رفتم. گرایم مرد لاغراندازی بود، با چشمان آبی روشن، موهای زنجبیل‌رنگ، و سبیل‌های آویزان. او به گونه‌ای به من نگاه کرد، گویی که می‌خواست یک غنیمت دریایی عالی به چنگ آورد. ما شروع به قدم زدن کردیم و مشغول صحبت شدیم و وقتی دور شدیم، گرایم به جمع کردن تکه‌های پلاستیکی ادامه داد، که امواج با خود به وان‌تری آورده بود. این‌ها شامل بطری، عایق، که احتمالاً متعلق به در یک کشتی بود، و قطعه‌ای از یک لوله پی‌وی‌سی. او یک کلکسیون کامل از این تکه‌های آب‌آورده داشت، که آن‌ها را در یک محفظه سیمی نگاه‌داری می‌کرد. او گفت، امتیاز این‌ها این بود که به ملاقات کنندگان نشان دهیم که «نژاد ما چه می‌کند».

گرایم پیشنهاد کرد که ایستگاه تحقیقاتی را نشانم دهد. ما به پشت کابین‌ها و آزمایشگاه‌ها به طرف مرکز جزیره رفتیم. فصل تولیدمثل بود و هر کجا که می‌رفتیم پرندگانی بودند که به اطراف می‌خرامیدند، جیغ می‌کشیدند: چلچله

دریایی بریدلد^{۲۰۶}، که سری سیاه و سینه‌ای سفید دارند؛ چلچله دریایی لسر کرسد^{۲۰۷}، که صورتی سیاه و سفید و بدنی خاکستری دارند، و چلچله دریایی نودی سیاه^{۲۰۸}، با لکه‌ای سفید بر روی سرشان. می‌توانستم بفهمم که چرا انسان‌ها خیلی راحت پرندگانی را که آشیانه می‌ساختند، می‌کشتند؛ به نظر می‌رسید که این‌ها اصلاً نمی‌ترسیدند به تعداد زیاد در سر راه انسان‌ها بودند، و شما می‌بایست مواظب باشید تا پا روی‌شان نگذارید.

گرایم دستگاه تولید برق را به من نشان داد، که نیروی ایستگاه تحقیقاتی و نیروی جمع‌آوری باران مخزن‌ها را تأمین می‌کند. مخزن‌ها بر روی سکوی ایستگاه سوار شده بودند و ما می‌توانستیم از آنجا نوک درختان جزیره را ببینیم. بر اساس تخمین کلی من شمار این درختان به ۵۰۰ می‌رسید. به نظر می‌رسید که مثل پرچم مستقیماً بر روی آهک می‌رویند. درست در لبه سکو، گرایم به یک چلچله بریدلد اشاره کرد که به جوجه یک نودی سیاه نوک می‌زد. و مدت کوتاهی بعد از آن جوجه مرد. او توضیح داد، «او نمی‌خواهد جوجه را بخورد» و حق با او بود. چلچله بریدلد از آنجا دور شد و بلافاصله بعد از آن یک پرندۀ گول^{۲۰۹} آمد و شروع به خوردن جوجه کرد. گرایم دیدی فلسفی نسبت به این صحنه‌ها داشت، که نمونه‌اش را به دفعات زیاد دیده بود؛ این باعث می‌شود که جمعیت پرندگان جزیره از منابع موجود پیشی نگیرد.

بعداً با یک فرد فوق دکترا به اسم کنی اشنایدر در دی‌کی ۱۳ شروع به کار کردم. در آن لحظه آب طی دو ساعت بالا آمده بود، پس من و اشنایدر قرار گذاشتیم تا دقایقی قبل از نیمه شب به محل بازگردیم. اشنایدر قبلاً به اینجا

bridled terns ۲۰۶

lesser crested terns ۲۰۷

black noddies ۲۰۸

Gull ۲۰۹

آمده بود، اما هنوز به طور کامل با کار با جی پی اس آشنا نشده بود. در نیمه راه پی بردیم که از مسیر تعیین شده منحرف شده‌ایم. بزودی آب تا به سطح سینه ما بالا می‌آمد. این باعث می‌شد تا راه رفتن بسیار کندتر و دشوارتر شود و ما اکنون در جذر آب گرفتار بودیم. نگرانی وجود مرا فرا گرفت. آیا قادر خواهیم بود تا با شنا کردن به ایستگاه بازگردیم؟ آیا بالاخره از پس مأموریت فیجی بر خواهیم آمد؟

بعدها به من و اشنایدر پیشنهاد شد تا در دی کی ۱۳ از راهنماهای شناور زرد رنگ پیروی کنیم. ما بطری‌های نمونه را پر کردیم و برگشتیم. من باز مجذوب ستارگان خارق‌العاده و افق تاریک شدم. چندین بار طی اقامتم در وان‌تری نسبت به موقعیتم دچار تردید و نگرانی شدم. دلیل آمدن من به گریت باری‌یر ریف نوشتن در باره میزان تأثیر انسانی بر محیط زیست بود. و اکنون من و اشنایدر در این ظلمت گسترده، بسیار حقیر و ناچیز جلوه می‌کردیم.



مرجان‌ها در گریت باری‌یر ریف از تقویم ماه پیروی می‌کنند. هر سال یک‌بار بعد از قرص کامل ماه در آستانه تابستان مرجان‌ها درگیر در فعالیتی می‌شوند که به تخم‌ریزی گسترده شناخته می‌شود - نوعی فعالیت جنسی همزمان. گفته می‌شد که نباید نمایش تخم‌ریزی گسترده را از دست داد. از این‌رو سفری به استرالیا ترتیب دادم.

مرجان‌ها اغلب خوددار هستند و به گونه‌ای غیر جنسی خود را با «جوانه زدن» بازتولید می‌کنند. تخم‌ریزی سالانه موقعیت نادری است که با عبارات ژنتیک به آن آمیزش می‌گویند. اکثر موجودات تخم‌ریز همزمان نر و ماده هستند، به این معنی که یک پولیت تنها، در یک ترکیب مناسب کوچک، هم

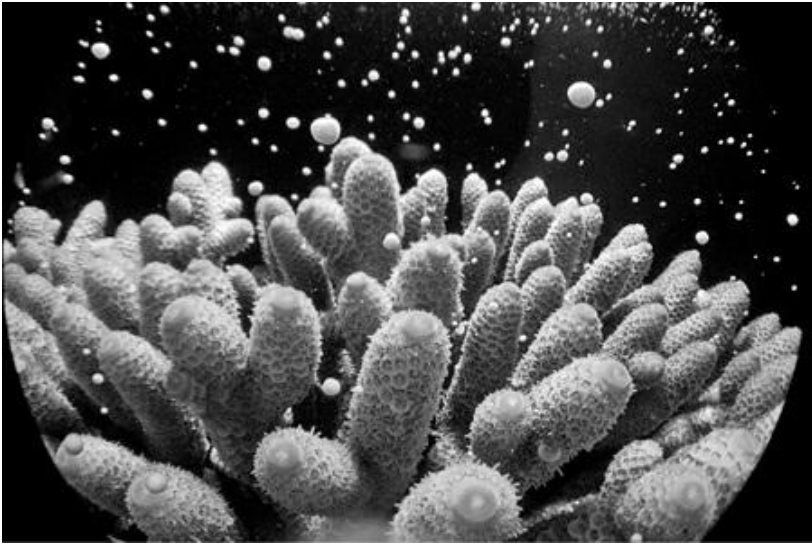
تخمک و هم اسپرم تولید می‌کند. کسی به درستی نمی‌داند که مرجان‌ها چگونه تخم‌ریزی خود را هماهنگ می‌کنند، اما گمان می‌رود که نسبت به نور و دما واکنش نشان می‌دهند.

برای افتتاح چنین شب بزرگی^{۲۱۰} مرجان‌ها شروع به تخم‌ریزی می‌کنند، که می‌توان این‌طور فکر کرد که مرجان‌های سنگی^{۲۱۱} به سر کار می‌روند. ترکیبات تخمک - اسپرمی شروع به خارج شدن از پولیپ‌ها می‌کنند و تمام جرگه زیستی شروع به متحول شدن می‌کند. چند محقق استرالیایی به جزیره هرون برگشتند تا با ایجاد گلخانه‌ای بتوانند این وقایع را بررسی کنند. آن‌ها جرگه‌هایی از رایج‌ترین گونه‌های مرجانی، از جمله *اکروپورا میله‌پورا*^{۲۱۲} را جمع‌آوری، و در مخارن پرورش دادند. این‌ها نقش «موش‌های آزمایشگاهی» در دنیای مرجان‌ها را برای محققان بازی می‌کردند. *اکروپورا میله‌پورا* جرگه‌ای زیستی به وجود می‌آورد که شبیه به خوشه‌های درخت کریسمس هستند. کسی اجازه نداشت با نور چراغ‌قوه نزدیک مخزن‌ها برود، تا مبادا در زمان‌بندی درونی مرجان‌ها اختلالی ایجاد شود. به جای آن همه از چراغ‌قوه‌های روی پیشانی با نور قرمز استفاده می‌کنند. با چنین چراغ‌قوه‌ای می‌توانستم ترکیبات تخمک - اسپرمی را ببینم که خود را وارد بافت‌های شفاف پولیپ‌ها می‌کردند. این ترکیبات صورتی بودند و به مرواریدهای یخی شباهت داشتند.

۲۱۰ تخم‌ریزی گسترده همیشه بعد از غروب آفتاب رخ می‌دهد

Scleractin ۲۱۱

Acropora millepora ۲۱۲



اکروپورا میله پورا در حال تخم‌ریزی

رئیس گروه، که محققى بود به اسم سلینا وارد، از دانشگاه کوئینزلند، همچون قابله‌ای که عمل زایش را تدارک می‌بیند، در اطراف مخازن مرجان‌های باردار در تکاپو بود. او گفت که هر کدام از این ترکیبات تخمکی - اسپرمی حاوی تقریبی بین بیست تا چهل تخمک و شاید هزاران اسپرم هستند. این ترکیبات پس از مدت کوتاهی از لحظه زایش باز می‌شدند و سلول‌های جنسی خود را آزاد می‌کردند، که در صورت پیدا کردن جفت، منجر به پدید آمدن یک کرم صورتی ریز می‌شد. به محض این که مرجان‌ها در مخازن خود شروع به تخم‌ریزی می‌کردند، خانم وارد ترکیبات تخمکی - اسپرمی را برمی‌داشت و آن‌ها را در مراحل مختلف تأثیرپذیری توسط اسیدها فهرست‌بندی می‌کرد. او تأثیرات اسیدی شدن طی سال‌های اخیر را بر روی این تخم‌ریزی‌ها بررسی می‌کرد. نتایج تحقیق او نشان می‌داد که مدارج اشباع پائین‌تر به میزان برجسته‌ای منجر به کاهش باروری در آن‌ها می‌شود و همچنین بر رشد و

استقرار کرم‌ها تأثیر می‌گذارد - این فرآیندی است که کرم‌های مرجانی از آب خارج می‌شوند و خود را به اجسام سخت می‌چسبانند و شروع به ایجاد جرگه‌های زیستی جدید می‌کنند.

وارد چنین جمع‌بندی کرد که «به طور کلی تمام نتایج تا کنون منفی بوده‌اند. اگر شیوه زندگی مردم به همین شکل ادامه یابد، و اگر بلافاصله تغییراتی جدی در کاهش انتشار کربن صورت نگیرد، گمان می‌کنم که در بهترین حالت این مرجان‌هایی که اکنون در برابر خود داریم تنها بقایای مرجان‌ها در آینده باشند».

غروب همان روز تعدادی از محققان دیگر و دانشجویان فارغ‌التحصیل در هرون آیلند، که در قسمت‌های مختلف این تحقیق تأخیر یافته مشارکت داشتند، شنیدند که مرجان‌های وارد آماده تخم‌ریزی هستند و خود را برای یک سفر مشاهداتی شبانه در زیر آب سازماندهی کردند. این سفر بسیار سازمان‌یافته‌تر از سفرهای زیر آبی انجام شده در وان‌تری بود و کاملاً به لباس‌های غواصی و نورافکن مجهز بود. اما تجهیزات کافی برای شرکت همه محققان یک‌جا وجود نداشت، پس این سفر در دو نوبت انجام شد. من در گروه اول بودم و در ابتدا از اینکه اتفاقی نمی‌افتاد، احساس کسالت می‌کردم. بعد از لحظه‌ای توجه‌ام نسبت به معدودی مرجان جلب شد که ترکیبات تخمکی - اسپرمی خود را آزاد می‌کردند. تقریباً بلافاصله بعد از آن تعداد بی‌شماری از مرجان‌ها شروع به تخم‌ریزی کردند. این به صحنه توفان برفی در کوهستان‌های آلپ شباهت داشت، اما از پائین به بالا. دریا پر از موج مرواریدهای صورتی‌رنگ شد که به سطح آب شناور بودند، مثل بارش برف از پائین به بالا. به نظر می‌رسید که کرم‌های رنگی با خوردن ترکیبات تخمکی - اسپرمی پرتوهای نورانی عجیبی تولید می‌کردند و شعاعی از پرتوی بنفش در سطح آب شروع به خودنمایی کرد.

وقتی نوبت من تمام شد، بر خلاف میلیم از آب بیرون آمدم و نورافکنم را به دیگری دادم.

فصل هشتم

جنگل و درختان

آلزاتئا ورتی چیلاتا^{۲۱۳}

مایل سیلمن می‌گفت: «درختان شگفت‌انگیز و بسیار زیبا هستند. حقیقت این است که از آن‌ها چندان تقدیر نمی‌شوند. شما در جنگلی قدم می‌زنید و اولین چیزی که توجه شما را جلب می‌کند این است که مثلاً آن درخت بزرگ یا بلند است، اما وقتی شروع به فکر کردن در باره تاریخ حیات آن‌ها می‌کنیم و در باره تمام فرآیندهایی می‌اندیشیم که باعث ایجاد آن درخت در آن مکان شده‌اند، غرق در تحسین می‌شویم. این به نوعی به شراب شباهت دارد. وقتی شروع به شناخت آن می‌کنیم، جذابیت می‌یابد». ما در شرق پرو، در کنار کوهستان‌های آند ایستاده بودیم، و در ارتفاع قله ۳۶۰۰ متری کوهستان هیچ درختی یافت نمی‌شد، فقط کمی خار و خاشاک و به صورتی ناموزون ده‌ها گاو که با سوء ظن به ما نگاه می‌کردند. خورشید و دما همزمان پائین می‌آمدند، اما منظره در پرتو نارنجی غروب خارق‌العاده بود. در شرق باریکه رود آلتو مادره دو دیوس ریور دیده می‌شد، که به رود بنی ریور می‌ریزد و این رود هم به رود مادهیرا ریور می‌ریزد، که نهایتاً به آمازون منتهی می‌شود. در مقابل ما پارک ملی مانو قرار داشت، که یکی از مناطق حساس جهان بود که برجسته‌ترین تنوعات زیستی دنیا را در خود جای می‌داد.

سیلمن گفت: «در مقابل شما یک نهم از تمام گونه‌های پرندگان سیاره وجود دارد. فقط در همین نواحی ما بیش از هزار گونه درخت یافت می‌شود».

آن روز صبح من و سیلمن، به همراه چندین نفر از دانشجویان فارغ‌التحصیل پرویی او از شهر کوزکو بیرون زدیم و خود را به قلّه کوهستان رساندیم. مسافتی که پیمودیم فقط در حدود ۸۰ کیلومتر بود، اما تمام روز به طول انجامید، زیرا ناچار بودیم از مسیرهای خاکی مارپیچ عبور کنیم. جاده‌های کنار روستاها از آجرهای گلی ساخته شده بودند و مزارع در زاویه‌های تندی قرار داشتند و زنان با دامن‌های رنگارنگ و کلاه‌های نمدی قهوه‌ای رنگ، که نوزادان خود را با نواری بر پشت خود بسته بودند، در تردد بودند. ما در بزرگ‌ترین شهرک آنجا برای صرف ناهار توقف کردیم و برای چهار روز راهپیمایی غذا تهیه کردیم، که شامل نان و پنیر و یک کیسه پر از برگ کوکا بود، که سیلمن با پولی معادل دو دلار خریده بود.

سیلمن، که روی قلّه کوهستان ایستاده بود، گفت مسیری که فردا صبح برای پائین رفتن از آن استفاده خواهیم کرد، اغلب توسط فروشندگان بوته کوکا برای تردد استفاده می‌شد. کشت‌گران برگ کوکا را از دره‌های محل کشت تا روستاهای مرتفع آند - که شبیه آن را اخیراً دیدیم - حمل می‌کردند و از این جاده‌ها از زمان فاتحین قرن شانزدهم به این منظور استفاده شده است.

سیلمن، که در دانشگاه جنگل‌شناسی ویک تدریس می‌کند، خود را مدافع اکولوژیک جنگل‌ها معرفی می‌کند، اگرچه لقب او معادل مدافع اکولوژیک مناطق تروپیک، عضو جامعه اکولوژی، یا حافظ اکولوژی هم هست. او فعالیت حرفه‌ای خود را با این پرسش آغاز کرد که چطور جرگه‌های جنگلی با هم می‌آمیزند و آیا با گذشت زمان پایدار باقی می‌مانند؟ این افکار او را واداشت تا به بررسی پیشینه‌ای که در گذشته منجر به تغییر شرایط اقلیمی شده بپردازد، و طبعاً با اتکا به این دانسته‌ها چگونگی تداوم این تغییرات در آینده را دنبال

کند. آموخته‌های سیلمن به او الهام دادند تا به کاشتن چندین جرگه جنگلی اقدام کند و ما الان به آنجا می‌رویم. هفده جرگه جنگلی سیلمن در ارتفاعات متفاوتی قرار دارند و به این دلیل دمای متوسط سالانه آن‌ها متفاوت است. در منطقه مانو با تنوع زیستی عظیمش جرگه‌های مختلف جنگلی اساساً از هم متفاوت هستند.



جرگه‌های جنگلی سیلمن در امتداد یک سلسله جبال قرار دارد. اولین جرگه در بالاترین ارتفاع قله کوه است و به این دلیل پائین‌ترین دمای سالانه را دارد. در تصور عمومی گرمایش جهانی اغلب به عنوان تهدیدی علیه گونه‌های زیستی مشتاق سرما به حساب می‌آید و دلایل خوبی برای این باور وجود دارد.

هنگامی که جهان گرم می‌شود، قطب دگرگون می‌شود. در مقایسه با سی سال پیش، اکنون فقط نیمی از مساحت آب‌های قطب شمال توسط یخ‌ها پوشیده شده است، و تا سی سال آینده ممکن است همین یخ باقی‌مانده به طور کامل محو شود. طبعاً هر حیوانی که به این یخ‌ها وابسته است - مثل خوک دریایی حلقه‌ای، یا خرس قطبی - با ذوب شدن یخ‌ها در شرایط زیستی وخیمی قرار می‌گیرند.

اما گرمایش جهانی - بنابر بر نظر سیلمن - تأثیرات باز هم بزرگ‌تری بر مناطق تروپیک^{۲۱۴} خواهد گذاشت. دلایل این امر کمی پیچیده‌تر است، اما از این واقعیت نشأت می‌گیرند که اغلب گونه‌های زیستی در مناطق تروپیک زندگی می‌کنند.



برای لحظه‌ای فرض کنید که در یک روز زیبای بهاری در قطب شمال ایستاده‌اید و همه جا را یخ فرا گرفته است. بنابر این خطر فرو رفتن در آب وجود ندارد و شما شروع به قدم زدن یا اسکی سواری می‌کنید. از آنجا که فقط یک مسیر وجود دارد، شما به طرف جنوب حرکت می‌کنید، اما مسیر را از روی خط نصف‌النهار سبصد و شصت درجه انتخاب می‌کنید. شاید شما، مثل من، در برک‌شایرز زندگی می‌کنید و به سمت کوهستان‌های آند در حرکتید، پس تصمیم می‌گیرید خط نصف‌النهار هفتاد و سه درجه را به طرف غرب دنبال کنید. شما مسیری طولانی را اسکی می‌کنید، تا این که بالاخره در حدود هشتصد کیلومتر دورتر از قطب، به جزیره السمر می‌رسید. طبعاً شما در تمام

^{۲۱۴} tropics مناطق موازی با طول جغرافیایی ۲۳ تا ۲۶ درجه شمالی یا جنوبی اکوادور - م.

طول این مسیر از میان اقیانوس قطبی به هیچ درخت یا گیاهی بر نخورده‌اید. تنها درختی که در این جزیره می‌روید بید قطبی است، که بیشتر از سطح قوزک پای شما بالا نمی‌آید (بری لوپز نویسنده اشاره کرده است که اگر وقت زیادی را صرف پرسه زدن در قطب شمال کنید، سرانجام به این نتیجه خواهید رسید که «بر فراز یک جنگل ایستاده‌اید»).

اگر به سمت جنوب ادامه دهید از تنگه نارس استریت عبور می‌کنید (دور زدن آن اکنون پیچیده‌تر شده است، اما می‌توان از آن عبور کرد). سپس با عبور از خلیج بافین بی، از غربی‌ترین قله گرینلند می‌گذرید و به جزیره بافین آیلند می‌رسید. چیزی که به‌واقع کیفیت درخت را داشته باشد، در این جزیره وجود ندارد، با این وجود چندین گونه بید در آنجا یافت می‌شود، که بر گره‌هایی نزدیک به زمین می‌رویند. در نهایت به شبه‌جزیره اونگوا، در کبک شمالی می‌رسید. حال شما در این سفر در حدود ۳۲۰۰ کیلومتر پیموده‌اید. شما هنوز در شمال مرز درخت‌ها قرار دارید، اما اگر ۴۰۰ کیلومتر دیگر به راه‌پیمایی خود ادامه دهید، به حاشیه جنگل شمالی می‌رسید. جنگل شمالی کانادا گسترده است و مساحت آن به میلیارد‌ها هکتار می‌رسد و این تقریباً یک چهارم مساحت تمام جنگل‌های بکر باقی‌مانده بر روی زمین است. اما در این جنگل تنوع زیستی کمی وجود دارد. در سراسر میلیارد‌ها هکتار جنگل کانادا فقط در حدود بیست گونه درخت یافت می‌شود، که کاج سیاه، درخت توس و کاج بلسان جزو آن‌ها هستند.

وقتی به ایالات متحده می‌رسید تنوع درختان شروع به افزایش می‌کند. در ورمانت با جنگل دسیدوس شرقی روبه‌رو می‌شوید، که روزی نیمی از آن کشور را پوشانده بود، اما اکنون فقط لکه‌های پراکنده‌ای از آن باقی مانده است و بیشتر آن توسط انسان‌ها کاشته می‌شود. ورمانت در حدود ۵۰ گونه درخت بومی دارد و ماساچوست در حدود ۵۵ گونه. کارولینای شمالی، که تا حدودی در سمت

غرب مسیر شمال قرار دارد، دارای بیش از ۲۰۰ گونه است. حتی اگر آمریکای مرکزی کاملاً خارج از مدار هفتاد سه درجه نصف‌النهار است، اما منطقه کوچک بیلایز، که مساحتی معادل نیوجرسی را دارد، در حدود ۷۰۰ گونه درخت بومی دارد.

در کلمبیا مدار هفتاد و سه درجه نصف‌النهار از خط استوا عبور می‌کند، و قبل از وارد شدن مجدد به پرو، قسمت‌هایی از ونزوئلا، پرو و برزیل را تقسیم می‌کند. تقریباً در مدار ۱۳ درجه جنوب عرض جغرافیایی به غرب جرگه‌های جنگلی سیلین می‌رسد. تنوع در جرگه‌های سیلین افزایش می‌یابد، که مشترکاً مساحتی در حدود پارک فورث ترایون مانهاتان را دارد. هزار و سی و پنج گونه درخت در آنجا شمارش شده است، که پنجاه برابر بیشتر از تمامی جنگل‌های شمالی کانادا است.

و آنچه در مورد درخت‌ها صدق می‌کند در مورد پرندگان، پروانه‌ها، قورباغه‌ها و قارچ‌های فانگی و هر گروه زیستی دیگری هم مصداق دارد. اما جالب این است که این در مورد شپش‌های روی برگ صدق نمی‌کند. به عنوان قاعده کلی می‌توان گفت که تنوع زیستی در مناطق قطبی از همه جا کمتر است و در عرض‌های جغرافیایی تحتانی غنی‌تر از همه جا است. در ادبیات علمی از این الگو به عنوان «گرایش متنوع عرضی» یا ال‌دی‌جی یاد شده است، و قبلاً توسط محقق آلمانی علوم طبیعی، الکساندر فون هومبولت، مورد اشاره قرار گرفته است. شگفتی‌های زیستی مناطق تروپیک، که «نمایی از تنوع نیلی آسمان‌ها» را به نمایش می‌گذاشت، هومبولت را به وجد می‌آورد.

هومبولت پس از بازگشت از آمریکای جنوبی در سال ۱۸۰۴ نوشت: «قالی سبزی که گیاهان پر برکت بر سطح زمین می‌گسترند در تمام قسمت‌ها به تساوی بافته نشده است. تحول موجودات زنده و فراوانی حیات به تدریج از قطب به سمت ناحیه استوایی گسترش می‌یابد». معلوم نیست که بعد از گذشتن بیش

از دو قرن چرا باید چنین باشد، اما بیش از سی نظریه برای توضیح این پدیده شکل گرفته است.

یک نظریه از این قرار است که از آنجا که ساعت تکاملی در مناطق تروپیک سریع‌تر پیش می‌رود، گونه‌های زیستی بیشتری در آنجا وجود دارد. درست همان‌طور که کشاورزان می‌توانند محصول بیشتری در عرض جغرافیایی پائین‌تر تولید کنند، موجودات زنده هم می‌توانند نسل‌های بیشتری در آنجا تولید کنند. هر چه شمار نسل‌ها بیشتر باشد، امکان جهش‌های ژنتیک هم بیشتر است. و هر چه امکان جهش‌های ژنتیک بیشتر باشد، احتمال بیشتری برای ظهور گونه‌های جدید وجود دارد (نظریه دیگری، تا حدودی متفاوت اما مرتبط با این نظریه از این قرار است که دمای بالاتر در خود به میزان جهش‌های بیشتر منجر می‌شود).

یک نظریه دوم بر این باور است که مناطق تروپیک از این رو دارای گونه‌های بیشتر است که گونه‌های این مناطق حساسیت بیشتری به مقتضیات و نیازهای خود دارند. این نظریه چنین استدلال می‌کند که نکته مهم در مورد مناطق تروپیک این است که دما در آنجا نسبتاً پایدار است. بنابر این موجودات مناطق تروپیک معمولاً تحمل نسبتاً کمی به گرما دارند و حتی تفاوت‌های اقلیمی کمی، مثلاً به دلیل وجود تپه‌ها و دره‌ها، می‌تواند موانع غیر قابل عبوری به وجود آورد (مقاله معروفی در این خصوص وجود دارد با عنوان «چرا گذرگاه‌های کوهستانی در مناطق تروپیک بلندتر هستند؟»). به این دلیل جمعیت‌های گروه‌های زیستی به سادگی از هم منزوی می‌شوند و ظهور و انقراض گونه‌های زیستی بیشتری بروز می‌کند.

و باز نظریه دیگری بر تاریخ تمرکز دارد. بر اساس این نظریه برجسته‌ترین عوامل در مورد مناطق تروپیک کهن بودن آن‌ها است. قبل از آن‌که آمازونی وجود داشته باشد، نسخه‌ای از جنگل‌های بارانی آمازون طی میلیون‌ها سال

وجود داشت. بنابر این در مناطق تروپیک فرصت‌های زیادی برای تنوع زیستی وجود داشته است، که روی هم انباشت شده است. اما بر خلاف این، بیست هزار سال قبل تقریباً تمامی مساحت کانادا پوشیده از یخ، به قطر یک و نیم کیلومتر بود. بخش‌های زیادی از انگلستان جدید هم به همین شکل بود و این بدین معنا است که هر گونه درخت که اکنون در نووا اسکاتیا یا اونتاریو و یا ورمانت و نیو هامشایر یافت می‌شود مهاجری است که درست در همین چند هزار ساله اخیر رسیده (یا بازگشته) است. نظریه مبتنی بر وجود تنوع زیستی منتج از عامل زمان اولین بار توسط رقیب داروین، یا کاشف همکار او، آلفرد راسل والاس تدوین شد، که معتقد بود که «تکامل در مناطق تروپیک موقعیت مناسبی داشته است»، در حالی که در مناطق یخی «با مشکلات بی‌شماری در سر راه خود روبه‌رو بوده است».



صبح روز بعد همگی خیلی زود از کیسه‌خواب‌های خود بیرون خزیدیم تا طلوع خورشید را ببینیم. در طول شب ابرها از حوضه آمازون سربر آورده بودند و ما آن‌ها را از بالا می‌دیدیم که ابتدا به رنگ صورتی در می‌آمدند و بعد به نارنجی شعله‌ور تغییر می‌یافتند. در آن سپیده‌دم خنک وسایل خود را جمع کردیم و به سوی جاده روان شدیم. وقتی به جنگل مه‌آلود رسیدیم، سیلین به من توصیه کرد که برگی که شکل جالبی دارد را بردارم، که چند صد متر جلوتر آن را خواهیم دید، اما بلافاصله ناپدید خواهد شد. برگ گویای تنوع درختان است.

سیلین یک کارد شصت سانتیمتری را بیرون آورد تا مسیر خود را باز کند. او در یک لحظه آن را به هوا بلند کرد تا به یک شاخه ارکیده سفید اشاره کند، که گل‌های آن بزرگ‌تر از خوشه برنج نبودند. این گیاهی از خانواده زغال اخته،

با میوه‌های قرمز روشن بود که یک بوته انگلی با گل‌های نارنجی روشن بود. یکی از دانشجویان فارغ‌التحصیل سیلمن، به اسم فارفان ریوز، برگی به اندازه یک پشقاب به من داد و گفت: «این یک گونه جدید است».

در طول مسیر سیلمن و دانشجویانش سی گونه درخت پیدا کردند که برای جامعه علمی جدید بودند. فقط همین تعداد از موارد کشف شده معادل نیمی از گونه‌های موجود در جنگل‌های شمالی کانادا است. و سیصد گونه درخت دیگر هم هستند که گمان می‌کنند جدید باشد، اما هنوز رسماً طبقه‌بندی نشده‌اند. دیگر این که آن‌ها یک جنس کاملاً جدید کشف کردند.

سیلمن گفت که این کشف نوع دیگری از اوک یا هیکوری (درخت گردوی آمریکایی) نیست، بلکه شبیه به یافتن «اوک» یا «هیکوری» است. برگ‌های درخت این جنس به متخصصی در دانشگاه کالیفرنیا - دیویس فرستاده شده، اما او متأسفانه قبل از شناسایی جایگاه آن، به عنوان یک شاخه جدید در طبقه‌بندی درخت‌ها، فوت کرد.

از آنجا که کوهستان‌های آند زمستان و اوج فصل خشکی را از سر می‌گذرانند، مسیر نرم و گل‌آلود بود. یک مجرای عمیق به سمت کوهستان ایجاد شده بود که در ارتفاع چشم ما بود و ما در امتداد آن راه می‌رفتیم. در نقاط مختلف درخت‌هایی در قله روئیده بود و مجرا را به تونل تبدیل می‌کرد. اولین تونلی که با آن مواجه شدیم تاریک و مرطوب بود و ریشه‌های ظریفی در آن روئیده بود. تونل‌های بعدی طولانی‌تر و حتی در میانه آن‌ها برای یافتن راه نیاز به چراغ‌قوه پیدا می‌کردیم. اغلب احساس می‌کردم که پا به یک داستان جادویی ترسناک گذاشته‌ام.

ما از جرگه شماره یک، در ارتفاع ۳۴۰۰ متری گذشتیم، اما در آنجا توقف نکردیم. جرگه شماره دو در ارتفاع ۳۱۵۰ متری، اخیراً دچار یک زمین‌لرزه شده

بود. این باعث خوشحالی سیلمن شده بود، زیرا علاقمند بود ببیند که چه نوعی از درختان در آنجا دوباره سر برمی آورند.

هر چه پائین تر می آمدیم، جنگل انبوه تر می شد. درختان فقط درخت نبودند، بلکه بیشتر به باغ های گیاه شناسی شباهت داشتند که توسط سرخس ها و ارکیده ها و برومیلیادهایی با شاخه های آویزانی پوشیده شده بودند. در برخی نقاط گیاهان به قدری ضخیم بودند که بر روی زمین سطحی خاکی شکل گرفته بود و در این قسمت ها گیاهانی مختص به خود روئیده بود (جنگل هایی در هوا). بر سر تقریباً هر پرتو نور و هر فضای خالی رقابت شدیدی وجود داشت و تقریباً می توانستیم انتخاب طبیعی را در عمل نظاره کنیم، و هر تنوعی را، هر چقدر ریز، هر روز و هر ساعت مشاهده کنیم. نظریه دیگری در پاسخ به این که چرا مناطق تروپیک تا به این حد دارای تنوع زیستی است، می گوید رقابت بیشتر، گونه ها را واداشته تا تخصصی تر شوند و متخصص ترها می توانند در فضای مشترک با گونه های دیگر همزیستی کنند. می توانستم صدای پرندگانی را بشنوم، اما به ندرت می توانستم آن ها را ببینم. تشخیص حیوانات در جنگل دشوار است.



نمایی از جرگه شماره چهار

جایی در نزدیکی جرگه شماره سه، در ارتفاع ۲۹۰۰ متری، سیلین کیسه پر از برگ کوکا را خالی کرد. او و دانشجویانش چیزهایی با خود حمل می کردند که در نظر من مسخره و سنگین جلوه می کرد: یک کیسه سیب، یک کیسه پرتقال، کتاب ۷۰۰ صفحه‌ای در مورد پرندگان، کتاب ۹۰۰ صفحه‌ای در مورد گیاهان، یک آی‌پد، بطری‌های حاوی مایعات نفتی، ظرفی حاوی رنگ، مقداری پنیر، بطری نوشیدنی. سیلین گفت بار سنگین حس سبک‌تری ایجاد می کند، از حس گرسنگی می‌کاهد، حس درد را کاهش می‌دهد و با ناخوشی ناشی از ارتفاع زیاد هم مقابله می‌کند. علاوه بر وسایل خودم، بار کمی به من دادند تا با خود حمل کنم. هر چیزی که بتواند بار مرا سبک‌تر کند، ارزش امتحان کردن را داشت. مشتی برگ و مقداری جوش شیرین برداشتم (جوش شیرین، یا دیگر اقلام قلیایی برای حفظ کوکا و حفظ اثرات خواص دارویی‌اش ضروری است).

برگ‌ها مثل چرم بودند و مزه‌ای شبیه به کتاب‌های قدیمی داشتند. مدت کوتاهی بعد لب‌هایم سر شدند و درد و ناراحتی‌ام از بین رفت. یکی دو ساعت بعد برگشتم تا بیشتر بگیرم (بعد از آن به دفعات زیاد دوست داشتم که به آن کیسه کوکا مراجعه کنم).

در اوایل بعدازظهر ما به مکانی مرطوب و بی‌درخت در جنگل رسیدیم، که قرار بود شب را در آنجا سپری کنیم. این مکان لبه جرگه شماره چهار، در ارتفاع ۲۶۶۰ متری بود. سیلمن و دانشجویانش اغلب در گذشته در این مکان چادر می‌زدند و هفته‌ها در آنجا می‌ماندند. این محلی بود که در آن بوته‌های برومیلیاد روئیده بود و سپس برچیده شده بود و سیلمن تشخیص داد که این کار خرس عینکی^{۲۱۵} است. خرس عینکی، که معروف به خرس آندی هم هست، آخرین خرس باقی‌مانده آمریکای جنوبی است و به رنگ سیاه یا قهوه‌ای تیره است، با دو حلقه قهوه‌ای - زرد در اطراف چشمانش. این خرس عمدتاً از گیاهان تغذیه می‌کند. نمی‌دانستم که در آند خرس وجود دارد و نتوانستم از فکر کردن به خرس داستانی پدینگتون خلاص شوم، که از اعماق تیره پرواز لندن سر درآورده بود.



هر کدام از هفده جرگه جنگلی سیلمن یک هکتار است. این جرگه‌ها به گونه‌ای در امتداد یک سلسله جبال آراسته شده‌اند که دکمه‌های روی یک پالتو را تداعی می‌کند، و از قله سلسله جبال تا پائین به دنبال هم قطار شده‌اند، تا این که به حوضه آمازون می‌رسند، که تقریباً هم‌سطح دریا است. کسی در این جرگه‌ها - سیلمن و یا شاید یکی از دانشجویان فارغ‌التحصیل او - تک‌تک

درختان با قطر بیش از ده سانتیمتر را علامت‌گذاری کرده بود. این درختان اندازه‌گیری شدند، گونه آن‌ها مشخص شد و شماره خاصی هم گرفتند. جرگه چهار ۷۷۷ درخت با قطر بزرگ‌تر از ده سانتیمتر دارد که متعلق به ۶۰ گونه مختلف هستند. سیلمن و دانشجویانش خود را برای بررسی مجدد درخت‌ها آماده می‌کردند و این پروژه‌ای بود که انتظار می‌رفت ماه‌ها به طول بی‌انجامد. تمام درختانی که علامت‌گذاری شده بودند، می‌بایست مجدداً دوباره اندازه‌گیری شوند و هر درخت جدید و یا درخت مرده می‌بایست به فهرست وارد یا از آن خارج شود. بر سر چگونگی پیشبرد بررسی مجدد درخت‌ها در جزئیات، بحث‌های طولانی در می‌گرفت، که بخشی به زبان انگلیسی بود و بخشی به اسپانیایی. یکی از محدود بحث‌هایی که توانستم دنبال کنم در مورد عدم تقارن بود. تنه درختان دقیقاً گرد نیستند، پس بسته به این که هنگام محاسبه چطور کولیس را به کار بریم، به قطرهای متفاوتی می‌رسیم. در نهایت تصمیم گرفته شد که کولیس‌ها باید با دهانه ثابت خود بر روی قسمتی که با رنگ قرمز علامت‌گذاری شده قرار گیرد.



در جرگه‌ها قطر هر درختی که از ده سانتیمتر بیشتر باشد علامت‌گذاری شده است. بسته به تفاوت در ارتفاع، جرگه‌های سیلמן یک دمای سالانه متوسط خاص به خود را دارد. برای مثال، در جرگه چهار دمای متوسط ۵۳ درجه است. در جرگه سه، که حدوداً ۲۴۰ متر بالاتر است، ۵۱ درجه است، و در جرگه پنج، که تقریباً ۲۴۰ متر پائین‌تر است، ۵۶ درجه است. از آنجا که گونه‌های مناطق تروپیک مایلند محدوده حرارتی کمی داشته باشند، این تفاوت در دما تغییرات زیاد تعبیر می‌شوند. درختانی که در جرگه‌ای فراوانند، شاید در جرگه بالایی یا پائینی خود اصلاً وجود نداشته باشند.

سیلמן گفت، برخی از مسلط‌ها کمترین محدوده ارتفاعی را دارند. این بدین معنی است که آنچه در این محدوده موقعیت آن‌ها را در رقابت بهتر می‌کند، در خارج از محدوده خود امتیاز چندانی برای‌شان ندارد. برای مثال، گونه‌های

جرگه چهار تا ۹۰ درصد متفاوت از گونه‌های درختان جرگه یک هستند، که فقط در حدود ۷۵۰ متر بالاترند.

سیلمن ابتدا در سال ۲۰۰۳ جرگه‌ها را پایه‌گذاری کرد. تفکر او این بود که سال به سال و دهه به دهه بازگردد و تحولات این جرگه‌ها را دنبال کند. درختان چگونه نسبت به تغییر اقلیمی واکنش نشان می‌دهند؟ یک احتمال - که می‌تواند سناریوی بیرمن وود خوانده شود - این بود که درختان هر منطقه شروع به حرکت به طرف بالا کنند. طبعاً درختان حرکت نمی‌کنند، اما با این وجود می‌توانند کار مؤثری انجام دهند و آن هم پراکندن بذر است که باعث ایجاد درختان جدیدی می‌شود. بر اساس این سناریو با افزایش گرمای اقلیمی گونه‌های جرگه چهار باید به جرگه سه بروند و گونه‌های جرگه سه در جرگه دو ظاهر شوند، و الی آخر. سیلمن و دانشجویانش اولین بررسی را در سال ۲۰۰۷ به انجام رساندند. سیلمن به این اقدام به عنوان بخشی از پروژه درازمدت خود می‌نگریست و نمی‌توانست تصور کند که تنها طی چهار سال علاقمندان زیادی را به خود جلب کند. اما یکی از دانشجویان فوق دکترای او، به اسم کنت فیلی، تأکید می‌کرد که در هر صورت تمامی داده‌ها غربال شوند. بررسی فیلی نشان می‌داد که جنگل از هم‌اکنون به گونه‌ای قابل محاسبه در حرکت است.

برای محاسبه نرخ مهاجرت راه‌های گوناگونی وجود دارد: برای مثال، با شمارش درختان یا با محاسبه حجم آن‌ها. فیلی درختان را بر اساس جنس‌شان گروه‌بندی کرد و به طور کلی دریافت که گرمایش جهانی معدل جنس درختان را به میزان ۲٫۴ متر به طرف کوهستان بالاتر خواهد برد. اما او همچنین دریافت که چنین معدلی بر روی یک مجموعه پاسخ غافلگیرکننده سایه می‌اندازد. همان‌طور که کودکان در انزوا وسیعاً به شکل‌های متفاوتی رفتار می‌کنند، درختان گوناگون هم به همین شکل متفاوت عمل می‌کنند.

برای مثال، نمونه جنس *شفلرا* را در نظر بگیرید. *شفلرا*، که بخشی از خانواده جینسنگ به شمار می‌آید، به شیوه پالمیت^{۲۱۶} برگ‌سازی می‌کند، یعنی همچون انگشتان و کف دست، الیاف از یک رگ مرکزی مشتق می‌شوند و از آن تغذیه می‌کنند (عضوی از گروه، به اسم *شفلرا آرابوریکولا*^{۲۱۷} از تایوان که معمولاً به عنوان درخت چتری کوتاه شناخته می‌شود، اغلب همچون گلدان رشد می‌کند). فیلی دریافت که درختانی از گروه *شفلرا* به ویژه بسیار فعال هستند و در مسیر کوهستانی با سرعت شگفت‌انگیز سی متر در سال رشد کردند.

در نقطه مقابل، درختانی وجود دارند، از جنس *ایلکس*، که برگ‌های متفاوتی دارند که معمولاً براق هستند، با لبه‌های اره‌مانند (این جنس شامل *ایلکس آکویپولیوم* است، که در اروپا بومی است و در میان آمریکایی‌ها به کریسمس مقدس شناخته شده است). درخت‌هایی که در جنس *ایلکس* هستند شبیه به کودکانی هستند که در ساعت استراحت روی نیمکت لم می‌دهند. در حالی که *شفلرا* به طرف بالا می‌جهد، *ایلکس* در جای خود کمابیش بی‌تحرك می‌نشیند.



هر گونه (یا گروهی از گونه‌ها) که نمی‌تواند با تغییرات دما سازگار شود، برای ما در شرایط کنونی بی‌اهمیت است، زیرا دیگر وجود ندارد. دما در همه جا بر روی زمین در نوسان است. دما از روز تا شب و از فصل تا فصل تغییر می‌کند. حتی در مناطق تروپیک، که تفاوت میان زمستان و تابستان کم است، دما بین فصل‌های بارانی و خشک به میزان برجسته‌ای متفاوت است. موجودات زنده

^{۲۱۶} شیوه‌ای که در آن یک برگ یک شاهرگ دارد و رگ‌های جانبی از آن مشتق می‌شوند - م.

Schefflera arboricola ^{۲۱۷}

تمام راه‌های ممکن را برای رویارویی با این تغییرات به وجود آورده‌اند. آن‌ها در خواب فصلی فرو می‌روند، بی‌تحرك باقی می‌مانند و یا کوچ می‌کنند. آن‌ها با نفس نفس زدن دمای زیاد را دور می‌کنند و یا با ایجاد خزهای ضخیم دما را در خود نگه می‌دارند. زنبورهای عسل خود را با منقبض کردن عضلات قفسه سینه‌شان گرم می‌دارند. پرندگان وود استارک^{۲۱۸} برای خنک کردن خود روی پای خودشان مدفوع می‌کنند (وود استارک‌ها در هوای بسیار گرم هر دقیقه یک‌بار روی پای خود مدفوع می‌کنند).

تغییرات دما در طولانی‌مدت و تغییر اقلیمی طی میلیون سال در طول زندگی گونه‌ها تأثیر خود را می‌گذارد. طی چهل میلیون سال اخیر، زمین به طور کلی در یک مرحله خنک شدن بوده است. دلیل این روند کاملاً روشن نیست، اما نظریه‌ای می‌گوید که بالاتر رفتن کوه هیمالیا و انبساط صخره‌ها باعث تغییرات شیمیایی ناشی از فرسایش در اثر هوا می‌شود و این به نوبه خود به کاهش دی اکسید کربن در فضا می‌انجامد. در آغاز این روند طولانی خنک شدن، در دوره ایوسین پسین، جهان به قدری گرم بود که تقریباً هیچ یخی بر روی سیاره وجود نداشت. در حدود سی و پنج میلیون سال پیش دما به قدری کاهش یافت که در قطب جنوب یخچال‌ها پدید آمدند. سه میلیون سال پیش دما باز تا حدی کاهش یافت که قطب شمال هم یخ بست و کوه‌های یخی دائمی شکل گرفتند. سپس در حدود ۲٫۵ میلیون سال پیش، در آغاز عصر پلیستوسین دنیا وارد یک سلسله دوره‌های یخبندان شد. لایه‌های یخی عظیمی همشایر شمالی را فرا گرفت، که چند صد هزار سال بعد از آن دوباره شروع به ذوب شدن کردند.

حتی بعد از این که اندیشه عصر یخبندان به طور کلی پذیرفته شد - اولین بار در سال‌های دهه ۱۸۳۰ توسط لوئی آگاسی، که شاگرد کوویه بود، مطرح

شد - کسی نمی‌توانست توضیح دهد که چنین فرآیند شگفت‌انگیزی چگونه می‌توانست به وقوع بپیوندد. والاس در سال ۱۸۹۸ مطرح کرد که «برخی از تیزبین‌ترین و نیرومندترین متفکرین دوران کنونی خلاقیت خود را مصروف این مسأله کردند، اما تاکنون به نتیجه‌ای نرسیده‌اند». برای حل این مسأله نیاز به هفتاد و پنج سال دیگر وقت نیاز داریم. امروز باور بر این است که عصرهای یخبندان با تغییرات کوچکی در مدار زمین آغاز شده‌اند، که از جمله به دنبال اموری مثل نیروی جاذبه سیارات مشتری و زحل به وقوع پیوسته‌اند. این تغییرات توزیع نور خورشید در عرض‌های جغرافیایی مختلف در مقاطع مختلف سال را نیز تغییر می‌دهند. هنگامی که مقدار نور در عرض‌های جغرافیایی دور شمالی در تابستان به حداقل می‌رسد، برف در آنجا ایجاد می‌شود. این منجر به دوری از بازخورد می‌شود که باعث می‌شود تا سطح دی اکسید کربن در فضا کاهش یابد. با سقوط دما برف تشکیل می‌شود و به همین شکل ادامه می‌یابد. بعد از مدتی این دور وارد مرحله جدیدی می‌شود و چرخه بارخورد مسیر عکس می‌پیماید. یخ شروع به ذوب شدن می‌کند، سطح دی اکسید کربن جهانی افزایش می‌یابد و باز یخ به مدت طولانی‌تری ذوب می‌شود.

این الگوی یخ بستن/ ذوب شدن در دوره پلیستوسین، با تأثیرات دگرگون‌کننده جهانی، تقریباً بیست بار تکرار شد. مقدار آبی که یخ بسته بود به قدری زیاد بود که سطح دریاها در دوره یخبندان سیصد متر پائین آمد و وزن لایه یخی به قدری زیاد بود که برای فشار آوردن بر سطح فوقانی زمین^{۲۱۹} کفایت می‌کرد تا به نوبه خود بر لایه میانی زمین^{۲۲۰} فشار آورد (در مکان‌هایی مثل شمال بریتانیا و سوئد فرآیند بازگشتن لایه‌ها به جای قبلی از آخرین عصر یخبندان هنوز ادامه دارد).

گیاهان و حیوانات دوران پلیستوسین چطور با این نوسانات دما سازگار شدند؟ بر اساس نظر داروین آن‌ها با جابه‌جایی خود موفق به سازگاری شدند. او در اثر خود در باره منشأ گونه‌ها از مهاجرت‌های گسترده در ابعاد قاره‌ای صحبت می‌کرد.

به موازات این که سرما چیره شد و مناطق جنوبی‌تر برای موجودات قطبی مناسب شد، و برای ساکنان معمولی قبلی‌اش ناسازگارتر شد، این گروه دوم جابه‌جا شدند و موجودات ساخته قطب شمال جای آن‌ها را گرفتند ... وقتی گرما بازگشت، موجودات قطبی به سمت شمال برگشتند و به خوبی در بازگشت خود با مناطق گرم‌تر شده سازگار شدند.

نظریات داروین از آن پس توسط تمام شواهد فیزیکی تأیید شده است. برای مثال، محققانی که بر روی سوسک‌های کهن تحقیق می‌کنند، دریافته‌اند که حتی حشرات ریز طی دوران‌های یخبندان هزاران کیلومتر برای یافتن شرایط اقلیمی مناسب مهاجرت کردند (اینجا می‌توان به سه گونه از این حشرات اشاره کرد: تاکاینوس کیلاتوس^{۲۱} یک سوسک کوچک، کند و قهوه‌ای است که امروز در کوهستان‌های غرب اولان باتور، در مغولستان زندگی می‌کند. این سوسک طی دوره یخبندان اخیر در انگلستان مرسوم بود).

برآورد می‌شود که میزان تغییر دما در قرن آتی تقریباً به اندازه دوره یخبندان باشد (اگر سطح انتشار گازهای کنونی در ادامه افزایش یابد، انتظار می‌رود که کوهستان‌های آند تا ۹ درجه بالا رود). اما اگر دما در همین حد باقی بماند، میزان حرارت بالا نخواهد رفت. میزان نقش کلیدی دارد. افزایش دما امروزه حداقل ده بار سریع‌تر از افزایش گرما در پایان عصر یخبندان اخیر و سریع‌تر از افزایش گرما در پایان تمام عصرهای یخبندان بوده است که در گذشته وجود داشته است. موجودات زنده برای بقای خود ناگزیر از مهاجرت

هستند، و یا باید خود را حداقل ده بار سریع‌تر با شرایط جدید سازگار کنند. در جرگه‌های جنگلی سیلین، فقط درختانی که قابلیت جابه‌جایی (یا ریشه دواندن) سریع را دارند - مثل جنس بسیار فعال *شفلر* - می‌توانند با این افزایش سریع دما سازگار شوند. معلوم نیست که چه تعداد از گونه‌ها سرعت کافی برای سازگاری داشته باشند، بنابر این به گفتهٔ سیلین شاید بتوانیم، خواسته یا ناخواسته در دهه‌های آتی جوابی پیدا کنیم.

* * *

پارک ملی مانو که جرگه‌های جنگلی سیلین را در خود جای داده در جنوب شرقی پرو، در نزدیکی مرز بولیوی و برزیل واقع شده است و به وسعت تقریبی ۹۶۰۰ کیلومتر مربع است. بر اساس گفتهٔ سازمان برنامهٔ محیط زیست سازمان ملل متحد، مانو منطقهٔ حفاظت شده‌ای است که احتمالاً بیشترین تنوع زیستی دنیا را دارد. بسیاری از گونه‌ها را می‌توان تنها در پارک و حوالی نزدیک آن یافت، که شامل سه گونهٔ سرخس *سایاتیا مولتی‌سگمنتا*^{۲۲۲}، یک پرنده به اسم گونه‌سفید^{۲۲۳} پرندۀ مگس‌خوار^{۲۲۴}، یک جانور جونده به اسم موش باربارا براون براش تریلد^{۲۲۵} و یک پرندۀ کوچک سیاه، که با نام لاتینش، *رینه‌لامانو*^{۲۲۶}، شناخته می‌شود.

Cyathia multisegeta ۲۲۲

White-cheeked ۲۲۳

tody flycatcher ۲۲۴

Barbara Brown's brush-tailed rat ۲۲۵

Rhinella manu ۲۲۶

یکی از دانشجویان سیلمن، به اسم رودی کروز، در اولین شب سفر اصرار داشت که همه به دنبال رینه‌لا مانو بگردیم. او طی دیدار قبلی خود از جرگه چندین وزغ را دیده بود، و مطمئن بود اگر سعی کنیم، این بار هم آن‌ها را خواهیم دید. اخیراً مقاله‌ای در مورد شایع شدن قارچ سمی چیتريد خواندم که به ادعای نویسندگان به منطقه مانو هم رسیده بود. اما ترجیح دادم که در آن باره صحبت نکنم. شاید رینه‌لامانو هنوز در آنجا باقی باشد، که در این صورت حتماً می‌خواهم آن را ببینم.

ما چراغ‌قوه‌های خود را روی پیشانی گذاشتیم و مثل صفی از کارگران معدن زغال‌سنگ راهی جاده شدیم، جنگل در دل سیاه شب به یک ظلمت غیر قابل نفوذ تبدیل شده بود. کروز با نور چراغ‌قوه‌اش در امتداد تنه درختان راه را نشان می‌داد و بوته‌های آناناس را زیر نظر می‌گرفت و بقیه ما به دنبال او می‌رفتیم. یک ساعت گذشت تا اینکه فقط چند قورباغه قهوه‌ای از جنس پرستیمانتیس^{۲۲۷} پیدا کردیم. پس از مدتی همه کسل شدند و به اردوگاه برگشتند، اما کروز تسلیم نشد. شاید فکر می‌کرد که مشکل ما هستیم. او گروه را در مسیر مخالف هدایت کرد. گاهی شنیده می‌شد کسی از او می‌پرسد «چیزی پیدا کردی؟» پاسخ «نه» بود.

روز بعد، پس از بحث‌های پیچیده در باره معیارها، به راه افتادیم. سیلمن هنگامی که می‌رفت آب بیاورد یک خوشه توت سفید پیدا کرد که شبیه نوارهای قهوه‌ای روشن بود و آن را به عنوان شکوفه درختی از خانواده براسیکاسیا یا موستارد شناسایی کرد، که هرگز در گذشته نظیر آن را ندیده بود. همین او را بر آن داشت تا گمان کند که این شکوفه متعلق به گونه جدیدی است. شکوفه

را در روزنامه پیچیدیم تا آن را با خود ببریم. حضور در لحظه کشف یک گونه جدید مرا سرشار از غرور می کرد، اگر چه نقشی در اکتشاف نداشتیم.

* * *

در بازگشت به مسیر، سیلین راه را با کارد بزرگ خود باز می کرد، گاه گاهی مکث می کرد تا به نکات جدیدی در باره عجایب گیاهی اشاره کند، مثلاً درختچه ای که با فرو کردن ریشه های سوزنی خود از همسایگانش آب می دزدد. سیلین طوری در باره گیاهان صحبت می کند که معمولاً در باره ستارگان سینما صحبت می کنند. او این درختچه را شخصیتی جذاب و الهام بخش [کاریزماتیک] توصیف کرد. گونه های دیگر «تفنی»، «مرتب»، «باهوش» و «شگفت انگیز» توصیف می شدند.

بعد از ظهر به قله بعدی رسیدیم که چشم اندازی بر دره داشت. درختان روی قله تکان می خوردند. این نشان می داد که میمون های پشمالو راه خود را در جنگل باز می کردند و جیغ زنان از شاخه ای به شاخه دیگر می پریدند. همه ایستادند تا نگاهی به آن ها بیندازند. جیغ های شان شبیه به صدای جیرجیرک ها بود. سیلین کسبه خرید را بیرون آورد و آن را دست به دست گرداند.

لحظه ای بعد به جرگه شش در ارتفاع ۲۲۰۰ متری رسیدیم، که درختی از جنس جدید در آن یافت می شد. سیلین با کارد بزرگش به آن اشاره کرد. درخت کاملاً معمولی به نظر می رسید، اما من سعی کردم از نگاه او به درخت نگاه کنم. درخت از درختان دور و بر خود نازک تر بود - شاید می توانستیم آن را بلند و جذاب توصیف کنیم - با پوسته ای صاف و متمایل به قرمز و برگ های

ساده متفاوت. این درخت متعلق به خانواده ایغوربی‌ای‌سی‌آی^{۲۲۸} یا فرفیون^{۲۲۹} بود که درختچه‌های مکزیکی پوینستیا اعضایش بودند. سیلین مشتاق بود تا آنجا که ممکن است در مورد درخت اطلاع به دست آورد، تا یک فرد منضبط جدید بتواند آن درخت را جایگزین درخت مرده‌ای کند. او و فارفان رفتند تا ببینند چه چیزی دستگیرشان می‌شود. آن‌ها با چند بذر کروی شکل برگشتند که به ضخامت و سختی پوسته فندق بودند، اما شکل ظریفی داشتند و شبیه به نیلوفرهای گلدار بودند. بذره‌های کروی از بیرون قهوه‌ای تیره، و از درون به رنگ شن بودند.

آن‌روز خورشید قبل از رسیدن ما به جرگه هشت غروب کرد، جایی که قرار بود در آن اتراق کنیم. در تاریکی به راه خود ادامه دادیم و بعد خیمه‌های خود را برپا کردیم و در تاریکی شام درست کردیم. من ساعت ۹ شب به کیسه خوابم خزیدم، اما چند ساعت بعد با نوری بیدار شدم. گمان کردم کسی به توالت رفته است و پهلوی به پهلوی شدم. صبح سیلین به من گفت: تعجب می‌کنم که تو چگونه می‌توانستی میان تمام این سر و صداها بخوابی. شش گروه از تولید کنندگان برگ کوکا از محل اردوگاه رد شدند (در پرو اگرچه فروش برگ کوکا مجاز است، اما تمام خریده‌ها با نظارت یک نهاد دولتی به اسم ای‌ان‌ای‌سی‌او^{۲۳۰} صورت گیرد و کشت کنندگان تمام تلاش خود را می‌کنند تا از قید و بندهای آن شانه خالی کنند). تک‌تک گروه‌ها روی خیمه او پا گذاشته بود. او به قدری آزاده شده بود که بر سر کشت‌گران فریاد می‌کشید، که شاید کار عاقلانه‌ای نبود.

Euphorbiaceae ۲۲۸

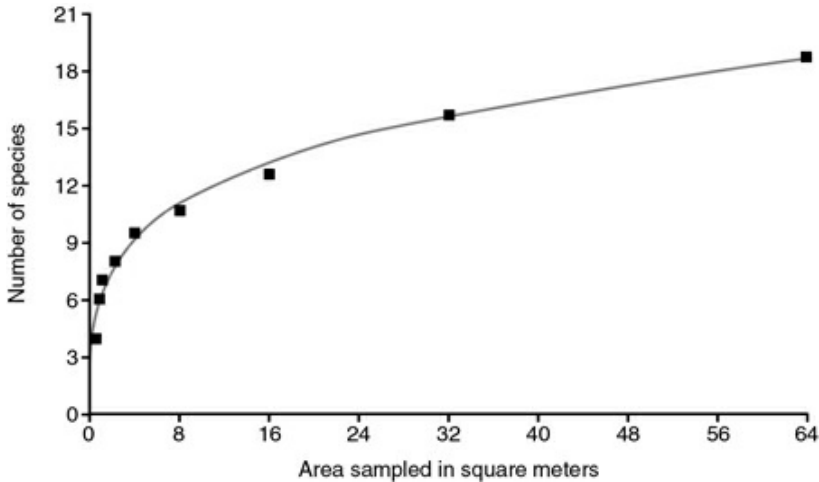
spurge ۲۲۹

ENACO ۲۳۰

قوانین پهنه زیست‌محیطی را نمی‌توان به سادگی زیر پا گذاشت. یکی از محدود قوانین فراگیر پذیرفته شده «پیوند میان گونه‌ها و مساحت»^{۳۱} یا «اس‌ای‌آر» SAR است، که به عنوان یکی از مبرم‌ترین موضوعات در دستور بررسی دوره‌ای قرار گرفته است. پیوند میان گونه‌ها و مساحت در کلیت به قدری ساده می‌نماید که تقریباً بدیهی است. هر چه مساحت بزرگ‌تر باشد شمار گونه‌ها در آن بیشتر است. این الگو به سال‌های دهه ۱۷۷۰، توسط یوهان رینهولد فوستر، محقق علوم طبیعی برمی‌گردد که در دومین سفر اکتشافی کاپیتان کوک با او همراه بود، همان سفر بدسرانجامی که کشی‌اش به صخره‌های گریت باری‌یر ریف اصابت کرد. این الگو در سال‌های دهه ۱۹۲۰ توسط گیاه‌شناس سوئدی، اولوف آرهنیوس، با عبارات ریاضی بازنویسی شد (اولوف پسر سوانته آرهنیوس شیمی‌دان بود، که در سال‌های دهه ۱۸۹۰ نشان داد که سوخت سنگواره‌ای باعث گرم‌تر شدن سیاره می‌شود). ای‌او ویلسون و همکار او رابرت مک‌آرتور در سال‌های دهه ۱۹۶۰ پالایش باز هم بیشتری به این الگو دادند و آن را متحول کردند.

ارتباط متقابل میان شمار گونه‌ها و میزان مساحت خطی نیست، بلکه به صورت یک خط منحنی است که به جهتی قابل پیش‌بینی متمایل می‌شود. این ارتباط معمولاً با قاعده $(S = cA^z)$ بیان می‌شود، که S شمار گونه‌ها و A میزان مساحت است. c و a مؤلفه‌های ثابتی هستند که بر اساس منطقه و طبقه‌بندی گروه مورد نظر تغییر می‌کنند (و از این رو درواقع به اصطلاح ثابت نیستند). این رابطه علیرغم نوع زمین قاعداً محاسبه می‌شود. می‌توان یک سلسله جزیره

یا جنگل بارانی یا یک پارک دولتی را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که شمار گونه‌ها طبق همین معادله ($S = CA^z$) تغییر می‌کند^{۲۳۲}.



یک نمونه مرسوم از رابطه میان گونه و مساحت، که به شکل منحنی نشان داده می‌شود.

رابطه گونه و مساحت در درک موضوع انقراض نقش کلیدی دارد. یک روش (طبعاً ساده) برای درک تأثیر انسان بر جهان این است که ما همه جا در حال تغییر مؤلفه A [مساحت] هستیم. نمونه یک علفزار را در نظر بگیرید که روزی هزاران کیلومتر مربع را می‌پوشاند. فرض کنیم که این علفزار زیستگاه صد گونه پرند (یا سوسک و یا مار) بود. اگر نیمی از این علفزار از بین می‌رفت و تبدیل به مزرعه یا مرکز خرید می‌شد، آنگاه می‌توانستیم با استفاده از رابطه گونه و مساحت نسبت گونه‌های پرندگان (یا سوسک‌ها و یا مارها) را که از بین رفته‌اند، محاسبه کنیم. به طور کلی این نسبت ده درصد است (باز لازم است اینجا به

۲۳۲ لازم است اشاره شود که همواره کمتر از ۱ است - معمولاً جایی بین ۰.۲۰ و ۰.۳۵.

خاطر آوریم که این رابطه خطی نیست). از آنجا که برای یک نظام زمان بسیار زیادی لازم است تا به تعادل جدیدی برسد، نباید انتظار داشت که گونه‌ها بلافاصله ناپدید شوند، اما می‌توان انتظار داشت در آن مسیر حرکت کنند.

گروهی از محققان در سال ۲۰۰۴ تصمیم گرفتند تا با استفاده از رابطه گونه / مساحت یک تخمین «اولیه» از خطر انقراض ناشی از گرمایش جهانی به دست دهند. اعضای گروه ابتدا در باره بیش از صد گونه گیاهی و حیوانی متعلق به گروه‌های زیستی کنونی داده‌هایی جمع‌آوری کردند. آن‌ها سپس این گروه‌های زیستی را در شرایط اقلیمی امروزی بررسی کردند. در آخر به دو سناریوی بسیار افراطی رسیدند. در یکی از این دو سناریو تمام گونه‌ها، در تشابه بسیار با درختان ایلکس در جرگه‌های سیلمن، خنثی فرض شدند. وقتی دما بالا می‌رفت آن‌ها در جای خود باقی می‌ماندند و در اغلب موارد میزان مساحت اقلیمی مناسب قابل دسترس کاهش می‌یافت و در موارد بسیاری دما تا صفر کاهش می‌یافت. پیش‌بینی‌هایی که بر پایه این سناریوی «پراکنده نشدن» قرار داشت دلگیرکننده بود. گروه تحقیقی تخمین زد که اگر گرما در سطح حداقل باقی بماند، بین ۲۲ و ۳۱ درصد از گونه‌ها در سال ۲۰۵۰ منقرض خواهند شد. اگر گرما به نقطه‌ای برسد که در آن زمان بالاترین گرمای ممکن فرض شود - که اکنون بسیار پایین به نظر می‌رسد - در نیمه این قرن بین ۳۸ و ۵۲ درصد از گونه‌ها محکوم به نابودی خواهند بود.

آنتونی بارنوسکی، دیرین‌شناس دانشگاه کالیفرنیا - برکلی، در نتیجه تحقیقاتش نوشت: «این آن چیزی است که به بیان دیگر می‌خواهم بگویم: به اطراف خود نگاه کنید. نیمی از موجوداتی که می‌بینید بکشید. یا اگر دل‌تان می‌سوزد، فقط یک چهارم آن‌ها را بکشید. این همان آینده‌ای است که با آن روبه‌رو خواهیم بود».

ثانیاً، در خوشبینانه‌ترین سناریو تصور می‌شود که گونه‌ها بیشترین جابه‌جایی را خواهند داشت. در این سناریو به موازات بالا رفتن دما، موجودات زنده می‌توانند هر منطقه جدیدی را که امکان سازگاری با شرایط اقلیمی‌اش را داشته باشند، اشغال کنند. اما گونه‌های بسیاری جایی برای رفتن ندارند. گرمایش زمین آن شرایط زیستی را که موجودات زنده با آن سازگار هستند، از بین می‌برد (مشخص شده است که «شرایط اقلیمی نابودساز» در سطح گسترده در مناطق گرمسیر عمل خواهند کرد). گونه‌های دیگر شاهد کاهش مساحت زیستگاه‌های خود خواهند بود زیرا به دنبال عواقب تغییرات اقلیمی ناچارند به طرف بالا مهاجرت کنند و مساحت قله کوهستان از کوهپایه کوچک‌تر است.

گروه تحقیقی به رهبری کریس توماس، زیست‌شناس دانشگاه یورک، با استفاده از سناریوی «پراکندگی فراگیر» دریافت که با یک حداقل گرمایش پیش‌بینی شده در سال ۲۰۵۰، ۹ تا ۱۳ درصد از تمام گونه‌ها «منقرض خواهند شد». گروه تحقیقی با محاسبه سطح متوسط این دو سناریو و سطح متوسط گرمایش پیش‌بینی شده به این نتیجه رسید که ۲۴ درصد از تمام گونه‌ها به سمت انقراض خواهند رفت.

این تحقیق به عنوان مقاله روی جلد در نشریه نیچر منتشر شد. شمار عظیمی از مطالبی که از محققان در نشریات عامیانه انعکاس یافت در یک جمله خلاصه می‌شد. مثلاً بی‌بی‌سی اعلام کرد: «تغییر اقلیمی می‌تواند در سطح جهانی یک میلیون از گونه‌ها را به انقراض بکشاند.» نشریه نشنال جیوگرافیک در سرمقاله‌ای نوشت: «گرمایش جهانی در سال ۲۰۵۰ یک میلیون گونه را منقرض خواهد کرد».

این تحقیق به دلایل مختلفی به چالش کشیده شده است. مثلاً این که رابطه متقابل میان گونه‌های زیستی را نادیده می‌گیرد؛ تحمل گونه‌ها می‌تواند بیش از آن چیزی باشد که در برابر شرایط اقلیمی کنونی است؛ دامنه بررسی این

مقاله تا سال ۲۰۵۰ محدود می‌شود، در حالی که میزان گرما می‌تواند تحت هر سناریوی ممکن دیگری بسیار فراتر رود؛ این مقاله رابطهٔ مساحت - گونه را در شرایط جدیدی بررسی کرده که به آزمون گذارده نشده است.

تحقیقات جدیدتر در نگرش خود به این مقاله در جهت‌های متضادی سیر کرده‌اند. بعضی چنین نتیجه‌گیری کرده‌اند که این مقاله در برآورد خود از شمار انقراض‌ها غلو کرده و برخی دیگر معتقدند که ابعاد انقراض‌ها بیش از آن خواهد بود که این مقاله تخمین زده است. توماس به سهم خود اعتراف کرد که بسیاری از انتقادات به این مقاله تدوین شده در سال ۲۰۰۴ وارد هستند، اما ابعاد هر تخمینی که از آن پس ارائه شده در همین راستا بوده است. پس بنابر این در حدود ده درصد و یا بیشتر از گونه‌ها (و نه یک درصد و یا یک دهم درصد) با تغییرات اقلیمی احتمالاً نابود خواهند شد.

توماس در مقالهٔ جدیدی ابراز کرد که بهتر است شمار انقراض‌ها را در ارتباط با «عوامل زمین‌شناختی» بررسی کنیم. او نوشت، «بعید است که تغییر اقلیمی به تنهایی موجب انقراض گسترده‌ای به وسعت پنج واقعهٔ عظیم شود». اما احتمال زیادی وجود دارد که تغییر اقلیمی به تنهایی مسبب سطحی از موج انقراض شود که در ردهٔ موج انقراض‌های کم‌دامنه‌تر گذشته است یا از آن‌ها هم فراتر رود.

نتیجه‌گیری او این بود که «تأثیرات بالقوه بر این امر صحنه می‌گذارند که ما اخیراً به آنتروپوسین قدم گذاشته‌ایم».

* * *

سیلمن گفت، «بریتانیایی‌ها دوست دارند هر چیزی را با پلاستیک مشخص کنند. ما فکر می‌کنیم که این به شکلی زمخت است». این روز سوم ما بود و ما

در مقابل مرز جرگه هشتم ایستاده بودیم، که توسط یک نوار آبی مشخص می‌شد. سیلمن حدس زد که این نوار باید کار دستی همکارانش در آکسفورد باشد. او زمان زیادی را در پرو سپری می‌کند - گاهی ماه‌ها به‌طور پیوسته - اما مدت‌های زیادی هم او در آنجا حضور ندارد و در این زمان هر چیزی ممکن است اتفاق بیفتد که او اطلاعی از آن‌ها ندارد (و اهمیتی هم برایش ندارد). برای مثال، سیلمن در طول مسیر چشمش به چندین سبد سیمی خورد که همکارانش قبلاً از درخت آویزان کرده بودند تا در آن‌ها بذرهایی که از درختان می‌افتادند را جمع‌آوری کنند. واضح بود که این سبدها با مقاصد تحقیقی نهاده شده بودند، اما کسی در آن باره چیزی به او نگفته بود و از او اجازه نگرفته بود، که گویای نوعی تخلف علمی بود. من حدس می‌زدم که محققان سرکش، مانند کشاورزان برگ کوکائین، مخفیانه در جنگل تردد می‌کردند.

سیلمن در جرگه هشت درخت «بسیار جالب» دیگری را به من نشان داد به اسم *آل‌زائتا ورتی‌چیلاتا*. این یک درخت غیرمعمول است، به این دلیل که تنها گونه در جنس، و حتی خانواده خود است و برگ‌های کاغذی، سبز روشن و دراز دارد و دارای گل‌های کوچک سفیدی است که وقتی گل می‌دهد به آن‌طور که سیلمن می‌گوید، بوی شکر سوخته می‌دهد. *آل‌زائتا ورتی‌چیلاتا* می‌تواند بسیار قد بکشد و در این ارتفاع خاص حدوداً دو هزار متری درخت مسلط جنگل است و دارای سایبان است. این یکی از گونه‌هایی است که به نظر می‌رسد بی‌حرکت در جای خود ایستاده است.

در مقایسه با دیدگاه‌های نظری توماس، جرگه‌های سیلمن بعدی عملی را به نمایش می‌گذاشت. بدیهی است که درختان تحرک بسیار کم‌تری از مثلاً تروگان‌ها - پرندگان مناطق تروپیک مانو - یا حتی کنه‌ها دارند. اما به همان اندازه که مرجان ساختار صخره‌ها را تعیین می‌کنند، درختان هم ساختار جنگل ابری را رقم می‌زنند. بعضی از گونه‌های حشرات به برخی از گونه‌های درختان

وابسته‌اند و انواعی از پرندگان هستند که وابسته به حشرات هستند و این فرآیند در زنجیره غذایی تداوم دارد. عکس این مطلب هم مصداق دارد، یعنی حیواناتی هستند که تأثیری مخرب در بقای جنگل دارند و با گرده‌افشانی و بذرپراکنی مانع مسلط شدن حشرات می‌شوند. حداقل برداشتی که می‌توان از فعالیت‌های سیلین کرد این است که گرمایش جهانی ساختار اجتماعات زیست‌بومی را تغییر می‌دهد. گروه‌های مختلف درختان واکنش‌های متفاوتی نسبت به گرمایش از خود نشان می‌دهند و بدین گونه تجمعات کنونی دچار تجزیه می‌شوند. گروه‌های جدیدی شکل می‌گیرند و در پهنه گسترده این تغییرات ساختاری سیاره گونه‌هایی هم شکوفا می‌شوند. درواقع گیاهان بسیاری هم هستند که از این سطح بالای دی اکسید کربن بهره می‌برند، زیرا برای شان آسان‌تر است تا برای عمل فتوسنتز مورد نیاز خود از این دی اکسید کربن استفاده کنند. گونه‌هایی هم جا می‌مانند و به تدریج از صحنه روزگار خارج می‌شوند.

سیلین خود را خوشبین می‌داند. این خوشبینی در تحقیقاتش منعکس می‌شود - یا حداقل قبلاً منعکس می‌شد. او می‌گفت «آزمایشگاه من به نوعی یک آزمایشگاه آفتاب تابان است». او خطاب به عموم می‌گفت که با روش اداره بهتر و حفاظت ذخایر در مکان‌های امن بسیاری از تهدیدهای تنوع زیستی - مثل قطع درختان، حفر معادن و احداث دامپروری - می‌تواند به حداقل برسد.

سیلین معتقد بود که «با اداره بهتر می‌توان از این تهدیدها حتی در مناطق تروپیک هم جلوگیری کرد».

اما تمامی اندیشه حفاظت گونه‌ها در مکان‌های مناسب در جهانی که به سرعت رو به گرمی می‌رود، اگر مورد تردید قرار نگیرد، قطعاً با مشکلاتی جدی مواجه خواهد شد. تغییر اقلیمی که به دنبال قطع درختان تداوم می‌یابد، نمی‌تواند محدود به مرزهای معینی شود و شرایط زیستی را در مانو تغییر

می‌دهد، همان‌طور که به یقین شرایط کوزکو یا لیما را هم دگرگون می‌کند. یک منطقه حفاظت‌شده در یک مکان ثابت برای خیل گونه‌هایی که به مکان‌های دیگر مهاجرت می‌کنند کاری نمی‌تواند بکند.

سیلمن بر این باور بود که «این مجموعی از فشارها است که از نظر کیفی متفاوت با آن فشارهایی است که ما به گونه‌ها تحمیل می‌کنیم. برای انواع دیگر مصائب انسانی همواره گریزگاه‌هایی وجود داشته است. تغییر اقلیمی تأثیر خود را بر هر چیزی می‌گذارد» و مانند اسیدی شدن اقیانوس‌ها پدیده‌ای فراگیر است، یا با عبارت کوویه «انقلابی در سطح کره زمین است».



بعد از ظهر در یک جاده خاکی به راه ادامه دادیم. سیلمن گیاهان گوناگونی را جمع‌آوری می‌کرد که علاقه‌اش را برمی‌انگیختند و آن‌ها را در کوله‌پشتی بزرگش جاسازی می‌کرد تا با خود به آزمایشگاهش ببرد. آفتاب غروب کرده بود و به تازگی باران باریده بود و موج مگس‌های سیاه و قرمز و آبی به گودال‌های تجمع آب هجوم آورده بودند. گاه‌گاه کامیون‌های پر از درختان قطع شده از پیش رو می‌گذشتند و مگس‌هایی را که فرصت گریختن از مهلکه را نمی‌یافتند زیر می‌گرفتند و جاده را پوشیده از بال مگس می‌کردند.

در ادامه راه به مجموعه‌ای از کلبه‌های توریستی رسیدیم. سیلمن برایم توضیح داد که این منطقه در میان پرندشناسان به‌خوبی شناخته شده است. همان‌طور که به آرامی به راه خود ادامه می‌دادیم چشمان مان به طیف متنوعی از گونه‌ها افتاد: پرندگان آوازخوان تانیجر طلایی^{۲۳۳}، تانیجرهای آبی - خاکستری، به رنگ گل ذرت و تانیجرهای گردن

۲۳۳ golden tanagers پرندۀ کوچک آوازخوان آمریکایی، از خانواده بانته‌ها (پرندگان دوران کهن) است و جنس نر آن‌ها پوشیده از پر

آبی، با رنگ فیروزه‌ای خیره کننده. همچنین با یک تانینجر منقار آبی، با شکم قرمز روشن و نیز با یک مجموعه از خروس‌های صخره‌ای آندی روبه‌رو شدیم که برای پره‌ای مخملی قرمز براق‌شان معروف شده بودند. جنس نر این گونه تاجی پهن روی سرش دارد و صدایی گوش‌خراش دارد.

تنوع زیستی در مقاطع مختلف تاریخ زمین بسیار گسترده بوده است، اما اکنون محدود به مناطق تروپیک است. مثلاً طی دوران کرتاسه میانی - ۱۲۰ تا ۹۰ میلیون سال پیش - درخت نان‌میوه^{۲۳۴} تا خلیج آلاسکا در شمال تکثیر شد. در ابتدای دوره زمین‌شناسی ایوسین - تقریباً ۵۰ میلیون سال پیش - درخت نخل در قطب جنوب می‌روئید و تمساح‌ها در دریا‌های کم‌عمق اطراف انگلستان شنا می‌کردند. به طور خلاصه، هیچ دلیلی وجود ندارد که تصور کنیم یک جهان گرم‌تر از جهان سردتر متفاوت باشد. چندین توضیح احتمالی برای «شیب تنوع عرض جغرافیایی» حاکی از آن است که، در دراز مدت، در جهانی گرم‌تر تنوع زیستی بیشتری وجود دارد، اما در کوتاه مدت و در هر مقطع زمانی که انسان در آن حضور داشته باشد، همه چیز متفاوت است. می‌توان گفت که تقریباً تمام گونه‌هایی که امروزه وجود دارند با سرما سازگار شده‌اند.

تانینجرهای طلایی و خروس‌های صخره‌ای، همگی آخرین عصر یخبندان را از سر گذرانده‌اند، حال در باره زاغ آبی‌رنگ، پرندۀ کاردینال و پرستوها چیزی نمی‌گوئیم. هم این‌ها و هم خویشاوندان بسیار نزدیک آن‌ها نیز عصرهای یخبندان پیاپی قبلی، تا نیم میلیون سال پیش از آن را هم از سر گذرانده‌اند. در عصر پلیستوسین عمده‌تأ دما در حد چشم‌گیری پائین‌تر از دمای کنونی بود. دوره‌های یخبندان بسیار طولانی‌مدت‌تر از دوره‌های مابین دوره‌های یخبندان بوده‌اند - و بدین ترتیب در گونه‌های زیستی یک امتیاز تکاملی شکل گرفت تا بتوانند شرایط زمستانی را تحمل کنند. در عین حال، طی دو و نیم میلیون سال هیچ امتیاز تکاملی شکل نگرفت تا گونه‌ها را قادر سازد خود را با گرمای شدید سازگار کنند، زیرا دما از آنچه که اکنون است چندان بالاتر نرفته است. در نوسان‌های دوره پلیستوسین ما در مقطع اوج افزایش دما قرار داریم.

برای رسیدن به سطح دی اکسید کربن بالاتر از آنچه امروز وجود دارد (و گرمایش جهانی متعاقب آن) لازم است تا زمانی بسیار طولانی به گذشته بازگردیم، شاید به دوری دوران میوسین میانی، یعنی پانزده میلیون سال قبل. کاملاً محتمل به نظر می‌رسد که سطح دی اکسید کربن در انتهای این قرن به سطحی برسد که از دوران نخل‌های قطب

جنوب در دوران ایوسین^{۲۳۵} - در حدود پنجاه میلیون سال قبل - تا کنون سابقه نداشته است. این که گونه‌ها هنوز ویژگی‌هایی را دارا هستند که پیشینیان‌شان را قادر ساخت تا در دوران کهن به بقای خود ادامه دهند، چیزی در مورد تأثیر کنونی گرمایش بیشتر بر روی گونه‌های نسل‌های آینده نمی‌گوید.

سیلمن معتقد بود که گیاهان برای تحمل دمای گرم‌تر کارهای بسیار زیادی می‌توانند انجام دهند. آن‌ها می‌توانند پروتئین‌های خاصی تولید کنند، سوخت و ساز بدنی خود را تغییر دهند و چیزهای دیگری شبیه به این‌ها. اما تحمل حرارتی می‌تواند برای‌شان گران تمام شود. و ما دماهایی شبیه به آنچه که میلیون‌ها سال پیش وجود داشته را تجربه نکرده‌ایم. پس پرسش این است: آیا گیاهان و حیوانات طی این دوره زمانی بسیار طولانی - که در طی آن مجموعه کاملی از پستان‌داران آمدند و رفتند - این ویژگی‌های بالقوه گران را حفظ کرده‌اند؟ اگر چنین باشد، ما به طور مثبت غافلگیر خواهیم شد. اما اگر چنین نشود چه اتفاقی خواهد افتاد؟ چه خواهد شد اگر آن‌ها این ویژگی‌های گران را از دست داده باشند و طی این میلیون‌ها سال امتیازاتی هم کسب نکرده باشند؟ سیلمن می‌گفت، «اگر تکامل به شیوه معمول خود عمل کند، سناریوی انقراض متحقق خواهد شد و چشم‌انداز آخرالزمانی شروع به خودنمایی خواهد کرد - ما نام انقراض بر آن نمی‌گذاریم، بلکه از زوال زیستی صحبت می‌کنیم که عنوان ملایم‌تری است».

فصل نهم

جزایر بر روی خشکی

اسیتون بورچلی^{۲۳۶}

اتوبان بی آر - ۱۷۴ در ایالت آمازونای برزیل از شهر مانائوس می‌گذرد، که تقریباً به طرف شمال، به سمت مرز ونزوئلا می‌رود. از این جاده برای تل انبار کردن خودروهای اوراکی در طرفین آن استفاده می‌شد. اما بعد، تقریباً بیست سال پیش، آن را آسفالت کردند و در حال حاضر عبور از آن آسان‌تر شده است و به جای تل خودروهای سوخته قهوه‌خانه‌هایی وجود دارند که از مسافران پذیرایی می‌کنند. بعد از حدود یک ساعت سفر سر و کله قهوه‌خانه‌ها پیدا می‌شود، و باز یک ساعت بعد یک تقاطع یک‌طرفه ظاهر می‌شود، به اسم جاده زد اف - ۳، که به سمت شرق می‌رود. زد اف - ۳ جاده همواری نیست و بعد از سه ربع دیگر سفر در آن به دروازه‌ای چوبی می‌رسیم که با زنجیری بسته شده است. در آن سوی دروازه چندین گاو خمار دیده می‌شود. کمی آن‌طرف‌تر محلی قرار دارد که به «منطقه حفاظت‌شده ۱۲۰۲»^{۲۳۷} شناخته شده است.

می‌توان منطقه حفاظت‌شده ۱۲۰۲ را جزیره‌ای در مرکز آمازون تصور کرد. من در یک روز گرم و بدون ابر، در نیمه فصل بارانی به آن‌جا رسیدم. کثرت و فشردگی شاخ و برگ‌ها در این منطقه به قدری بود که حتی تابش مستقیم

آفتاب هم نمی توانست به درون رخنه کند و همچون کلیسایی نیم تاریک به نظر می رسید. از درختی در نزدیکی من صدای جیغ بلندی آمد که مرا به یاد سوت پلیس انداخت. به من گفتند که این صدای یک پرنده کوچک و ساده است که به پی های جیغ زن^{۲۳۸} معروف است. پی ها باز هم جیغ کشید و بعد ساکت شد.

منطقه حفاظت شده ۱۲۰۲ در تفاوت با جزیره معمولی طبیعی، یک جنگل بارانی بکر، با مساحت ۲۵ هکتار است که تقریباً یک چهارگوش کامل است و توسط «دریایی» از بوته احاطه شده است. منطقه حفاظت شده ۱۲۰۲ در عکس های هوایی همچون قایق سبزرنگی دیده می شود که در امواج قهوه ای شناور است.

منطقه حفاظت شده ۱۲۰۲ بخشی از یک مجمع الجزایر کامل در میان جزایر آمازون است، که همگی به تساوی نامی علمی گرفته اند: منطقه حفاظت شده ۱۲۰۲، منطقه حفاظت شده ۱۳۰۱، منطقه حفاظت شده ۲۱۰۷. شماری از مناطق حفاظت شده حتی کوچک تر از بیست و پنج هکتار هستند و معدودی از آن ها هم کمی بزرگ تر هستند. این ها مجموعاً معرف گسترده ترین و طولانی ترین تحقیقات در سطح جهانی هستند که به طور خلاصه «پی دی اف پی»^{۲۳۹} لقب گرفته است. تقریباً هر وجب از این مناطق توسط کسی مورد بررسی قرار گرفته است: گیاه شناس، که بر درختان برچسب می زند، متخصص پرندگان، که پرندگان را دسته بندی می کند، حشره شناس که مگس های میوه را شمارش می کند. وقتی از منطقه حفاظت شده ۱۲۰۲ دیدن کردم با دانشجوی فارغ التحصیلی از پرتغال آشنا شدم که بر روی خفاش ها

screaming piha ۲۳۸

۲۳۹ BDDFP یا Biological Dynamics of Forest Fragments Project «پروژه پویایی زیستی جرقه های جنگلی» یک زمینه

تحقیقی زیست بومی در مقیاس گسترده است که به بررسی تأثیرات زیستگاه های تقسیم شده در جنگل های بارانی مناطق مدار

رأس السرطان می پردازد (در ترجمه آن را به اختصار «پروژه جرقه های جنگلی» می نامیم) - م.

مطالعه می‌کرد. او هنگام ظهر از خواب بیدار شده بود و در کلبه‌ای که همچون پایگاه تحقیقی و نیز آشپزخانه عمل می‌کرد مشغول غذا خوردن بود. هنگامی که با هم صحبت می‌کردیم یک کابوی لاغراندام، با تفنگی بر شانه، سوار بر اسبی لاغر ظاهر شد. دقیقاً نمی‌دانستم که آیا به دنبال شنیدن صدای کامیونی که من با آن آمده بودم ظاهر شده بود تا از آن دانشجو در مقابل مزاحم احتمالی محافظت کند یا اینکه نمی‌خواست غذای آماده را از دست بدهد.

پروژه جگره‌های جنگلی حاصل یک همکاری عجیب و غریب میان گاوداران و فعالین حفاظت از محیط زیست و حیات وحش است. در سال‌های دهه ۱۹۷۰ دولت برزیل گاوداران را تشویق به اسکان کردن در شما مانو کرد، که عمدتاً منطقه‌ای غیرمسکونی بود. هدف دولت این بود تا از جنگل‌زدایی حمایت مالی کند. گاودارانی که به جنگل‌های بارانی نقل مکان می‌کردند و درختان را قطع می‌کردند و شروع به فعالیت‌های دامپروری می‌کردند مشمول حمایت مالی دولتی می‌شدند. همزمان بنا بر قانون برزیل دامداران در آمازون می‌بایست حداقل نیمی از جنگل‌هایی که مالک آن بودند را دست‌نخورده باقی بگذارند. تناقض میان این دو لایحه باعث شد تا زیست‌شناسی به اسم تام لاجوی پیشنهادی را مطرح کند. چه می‌شد اگر دامداران متقاعد می‌شدند تا اجازه می‌دادند که محققان تصمیم بگیرند کدام درخت قطع شود و کدام باقی بماند. این اندیشه با عبارت لاجوی در یک جمله خلاصه می‌شد: در این فکر که اگر می‌شد برزیلی‌ها را متقاعد کرد تا پنجاه درصد از درختان را باقی بگذارند، این برای یک فعالیت تحقیقی عظیم کفایت می‌کرد. در این صورت امکان هدایت بررسی یک فرآیند افسارگسیخته در تمام مناطق تروپیک سراسر دنیا فراهم می‌شد.



تصویر قسمت‌های جنگلی شمال مانائوس از آسمان

لاوجوی به مانائوس پرواز کرد تا برنامه خود را برای مقامات برزیلی مطرح کند و برخلاف انتظارش پروژه او مورد استقبال قرار گرفت. این پروژه بیش از سی سال است که اجرا می‌شود. طی این مدت به‌قدری دانشجوی فارغ‌التحصیل در مناطق حفاظت‌شده فعالیت تحقیقی کرده‌اند که می‌توان عنوان جدیدی برایش تعیین کرد که به قدر کافی گویا خواهد بود: «پاراه‌شناس». پروژه جرگه‌های جنگلی به سهم خود «مهم‌ترین فعالیت تحقیقی زیست‌بومی تاکنونی» لقب گرفته است.

در حال حاضر در حدود هشتاد میلیون کیلومتر مربع از سطح خشکی زمین فاقد بیخ است و این مبنایی است که معمولاً برای محاسبه تأثیر انسان بر زمین.

بر اساس مطالعات اخیر که توسط انجمن زمین‌شناسی آمریکا^{۲۴۰} منتشر شده است، انسان‌ها با دخالت مستقیم خود بیش از نیمی از این مساحت را به کشتزارها و مراتع دامی تبدیل کرده‌اند، که در حدود بیش از چهارصد و سی دو میلیون کیلومتر مربع می‌شود. این مساحت شامل شهرها، مراکز خرید، مخازن آبی، مناطق جنگل‌زدایی شده و معادن هم می‌شود. در حدود سه پنجم کل این مساحت - سی و شش میلیون و هشتصد هزار کیلومتر مربع باقی‌مانده - پوشیده است از جنگل‌ها (بنا به گفته مؤلفین گزارش «جنگل‌های طبیعی، اما نه لزوماً بکر»)، کوهستان‌ها، بیابان‌ها و دشت‌های قطبی بی‌درخت در اروپا، آسیا و آمریکا. مطالعه جدید دیگری که توسط انجمن زیست‌بومی آمریکا منتشر شد نشان داد که حتی این آمار و ارقام سرسام‌آور ابعاد تأثیرات انسان بر کره زمین را کم‌رنگ جلوه داده است. مؤلفین این مطالعه دوم به نام‌های اِارل الیس از دانشگاه مرلند و ناوین رامنکوتی از دانشگاه مک‌گیل معتقدند که فکر کردن در عبارات بایوم‌ها^{۲۴۱}، که توسط شرایط اقلیمی و گیاهان - خواه چمن‌زارهای معتدل باشد و یا جنگل‌های شمالی - دیگر حق مطلب را نمی‌رساند. به جای این، جهان را به «آنتروم‌ها»^{۲۴۲} تقسیم می‌کنند، مثلاً آنتروم شهری به وسعت هشتصد هزار کیلومتر مربع، و آنتروم زمین‌های زراعی آبیاری شده به وسعت هفت میلیون و دویست هزار کیلومتر مربع. الیس و رامنکوتی مجموعاً هجده آنتروم را برشمرده‌اند که روی هم شصت و دو میلیون و چهارصد هزار کیلومتر مربع وسعت دارند. علاوه بر این‌ها هفده میلیون و ششصد هزار کیلومتر مربع هم وجود دارد که اغلب خالی از جمعیت هستند و قسمت‌هایی از آمازون و پهنه‌های وسیعی از سبیری و شمال کانادا و نیز بخش‌های برجسته‌ای از

Geological Society of America ۲۴۰

۲۴۱ Biome محدوده‌هایی از کره زمین که بر اساس گیاهان و حیواناتی که در آن زندگی می‌کنند طبقه‌بندی می‌شوند. با بررسی دما،

خاک، میزان نور و آب می‌توان پی برد که چه موجودات زنده‌ای در آن محدوده زندگی می‌کنند - م.

anthromes ۲۴۲

بیابان‌ها، گابی و بیابان‌های ویکتوریای کبیر را دربر می‌گیرد، که «سرزمین وحشی» می‌نامند.

اما معلوم نیست که آیا بتوان در دوران آنتروپوسین به‌واقع حتی این مناطق را هم وحشی قلمداد کرد. منطقه توندرا^{۲۴۳} پوشیده از لوله است و جنگل شمالی پوشیده از خطوط انرژی صنعتی است. مراتع دامی و کشتزارها و پروژه سدهای آبی جنگل بارانی را تکه‌تکه می‌کند. در برزیل مردم از یک الگوی جنگل‌زدایی به اسم «استخوان ماهی» صحبت می‌کنند، که در آن یک شاهراه حکم ستون فقرات ماهی را دارد و انبوهی از راه‌های فرعی در امتداد آن ساخته می‌شود (که گاه غیرقانونی هستند). این راه‌های فرعی حکم تیغه‌های ریز ماهی را دارند که به ستون فقراتش متصلند. آنچه که از جنگل باقی می‌ماند لکه‌های دراز و باریک هستند. هم‌اکنون مکان‌های وحشی به درجات مختلف تکه‌تکه شده‌اند. و این چیزی است که تجربه تقسیم‌بندی‌های جنگلی لاجوی را تا به این حد با اهمیت می‌سازد. منطقه حفاظت‌شده^{۱۲۰۲}، با شکل چهارضلعی کاملاً غیرطبیعی‌اش به‌طور روزافزونی معرف شکل کنونی جهان است.



نقش‌ها در پروژه جرگه‌های جنگلی همواره در حال تغییر هستند، بنابر این حتی برای کسانی که سال‌های طولانی در این پروژه فعالیت کرده‌اند مشخص نیست با چه کسی همکاری کنند. من همراه با ماریو کان‌هافت به منطقه حفاظت‌شده^{۱۲۰۲} آمدم. کان‌هافت یک پرنده‌شناس آمریکایی بود که ابتدا در اواسط سال‌های دهه ۱۹۸۰ به عنوان کارورز کار خود را در این پروژه آغاز کرد و نهایتاً با یک برزیلی ازدواج کرد و در حال حاضر در مؤسسه تحقیق ملی آمازون در

^{۲۴۳} منطقه قطبی شمالی، مسطح، بدون درخت و یخ‌زده در آسیا، اروپا و آمریکای شمالی - م.

مانائوس مشغول کار است. او بلندقد و لاغراندام است، با موهای خاکستری و چشمان محزون. همان عشق و شوری که مایلز سیلمن به درختان مناطق تروپیک دارد، کان‌هافت به پرندگان دارد. زمانی از او پرسیدم که چند گونه پرندۀ آمازونی را می‌تواند از طریق صدای‌شان شناسایی کند. او نگاه پرسشگرانه‌ای به من انداخت، گویی که منظورم را متوجه نشده است و جواب داد، همه آن‌ها را. در آمار رسمی تعداد این پرنده‌ها چیزی در حدود هزار و سیصد گونه است. اما کان‌هافت معتقد است که تعداد واقعی بسیار بیشتر است، زیرا مردم عمدتاً آن‌ها را بر اساس ویژگی‌هایی مثل اندازه و پرشان شناسایی می‌کنند و توجه چندانی به صدای‌شان ندارند. پرنده‌هایی که کمابیش یکسان جلوه می‌کنند، اما صداهایی متفاوت دارند، از نظر ژنتیکی متفاوت هستند. در زمان این سفر کان‌هافت مشغول آماده کردن مقاله‌ای در خصوص شناسایی گونه‌های جدیدی بود که از طریق گوش کردن دقیق به صدای‌شان به وجودشان پی برده بود. یکی از این‌ها پرندۀ شبانه‌ای بود متعلق به خانواده پوتو، که صدای محزون و گیرایی داشت که بومی‌ها گاهی به کوروپیرا نسبت می‌دادند، که شخصیتی افسانه‌ای در فرهنگ سنتی برزیل بود. این شخصیت افسانه‌ای چهره‌ای پسرانه، موهایی پرپشت و پاهای معکوس داشت. او شکارچیان قاچاق و هر کسی را که بیش از حد از جنگل برمی‌داشت، شکار می‌کرد.

از آنجا که سپیده‌دم برای شنیدن صدای پرندگان بهترین زمان است، من و کان‌هافت کمی بعد از ساعت چهار صبح در تاریکی به طرف منطقه حفاظت‌شده ۱۲۰۲ روان شدیم. اولین توقف ما یک برج فلزی نسبتاً زنگ‌زده به ارتفاع چهل و پنج متر بود که به منظور تقویت ایستگاه هواشناسی ساخته شده بود. این برج چشم‌انداز گسترده‌ای را به روی جنگل می‌گشود. کان‌هافت دوربینی را که با خود آورده بود، روی یک سه‌پایه نصب کرد. او همچنین یک تلفن هوشمند و یک بلندگوی کوچک همراه داشت که در جیبش جا می‌گرفت. در تلفن هوشمند صدا ضبط شده بود و گاهی اوقات که صدای پرنده‌ای را می‌شنید که

نمی‌توانست جای او را تشخیص دهد صدایش را پخش می‌کرد، به این امید که پرنده خود را نشان دهد.

کان‌هافت گفت، در طی روز می‌توان صدای صد و پنجاه گونهٔ پرنده را شنید اما ده تایی آن‌ها را دید. گاهی پرتوی بر بستر سبز می‌افتاد و امکان می‌داد پرندگانی را ببینیم که کان‌هافت دارکوب چشم‌زرد، تیتیرای دم‌سیاه و طوطی بال‌طلایی شناسایی کرده بود. کان‌هافت توانست دوربین را روی یک نقطهٔ آبی‌رنگ متمرکز کند که معلوم شد زیباترین پرنده‌ای بود که تا آن‌زمان دیده بودم: یک پرندهٔ پاکرمز عسل‌خوار از خانوادهٔ تنیجرها، با سینهٔ یاقوتی، پاهای مخملی و سر براق زردمانند.

وقتی آفتاب بالا آمد و صدای پرندگان کمتر شد، برگشتیم. هوا به تدریج بسیار گرم می‌شد و ما از عرق خیس می‌شدیم به دروازهٔ زنجیرشده رسیدیم که مرز منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ ۱۲۰۲ بود. کان‌هافت مسیری را انتخاب کرد که برای رفت و آمد به منطقه باز شده بود و سپس به جایی قدم گذاشتیم که می‌توانستیم کمابیش مرکز منطقهٔ حفاظت‌شده فرض کنیم. کان‌هافت توقف کرد تا شاید صدایی بشنود ولی چیز زیادی برای شنیدن نبود.

او گفت، الان فقط صدای دو گونه را می‌شنوم. یکی از آن‌ها کبوتری سربی‌رنگ است که یکی از گونه‌های اولیهٔ جنگلی است و صدایی شبیه به باران دارد: ووپس. پرندهٔ دیگر صدایی شبیه به «چودل، چودل، بیپ دارد.» او صدایی درآورد، گویی که یک نوازندهٔ فلوت در حال تمرین است، که پرنده‌ای به اسم روفوس براود پپرش‌رایک^{۲۴۴} است.

کان‌هافت تعریف می‌کرد که اولین وظیفهٔ کاری او در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ ۱۲۰۲ به دام انداختن و بستن پرنده‌ها و سپس آزاد کردن‌شان بود، که به

۲۴۴ rufous-browed peppershrike پرنده‌ای است مرسوم در مناطق جنگلی که از خانوادهٔ وی‌پرو است - م.

اختصار به «بگیر و ول کن» معرف بود. برای به‌دام انداختن پرندگان توری به ارتفاع یک و نیم متر از سطح زمین در امتداد جنگل کشیده می‌شد. شمارش پرندگان قبل از ایجاد جرگه‌های جنگلی و بعد از آن صورت می‌گرفت و تعداد قبل و بعد از تقسیم‌بندی جنگل با هم مقایسه می‌شد. کان‌هافت و همکارانش در مجموع در تمام یازده منطقه حفاظت‌شده در حدود بیست و پنج هزار پرنده را ثبت کردند.

کان‌هافت گفت، اولین نتیجه حاصل از این گونه تحقیقات، که تأثیر مهاجرت‌ها را نشان می‌داد، همه ما را شگفت‌زده کرد، اگر چه در مقایسه با زمینه‌های تحقیقی بزرگ‌تر پیش‌پا افتاده جلوه می‌کرد. آنچه که با تقسیم‌بندی جنگل اطراف اتفاق افتاد این بود که تعداد پرندگان ثبت‌شده و گاهی هم تعداد گونه‌ها طی سال اول افزایش یافت. دلیلش ظاهراً این بود که پرندگان مناطق جنگل‌زدایی‌شده به قسمت‌های تقسیم‌شده پناه می‌آوردند. اما به مرور زمان هم تعداد و هم گونه‌های پرندگان در قسمت‌های تقسیم‌شده رو به کاهش گذاشت. و همین روند ادامه پیدا کرد.

آن‌طور که کان‌هافت بازگو می‌کرد، نکته فقط کاهش ناگهانی گونه‌ها نبود، بلکه کاهش منظم آن‌ها طی گذشت زمان هم جلب نظر می‌کرد. و آنچه که در مورد پرندگان رخ می‌داد در مورد سایر گونه‌ها هم اتفاق می‌افتاد.

* * *

جزایر - توجه ما الان بیشتر نه «جزایر» در زیستگاه‌ها، بلکه جزایر واقعی است، که روند کاهش گونه‌ها را می‌پیمایند و در عبارت علمی به آن دیوپریت^{۲۴۵}

می‌گویند. حقیقت این است که جزایر آتشفشانی در میان اقیانوس قرار دارند و اینکه جزایری که لندبریج^{۲۴۶} یا - جزایر ارتباطی - نام دارند، در نزدیکی ساحل هستند. محققان طی بررسی‌های پی‌درپی جزایر ارتباطی (که هنگام نوسان‌های سطح دریاها به وجود می‌آمدند) به این نتیجه رسیدند که تنوع زیستی در این مناطق کمتر از قاره‌هایی بوده که زمانی جزئی از آن‌ها بودند.

چرا تنوع زیستی با جداشدن مناطق کاهش می‌یابد؟ پاسخ در مورد بعضی از گونه‌ها مشخص است: وسعت آن منطقه زیستی که این گونه‌ها در آن منزوی شدند برای‌شان ناکافی بوده است. یک گربه‌سان بزرگ که نیازمند منطقه‌ای به وسعت تقریبی ۶۵ کیلومتر مربع است، در مساحتی با بیش از سی کیلومتر مربع زندگی می‌کند. قورباغه کوچکی که در برکه تخم می‌گذارد و در تپه خوراک خود را می‌یابد برای بقای خود نیازمند برکه و تپه است.

اما اگر تنها مشکل فقدان زیستگاه مناسب می‌بود، جزایر ارتباطی می‌توانستند در مدتی نه چندان طولانی یک تنوع زیستی جدید نسبتاً پایدار را در سطحی پائین‌تر ایجاد کنند. این جزایر به از دست دادن گونه‌های خود ادامه می‌دهند، که نام عجیب و خوشبینانه «استراحت» را روی آن گذاشته‌اند. تخمین زده شده که روند استراحت در برخی از جزایر ارتباطی، که طی بالا آمدن سطح دریاها در انتهای دوره پلاستوسین ایجاد شده بود هزاران سال به طول انجامید. این روند در بعضی جزایر دیگر هنوز در جریان است.

بوم‌شناسان پدیده استراحت را روند تصادفی زندگی توصیف می‌کنند. محدوده‌های کوچک‌تر جمعیت کمتری را در خود جای می‌دهند و جمعیت کمتر در مقابل حوادث غیر قابل پیش‌بینی آسیب‌پذیرتر است. یک مثال افراطی

۲۴۶ Land-bridge محدوده‌های ارتباطی میان دو خشکی، به‌ویژه در دوران ماقبل تاریخ که به انسان‌ها و حیوانات امکان می‌دادند تا به با

عبور از آن‌ها به مناطق جدید مهاجرت کنند - م.

می‌آوریم: جزیره‌ای خانهٔ تنها یک جفت پرندۀ بارآور، به اسم ایکس است. یک سال بعد آشیانهٔ آن‌ها در اثر توفان از روی درخت می‌افتد. سال بعد از آن آشیانه مورد حملهٔ یک مار قرار می‌گیرد. اکنون گونهٔ ایکس راه انقراض را می‌پیماید. اگر این جزیره خانهٔ دو جفت پرندۀ بارآور باشد، احتمال انقراض آن‌ها کم‌تر می‌شود و اگر بیست جفت در آن جزیره زندگی کنند این احتمال بسیار کم‌تر می‌شود. اما احتمالات کوچک‌تر هم در درازمدت می‌توانند تأثیر مرگ‌بار داشته باشند. این روند می‌تواند با یک احتمال شیر یا خط مقایسه شود. بعید است که طی ده بار بالا انداختن سکه، هر ده بار روی خط بیفتد. قوانین احتمالات به قدری محکم هستند که نیازی به ارائهٔ شواهد تجربی نیست تا نشان دهند که جمعیت کوچک با خطر انقراض بیشتری روبه‌رو است، اما این شواهد موجود هستند. در سال‌های دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ علاقمندان تماشای پرندگان اطلاعات نسبتاً دقیقی از تک‌تک جفت‌هایی به دست آوردند که در جزیرهٔ باردسی، خارج از منطقهٔ ویلز، زاد و ولد می‌کردند، از گنجشک‌های خانگی معمولی و پرندۀ صدف‌خوار «ویسترکاچر» گرفته، تا پرندۀ کمیاب «پلاورز» و کیورلیوز. این اطلاعات در سال‌های دههٔ ۱۹۸۰ توسط جارد دایموند مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت، که در آن موقع پرندۀ شناس بود و در رابطه با پرندگان گینهٔ نو تخصص داشت. دایموند توانست رابطهٔ میان ناپدید شدن جفت‌های پرندۀ از جزیره و میزان جمعیت آن‌ها را بر روی نمودار ترسیم کند، که در آن شیب منحنی با افزایش تعداد جفت‌های پرندۀ به طرز برجسته‌ای کم‌تر می‌شد. او جمع‌بندی کرد که دلیل عمدهٔ انقراض محلی «تعداد کم جمعیت» است.

جمعیت‌های کم طبعاً محدود به جزایر نیستند. ممکن است تپه‌ای تعداد قورباغه‌های کم، و غلفزاری تعداد گرگ‌های کمی را در خود جای دهند. و در روند معمول وقایع انقراض همواره رخ می‌دهد. اما گاهی به دنبال انقراض یک گونهٔ نگون‌بخت، منطقه توسط اعضای گونهٔ مهاجر کامیاب‌تری اشغال می‌شود.

آنچه که جزایر را متمایز می‌کند - و به پدیده استراحت مفهوم می‌دهد - این است که اشغال مجدد در آن‌ها بسیار دشوار و در موارد بسیاری عملاً غیرممکن است (هنگامی که یک جزیره ارتباطی جمعیت کوچکی از مثلاً ببرها را در خود می‌پذیرد، بعد از نابودی آن‌ها احتمالاً تعداد کمی ببر می‌توانند در آن جا به بقای خود ادامه دهند). همین امر در مورد تمام زیست‌گاه‌های منزوی شده صدق می‌کند. این که چه چیزی در اطراف این زیست‌گاه‌ها است، اشغال مجدد آن‌ها توسط گونه‌های جدید می‌تواند عملی یا غیرعملی باشد. محققان پروژه جگره‌های جنگلی دریافتند که مثلاً پرندگانی مثل ماناکین‌های تاج‌سفید^{۲۴۷} به سادگی از مسیرهای باز شده در جنگل عبور می‌کنند، اما پرندگان دیگر، مثل پرندگان مورچه‌خوار، یا آنت‌بیرد^{۲۴۸}، اصلاً مایل به چنین کاری نیستند. فقدان مهاجرت و اشغال مجدد باعث می‌شود تا انقراض‌های محلی منطقه‌ای و به تدریج سراسری شوند.



ده‌ها کیلومتر دورتر از منطقه حفاظت‌شده ۱۲۰۲ جاده خاکی تمام می‌شود و منطقه‌ای از جنگل بارانی خودنمایی می‌کند که با معیارهای کنونی بکر قلمداد می‌شود. محققان پروژه جگره‌های جنگلی این منطقه جنگلی را همچون جگره تقسیم‌بندی کرده‌اند تا بر آن کنترل داشته باشند و بتوانند آنچه را که در آن می‌گذرد، با جنگل اطراف آن مقایسه کنند. در نزدیکی انتهای جاده اردوگاه کوچکی به اسم اردوگاه ۴۱ قرار دارد تا محققان بتوانند از آن برای استراحت و

۲۴۷ white-crowned manakin پرندۀ کوچکی لست از مناطق مدار رأس‌السرطان آمریکا با سر بزرگ و نوکی کوچک و جنس نر آن

رنگی درخشان دارد - م.

۲۴۸ scale-backed antbird پرندۀ مورچه‌ای جنگل‌های تروپیک آمریکای جنوبی، با پاهای بلند، دم کوتاه، که جنس نر آن پره‌ای

کوتاه خاکستری و جنس ماده پره‌ای قهوه‌ای دارد - م.

خواهیدن استفاده کنند و در مواقع بارانی در آن پناه گیرند. درست پس از بارش باران در یک بعدازظهر من و کان‌هافت به آنجا رسیدیم. ما مسیر جنگل را در زیر باران می‌دویدیم، اما فایده‌ای نداشت و وقتی که به اردوگاه رسیدیم کامل خیس شده بودیم.

پس از بند آمدن باران و چلانیدن جوراب‌های من به عمق جنگل روان شدیم. آسمان هنوز ابری بود و تاریکی بر سراسر جنگل سایه افکنده بود. من به یاد کوروپیرا، شخصیت حماسی، افتادم که با پاهای وارونه در میان درختان پنهان شده بود.

ای.او. ویلسون که دوبار از پروژه جرگه‌های جنگلی دیدن کرده بود، پس از سفر خود مقاله‌ای نوشت با عنوان «جنگل می‌خروشد، اما به گونه‌ای در ورای حواس انسانی». کان‌هافت جمله مشابهی به من گفت، منتها عامیانه‌تر: «جنگل بارانی بر صفحه تلویزیون بسیار بهتر نمایان می‌شود». در ابتدا چیزی در جنگل توجه من را جلب نمی‌کرد، اما پس از آنکه کان‌هافت در مورد علائم مختلف زندگی حشرات برایم توضیح داد من هم شروع به کشف موارد پنهان زیادی کردم: حشره شبح‌وار^{۲۴۹} که به برگ خشکی آویزان شده و پاهایش را تکان می‌دهد، عنکبوتی که خود را در تارش محبوس کرده. یک تکه گل استوانه‌مانند که از سطح جنگل بیرون زده، که خانه کرم خزوکی است. آنچه که به شکل یک هیولای شکم برآمده جلوه می‌کرد، لانه انبوه مورینه‌ها بود. کان‌هافت گیاهی را شناسایی کرد که ملاستوم نام دارد. او یکی از برگ‌های آن را برگرداند و ضربه‌ای بر روی ساقه‌اش زد که توخالی می‌نمود. مورچه‌های کوچک سیاه‌رنگی از آن بیرون ریختند که وحشی به نظر می‌رسیدند، یعنی همان‌طور که باید باشند. او توضیح داد که این مورچه‌ها از این گیاه در مقابل حشرات

دیگر دفاع می‌کنند و در عوض از آن به عنوان محل زندگی مجانی استفاده می‌کنند.

کان‌هافت در ماساچوست غربی بزرگ شده، که چندان دور از محلی که من در آن زندگی می‌کنم نیست. او گفت: با خود فکر کردم که به عنوان یک متخصص طبیعت‌گرا به خانه بازگشتم. او اسم اکثر درختان و حشرات و تمامی پرندگانی را که در مسیر نیو انگلند غربی دیده می‌شوند، می‌داند. اما متخصص بودن در آمازون غیرممکن می‌نماید، زیرا گونه‌های بسیار زیادی در آنجا وجود دارد که امکان شناخت همه آن‌ها وجود ندارد. در بررسی از جرگه‌های پروژه جرگه‌های جنگلی در حدود هزار و چهارصد گونه درخت شناسایی شده، که حتی بیشتر از تعدادی است که در جرگه‌های سیلمن، هزاران کیلومتر آن‌طرف‌تر به سمت غرب، وجود دارد.

کان‌هافت گفت، «این‌ها محیط‌های زیستی بسیار متنوعی هستند که هر تک گونه‌ای در آن بسیار خاص است و کارهای بسیار زیادی وجود دارند که لازم است انجام شوند، درست همان‌طور که شما انجام می‌دهید». او نظریه خود را به تنوع زیستی در مناطق تروپیک، به عنوان و شرطی ضروری برای جلوگیری از انقراض‌ها اختصاص داد. او تشریح کرد که یکی از پیامدهای تنوع زیستی بالا تمرکز جمعیت پایین است، و این دستورالعملی است برای شکل‌گیری گونه‌های جدید و تفکیک آن‌ها که با فواصل مکانی ایجاد می‌شود. تنوع زیستی همچنین به عنوان یک نقطه ضعف عمل می‌کند زیرا جمعیت‌های کوچک و منزوی بیشتر در معرض خطر انقراض هستند.

خورشید پایین می‌آمد و جنگل نیم‌تاریک شده بود. هنگامی که به سمت اردوگاه ۴۱ برمی‌گشتیم در چند قدمی خود با ارتشی از مورچه‌ها برخوردیم که مسیر خود را می‌پیمودند. این مورچه‌های قهوه‌ای، متمایل به قرمز در یک صف مستقیم حرکت می‌کردند که به یک کنده درخت بزرگ منتهی می‌شد. آن‌ها

از آن کنده به طرف بالا و پایین رژه می‌رفتند. من تا جایی که می‌توانستم صفشان را در هر دو سو نظاره کردم، اما به نظر می‌آمد که همین‌طور می‌روند و می‌روند، مانند رژه ارتش سرخ. کان‌هافت گفت، این صف مرکب است از ارتش مورچگانی که متعلق به گونه/سیتون بورچللی است.

ارتش مورچه‌ها^{۲۵۰} در ده‌ها گونه متفاوت در مناطق تروپیک وجود دارند و به دلیل ویژگی خانه‌به‌دوشی خود از اغلب مورچه‌های دیگر متمایزند. این‌ها اوقات خود را یا در حرکت و با شکار حشرات، عنکبوت‌ها و گاهی مارمولک‌های کوچک می‌گذرانند و یا در اردوگاه‌های موقتی «بی‌وآکس» سپری می‌کنند (مورچه‌های اسیتون بورچللی «بی‌وآکس»^{۲۵۱} از خود مورچه‌ها مشتق شده‌اند و به صورت یک کره گزنده شریر در اطراف ملکه جمع می‌شوند). ارتش مورچه‌ها به حریص بودن معروفند. یک مستعمره در حال رژه آن‌ها می‌تواند روزانه سی هزار طعمه، مثل نوزاد حشرات دیگر را، بخورد. اما در کنار حریص بودن خود از شماری از گونه‌های دیگر حمایت می‌کنند. مجموعه کاملی از پرند وجود دارد که با عنوان اجباری پیروان مورچه شناخته می‌شود. این گونه از پرندگان تقریباً همیشه در اطراف ازدحام این مورچه‌ها پرسه می‌زنند و از حشراتی که آن‌ها از برگ‌ها بیرون می‌کشند، تغذیه می‌کنند. پرندگان دیگری هم وجود دارند که فرصت‌طلبانه پیرو مورچه هستند و هنگامی که اتفاقی با مورچه‌ها برخورد می‌کنند شروع به پرسه زدن در اطراف آن‌ها می‌کنند. به جز پرندگان پیرو مورچه، گونه‌های دیگری هم هستند که همان تخصص پرندگان پیرو مورچه را دارند. پروانه‌هایی هم وجود دارند که از مدفوع پرندگان تغذیه می‌کنند و مگس‌های انگلی‌ای هم هستند که نوزادان‌شان را جیرجیرک‌ها و سوسک‌های

۲۵۰ Army ants مورچه‌های نابینا و بدون لانه ثابت هستند که در مناطق تروپیک زندگی می‌کنند و در ستون‌های بزرگ رفت و آمد

می‌کنند و عمدتاً از حشرات و عنکبوت‌ها تغذیه می‌کنند - م.

Eciton burchellii bivouacs ۲۵۱

وحشت زده می‌کارند. چندین گونه از عنکبوت‌ها هستند که سوار مورچه‌ها می‌شوند. گونه‌هایی هستند که خود را به پای مورچه‌ها و بعضی هم به آرواره‌های آن‌ها می‌چسبانند. یک زوج طبیعت‌شناس آمریکایی به نام‌های کارل و ماریان ریتن‌مهیر، که بیش از نیم قرن را به مطالعه مورچه‌های اسیتون بورچلی اختصاص دادند، فهرستی از بیش از سیصد گونه تدوین کردند که زندگی‌شان با مورچه‌ها تداعی می‌شود.



یک مورچه‌ارتش از گونه اسیتون بورچلی

کانهافت صدایی از مورچه‌ای نشنید و زمان می‌گذشت، پس به اردوگاه برگشتیم. با هم توافق کردیم که روز بعد به جرگه برگردیم و به دنبال صفوف پروانه - پرنده - مورچه بگردیم.

در اواخر سال‌های دهه ۱۹۷۰ حشره‌شناسی به نام تری اروین در پاناما کار می‌کرد. از او سؤال شد: چند گونه حشره در یک وسعت یک هکتاری در جنگل مناطق تروپیک می‌تواند وجود داشته باشد؟ او تا آن زمان اغلب سوسک‌ها را شمارش می‌کرد. اروین که از این سؤال به وجد آمده بود، نوک درختان را با حشره‌کش قراول رفت و سپس حشره‌های مرده‌ای که توسط باران شدیدی از برگ‌ها جدا شدند و به زمین افتادند را شمارش کرد. او فقط از یک گونه درخت، به اسم *لوهیا سیمانیای*^{۲۵۲} سوسک‌هایی را جمع‌آوری کرد که متعلق به بیش از نهصد و پنجاه گونه بودند. با توجه به این‌که تقریباً یک پنجم این سوسک‌ها متعلق به گونه درخت لوهیا سیمانیای بودند، و به همین شکل سوسک‌های دیگر متعلق درختان دیگری بودند، مشخص شد که سوسک‌ها در حدود چهل درصد از تمام حشرات را نمایندگی می‌کردند و این حقیقت که تقریباً پنجاه هزار گونه درخت مناطق تروپیک وجود دارد، اروین تخمین زد که مناطق تروپیک خانه تعدادی معادل با سی میلیون گونه بندپا بوده است (این تعداد علاوه بر حشرات شامل عنکبوت‌ها و هزارپاها هم می‌شود). اروین اعتراف کرد که از این جمع‌بندی خود شوکه شده است.

از آن پس تلاش‌های زیادی به عمل آمدند تا برآوردهای اروین را پالایش دهند. تمایلات بیشتر بر این بودند که این ارقام را پایین آورند (اروین از جمله شاید در نسبت حشرات وابسته به یک میزبان گیاهی غلو کرده بود). اما علیرغم این‌ها تمام ارقام محاسبه شده به گونه‌ای گیج‌کننده بالا بودند: برآوردهای اخیر نشان دادند که حداقل دو میلیون، و یا شاید هفت میلیون، گونه حشره مناطق تروپیک وجود داشته باشد. برای مقایسه، فقط در حدود ده هزار گونه پرنده در تمام دنیا یافت می‌شود، در حالی که تنها پنج هزار و پانصد گونه پستان‌دار وجود دارد. بدین ترتیب تنها در مناطق تروپیک معادل با هر گونه دارای مو و

غدد پستانی حداقل سیصد گونه شاخکدار و گونه دارای چشم‌های جانبی (از نوع چشمان حشرات) وجود دارد.

میزان بالای حشرات به این معنی است که می‌توان هر تهدیدی علیه مناطق تروپیک را به نابودی بالقوه تعداد بسیار زیادی از گونه‌ها تفسیر کرد. به محاسبه زیر توجه کنید. به طور مشخص محاسبه جنگل‌زدایی مناطق تروپیک دشوار است، اما اجازه دهید فرض کنیم که هر ساله یک درصد از درختان جنگل‌ها قطع می‌شوند. با استفاده از معادله رابطه مساحت - $S = CA^2$ که در آن Z معادل بیست و پنج درصد است، می‌توان برآورد کرد که از دست دادن یک درصد از مساحت بکر به معنی از دست دادن تقریباً یک چهارم یک درصد از گونه‌های بومی آن منطقه است. اگر خیلی محتاطانه فرض کنیم که دو میلیون گونه در جنگل‌های بارانی مناطق تروپیک وجود داشته باشد، به این معنی است که هر ساله چیزی نزدیک به پنج هزار و هر روزه در حدود چهارده گونه زیستی نابود می‌شوند، و یا اینکه در هر صد دقیقه یک گونه منقرض می‌شود.

این برآورد دقیق توسط ای‌او نیلسون، مدت کوتاهی بعد از سفرش به پروژه جرگه‌های جنگلی، در اواخر سال‌های دهه ۱۹۸۰ انجام شد. ویلسون نتایج تحقیقش را در نشریه *ساینس* / *امریکن منتشر کرد* و بر پایه این تحقیقات نتیجه‌گیری کرد که نرخ انقراض معاصر ده هزار بار بیشتر از آن چیزی است که می‌توانست به طور طبیعی رخ دهد. میزان کنونی انقراض تنوع زیستی را به پایین‌ترین سطح تنزل می‌دهد که از انقراض دوران کرتاسه پسین به این طرف بی‌سابقه بوده است. انقراض آن دوران، اگر نه بزرگ‌ترین انقراض تاریخ، بلکه معروف‌ترین آن بود، زیرا نقطه پایانی بر عصر دایناسورها گذاشت، برتری پستان‌داران را به همراه آورد و نهایتاً، خوب یا بد، زمینه‌های پیدایش گونه خود ما را فراهم آورد.

برآورد ویلسون مثل محاسبهٔ اروین شوکبرانگیز بود. فهم این محاسبات آسان بود و حداقل تکرار آن‌ها امکان‌پذیر بود و توجه زیادی را جلب کردند، نه فقط در ابعاد کوچک مناطق تروپیک، بلکه همچنین در رسانه‌های عمومی. یک زوج بوم‌شناس انگلیسی با اندوه می‌گفتند: روزی نمی‌آید که خبر انقراض‌های هر ساعته را نشنویم، که در اثر نابودی جنگل‌های مناطق تروپیک رخ می‌دهند. اکنون، بیست و پنج سال بعد، همه متفق‌القولند که محاسبات ویلسون و اروین با مشاهدات هماهنگی ندارند. این معضلی است که می‌بایست برای مؤلفین علمی و شاید باز هم بیشتر برای محققان نگران‌کننده باشد. بر روی علت‌ها بحث‌ها هنوز ادامه دارند.

یک احتمال این است که انقراض احتیاج به زمان دارد. فرض محاسبات ویلسون این بود که هنگامی که منطقه‌ای جنگل‌زدایی می‌شود گونه‌ها کمابیش بلافاصله نابود می‌شوند. اما زمانی طول خواهد کشید تا آن جنگل به طور کامل به مرحلهٔ «استراحت» برسد و بسته به بازی سرنوشت، حتی ممکن است جمعیت‌های کوچک باقی‌مانده طی مدت زمانی طولانی به بقای خود ادامه دهند. تفاوت میان شمار گونه‌هایی که به دنبال نوعی تغییر محیطی محکوم به نابودی شده‌اند و شمار آن گونه‌هایی که هم‌اکنون نابود شده‌اند اغلب به عنوان «تردید انقراض» مورد توجه قرار می‌گیرند. این اصطلاح به این معنی است که فرآیند انقراض حتمی است اما فقط احتیاج به زمان دارد، همانطور که ما امروز خرید می‌کنیم و بهای آن را بعداً می‌پردازیم.

یک توضیح ممکن دیگر این است که زیستگاهی که در اثر جنگل‌زدایی از بین رفته، در حقیقت نابود نشده است. حتی جنگل‌هایی که درختانش را قطع کرده‌اند، یا برای ایجاد زمین‌های مرتعی درختانش را سوزانده‌اند قابل ترمیم هستند و ترمیم هم می‌شوند. آن‌چه که طنزآمیز به نظر می‌رسد این است که این نظریه بهترین مثال خود را از منطقه‌ای درست در نزدیکی پروژهٔ جرگه‌های

جنگلی می‌آورد. مدت کوتاهی بعد از آن که لاجوی مقامات برزیلی را قانع کرد تا از پروژه حمایت کنند، کشور در چنتهٔ یک بحران بدهی مالی گرفتار بود و در سال ۱۹۹۰ یک تورم سی هزار درصدی بر کشور حاکم بود. دولت وعدهٔ حمایت مالی خود به گاوداران را بازپس گرفت و هزاران کیلومتر از زمین‌ها به حال خود رها شدند. در اطراف بعضی از جرگه‌های جنگلی پروژه درختان با چنان شدتی دوباره شروع به رشد کردند که جرگه‌ها کاملاً در آن‌ها بلعیده شدند و لاجوی تصمیمی برای مجزا کردن مجدد آن‌ها از طریق بریدن و سوزاندن آن‌ها نگرفت. اگرچه جنگل بکر در مناطق تروپیک به کاهش خود ادامه می‌دهد، جنگل ثانوی در برخی از مناطق در حال گسترش است.

اما توضیح ممکن دیگر برای این که مشاهدات با پیش‌بینی‌ها سازگاری ندارند این است که انسان‌ها چندان توجهی به آن‌ها ندارند. از آن‌جا که حشرات و بی‌مهرگان اکثریت گونه‌های مناطق تروپیک به شمار می‌آیند، پس اغلب انقراض‌های ممکن هم همان حشرات و بی‌مهرگان هستند. اما نظر به این که ما از شمار حشرات مناطق تروپیک در ابعاد میلیونی آن اطلاعی نداریم، پس اگر یک یا دو و یا حتی هزاران تایی آن‌ها هم نابود شوند، از حیطةٔ توجه ما دور خواهند ماند. یک گزارش جدید از انجمن جانورشناسی لندن اشاره می‌کند که «وضعیت حفاظتی کمتر از یک درصد از تمام بی‌مهرگان توصیف شده مشخص است» و اکثریت عظیم آن‌ها احتمالاً حتی شناسایی هم نشده‌اند. آن‌طور که ویلسون می‌گفت، بی‌مهرگان شاید «گروه کوچکی باشند که دنیا را می‌گردانند»، اما چیزهای کوچک به آسانی از قلم می‌افتند.

هنگامی که من و کان‌هافت به اردوگاه ۴۱ برگشتیم، چندین نفر به آن‌جا آمده بودند، از جمله همسر کان‌هافت، ریتا مسکیتا، که بوم‌شناس است، و تام لاجوی، که برای دیدار از گروهی به نام بنیاد پایداری آمازون به مانائوس رفته بود. لاجوی اکنون، در ابتدای هفتاد سالگی خود برای ابداع اصطلاح «تنوع زیستی» در چرخه کلی و نیز برای ابداع اندیشه «تخفیف بدهی برای سرمایه‌گذاری زیست‌محیطی»^{۲۵۳} مورد تقدیر قرار گرفته است. لاجوی سال‌ها برای صندوق جهانی حیات وحش، اسمیت‌سونیان (موزه ملی تاریخ طبیعی)^{۲۵۴}، سازمان ملل متحد و بانک جهانی انجام وظیفه کرده است و چیزی در حدود نیمی از جنگل بارانی آمازون تا حدود زیادی به لطف تلاش‌های او تحت نوعی از حمایت قانونی قرار گرفته است. لاجوی شخصیت نادری است که می‌تواند به راحتی در جنگل کار کند و در کنگره شهادت دهد. او همیشه به دنبال جمع‌آوری کمک و حمایت برای حفظ آمازون است. در آن شب، وقتی دور هم نشسته بودیم او گفت که بعدها تام کروز را به اردوگاه ۴۱ دعوت خواهد کرد. او گفت، به نظر می‌رسد که تام کروز حس خوبی نسبت به خود دارد، اما متأسفانه دلش را نمی‌داند.

تا کنون بیش از پانصد مقاله علمی و چندین کتاب در باره پروژه پویایی زیستی جرگه‌های جنگلی نوشته شده است. وقتی از لاجوی خواستم تا این آموخته‌ها را جمع‌بندی کند گفت، باید مواظب بود تا دستاوردی در زمینه‌ای به تمامیت تعمیم نیابد. مثلاً تحقیق اخیر نشان داد که تغییرات ناشی از استفاده از زمین در آمازون بر گردش جوی هم تأثیر می‌گذارد، به این معنی که تخریب جنگل بارانی در ابعاد گسترده نه فقط باعث نابودی جنگل می‌شود، بلکه باران را هم از بین می‌برد.

۲۵۳ debt-for-nature swap توافقنامه‌ای است که بر اساس آن بخشی از بدهی‌های خارجی یک کشور در حال رشد در ازای

سرمایه‌گذاری‌های داخلی آن کشور بر روی پروژه‌های حفظ محیط زیست بخشوده می‌شود - م.

لاوجوی مثالی آورد: «فرض کن منطقه‌ای را به قسمت‌های صد هکتاری تقسیم کنیم. آنچه که پروژه نشان داده این است که ما اساساً بیش از نیمی از جانوران و گیاهان را از دست داده‌ایم. طبعاً همان‌طور که می‌دانی، همه چیز در دنیای واقعی پیچیده‌تر است».

بیشتر یافته‌های پروژه جرگه‌های جنگلی درواقع نموده‌های متفاوتی از موضوع انقراض بوده است. در محدوده پروژه می‌توان شش گونه پریمات^{۲۵۵} را یافت. سه تای آن‌ها - میمون عنکبوتی سیاه، میمون کاپوچین قهوه‌ای و میمون ساکی ریش‌دار - در جرگه‌های ما نیستند. پرندگانی مثل دارکوب دم‌دراز و پرندۀ پشت‌زیتونی برگ‌یاب^{۲۵۶} که در گروه‌هایی با گونه‌های مختلف سفر می‌کنند، همگی در جرگه‌های کوچک‌تر ناپدید شده و در مناطق بزرگ‌تر به تعداد بسیار کم‌تری وجود دارند. قورباغه‌هایی که در دیواره‌های ساخته گراز پکاری پرورش می‌یابند، همراه با خود گرازهایی که آن دیوارها را می‌سازند نابود شده‌اند. بسیاری از گونه‌هایی که حتی نسبت به تغییرات کوچک نور و حرارت حساسند، در ابعاد گسترده در حاشیۀ جرگه‌ها کاهش یافته‌اند، اما شمار پروانه‌هایی که نور را دوست دارند بالا رفته است.

در عین حال گرچه این در ورای مرزهای پروژه جرگه‌های جنگلی است، اما ارتباط نگران‌کننده‌ای میان تجزیۀ جنگل‌ها و زیستگاه‌ها^{۲۵۷} از یک طرف و گرمایش جهانی، از طرف دیگر است، دقیقاً همان‌طور گرمایش جهانی و اسیدی شدن آب اقیانوس‌ها یا گرمایش جهانی و هجوم گونه‌های مهاجم و یا گونه‌های

۲۵۵ Primates پستان‌دارانی که شامل انواع میمون‌های لمور، باش‌ببی، تارسی‌یر، مارموس‌ت تا خود انسان می‌شود - م.

۲۵۶ olive-backed foliage gleaner

۲۵۷ fragmentation یا Habitat fragmentation فرآیندی است که در آن مناطق گسترده زیستگاه‌ها در اثر دخالت انسانی و ایجاد

راه‌ها شهرها و تبدیل جنگل‌ها به مراتع و کشتزارها به شمار بیشتری از قطعات کوچک‌تر و جدا از هم تجزیه می‌شوند و این باعث انزوای گونه‌ها

و در نهایت انقراض‌شان می‌شود - م.

مهاجم و تجزیه جنگل‌ها و زیستگاه‌ها با هم مربوطند. گونه‌ای که به دنبال بالا رفتن دما ناچار به مهاجرت می‌شود، در تکه مجزایی از جنگل به دام می‌افتد. حال هر چقدر هم که آن تکه بزرگ باشد، باز تداوم بقای آن گونه نامحتمل می‌شود. ویژگی‌های مشخص آنتروپوسین در این است که جهان را به گونه‌ای تغییر می‌دهد که گونه‌ها وادار به جابه‌جایی می‌شوند و موانعی مثل جاده‌ها و شهرهای جنگل‌زدایی شده باز به نوبه خود مانع مهاجرت‌شان می‌شود.

لاجوی گفت، «لایه فوقانی جدیدی که من در سال‌های دهه ۱۹۷۰ به آن فکر می‌کردم تغییر اقلیمی بود». او این را بدین گونه تشریح کرد که «در مواجهه با تغییر اقلیمی - حتی اگر تغییر اقلیمی طبیعی باشد - فعالیت‌های انسانی انتشار و گسترش تنوع زیستی را مسدود می‌کند، که می‌تواند به یکی از بزرگ‌ترین بحران‌های زیستی در تمام دوران‌ها منجر شود».

در آن شب همه زودتر رفتند بخوابند. پس از چند دقیقه، که چند ساعت به نظرم آمد، با یک صدای عجیب ناگهانی از خواب پریدم که معلوم نبود از کجا می‌آید. این صدا اوج بیشتری گرفت و بعد پایین آمد و درست وقتی دوباره به خواب رفتم دوباره طنین‌انداز شد. می‌دانستم که این صدای جفت‌گیری نوعی قورباغه است. من از رخت‌خوابم برخاستم و با چراغ‌قوه‌ای نگاهی به اطراف انداختم. نتوانستم منبع صدا را پیدا کنم، اما حشره‌ای با نوری طبیعی نظرم را جلب کرد. هوس کردم آن را در یک بطری بگذارم، البته اگر بطری‌ای در دست می‌بود. صبح روز بعد کان‌هافت به یک جفت قورباغه درختی منطقه مانواس اشاره کرد که پاهای باریکی داشتند و به هم چسبیده بودند. این قورباغه‌ها رنگی نارنجی، قهوه‌ای، و چهره‌ای به شکل پارو داشتند. قورباغه نر به پشت ماده خود چسبیده بود، که جثه‌اش تقریباً دوبرابر جثه خودش بود. من به یاد آوردم که در جایی خواندم که دوزیستان پهن دشت آمازون تا حدود زیادی، حداقل تا آن موقع، از ابتلا به قارچ سمی چیتريد در امان مانده بودند. کان‌هافت، که مثل

همه از صدای شب قبل بیدار شده بود، آن صدا را همچون ناله‌ای کش‌دار توصیف کرد که بعد به غرشی بدل شد.

بعد از نوشیدن چند فنجان قهوه به راه افتادیم تا به رژه مورچه‌ها نگاه کنیم. لاجوی تصمیم داشت با ما همراهی کند، اما در لحظه‌ای که پیراهن آستین بلندش را می‌پوشید، توسط عنکبوتی که در آن جا خوش کرده بود گزیده شد. عنکبوت نسبتاً معمولی به نظر می‌رسید، اما در محل گزیدگی یک ورم قرمز ایجاد شد و دست لاجوی را بی‌حس کرد. بنابر این تصمیم گرفته شد که او در اردوگاه بماند.

در طول راه کان‌هافت برای‌مان توضیح داد، «بهترین راه این است که به مورچه‌ها اجازه دهیم تا دور ما گرد آیند. پس دیگر راهی به بیرون ندارید. گویی که در جای خود میخ‌کوب شده باشید. بعد مورچه‌ها به طرف شما می‌آیند و شروع به گزیدن شما از روی لباس می‌کنند. شما در مرکز رخ‌داد هستید. او از دور یک پرنده مورچه‌ای با گلویی خرمایی‌رنگ را دید که صدایش چیزی بین جیرجیر و قدقد بود. پرنده مورچه‌ای گلوخرمایی، آن‌طور که از اسمش برمی‌آید، پیرو متعهد مورچه‌ها است، پس کان‌هافت وجود آن را به فال نیک گرفت. اما دقایقی بعد، وقتی به جرگه‌ای رسیدیم که روز گذشته ستون‌های بی‌پایانی از آن‌ها را دیدیم، خبری از آن‌ها نبود. کان‌هافت صدای دو پرنده مورچه‌ای دیگر را از بالای درختی شنید: یک پرنده مورچه‌ای پرسفید، که صدایی سوت‌مانند داشت و یک دارکوب چانه سفید، که صدای جیرجیرمانند شادی داشت. به نظر می‌آمد که آن‌ها هم دنبال مورچه‌ها می‌گردند.



یک پرنده مورچه‌ای پرسفید (پیتیس آلبیرونس)

کان‌هافت گفت، «آن‌ها هم مثل ما سردرگم هستند». تلقی او این بود که مورچه‌ها الان اردوگاه موقتی خود را ترک کرده‌اند و در اصطلاح علمی در «دوره توقف» خود به سر می‌برند. مورچه‌ها طی این دوره کمابیش در یک مکان باقی می‌مانند تا نسل جدیدی به وجود آورند. دوره توقف ممکن است تا سه هفته طول بکشد و این کمک می‌کند تا توضیحی برای یکی از کشفیات بغرنج‌تر پروژه جرگه‌های جنگلی بیابیم: حتی جرگه‌های جنگلی که به حد کافی بزرگ هستند تا میزبان مستعمرات ارتش مورچه‌ها باشند، برای حفظ و بقای پرنده‌های مورچه‌ای کفایت نمی‌کنند. پرندگان مورچه‌ای نیاز به مورچه‌های در حال گشت و گذار دارند و جرگه‌های جنگلی فاقد مستمرات کافی هستند تا بتوانند این پرندگان را فعال نگه دارند. کان‌هافت ادامه داد، اینجا هم منطق جنگل بارانی خود را به نمایش می‌گذارد. «پرنده‌های مورچه‌ای دقیقاً در کار خود استاد

هستند و در مقابل هر تغییری که شیوه‌های خاص زیستی‌شان را دشوارتر می‌کنند، بسیار حساسند».

فصل دهم

پانجیای جدید

مایوتیس لوسی فوگوس

بهترین زمان برای سرشماری خفاش‌ها زمستان است. معروف است که خفاش‌ها در خواب زمستانی سرآمد هستند. وقتی دما پایین می‌آید به دنبال جایی برای اتراق کردن و یا آویزان شدن می‌گردند، زیرا خفاش‌ها در وضعیت غیرفعال با پنجه‌های خود از جایی آویزان می‌شوند. در شمال شرقی ایالات متحده اولین خفاش‌هایی که خود را برای خواب زمستانی آماده می‌کنند معمولاً خفاش‌های کوچک قهوه‌ای رنگی هستند. آن‌ها زمانی در اواخر اکتبر یا اوایل نوامبر به دنبال غار یا چاهی می‌گردند که شرایط در آن احتمالاً پایدار است. به زودی خفاش‌های سهرنگ و بعد از آن‌ها خفاش‌های قهوه‌ای بزرگ و خفاش‌های پاکوتاه به خفاش‌های قهوه‌ای کوچک می‌پیوندند. دمای بدن خفاش‌هایی که خواب زمستانی می‌کنند تا سرحد صفر درجه پایین می‌آید. ضربان قلب‌شان آهسته می‌شود، دستگاه خودایمنی‌شان ضعیف می‌شود و خفاش آویزان به

صورت یک موجود زنده وارونه در می‌آید. شمارش خفاش‌ها نیاز به یک گردن قوی، چراغ قوه خوب و جوراب‌های گرم دارد.

در مارس ۲۰۰۷ یک زیست‌شناس حیات وحش از منطقه آلبانی نیویورک برای شمارش خفاش‌ها در یک غار به غرب شهر رفت. این یک رخداد جاری بود که سرپرست آن‌ها، ال هیکس، در اداره از آن حمایت می‌کرد. به محض این‌که زیست‌شناسان به غار رسیدند تلفن‌های هوشمند خود را بیرون آوردند.

همه گفتند، «لعتی! همه جا پر از خفاش مرده است»، هیکس، که برای وزارت حفاظت محیط زیست نیویورک کار می‌کند، قرار بود بعدها این حادثه را به یاد آورد. او از آن‌ها خواست تا چند تا از لاشه‌ها را با خود به اداره بیاورند. همچنین از زیست‌شناسان خواست تا از هر خفاش زنده‌ای که پیدا می‌کنند عکس بگیرند. وقتی هیکس عکس‌ها را بررسی کرد، گفت: به نظر می‌رسد که این حیوانات با بینی در پودر تالکوم افتاده باشند. این چیزی بود که او تا پیش از آن با آن روبه‌رو نشده بود و عکس‌ها را با پست الکترونیکی برای تمام متخصصینی که می‌شناخت فرستاد. آن‌ها هم تا آن زمان شاهد چنین چیزی نبوده‌اند. شماری از همکاران هیکس در ایالات دیگر با لحنی طنزآمیز برخورد کردند. آن‌ها گفتند، خفاش‌ها در نیویورک در حال خرّ و پف کردن بودند.

بهار آغاز شد و تمام خفاش‌های سراسر نیویورک و نیوانگلند از خواب زمستانی بیدار شدند و به پرواز درآمدند. آن پودر سفید همچنان به عنوان معمایی باقی ماند. هیکس گفت، امیدوار بودیم که معمای این پودر سفید حل شود. به وزارت‌خانه بوش شباهت داشت و قابل حل نبود، بلکه گسترش یافت. زمستان بعد هم همان پودر سفید در سی و سه غار در چهار ایالت مختلف دامن‌گیر خفاش‌ها شد و آن‌ها را کشت. در شماری از خواب‌های زمستانی

جمعیت خفاش‌ها تا نود درصد پایین آمد. در بعضی از غارها در ورمونت هزاران لاشه از سقف پایین افتاده بود و مثل یک تپه برفی روی زمین انباشته شده بود.



یک خفاش قهوه‌ای کوچک (مایوتیس لوسی‌فوگوس) با بینی پودری

مرگ جمعی خفاش‌ها در زمستان بعد هم ادامه یافت و به پنج ایالت دیگر هم گسترش یافت. همین روند باز هم در زمستان پس از آن ادامه یافت و سه ایالت دیگر را هم فرا گرفت و بدین ترتیب در مناطق زیادی خفاش زیادی باقی نمانده بود که از بین برود. همین روند تا به امروز ادامه دارد. آن پودر سفید در

حال حاضر به قارچ عاشق سرما^{۲۵۸} - سایکروفایل^{۲۵۹} - شناخته شده است و به‌طور تصادفی از اروپا به ایالات متحده وارد شده است. این قارچ، از جنس جیومایسیز، وقتی در ابتدا به‌طور منزوی وجود داشت، هنوز اسمی نداشت و به دلیل تأثیری که بر خفاش‌ها داشت به جیومایسیز ویرانگر ترجمه^{۲۶۰} شد.



بدون کمک انسانی سفرهای طولانی برای اکثر گونه‌ها دشوار، یا تقریباً غیرممکن است. این حقیقت برای داروین نقش محوری داشت. انتقال ویژگی‌ها از والدین به فرزندان حکم می‌کرد که اصل و نسب هر گونه‌ای در یک مکان واحد پرورش یابد. پخش و تکثیر شدن از آن مکان واحد از طریق لغزیدن، شنا کردن، پریدن و پرواز کردن، خزیدن و یا منتقل شدن بذر بر باد صورت می‌گیرد. داروین گمان می‌کرد که در صورت وجود زمان کافی حتی موجود زنده ثابتی مثل قارچ می‌تواند وسیعاً گسترش یابد. اما نکته جالب توجه محدودیت‌های گسترش یافتن بود. این موجودات نسبتاً پایدار ضامن غنای حیات بوده‌اند و همزمان الگوهای بوده‌اند که می‌توانست در انبوه تنوع زیستی خود قابل تشخیص باشند. مواعی که مثلاً توسط اقیانوس‌ها تحمیل می‌شدند بیان‌گر این بودند که چرا بخش‌های وسیعی از آمریکای جنوبی، آفریقا و استرالیا با اقلیم و شکل و آرایش طبیعی (به قول داروین) «کاملاً مشابه» پذیرای گیاهان و جانوران کاملاً متفاوتی می‌شدند. موجودات زنده هر قاره مجزا از هم تکامل می‌یافتند و بدین نحو انزوای

Cold-loving fungus ۲۵۸

Psychrophile نوعی باکتری که امکان رشد در دمای پایین را دارد - م. ۲۵۹

Geomyces destructans ۲۶۰

مادی به تفاوت زیستی منتهی می‌شد. به همین منوال موانعی که بر روی خشکی در سر راه موجودات زنده قرار دارند گویای این هستند که چرا ماهی شرق اقیانوس آرام از ماهی غرب دریای کارئیب متمایز است، گرچه این دو گروه، به نوشته داروین، «فقط توسط یک باریکه، اما باریکه غیرقابل عبور پاناما از هم جدا شده‌اند». در سطحی محلی و محدودتر، گونه‌های موجود در طرفی از سلسله کوه‌ها یا رودی بزرگ اغلب متفاوت از گونه‌های موجود در طرف دیگر بودند. با این حال گونه‌های هر دو طرف معمولاً - و مشخصاً - با هم خویشاوند هستند. داروین مثالی از دشت‌های نزدیک به تنگه مه‌گه‌لن آورد، که زیستگاه گونه ری یا^{۲۶۱} است و قسمت شمالی دشت‌های لاپلاتا توسط گونه دیگری از همان جنس اشغال شده، و نه توسط یک شترمرغ واقعی یا شترمرغ آمو که می‌توان شبیه آن را در آفریقا و استرالیا یافت.

محدوده پراکندگی به شکل دیگری نیز توجه داروین را جلب کرده بود، که به سختی می‌توان به حساب آورد. آن‌طور که او به عنوان اولین نفر مشاهده کرده بود، حتی جزایر آتشفشانی دورافتاده، مثل گالاپاگوس، هم مملو از حیات بود. جزایر درواقع خانه بسیاری از حیرت‌آورترین موجودات دنیا بودند. این موجودات، بر اساس نظریه تکامل، باید اخلاف موجوداتی باشند که قبلاً در آن‌ها مستعمرات زیستی خود را برپا کرده بودند. اما خود این موجودات مستعمره‌ساز چگونه به آنجا رسیدند؟ در مورد گالاپاگوس باید گفت که هشتصد کیلومتر دریا آرچی‌پلاگو را از ساحل آمریکای جنوبی جدا می‌کرد. داروین از این مشکل به‌قدری رنجیده بود که بیش از یک سال از وقت خود را صرف کرد تا شرایط اقیانوسی را که از باغ خانه‌اش در کنت می‌گذشت، بازسازی کند. او بذرهایی را

جمع‌آوری کرد و آن‌ها را در مخزنی از آب نمک زیر آب فرستاد. هر چند روز یک‌بار تعدادی از بذرها را بیرون می‌آورد و آن‌ها را می‌کاشت. معلوم بود که این آزمایش وقت‌گیر بود، زیرا او به دوستش نوشت، «این آب باید هر یک روز درمیان عوض شود، که بوی تعفن‌انگیزی دارد». اما فکر می‌کرد که نتایج نویدبخش باشند، زیرا بذر جو بعد از چهار هفته جوانه می‌زد، و بذر شاهی بعد از شش هفته، گرچه این بذرها «مقدار قابل توجهی لجن بیرون می‌دادند». اگر جریان اقیانوس با سرعت تقریبی یک و نیم کیلومتر در ساعت جریان داشته باشد، یک بذر طی شش هفته می‌تواند به مسافتی بیش از هزار و شش صد کیلومتر نقل مکان یابد. در مورد حیوانات به چه گونه خواهد بود؟ روش داروین برای پاسخ به این سؤال باز هم عجیب‌تر می‌شود. او جفت پاهای یک اردک را برید و آن را در مخزنی پر از نوزاد حلزون آویزان کرد. پس از مدتی که پاهای اردک در مخزن بودند، آن‌ها را بیرون آورد و از فرزندانش خواست تا تعداد نوزادهای حلزونی که به آن‌ها چسبیده بودند را بشمارند. داروین متوجه شد که حلزون‌های کوچک می‌توانستند در بیرون از آب تا بیست ساعت زنده بمانند، و محاسبه کرد که یک اردک با پاهای بسته در این محدوده زمانی می‌تواند بیش از هزار کیلومتر را بپیماید. داروین نتیجه‌گیری کرد که این تصادفی نیست که در جزایر دورافتاده بسیاری هیچ پستان‌دار بومی وجود ندارد، به جز خفاش‌ها، که می‌توانند پرواز کنند.

اندیشه‌های داروین در باره آنچه او «گسترش جغرافیایی» نامید، پیامدهای عمیقی داشت، که شماری از آن‌ها تا دهه‌ها بعد از مرگش بازشناسی نشد. در اواخر قرن نوزدهم دیرین‌شناسان شروع به دسته‌بندی کردن انبوهی از شواهد به دست آمده در سنگواره‌ها، از قاره‌های مختلف کردند که با اندیشه‌های داروین انطباق داشتند. یک مثال مسوسوراس است، که سوسماری باریک، با دندان‌های

کشیده است که در دورهٔ پرمیان زندگی می‌کرد. مسوسوراس هم در آفریقا و هم یک اقیانوس آن طرف‌تر، در آمریکای جنوبی می‌زیسته است. گلو سوپ‌تریس سرخسی به شکل زبان است که مربوط به دورهٔ پرمیان است. سنگواره‌های آن می‌توانند در آفریقا، آمریکای جنوبی و استرالیا یافت شوند. از آنجا که به سختی می‌توان اثری از سوسمار بزرگی که از اقیانوس اطلس عبور کرده باشد یافت، یا گواه وجود گیاهی بود که مناطق اقیانوس اطلس و اقیانوس آرام را پشت سر گذاشته باشد، پس پل‌های ارتباطی به گستردگی هزاران کیلومتر می‌توانند مسیری برای مهاجرت‌ها بوده باشند. از چگونگی نابودی چنین پل‌های ارتباطی در امتداد اقیانوس‌ها اطلاعی در دست نیست، اما این پل‌ها می‌توانند به زیر موج‌ها فرو رفته باشند. در سال‌های اول قرن بیستم آلفرد وگه‌نر، هواشناس آلمانی، نظر بهتری در این مورد ارائه داد.

آلفرد وگه‌نر نوشت، «قاره‌ها باید تغییر کرده باشند. آمریکای جنوبی باید در کنار آفریقا بوده باشد و با آن تشکیل یک تکهٔ یکپارچه داده باشد ... این دو قسمت طی میلیون‌ها سال باید مثل تکه‌های یخ ترک‌خورده از هم فاصله گرفته باشند و در آب شناور شده باشند». فرض وگه‌نر این بود که تمام قاره‌های کنونی زمانی یک آب‌قارهٔ یکپارچه، به اسم پانجیا، بوده است. نظریهٔ وگه‌نر در مورد «تودهٔ قاره‌ای» در زمان حیات او مورد استهزاء قرار می‌گرفت، اما با کشف پوستهٔ تکتونیک^{۲۶۲} طبعاً تا حدود زیادی تأیید شد.

یکی از ویژگی‌های برجستهٔ آنتروپوسین این بود که باعث تغییر بنیان‌های پراکندگی جغرافیایی شد. اگر شاهراه‌ها، جنگل‌زدایی‌ها و کشتزارهای سویا

۲۶۲ نظریه‌ای در بارهٔ حرکت قاره‌ها که می‌گوید قاره‌های کرهٔ زمین در رابطهٔ متقابل با هم در حرکتند و پیوسته ترکیبات جدیدی با هم به

جزایری می‌آفرینند که در گذشته وجود نداشت، بازرگانی جهانی و سفرهای جهانی عکس آن را انجام می‌دهد، بدین معنی که فاصله دورافتاده‌ترین جزایر را از میان برمی‌دارد. روند بازنلفیق گیاهان و جانوران دنیا، که طی مهاجرت‌های اولیه انسان به آرامی شروع شد، در دهه‌های اخیر تا به درجه‌ای شتاب یافته که در برخی از بخش‌های دنیا کمیت گیاهان غیربومی از گیاهان بومی آن بیشتر شده است. تخمین زده می‌شود که طی هر بیست و چهار ساعت ده هزار گونه مختلف در سراسر دنیا فقط در کشتی‌های شناور روی آب‌ها جابه‌جا می‌شوند. بنابر این یک مخزن عظیم (یا یک هواپیمای جت مسافربری) جدایی‌های جغرافیایی میلیون‌ها ساله را از بین ببرد. آنتونی ریکاردی، متخصص معرفی گونه‌ها از دانشگاه مک‌گیل، تغییر ترکیب کنونی زیستگاه‌ها و گونه‌ها را «رویداد تهاجم گسترده» نامیده است. او نوشت، این در تاریخ سیاره «بی‌سابقه» است.



من در شرق منطقه آلبانی زندگی می‌کنم، که تقریباً نزدیک غاری است که اولین پشته خفاش‌های مرده در آن کشف شد. به مرور زمان مطلع شدم که چه چیزی در پشت عارضه بینی سفید نهفته بود. این عارضه زمانی شناخته شد که از غرب ویرجینیا شیوع یافت و چیزی در حدود یک میلیون خفاش را کشت. من با آل هیکس تماس گرفتم و او به من پیشنهاد کرد از آنجا که نوبت دیگری از سرشماری فصلی خفاش‌ها فرا می‌رسد، من هم می‌توانم در این سرشماری شرکت کنم. ما در یک صبح خاکستری سرد در یک پارکینگ در نزدیکی دفتر او با هم ملاقات کردیم و از آنجا راه آدیرانداکس را مستقیم به طرف شمال در پیش گرفتیم.

در حدود دو ساعت بعد به پایه کوهستانی رسیدیم که چندان از دریاچه چمپلین دور نبود. در قرن نوزدهم و در خلال جنگ جهانی دوم آدیرانداکس منبع اصلی سنگ معدن آهن بود و برای این منظور در کوهستان‌ها حفاری‌های عمیقی می‌کردند. وقتی معادن رها شدند چاه‌های حفر شده هم به حال خود گذاشته شدند و خفاش‌ها آن‌ها را اشغال کردند. برای شمارش وارد چاهی شدیم که زمانی «معدن هیل بارتون» بود. ورودی در نیمه راه جانبی کوهستان بود که زیر بیش از یک متر برف پنهان بود. در ابتدای مسیر ده‌ها نفر دور هم جمع شده بودند و در سرما درجا می‌زدند. اغلب آن‌ها، مثل خود هیکس، برای ایالت نیویورک کار می‌کردند، اما دو زیست‌شناس از اداره حیات وحش و ماهی ایالات متحده و یک رمان‌نویس محلی هم در جمع حضور داشتند. این نویسندگان برای کتابی تحقیق می‌کرد که قرار بود فصلی از آن را به عارضهٔ بینی سفید اختصاص دهد.

همه کفش زمستانی خود را به پا می‌کنند، به جز نویسنده، که پیام را نگرفته بود تا با خود بیاورد. برف یخ بسته بود و راه رفتن را کند می‌کرد و این باعث شد تا پیمودن هشتصد متر نیم ساعت طول بکشد. از آن‌جا که نویسنده برای عبور از تل برف یک متری مشکل داشت منتظرش ماندیم تا به ما برسد. در این لحظه صحبت‌ها حول خطرات بالقوهٔ ورود به یک معدن متروک دور می‌زد. کسی می‌گفت ممکن است در زیر سنگ‌هایی که فرو می‌ریزند خرد شویم، یا از نشت گاز مسموم شویم و یا به گودالی سقوط کنیم که بیش از صد متر عمق دارد. نیم ساعت بعد به ورودی معدن رسیدیم، که یک سوراخ بزرگ در دامنه کوه بود. سنگ‌های موجود در ورودی معدن سفید بودند و پوشیده از فضولات پرندگان شده بودند و روی برف‌ها مملو از جای پنجه بود. ظاهراً گرگ‌های کوهی و کلاغ‌های بزرگ‌جثه متوجه شده بودند که آن منطقه مکان خوبی برای

پیدا کردن غذا است.

هیکس گفت، لعنتی! خفاش‌ها در حال بال‌زدن به درون و بیرون معدن بودند و در مواردی بر روی برف‌ها می‌خزیدند. هیکس برای گرفتن یکی از آن‌ها رفت. خفاش به قدری سست و بی‌رمق بود که هیکس به راحتی آن را گرفت و در یک کیسه پلاستیکی گذاشت و گفت، «موضوع کوچکی برای تحقیق امروز».

ما کفش زمستانی خود را از پا در نیاوردیم، کلاه ایمنی و چراغ‌قوه روی پیشانی بر سر گذاشتیم و وارد معدن شدیم و از یک تونل شیب‌دار بلند عبور کردیم. ستون‌های سقفی خرد شده روی زمین افتاده بود و خفاش‌ها بالای سر ما در تاریکی پرواز می‌کردند. هیکس به همه هشدار داد احتیاط کنند: «جاهایی هستند که اگر بر آن‌ها پا بگذارید، دیگر نمی‌توانید به عقب برگردید». تونل پیچ و خم دار بود و گاهی به اتاق‌هایی به اندازه سالن کنسرت باز می‌شد با تونل‌هایی در اطراف آن‌ها. بعضی از غرفه‌ها اسم داشتند. وقتی به گودال‌های ممتدی رسیدیم به چند گروه تقسیم شدیم تا تحقیق را شروع کنیم. کار ما این بود که از خفاش‌های هر چه بیشتری عکس بگیریم (بعداً وقتی به آلبانی برگشتیم یک نفر در مقابل صفحه کامپیوتر نشست تا تمام خفاش‌ها در عکس‌ها را بشمارد). من با هیکس، که یک دوربین خیلی بزرگ را با خود حمل می‌کرد، و با یکی از زیست‌شناسان اداره حیات وحش و ماهی، که یک اشاره‌گر لیزری با خود داشت، همراه شدم. خفاش‌ها حیواناتی بسیار اجتماعی هستند و در معدن به صورت گروه گروه از سقف سنگی آویزان بودند. اکثر آن‌ها خفاش‌های کوچک قهوه‌ای‌رنگ بودند که مایوتیس لوسی‌فوگوس، یا با اصطلاح خفاش‌شماران «لوسی» نامیده می‌شدند. این‌ها خفاش‌های مسلط شمال شرقی ایالات متحده هستند، از آن گونه‌ای که احتمالاً در شب‌های تابستانی به اطراف در پروازند.

همان‌طور که از اسم‌شان برمی‌آید، قهوه‌ای‌رنگ و کوچک هستند (فقط در حدود سیزده سانتیمتر قد و حدود سی گرم وزن دارند) و پره‌های روشن بر روی شکم خود دارند (راندال جارل شاعر آن‌ها را به رنگ قهوه با کرم روی آن توصیف کرده است). خفاش‌های پاکوتاهی هم وجود دارند، به اسم مایوتیس لایبی، که حتی قبل از شیوع عارضهٔ بینی‌سفید در فهرست گونه‌های در معرض خطر قرار گرفته بودند. هر چه جلوتر می‌رفتیم بیشتر خفاش‌ها را وحشت‌زده می‌کردیم و آن‌ها هم مثل کودکان خواب‌آلود جیغ‌کشان به اطراف پرواز می‌کردند.

عارضهٔ بینی‌سفید، علیرغم اسمش محدود به بینی خفاش‌ها نمی‌شود. هر چه بیشتر در معدن پیش می‌رفتیم به خفاش‌هایی برمی‌خوردیم که لکه‌های قارچی بر روی بال‌ها و گوش‌های‌شان داشتند. برای بررسی تعدادی از آن‌ها را با انگشت شست و سبابه گرفتیم و فرستادیم. جنسیت هر خفاش مرده مشخص شد - نرها از روی آلت تناسلی کوچک‌شان بازشناسی می‌شدند - و در کیسه‌های پلاستیکی نهاده می‌شدند.

هنوز تا به امروز کاملاً مشخص نشده که جیومایسبز ویرانگر چطور خفاش‌ها را می‌کشد. آنچه که اکنون می‌دانیم این است که خفاش‌ها با بینی‌سفید اغلب از خواب زمستانی خود بیدار می‌شدند و در روز روشن شروع به پرواز در اطراف می‌کردند. فرض بر این است قارچ سفید به معنی واقعی کلمه شروع به خوردن پوست خفاش‌ها می‌کند و آن‌ها را تا سرحد جنون آزار می‌دهد. این به نوبهٔ خود آن‌ها را وامی‌دارد تا از آن ذخیرهٔ چربی استفاده کنند، که از آن‌ها در زمستان محافظت می‌کند. آن‌ها در مرز قحطی در فضای باز پرواز می‌کنند و به جست‌وجوی حشرات می‌پردازند، که طبعاً در آن موقع از سال وجود ندارند. همچنین گمان می‌رود که قارچ‌ها باعث می‌شوند خفاش‌ها رطوبت بدن خود را

از راه پوست باز شده‌شان از دست بدهند و آب بدن‌شان گرفته شود، و این آن‌ها را وامی‌دارد تا از خواب بیدار شوند و به دنبال آب بگردند. باز هم این‌جا خفاش‌ها از ته‌مانده انرژی ذخیره خود استفاده می‌کنند و بیش از پیش لاغر می‌شوند و نهایتاً می‌میرند.

ما در حدود ساعت یک بعدازظهر وارد معدن بارتون هیل شدیم و در ساعت هفت بعدازظهر به کوه‌پایه برگشتیم، یعنی تقریباً به همان جایی که کارمان را شروع کرده بودیم، با این تفاوت که ما الان در درون معدن بودیم. به یک جراثقال بزرگ و زنگ‌زده رسیدیم که هنگام فعال بودن معدن از آن برای انتقال سنگ معدن به سطح زمین استفاده می‌شد. در زیر آن راه به یک استخر آب منتهی می‌شد، که آب آن مثل رود زغال استیکس سیاه بود. برای ما غیرممکن که بیشتر از این جلو برویم، پس راه خارج شدن را در پیش گرفتیم.



حرکت گونه‌ها در سراسر دنیا گاهی با رولت روسی مقایسه می‌شود. هنگامی که یک موجود زنده جدید به وجود می‌آید، همچون در یک بازی با شرط‌بندی بالا، دو حالت متفاوت می‌تواند اتفاق افتد. حالت اول، که می‌تواند گزینه خانه خالی نامیده شود، پوچ است. حال یا به دلیل نامناسب بودن شرایط اقلیمی، یا به دلیل ناکافی بودن خوراک برای موجود زنده، یا به دلیل اینکه خود موجود زنده خورده می‌شود، و یا به هر دلیل ممکن دیگری موجود زنده جدید به بقاء ادامه نخواهد داد (یا حداقل امکان بازتولید و تکثیر خود را نخواهد یافت). اغلب پیش‌آمدهای بالقوه ثبت نشده‌اند و درواقع کاملاً نادیده گرفته شده‌اند. پس امکان ارائه یک نمودار دقیق وجود ندارد.

در گزینه دوم نه تنها موجود زنده جدید به بقای خود ادامه می‌دهد، بلکه امکان پرورش نسل جدیدی را فراهم می‌کند. و این نسل جدید هم به نوبه خود بقاء می‌یابد و نسل جدیدی را ایجاد می‌کند. این گزینه در ارتباط با جامعه گونه‌های تهاجمی «ثبات» نام گرفته است. باز تأکید می‌کنیم که به قطعیت نمی‌توان گفت که این چند وقت یک‌بار اتفاق می‌افتد. بسیاری از گونه‌های ثبات یافته احتمالاً در محدوده جرگه‌ای که در آن به وجود آمده‌اند باقی می‌مانند، یا به دلیل بی‌ضرر بودن‌شان برای دیگران از نظر پنهان می‌مانند. اما - با مقایسه با بازی رولت - شماری از گونه‌ها سومین گام را هم در فرآیند تهاجمی خود برمی‌دارند و «گسترش» می‌یابند. در سال ۱۹۱۶ بیش از ده سوسک عجیب در یک مهد کودک در نزدیکی ریورتون نیوجرسی کشف شد. طی سال بعد این حشرات که اکنون *پاپیلا جاپونیکا*، یا با عبارت عمومی‌تر سوسک‌های ژاپنی نامیده می‌شدند، در تمام جهات گسترش یافتند و در یک مساحت پنج کیلومتر مربع یافت می‌شدند. سال بعد این مساحت به بیش از ده کیلومتر مربع و سال بعد از آن به هشتاد کیلومتر مربع گسترش یافت. این سوسک‌ها در ابعاد هندسی به گسترش قلمرو خود ادامه دادند، و هر سال حیطه‌های متمرکز جدیدی ایجاد می‌کردند و دو دهه بعد، در وسعتی میان کانکتیکات تا مری‌لند یافت شدند (و بعد از آن تا جنوب آلاباما و غرب مونتانا شیوع یافتند). یک متخصص گونه‌های تهاجمی از دانشگاه ماساچوست، به نام روی وان دریشه، تخمین زد که از هر صد گونه جدید بالقوه چیزی بین پنج و پانزده تای آن‌ها موفق به تثبیت خود می‌شوند. یکی از آن پنج تا پانزده گونه می‌تواند به گونه‌ای انفجاری گسترش یابد.

این‌که چرا برخی از گونه‌های جدید قادرند تا حد انفجارآمیز گسترش یابند، موضوعی قابل بحث است. یک احتمال این است که برای این گونه‌ها - همچون

برای کلاه‌برداران - امتیازاتی برای حضور و فعالیت‌شان وجود دارد. گونه‌ای که به منطقه‌ای جدید و به‌خصوص به قاره‌ای جدید منتقل شده باشد بسیاری از رقیبان و دشمنان پیشین خود را پشت سر گذاشته است. این خلاص شدن از چنگال دشمنان، که به‌واقع خلاص شدن از تاریخ تکامل است، «خلاصی از دشمن» نامیده می‌شود. به نظر می‌آید که موجودات زنده بسیاری هستند که از خلاصی از دشمن نفع می‌برند، از جمله گل بنفش پرپل لوسترایف^{۲۶۳} که در اوایل قرن نوزدهم از اروپا به شمال شرقی ایالات متحده رسید. این گل در زیستگاه اولیه خود انواع گوناگون دشمنان خاص خود را داشت، از جمله سوسک لوسترایف حاشیه‌ای سیاه^{۲۶۴}، سوسک لوسترایف طلایی، سوسک لوسترایف ریشه^{۲۶۵}، سوسک لوسترایف گل. وقتی این گل به آمریکای شمالی رسید، هیچ‌کدام از این سوسک‌ها در آن‌جا وجود نداشتند و این امتیاز به آن گل امکان داد تا بر مناطق باتلاقی ویرجینیای غربی تا ایالت واشینگتن تسلط یابد. برخی از این «دشمنان خاص» اخیراً به ایالات متحده آورده شده‌اند تا از گسترش این گل جلوگیری کنند. این نوع از استراتژی «مقابله با مهاجم توسط مهاجم» پیامدهای مختلفی به دنبال داشت. در مواردی این استراتژی قویاً موفقیت‌آمیز بود. اما معلوم شد که در موارد دیگری به فاجعه زیست‌محیطی دیگری منجر شد. در مورد این نمونه دوم می‌توان به حلزون گرگی - */یگلاندینا روزیا* - اشاره کرد، که در اواخر دهه ۱۹۵۰ به هاوایی آورده شد. حلزون گرگی، که زیستگاه اولیه آن آمریکای مرکزی بود، برای این به آن‌جا آورده شده بود تا یک گونه قبلاً وارد شده، به اسم حلزون آفریقایی بزرگ - *آکاتینا فولیکا* - را شکار کند،

purple loosestrife ۲۶۳

black-margined loosestrife beetle ۲۶۴

loosestrife root weevil ۲۶۵
تخم خود را در دانه، ساقه و یا قسمت‌های دیگر گیاهان می‌گذارد - م.

که برای کشاورزی حکم طاعون را داشت. / یگلاندینا روزیا اغلب آکاتینا فولیکا را به حال خود می گذاشت و به جای آن تمرکز خود را بر روی شکار حلزون های کوچک و رنگارنگ بومی هاوایی می گذاشت. از شمار بیش از هفت صد گونه حلزون بومی که در آن جزیره ساکن بودند، اکنون چیزی در حدود نود درصد منقرض شده است و آن هایی هم که باقی مانده اند در حال انقراضند.

پیامد طبیعی خلاصی از دشمنان گذشته، یافتن و سوء استفاده از موجودات زنده جدیدی است که آمادگی دفاع از خود را ندارند. یک مورد معروف - و ترسناک - مورد یک مار درختی قهوه ای، باریک و دراز، به اسم بویگا /یره گیولاریس است. این یک مار بومی منطقه پاپوای گینه جدید و استرالیای شمالی است، که راه خود را در سال های ۱۹۴۰، احتمالاً از طریق یک هواپیمای نظامی، به گوام باز کرد. تنها مار بومی این جزیره کوچک فاقد بینایی است که به اندازه کرم است. پس گیاهان و جانوران گوام کاملاً در مقابل بویگا /یره گیولاریس و عادت های حریصانه تغذیه او بی دفاع بودند. این مار در راه خود اکثر پرندگان بومی جزیره، از جمله مرغان مگس خوار (که آخرین بار در سال ۱۹۸۴ دیده شدند) را می بلعید. قربانی دیگر این مار یک مرغ فاقد توانایی پرواز در گوام به اسم ریل است، که به دنبال یک برنامه پرورشی در فضای بسته از آن نگهداری می شود. و باز هم قربانی دیگری هم وجود دارد، به اسم کبوتر میوه ماریانا، که اکنون در گوام منقرض شده است (گرچه این کبوتر در دو جزیره کوچک تر وجود دارد). گوام قبل از آمدن مار درختی به آن جا زیستگاه سه گونه پستان دار بومی بود، که هر سه خفاش بودند. امروز فقط یکی وجود دارد، و آن روباه پرنده ماریانا^{۲۶۶} است که اکنون آن را در رده بالای گونه های در معرض

انقراض قرار داده‌اند. این مار، که از امتیاز نداشتن دشمن بهره‌مند بود، در طی این مدت اقدام به تکثیر دیوانه‌وار خود کرد. زمانی که این مار در اوج کثرت جمعیت خود بود، در هر هکتار هشتاد مار یافت می‌شد. فاجعه به حدی عمیق بود که این مار درختی قهوه‌ای عملاً نسل تمام حیوانات بومی منطقه را از بین برد. امروزه این مار اغلب از موجوداتی که از بیرون می‌آیند تغذیه می‌کند، مثل شینگ کنجکاو، سوسماری که از پاپوای گینه جدید به گوام آمده است. نویسنده دیوید کوامن هشدار می‌دهد، گرچه اهریمن کردن مار درختی قهوه‌ای آسان است، اما این حیوان شیطانی نیست، بلکه غیر اخلاقی است و در محل اشتباهی است. او می‌گوید، کاری که بوگیا/یره‌گیولاریس در گوام انجام داده «دقیقاً همان کاری است که انسان خردمند در تمام سیاره انجام داده است: رشد و تکثیر خارق‌العاده که بهایش را گونه‌های زیستی دیگر پرداختند».

این وضعیت بسیار شبیه ایجاد پاتوژن‌ها [میکروب‌ها و ویروس‌ها و ...] است. رابطه طولانی مدت میان پاتوژن‌ها و میزبانان‌شان اغلب در عبارات نظامی تعریف شده است. هر دو در چنگال یک «مسابقه نظامی تکاملی» هستند، که در آن هر کدام برای بقا خود مانع پیشروی قابل توجه دیگری می‌شود. هنگامی که یک پاتوژن کاملاً جدید نمایان می‌شود، مانند این است که در یک نبرد با چاقو از تفنگ استفاده کنیم. میزبان جدید، که قبلاً هرگز با قارچ‌ها (یا ویروس‌ها یا باکتری‌ها) روبه‌رو نبوده است، هیچ امکان دفاعی ندارد. پس یک چنین «نزاع جدیدی» می‌تواند پیامد مرگ‌باری داشته باشد. در قرن هجدهم درخت فندق آمریکایی یک درخت برگ‌ریز مسلط در جنگل‌های شرقی بود و در مناطقی مثل کانکتیکات نزدیک به نیمی از درختان منطقه را تشکیل می‌داد (درختی که حتی بعد از قطع شدن می‌تواند دوباره از ریشه رشد کند). حتی گهوآره کودک را از این چوب می‌ساختند. بعدها، در حوالی آغاز قرن جدید یک قارچ

که عامل تخریب درخت‌های فندق بود، به اسم کریفونکتیریا پارازیتیکا، احتمالاً از ژاپن به ایالات متحده وارد شد. درخت فندق آسیایی پابه‌پای کریفونکتیریا پارازیتیکا در آن‌جا تکامل یافته بود و می‌توانست به آسانی در مقابل آن قارچ مقاومت کند، اما همین قارچ برای گونه آمریکایی صددرصد مرگ‌بار بود. این قارچ در دهه ۱۹۵۰ عملاً تک‌تک درختان فندق در ایالات متحده را نابود کرد، که چیزی در حدود چهار میلیارد درخت بود. چندین گونه پروانه که به این درخت وابسته بودند هم به همراه آن از بین رفتند. احتمالاً عنصر تازه‌ای که در قارچ چیتريد است عامل کشنده است و دلیل برچیده شدن ناگهانی قورباغه‌های طلایی از رود هزار قورباغه است و نشان می‌دهد که چرا دوزیستان به طور کلی بزرگ‌ترین گروه زیستی تهدید شده در سیاره هستند.

حتی قبل از آنکه دلیل عارضه بینی‌سفید بازشناسی شود، آل هیکس و همکارانش به یک گونه جدید مشکوک شدند. عاملی که خفاش‌ها را کشت، احتمالاً چیزی بوده که آن‌ها تا قبل از آن هرگز با آن روبه‌رو نشده بودند، زیرا میزان مرگ‌ها بسیار بالا بود. در عین حال این عارضه از شمال نیویورک به صورت الگوی کلاسیک چشم‌گاو در حال شیوع بود. به نظر می‌رسید که عامل کشنده به نزدیکی منطقه آلبانی رسیده بود. وقتی این کشتار جمعی ناگهانی به اخبار ملی بدل شد یک غارشناس عکس‌هایی برای هیکس فرستاد که خودش در پنجاه و پنج کیلومتری غربی شهر گرفته بود. زمان عکس‌ها مربوط به سال ۲۰۰۶ بود، یعنی یک سال قبل از آنکه همکاران هیکس از او دعوت کردند تا «لعتی» بگوید، و خفاش‌ها را نشان دادند که آشکارا علامت بینی‌سفید را بر خود داشتند. غارشناس عکس‌هایش را در غاری گرفته بود که مرتبط با هاو کاورنز بود (منطقه محبوب گردشگری که از جمله برنامه‌های جذاب گردش‌های رقص نور و سفرهای قایقی زیرزمینی را برای توریست‌ها تدارک می‌بیند).

هیکس گفت، «جالب است که اولین شواهدی که داریم عکس‌هایی هستند از یک غار تجاری در نیویورک که سالانه در حدود دویست هزار نفر بازدیدکننده دارد».

* * *

گونه‌های جدید اکنون جای نسبتاً گسترده‌ای را در میان مجموعه زیستی مناطق گوناگون به خود اختصاص داده‌اند و اگر چشم باز کنیم تعدادی از آن‌ها را در اطراف خود می‌بینیم. من الان در ماساچوست غربی در محلی نشست‌ام که چمنی را در پیش روی خود می‌بینم که به طور قطع گیاه بومی منطقه نیوانگلند نیست (تقریباً تمام چمن‌های چمن‌زارهای آمریکایی از مکان‌های دیگر می‌آیند، از جمله چمن‌زار کنتاکی بلوگراس). با توجه به این که چمن‌زار من این‌جا چندان آراسته و دست‌کاری شده نیست، اما خردل سیر، گیاهان پهن‌برگ و قاصدک‌های زیادی وجود دارند که همگی مهاجمان اروپایی هستند و در همه جا پراکنده‌اند (گویا گیاهان پهن‌برگ - پلاتاگو ماجور - با اولین مهاجران سفیدپوست آمده باشند، که نشان‌گویایی از حضورشان در همه جا است. سرخ‌پوستان آمریکایی هم از این گیاهان به عنوان ردپای مردان سفیدپوست یاد می‌کردند). اگر از جایم بلند شوم و به بخش انتهایی چمن‌زارم بروم، می‌توانم گیاهان تهاجمی بیشتری ببایم: گل مولتی‌فلور که یک گیاه خاردار تهاجمی آسیایی است، هویج وحشی^{۲۶۷} از اروپا، بورداک از اروپا، گیاه اورینتال بیترسوئیت، که اسم آن نشان از زیستگاه اولیه‌اش دارد. در کلکسیون گیاهی

ماساچوست، نزدیک به یک سوم تمام گونه‌های گیاهی ثبت شده در این ایالت «تازه‌واردین بومی‌شده»^{۲۶۸} هستند. اگر چند سانتیمتری زمین را حفر کنم با کرم‌های خاکی برخورد می‌کنم که آن‌ها هم تازه‌وارد هستند. نیوانگلند تا قبل از آمدن اروپائیان کرم خاکی نداشت. کرم‌های بومی آمریکای شمالی همگی در خلال آخرین یخبندان از بین رفتند و حتی پس از ده هزار سال گرمای نسبی قادر به تشکیل مستعرة جدید نشدند. کرم‌های خاکی از برگ‌های خشک‌شده تغذیه می‌کنند و به این شکل ترکیب زمین‌های جنگلی را به‌طور چشم‌گیری تغییر می‌دهند (گرچه کرم‌های خاکی مورد ستایش باغ‌داران هستند، اما یک بررسی جدید ورود آن‌ها را با کاهش سمندره‌های شمال شرقی مربوط می‌داند). در لحظه نگارش این متن معلوم شده که مهاجمان بالقوه فاجعه‌بار جدید در ماساچوست در حال گسترش هستند. این مهاجمان از جمله شامل گونه‌های زیر می‌شوند: سوسک‌های شاخ‌بلند آسیایی به اسم جیومایسز ویرانگر که گونه‌ای وارد شده از چین است و از گونه‌های متنوعی از درخت‌های سخت‌چوب تغذیه می‌کند، سوسک سبز امه‌رالد اش بورر از آسیا، که تخم‌هایش درخت‌هایی به اسم «اش» را سوراخ می‌کنند و آن‌ها را نابود می‌کنند، یک حلزون گورخری وارداتی آب شیرین از اروپای شرقی که دارای این عادت وحشتناک است که به هر سطح ممکن در آب می‌چسبد و آن را می‌خورد.

«کمپین جلوگیری از شیوع گونه‌های تهاجمی»^{۲۶۹} زیان‌آور آبی» در کنار دریاچه‌ای در نزدیکی محل زندگی من تابلویی نصب کرده است با این مضمون: «تمام وسایل تفریحی را تمیز کنید». این تابلو تصویری را نشان می‌دهد که در

آن قایقی پوشیده از حلزون گورخری است. چنین به نظر می‌رسد که کسی به جای استفاده از رنگ برای نقاشی کردن، به اشتباه از حلزون‌ها استفاده کرده است.



هر کجا که این تابلو را می‌خوانید، داستان کمابیش همین است و این نه فقط به بخش‌های دیگر ایالات متحده، بلکه به تمام دنیا مربوط می‌شود. دی‌ای‌اس‌آی‌ای ۲۷۰، «پایگاه داده، مربوط به گونه‌های تهاجمی اروپا»، بیش از دوازده هزار گونه تهاجمی را ثبت کرده است. ای‌پی‌ای‌اس‌دی ۲۷۱، (پایگاه داده گونه‌های آسیا - اقیانوس آرام)،

اف‌آی‌اس‌ان‌ای ۲۷۲، (شبکه گونه‌های تهاجمی جنگل‌های آفریقا)، آی‌بی‌آی‌اس ۲۷۳، (پایگاه داده گونه‌های تهاجمی و تنوع زیستی جزیره)، و ان‌ای‌ام‌آی‌اس‌آی‌اس ۲۷۴، (دستگاه اطلاعاتی گونه‌های رودها و آب‌های غیربومی ملی) هزاران گونه تهاجمی دیگر را در خود ثبت کرده‌اند. در استرالیا مشکل به‌قدری جدی است که کودکان از دوره پیش‌دستانی به بعد در فهرست تلاش‌های آزمونی قرار داده می‌شوند. شورای شهر تاونزویل در شمال بریس‌بین برای تحت کنترل درآوردن سوسک‌های نیشکر از دهه ۱۹۳۰ به بعد کودکان را ترغیب کرده است تا به «شکار منظم» وزغ‌های نیشکر بپردازند، که گرچه برنامه‌ای هدفمند اما فاجعه‌بار بود (وزغ‌های نیشکر سمی هستند و گونه‌های بومی به آن‌ها اعتماد می‌کنند، مثل کول‌های گربه‌مانند استرالیایی که آن‌ها را می‌خورند و بعد می‌میرند). این شورا برای مقابله با وزغ‌ها به صورت انسانی، به کودکان یاد می‌دهد «آن‌ها را به مدت دوازده ساعت در یخچال بگذارند و بعد از آن، دوازده ساعت دیگر در یخ‌دان بگذارند». یک بررسی جدید از بازدیدکنندگان قطب جنوب چنین جمع‌بندی کرد که تنها در یک فصل تابستان جهان‌گردان و محققان از قاره‌های دیگر بیش از هفتاد هزار بذر با خود به آن‌جا می‌آورند. هم‌اکنون یک گونه گیاهی به اسم پوا انوا، که یک علف اروپایی است، خود را در قطب جنوب تثبیت کرده است. با توجه به این که قطب جنوب فقط دو گونه گیاهی مجرادار بومی دارد، پس بنابر این مشخص می‌شود که یک سوم گیاهان مجرادار مهاجم هستند.

سفرهای جهانی برای گیاهان و جانوران دنیا پدیده‌ای کاملاً جدید است، اما نظیر آن در گذشته‌ای بسیار دور رخ داده است. فاصله گرفتن قاره‌ها از یکدیگر، که وگه‌نر شواهد آن را در سنگواره‌ها یافت، اکنون با دخالت انسان مسیر عکس می‌پیماید و تاریخ زمین‌شناسی با سرعتی بالا به گذشته برمی‌گردد. می‌توان به یک جابه‌جایی فکر کرد، بدون آنکه لایه‌های زمین جابه‌جا شوند. با انتقال گونه‌های آسیایی به آمریکای شمالی، گونه‌های آمریکای شمالی به استرالیا، گونه‌های استرالیایی به آفریقا و گونه‌های اروپایی به قطب جنوب، ما درواقع تمام دنیا را در یک ابرقاره عظیم جمع می‌کنیم، چیزی که زیست‌شناسان از آن

گاهی با نام پانجیا یاد می‌کنند.

باور بر این است که غار ایولس که در یک تپه جنگلی در منطقه دورست قرار دارد، بزرگ‌ترین جایگاه خواب زمستانی خفاش‌ها در نیوانگلند است. تخمین زده می‌شود که قبل از شیوع عارضهٔ بینی‌سفید، نزدیک به سیصد هزار خفاش از مناطق دوری مثل اونتاریو و ردآیلند به آن‌جا می‌آمدند تا زمستان را در آن‌جا بگذرانند. چند هفته قبل از رفتن من و هیکس به معدن بارتون هیل، هیکس از من دعوت کرد تا در سفر به ایولس او را همراهی کنم. این سفر توسط ادارهٔ ماهی و حیات وحش ورمونت تدارک دیده شد. و در دامنهٔ تپه به جای پوشیدن کفش زمستانی، سوار موتورهای برفی شدیم. مسیر کوه پر پیچ و خم بود. دمای حدود بیست و پنج درجه بسیار پایین‌تر از آن بود که خفاش‌ها در آن فعال باشند، اما وقتی در نزدیکی ورودی غار پارک کردیم، خفاش‌ها را دیدم که به اطراف پرواز می‌کردند. مسن‌ترین مقام ورمونت، به اسم اسکات دارلینگ اعلام کرد که قبل از پیشروی بیشتر همه باید دستکش و لباس مخصوص بپوشند. این در من یک حس پارانوایا ایجاد کرد.

ایولس طی هزاران هزار سال توسط جریان آب پدید آمد. «حفاظت از طبیعت»، که مالک غار است، برای دور نگه داشتن مردم، ورودی غار را با صفحات فلزی بزرگ مسدود کرده است. یکی از صفحات فلزی با کلید از جا در می‌آید و شکاف باریکی باز می‌شود که می‌توان از آن به درون خزید. علیرغم سرما، بوی تهوع‌آوری از شکافی بیرون زد که نیمی از آن ذباله‌دانی و نیم دیگر سرزمین وحش بود. راه سنگی که به دروازه‌ای منتهی می‌شد یخ‌زده بود و راه

رفتن در آن جا را دشوار می کرد. وقتی نوبت من شد بین نرده ها گیر کردم و بلافاصله روی چیز نرم و مرطوبی سر خوردم. وقتی از جا بلند می شدم، متوجه شدم که روی تلی از خفاش های مرده افتاده بودم.

اتاقک ورودی غار مساحتی معادل ده متر در شش متر داشت و سالن گوانو نامیده می شد. قسمت عقب سالن باریک و شیب دار بود. تونل هایی که از آن جا انشعاب می کردند فقط برای غارشناسان قابل دسترس بودند و تونل هایی هم که از آن ها انشعاب ها می کردند فقط برای خفاش ها قابل دسترس بودند. با برانداز کردن سالن گوانو احساس کردم که وارد یک گلوی بسیار بزرگ می شوم. صحنه در تاریکی وحشت انگیز بود. قندیل های یخ دراز از سقف آویزان بودند و از زمین هم قلنبه های یخ همچون بواسیر بیرون زده بودند. زمین پوشیده بود از خفاش های مرده و بعضی از قلنبه های یخی در درون آن ها یخ زده بودند. خفاش های خواب آلودی هم بودند که به سقف چسبیده بودند و خفاش های بیدار شده با عجله شروع به پرواز کردند و از کنار ما گذشتند. بعضی ها هم مستقیماً به ما می خوردند.

معلوم نبود که چرا لاشه خفاش ها در بعضی جاها تل انبار شده بودند، و در جاهایی هم خورده شده بودند و در جاهایی هم اثری از آن ها نبود. هیکس گمان می کرد که شرایط در غار ایولس به قدری سخت بوده که خفاش ها قبل از مردن حتی نتوانستند از آن جا خارج شوند. او و دارلینگ تصمیم گرفتند خفاش ها را در سالن گوانو شمارش کنند، اما بعد به سرعت تصمیم گرفتند به جای این کار فقط نمونه هایی را جمع آوری کنند. دارلینگ توضیح داد که این نمونه ها به موزه تاریخ طبیعی آمریکا سپرده خواهند شد، تا اطلاعاتی را در مورد حداقل نمونه هایی از صدها هزار گونه لوسی و خفاش های دراز گوش و سهرنگ شمالی،

که زمانی زمستان خود را در غار ایولس می‌گذراندند، در آرشو خود ثبت کند. شاید این یکی از آخرین فرصت‌ها برای این کار باشد. در تفاوت با معدنی که حداکثر صدها سال قدمت داشته، ایولس قدمتی هزاران ساله داشته است. احتمال می‌رود که خفاش‌ها طی نسل‌ها از آن‌جا برای خواب زمستانی خود استفاده می‌کرده‌اند، یعنی از زمانی که دهانه آن در انتهای عصر یخبندان باز شد.

دارلینگ گفت، «آنچه که جلوه‌ای بسیار شگفت‌انگیز به این می‌دهد این است که زنجیره تکاملی این خفاش‌ها در این‌جا گسسته می‌شود». او و هیکس شروع به برداشتن خفاش‌های مرده از روی زمین کردند. آن‌هایی را که تجزیه شده بودند رها کردند. هویت جنسی آن‌هایی را که تخریب نشده بودند مشخص کردند و آن‌ها را در کیسه‌های پلاستیکی دو ربعی گذاشتند. کار من نگه داشتن کیسه‌های محتوی لاشه‌های جنس ماده بود. آن کیسه پر شد و کیسه دیگری باز شد. وقتی نمونه‌برداری از مرز پنج هزار گذشت دارلینگ تصمیم بازگشت گرفت. هیکس هم همراه شد. او دوربین بزرگی را با خود آورده بود و می‌خواست عکس‌های بیشتری بگیرد. طی ساعت‌هایی که در غار پرسه می‌زدیم کشتار جمعی بالاتر می‌رفت. بسیاری از لاشه‌های خفاش‌ها خرد می‌شدند و خون‌ریزی می‌کردند. هنگامی که راه خروجی را در پیش گرفتیم هیکس از من خواست تا در مقابل هر خفاش مرده توقف نکنم. لحظه‌ای طول کشید تا متوجه شدم که شوخی می‌کند.



مشکل بتوان گفت که پروژه پانجیا دقیقاً کی شروع شد. اگر انسان‌ها را به عنوان

یک گونهٔ تهاجمی به حساب آوریم، تاریخ آن کمابیش به صد و بیست هزار سال قبل برمی‌گردد، یعنی زمانی که انسان‌های نوین از آفریقا مهاجرت کردند (نویسنده متون علمی، آلان بوردیک، انسان خردمند را موفق‌ترین مهاجم در تاریخ زیستی نامید). وقتی انسان‌ها در حدود سیزده هزار سال قبل به آمریکای شمالی وارد شدند، رفته‌رفته شروع به اهلی کردن سگ کردند و با آن از پل زمینی برینگ عبور کردند. پلی‌نزی‌هایی که در حدود هزار و پانصد سال قبل در هاوایی ساکن شدند، نه فقط موش، بلکه شپش و کک و خوک هم با خود به آن‌جا آوردند. «کشف» دنیای جدید آغازگر مبادله و جابه‌جایی زیستی گسترده‌ای بود، که «مبادلهٔ کلمب» نام گرفت و این جابه‌جایی‌های گونه‌های زیستی را به سطح جدیدی رساند. حتی وقتی داروین مشغول تدوین اصول توزیع جغرافیایی بود، آن اصول توسط گروه‌های موسوم به انجمن سازگاری عمداً تضعیف می‌شدند. همان سالی که «منشاء گونه‌ها» انتشار یافت، عضوی از انجمن سازگاری ساکن ملبورن اولین خرگوش‌ها را در استرالیا رها کرد و از آن پس پرورش خرگوش ادامه یافته است. در سال ۱۸۹۰ یک گروه نیویورکی که وظیفهٔ «وارد کردن و سازگار کردن حیوانات و گیاهان بیگانه‌ای که می‌توانند مفید یا جالب باشند» را به عهده داشت، سار اروپایی را به ایالات متحده وارد کرد (ظاهراً رهبر این گروه می‌خواست تمام پرندگانی که شکسپی‌یر از آن‌ها یاد کرده بود را با خود به آمریکا بیاورد). بعد از رها کردن پرندهٔ سار در پارک مرکزی شمار آن‌ها اکنون به بیش از دویست میلیون رسیده است.

هنوز هم آمریکایی‌ها اغلب به‌طور عمدی «گونه‌های زیستی بیگانه» را وارد می‌کنند و گمان می‌کنند که «ممکن است مفید یا جالب باشد». فهرست‌نامه‌های گلخانه‌ها و فهرست‌نامه‌های نمایشگاه‌های آبزیان مملو از گیاهان و ماهی‌های غیربومی است. بر اساس مقدمهٔ مربوط به حیوانات خانگی

در *دایرةالمعارف مهاجمان زیستی*، هر ساله گونه‌های غیربومی پستان‌داران، پرندگان، دوزیستان، لاک‌پشت‌ها، سوسمارها و مارها که وارد ایالات متحده می‌شوند، بیشتر از شمار گونه‌های بومی این گروه‌های حیوانی موجود در کشور است. در عین حال هر چه سرعت و حجم تجارت جهانی افزایش می‌یابد، شمار واردات اتفاقی هم بیشتر می‌شود. گونه‌هایی که در گذشته نمی‌توانستند در یک سفر دریایی در قسمت پایینی یک قایق یا در یک کشتی شکار نهنگ دوام آورند، امروز می‌توانند به سادگی در همین سفرها در تانک‌های کشتی‌های باری یا در مخزن آبی هواپیماهای باری جدید و یا در کیف یک گردشگر دوام آورند. یک بررسی جدید در باره گونه‌های غیربومی در آب‌های ساحلی آمریکای شمالی نشان می‌دهد که «نرخ مهاجمان گزارش شده طی دو قرن گذشته افزایش انفجار آمیزی» داشته است. این به سرعت فزاینده ورود کالا در حجمی روزافزون و کوتاه‌تر شدن زمان سفر نسبت داده می‌شود. «کانون تحقیقی گونه‌های تهاجمی» که پایگاه آن در دانشگاه کالیفرنیا - ریورساید است، تخمین می‌زند که هر شصت روز یک‌بار یک گونه مهاجم جدید وارد کالیفرنیا می‌شود. این در مقایسه با هاوایی، که هر ماهه مهاجم جدیدی به آن اضافه می‌شود، سرعت کمی است (برای مقایسه، شایان ذکر است که پیش از آنکه انسان‌ها در هاوایی ساکن شوند، گونه‌های جدید موفق می‌شدند تقریباً هر ده هزار سال یک‌بار خود را در آن جا مستقر کنند).

تأثیر بلافاصله تمام این تغییرات افزایش چیزی باید باشد که تنوع محلی نامیده می‌شود. هر مکانی را که در روی زمین مثال آوریم - استرالیا، مجمع‌الجزایر قطب جنوب، پارک محلی شما - احتمال می‌رود که طی چند صد ساله اخیر شمار گونه‌های موجود در منطقه بیشتر شده باشد. قبل از این که انسان‌ها وارد صحنه شوند مجموعه‌های زیادی از موجودات زنده کنونی در آن

زمان به کلی در هاوایی وجود نداشتند. این فقط شامل جوندگان نمی‌شود و دوزیستان، خزندگان خشکی و جانوار سم‌دار را هم دربر می‌گیرد. در این جزیره نه مورچه‌ای بود، نه شته و نه شپش. به این مفهوم انسان‌ها هاوایی را بسیار غنی کردند. اما هاوایی در دوران ماقبل بشری خود خانه هزاران گونه‌ای بود که در هیچ کجای سیاره وجود نداشتند و بسیاری از آن گونه‌های بومی اکنون نابود شده‌اند. این موجودات نابود شده، علاوه بر چند صد گونه حلزون‌های خشکزی، ده‌ها گونه پرنده و بیش از صد گونه سرخس و گیاهان گل‌دار را هم دربر می‌گرفت. به همان دلیلی که تنوع زیستی محلی، همچون یک قاعده کلی افزایش یافته، تنوع زیستی سراسری - یعنی شمار تمام گونه‌های متفاوتی که می‌تواند در سراسر دنیا وجود داشته باشد - کاهش یافته است.

اغلب می‌گویند که مطالعه مهاجمان با چارلز التون شروع شد - التون زیست‌شناس بریتانیایی است که اثر الهام‌بخش خود بوم‌شناسی تهاجم توسط حیوانات و گیاهان را در سال ۱۹۵۸ منتشر کرد. التون برای توضیح اثرات ظاهراً تناقض‌آمیز جابه‌جایی گونه‌ها در مکان‌های مختلف آن را به مجموعی از مخازن شیشه‌ای مقایسه کرد. تصور کنید که هر کدام از مخازن از محلول شیمیایی متفاوتی پر شده است. و تصور کنید که این مخازن از طریق یک لوله باریک و دراز با هم متصلند. اگر شیرهای لوله‌ها فقط برای هر روز یک دقیقه باز شوند، محلول‌ها به آرامی شروع به پخش شدن می‌کنند و محلول‌های شیمیایی با هم ترکیب می‌شوند. ترکیبات جدیدی شکل می‌گیرند و بعضی از ترکیبات اولیه از بین می‌روند. التون نوشت، «برای این که تمامی دستگاه به توازن برسد نیاز به زمان زیادی است». به مرور زمان محلول‌های تمام مخازن شبیه به هم می‌شوند. با ایجاد رابطه میان گیاهان و حیواناتی که برای مدتی طولانی از هم جدا بودند، انتظار می‌رود که تنوع از بین برود.

التون نوشت، «اگر در درازمدت بنگریم وضعیت احتمالی زیستی جهان نه پیچیده‌تر، بلکه ساده‌تر و فقیرتر می‌شود».

از زمان التون به بعد بوم‌شناسان سعی کرده‌اند ابعاد اثرات یکسان‌سازی در سراسر دنیا را با آزمون نظری بررسی کنند. این آزمون با فشرده کردن تمام مساحت دنیا به یک آبرقاره واحد شروع می‌شود. سپس برای برآورد این که یک مساحت معین پذیرای چه مقدار تنوع زیستی است از رابطه میان مساحت و گونه‌ها استفاده کردند. تفاوت میان نمودار به دست آمده و تنوع زیستی موجود جهان بیان‌گر کاهش ناشی از اتصال کامل تمام مناطق است. این تفاوت در مورد پستان‌داران خشکی شصت و شش درصد است، که نشان می‌دهد یک جهان تک‌قاره‌ای تنها حاوی تقریباً یک سوم از تمام گونه‌های پستان‌دار موجود باشد. این میزان برای پرندگان خشکی کم‌تر از پنجاه درصد است، که به این معنی خواهد بود که چنین دنیایی حاوی نیمی از گونه‌های پرندۀ کنونی خواهد بود.

اگر میلیون‌ها سال فراتر از التون نگاه کنیم، می‌توانیم تصور کنیم که جهان زیستی تا آن زمان قطعاً دوباره متنوع خواهد شد. اگر فرض کنیم که سفرها و تجارت‌های جهانی کاهش یابند، پانجیای جدید، با بیان تصویری، تفکیک می‌شوند. قاره‌ها دوباره از هم جدا خواهند شد و جزایر دوباره منزوی خواهند شد. و وقتی این اتفاق بیفتند، از گونه‌های تهاجمی که در سراسر دنیا منتشر شده‌اند، گونه‌های جدیدی تکامل خواهند یافت. ممکن است هاوایی صاحب موش‌های غول‌پیکر و در استرالیا خرگوش‌های غول‌پیکری پدید آیند.

زمستان بعد از آن که همراه با آل هیکس و اسکات دارلینگ از ایولس دیدار کردم، با گروه دیگری از زیست‌شناسان حیات وحش به آن جا برگشتم. صحنه غار در این زمان بسیار متفاوت بود اما کمتر از قبل فاجعه‌بار نبود. طی یک سال تل‌های خفاش‌های مرده خونی، که تجزیه و متلاشی شده بودند به چشم می‌خورد و بقایای آن‌ها فرشی از استخوان‌های ریز و کوچک به جا گذاشته بود، که بزرگ‌تر از برگ‌های سوزنی کاج نبودند.

این بار رایان اسمیت، از اداره ماهی و حیات وحش ورمونت و سوزی فون اوتینگن از خدمات ماهی و حیات وحش ایالات متحده کار سرشماری را انجام می‌دادند. آن‌ها از محلی از تجمع خفاش‌های آویزان، در بازترین قسمت سالن گوانو شروع کردند. طی بررسی این قسمت اسمیت متوجه شد که اغلب حیوانات مرده بودند و پاهای نازک‌شان به سنگ‌ها گیر کرده بودند و خشک شده بودند، اما در میان لاشه‌ها چشمش به خفاش‌های زنده هم افتاد. او تعداد را به فون اوتینگن، که قلم و کارت فهرست در دست داشت، اعلام کرد:

– دو تا لوسی.

فون اوتینگن عدد را تکرار کرد و آن را وارد کارت فهرست کرد.

اسمیت به راهش در غار ادامه داد. فون اوتینگن مرا صدا کرد و به شکافی در سنگی در مقابل اشاره کرد. ظاهراً در نقطه‌ای در درون سنگ ده‌ها خفاش در خواب زمستانی بودند. الان فقط لایه‌ای سیاه‌رنگ از کود و استخوان‌هایی به اندازه خلال دندان وجود داشت. او به یاد آورد که در بازدید قبلی از غار یک خفاش زنده را دید که مشغول بوکشیدن خفاش‌های مرده بود. این صحنه برایش بسیار تأسف‌آور بود.

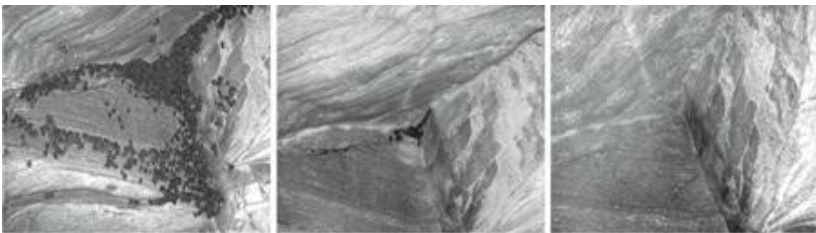
معلوم شده که اجتماعی بودن خفاش‌ها عامل مثبتی برای شیوع جیومایسیز ویرانگر بوده است. وقتی خفاش‌ها در زمستان در کنار هم جمع می‌شوند، خفاش‌های آلوده قارچ را به خفاش‌های سالم انتقال می‌دهند. آن‌هایی که تا بهار دوام می‌آورند قارچ را با خود حمل می‌کنند و منتشر می‌کنند. بدین شکل جیومایسیز ویرانگر از خفاشی به خفاش دیگر و از غاری به غار دیگر سرایت می‌کند.

برای اسمیت و فون اوتینگن فقط بیست دقیقه طول کشید تا خفاش‌های سالن گوانوی را شمارش کنند، که تقریباً خالی بود. وقتی فارغ شدند، فون اوتینگن تعداد را بر روی کارت ثبت کرد: هشتاد و هشت لوسی، یک خفاش شمالی گوش‌دراز، سه خفاش سه‌رنگ، و بیست گونه نامعلوم. هنگامی که راه بیرون را به طرف نرده‌ها پیش گرفتیم، فون اوتینگن گفت «تعداد نهایی صد و دوازده است. این یک سی‌ام خفاش‌هایی است که معمولاً طی یک سال معمولی در سالن گوانو شمارش می‌شوند». او اشاره کرد که لوسی خود را به آرامی تکثیر می‌کند - ماده‌ها هر سال فقط یک نوزاد می‌آورند - پس حتی اگر خفاش‌هایی باشند که در مقابل عارضهٔ بینی‌سفید مقاوم باشند، به سختی می‌توانند جمعیت‌شان را بازسازی کنند.

رد جیومایسیز ویرانگر از زمستان ۲۰۱۰ از اروپا شناسایی شده و گمان می‌رود که در آن‌جا شایع باشد. اروپا گونه‌های خفاش خود را دارد. مثلاً خفاش بزرگ‌تر موش‌گوش، که می‌توان آن را از ترکیه تا هلند سراغ گرفت. خفاش بزرگ‌تر موش‌گوش عارضهٔ بینی‌سفید را انتقال می‌دهد اما از آن صدمه نمی‌بیند. به نظر می‌آید که این دو پا به پای هم تکامل یافته باشند.

در عین حال شرایط نیوانگلند هم‌چنان نابه‌سامان است. من برای شمارش

در زمستان ۲۰۱۱ به ایولس برگشتم. در سالن گوانو فقط سی و پنج خفاش یافت شد. در سال ۲۰۱۲ به آن جا برگشتم. پس از این که تمام راه را به ورودی پیاده پیمودیم، زیست‌شناس همراه به این نتیجه رسید که وارد شدن می‌تواند اشتباه باشد، چون خطر ایجاد مزاحمت برای خفاش‌ها بر امتیاز شمارش آن‌ها می‌چربد. زمستان سال ۲۰۱۳ هم به آن جا برگشتم. در آن زمان بر اساس گفته خدمات حیات وحش و ماهی ایالات متحده عارضهٔ بینی‌سفید به بیست و دو ایالت آمریکا و پنج استان کانادا سرایت کرده است و بیش از شش میلیون خفاش را کشته است. با این که دما زیر صفر بود خفاشی به طرف من، که در مقابل نرده‌ها ایستاده بودم، پرواز کرد. من ده خفاش را شمرم که بر سطح صخره در ورودی غار چسبیده بودند. اکثرشان ظاهر مومیایی شدهٔ تکیدهٔ کوچکی را داشتند. ادارهٔ ماهی و حیات وحش ورمونت تابلوهایی را روی دو درخت در نزدیکی ورودی ایولس نصب کرده بود. یکی از آن‌ها می‌گفت: «این غار تا اطلاع ثانوی بسته است». دیگری می‌گفت «کسانی که وارد شوند ممکن است برای هر خفاش تا هزار دلار جریمه شوند» (مشخص نبود که منظورشان خفاش‌های زنده بود یا تل عظیم خفاش‌های مرده).



گوشه‌ای از سالن گوانو از چپ به راست: زمستان ۲۰۰۹ (با خفاش‌های خواب)، زمستان ۲۰۱۰ (با معدودی خفاش)، و زمستان ۲۰۱۱ (بدون خفاش)

مدتی نه چندان دور با دارلینگ تماس گرفتم تا اطلاعات جدیدی کسب کنم. او گفت، خفاش کوچک قهوه‌ای‌رنگ، که در ورمونت بسیار معمول است، الان رسماً در فهرست گونه‌های در معرض انقراض در این ایالت قرار گرفته است. همین امر در مورد خفاش‌های گوش‌دراز شمالی و خفاش‌های سه‌رنگ صادق است. او ادامه داد «من مرتب از واژه استیصال استفاده می‌کنم. ما در وضعیت استیصال هستیم».

او ادامه داد، «به عنوان یک نکته جانبی، چند روز پیش این خبر را خواندم. محلی به نام کانون ورمونت برای مطالعات زیست‌محیطی وب‌سایتی دایر کرد». مردم می‌توانند از هر موجود زنده‌ای در ورمونت عکسی بگیرند و آن را در این سایت ثبت کنند. اگر این را چند سال پیش می‌خواندم، به آن می‌خندیدم و می‌گفتم، «از مردم می‌خواهید عکسی از درخت کاج بفرستد؟» و حالا، پس از آن‌چه که بر سر این قهوه‌ای‌رنگ‌های کوچک آمده، آرزو می‌کنم که آن‌ها این وب‌سایت را زودتر دایر کرده بودند.

توضیح تکمیلی کان‌هافت این بود که، «وقتی پدیده‌ای را می‌یابید که وابسته به پدیده دیگری است که این دومی هم به نوبه خود وابسته به پدیده سومی است، آن‌گاه به سلسله پایداری از برهم‌کنشی می‌رسید». این موضوع در راه بازگشت به اردوگاه ذهن مرا به خود مشغول کرده بود. اگر حق با کان‌هافت باشد پس چرخه درهم تنیده و دیوانه‌وار پرندگان مورچه‌ای و پروانه‌ها درواقع نمایی از پایداری آموزون است. تنها در جایی که قوانین بازی ثبات خود را دارد پروانه‌هایی به وجود می‌آیند که از مدفوع پرندگانی تغذیه می‌کنند که به نوبه خود برای این به وجود آمده‌اند تا مورچه‌ها را دنبال کنند. از این‌که در آن روز مورچه‌ای نیافتیم ناخوشنود بودم، اما دریافتم که چیزی در باره آن پرنده‌ها نمی‌دانم.

فصل یازدهم

کرگدن اولتراساند دریافت می کند

کرگدن سوماترای^{۲۷۵}

اولین تلقی من از سوسی پشت زیبای او بود. تقریباً یک متر پهنا داشت با موهای زبر مایل به قرمز. پوست گلگون مایل به قهوه‌ای او ساختار سنگ‌ریزه‌های روغنی داشت. سوسی، که یک کرگدن سوماترای است، در سال ۲۰۰۴ در باغ وحش سین‌سیناتی متولد شده و زندگی خود را در آن‌جا گذرانده است. در بعدازظهر روزی که به دیدارش آمدم افراد دیگری هم دور او ایستاده بودند و پشت او را با مهربانی نوازش می‌کردند. من هم همین کار را کردم و احساس کردم که تنه درختی را لمس می‌کنم.

دکتر تری راث، مدیر مرکز تحقیق و حفاظت حیات وحش در معرض انقراض باغ‌وحش، در لباس کار وارد اصطبل کرگدن شد. راث بلندقامت و باریک‌اندام است و موهای قهوه‌ای بلندی دارد که آن را از پشت بسته است. او دستکش‌های شفاف بلندی به دست کرد. یکی از مراقبت‌کنندگان سوسی دم کرگدن را در شالی پیچید و به کناری برد. مراقبت‌کننده دیگر سوسی سطلی را برداشت و در مقابل دهان او ایستاد. برای من دشوار بود تا دهان او را ببینم اما می‌گفتند که به کرگدن برش‌های سبب می‌دادند و من می‌توانستم صدای جوییدن او را بشنوم. وقتی حواس سوسی پرت می‌شد، راث دستکش دیگری به

روی دستکش اولش به دست می‌کرد و چیزی را برمی‌داشت که شبیه به کنترل یک بازی ویدیو بود. سپس دستش را در مقعد کرگدن فرو کرد.

کرگدن سوماترایبی از پنج گونه هنوز منقرض نشده کوچک‌تر است و گفته می‌شود که کهن‌ترین هم باشد. جنس کرگدن دیسه‌رو در حدود بیست میلیون سال پیش ظهور کرد، و این بدین معنی است که دودمان کرگدن سوماترایبی از دوران میوسین تغییر چندانی نکرده است. آزمایش‌های ژنتیکی نشان داده‌اند که گونه سوماترایبی نزدیک‌ترین خویشاوند کرگدن پشمالو است، که طی آخرین عصر یخبندان از استکاتلند به کره جنوبی مهاجرت کرد. ای‌او ویلسون که قبلاً شبی را در باغ‌وحش سین‌سیناتی با مادر سوسی گذراند و مشتی از موهایش را روی میز کارش داشت، کرگدن سوماترایبی را همچون یک «سنگ‌واره زنده» توصیف کرد.

کرگدن‌های سوماترایبی موجوداتی خجالتی و تنها هستند که در محیط وحشی به دنبال رستی‌های انبوه روی زمین می‌گردند. آن‌ها دو شاخ دارند - یک شاخ بزرگ بر روی پوزه و یک شاخ کوچک‌تر در پشت آن - با لب‌های تیز فوقانی، که از آن برای گرفتن شاخ و برگ استفاده می‌کنند. زندگی جنسی حیوانات، حداقل از زاویه نگرش انسانی، بسیار غیر قابل پیش‌بینی است. آنچنان که می‌دانیم ماده‌ها تخم‌گذارند، اما اگر نر مناسبی در اطراف نداشته باشند تخمی نمی‌گذارند. در مورد سوسی، نزدیک‌ترین نر مناسب شانزده هزار کیلومتر دورتر است، و به این دلیل است که راث بازوی خود را در مقعد گرگدن فرو می‌کرد.

در حدود یک هفته قبل هورمونی به سوسی تزریق شده بود تا تخم‌دان‌هایش را فعال کند. چند روز بعد از آن راث سعی کرد کرگدن را از طریق لقاح مصنوعی باردار کند، به این شکل که یک لوله دراز و باریک را وارد رحم سوسی می‌کنند و با یک سرنگ اسپرم قبلاً منجمد شده‌ای را به درون

می‌ریزند. بر اساس یادداشت‌های راث در همان لحظه، سوسی در روند عمل لقاح مصنوعی «رفتار خیلی خوبی داشت». اکنون وقت دنبال کردن پیامدها از طریق عکس‌برداری اولتراساند بود. عکس‌های نقطه نقطه بر روی صفحه کامپیوتر راث ظاهر شدند. راث مثانه کرگدن را تشخیص داد، که بر روی صفحه به صورت یک حباب تاریک دیده می‌شد و به بررسی ادامه داد. او امیدوار بود که یک تخم در تخمدان راست سوسی، که هنگام لقاح مصنوعی دیده می‌شد، پس از آن آزاد شده باشد. در این صورت سوسی می‌توانست حامله شود. اما تخمک همان جایی بود که راث آخرین بار آن را دیده بود، یک دایره سیاه در ابری خاکستری.

راث خطاب به چندین تن از کارگران باغ‌وحش که برای کمک جمع شده بودند گفت، «سوسی تخم‌گذاری نکرد». در همان لحظه تمام دست خود را تا بازو در درون کرگدن فرو کرد. گروه آهی کشید. کسی گفت، «اوه نه!» راث دستش را بیرون کشید و دستکش‌ها را درآورد. گرچه به وضوح به نظر می‌رسید از نتیجه کار ناراضی باشد، اما برایش غیر قابل انتظار نبود.



کرگدن سوماترایبی زمانی از کوهپایه‌های هیمالیا در بوتان کنونی و شمال شرقی هند، تا میانمار، تایلند، کلمبیا و شبه جزیره مالای سر برمی‌آورد. در قرن نوزدهم هنوز به قدری معمول بود که به عنوان طاعون کشاورزی محسوب می‌شد. هنگامی که جنگل‌های جنوب شرقی آسیا از بین رفتند، زیستگاه کرگدن‌ها هم محدود و تجزیه شد. جمعیت کرگدن‌ها در اوایل قرن نوزدهم به فقط چند صد رأس کاهش یافت، که بیشتر در منزوی‌ترین مناطق در سوماترا و بقیه مالزی وجود داشت. به نظر می‌رسید که این جانور به گونه‌ای باور نکردنی به سمت انقراض می‌رود، تا این که در سال ۱۹۸۴ گروهی از طرفداران حفظ

منابع طبیعی در سنگاپور گردهم آمدند تا راه حلی برای نجات آن‌ها بیابند. نقشه آن‌ها از جمله دربر دارنده ایجاد یک برنامه پرورشی در فضای بسته بود که بتواند حفظ گونه‌ها را در برابر انقراض کامل تضمین کند. چهل کرگدن به دام انداخته شدند، که هفت تای آن‌ها به باغ وحش‌های ایالات متحده فرستاده شدند.

برنامه پرورش در فضای بسته هم آغازی فاجعه‌بار داشت. طی کمتر از سه هفته پنج کرگدن در مرکز پرورش شبه جزیره مالزی مبتلا به تریپانوزومیاسیس شدند، که توسط انگل‌های توزیع شده توسط مگس‌ها به آن‌ها سرایت کرده بود. در رأس شرقی بورنئو ۱۰ جانور گرفتار یک ناخوشی مالزیایی به اسم سبابه شدند. دو تا از آن‌ها از جراحات وارده مردند، که در اسارت به آن‌ها مبتلا شده بود. یک سوم در اثر ابتلا به کزاز مردند. یک چهارم به دلایل نامعلومی از بین رفتند و در پایان دهه هیچ کدام فرزندی متولد نکردند. میزان مرگ و میر در ایالات متحده باز هم بالاتر از این بود. غذای حیوانات در باغ‌وحش‌ها یونجه بود، اما مشخص شد که کرگدن‌های سوماترایمی نمی‌توانند با خوردن یونجه زنده بمانند. آن‌ها به شاخ و برگ سبز احتیاج داشتند. اما وقتی این را فهمیدند که از هفت کرگدنی که به آمریکا فرستاده شده بود فقط سه کرگدن زنده مانده بودند و هر کدام در شهر متفاوتی بود. در سال ۱۹۹۵ نشریه حفاظت زیستی مقاله‌ای در باره برنامه پرورش در فضای بسته، با عنوان «کمک به گونه‌ها برای منقرض شدن‌شان» منتشر کرد.

وقتی با راث به دفتر کارش برگشتیم، گفت، «کرگدن گونه بسیار پیچیده‌ای است». دفتر او با قفسه‌هایی تزئین شده بود پر از کرگدن‌های چوبی، گلی و مخملی. راپونزل، کرگدن ماده در برانکس، به قدری پیر بود که نمی‌توانست زاد و ولد کند. اما به نظر می‌رسید کرگدن ماده از لوس‌آنجلس، به اسم امیل، در سن مناسبی باشد، ولی هرگز تخم‌گذاری نکرده بود، و برای راث یک سال طول

کشید تا این معما را حل کند. او متوجه شد که مشکل کرگدن این بوده که کرگدنی در اطرافش نبوده تا به آن احساس داشته باشد. از این رو یک «ملاقات» مختصر، محتاطانه و تحت نظارت بین امی و ایپوه ترتیب داد. امی پس از چند ماه پرسه زدن در اطراف حامله شد، اما جنینش سقط شد. باز هم حامله شد و باز همان اتفاق افتاد. همین الگو در مجموع پنج بار تکرار شد. امی و ایپوه هر دو دچار ناراحتی چشم شدند. راث کم‌کم متوجه شد که این به دلیل حضور زیاد در آفتاب است (کرگدن‌های سوماترای در طبیعت وحشی در قسمت‌های سایه جنگل زندگی می‌کنند). باغ‌وحش سین‌سیناتی نیم میلیون دلار روی سایبان سفارشی سرمایه‌گذاری کرد.

در پاییز سال ۲۰۰۰ امی دوباره آبستن شد. این بار راث به او مکمل‌های هورمون مایع پروژسترون^{۲۷۶} داد که تکه‌های نان را با آن آغشته می‌کردند و به خوردش می‌دادند. بالاخره امی بعد از شانزده ماه حاملگی آندالاس را متولد کرد، که یک نوزاد نر بود. او اول دنبال سوسی می‌رفت - در زبان اندونزیایی سوسی به معنی «مقدس» است - اما بعد با نر دیگری به اسم هاراپان همراه شد. در سال ۲۰۰۷ آندالاس را به سوماترا و در مرکز پرورش فضای بسته، در پارک ملی وی کامباس منتقل کردند. او در آن‌جا در سال ۲۰۱۲ صاحب نوزادی به اسم آنداتو شد، که نوه امی و ایپوه بود.

۲۷۶ Progesterone هورمون مربوط به دوره قبل از حاملگی - م.



سوسی در باغ وحش سین سیناتی

چهار کرگدنی که سه تای آن‌ها در سین سیناتی و چهارمی در وی کامباس، در بند متولد شدند قطعاً جبران انبوه کرگدن‌های نابود شده را نمی‌کنند. اما معلوم شد که کرگدن‌های سوماترای تنها کرگدن‌هایی بودند که طی سه دههٔ اخیر به تعداد نسبتاً زیاد این‌جا و آن‌جا متولد شدند. اما شمار آن‌ها در طبیعت وحش طی نیمهٔ دههٔ ۱۹۸۰ وسیعاً کاهش یافت و به حدی رسید که امروز گمان می‌رود تعدادشان کمتر از صد رأس در تمام دنیا باشد. با بیانی طنزآمیز، انسان گونه‌های زیستی را تا حدی به نیستی کشانیده که به نظر می‌رسد امروز فقط یک تلاش فوق بشری بتواند آن‌ها را نجات دهد. آیندهٔ احتمالی کرگدن سوماترای بستگی به راث و معدود همکارانش دارد، که می‌دانند چطور اولتراساند ایجاد کنند و دست خود را تا بازو در مقعد کرگدن‌ها فرو کنند.

آن‌چه که در مورد کرگدن سوماترای صدق می‌کند به درجات مختلف در مورد تمام کرگدن‌ها هم صادق است. کرگدن جاوایی در امتداد جنوب شرقی آسیا جزو کمیاب‌ترین گونه‌های حیوانی کرهٔ زمین است که تعداد آن احتمالاً

کمتر از پنجاه رأس است و همگی فقط در یک منطقه حفاظتی در جاوا هستند (به جز این‌ها، آخرین کرگدن شناخته شده در ویتنام توسط یک شکارچی قاچاق در زمستان ۲۰۱۰ کشته شد). کرگدن هندی بزرگ‌ترین جثه را در میان پنج گونه کرگدن دارد و پوستی چروکیده دارد. تعداد این گونه در حدود سه هزار رأس است و اکثرشان در چهار پارک جنگلی ایالت آسام زندگی می‌کنند. جمعیت کرگدن‌های سیاه در آفریقا در صد سال پیش به حدود یک میلیون می‌رسید، که اکنون به پنج هزار کاهش یافته است. کرگدن سفید هم که مثل کرگدن سیاه در آفریقا زندگی می‌کند، تنها گونه کرگدنی است که در حال حاضر در فهرست گونه‌های در حال انقراض قرار ندارد. در قرن نوزدهم این گونه تا سرحد نابودی شکار شد، اما در قرن بیستم جان تازه‌ای گرفت و اکنون در قرن بیست و یکم مورد تعرض تازه‌ای از طرف شکارچیان قاچاق قرار گرفته، که می‌توانند هر کیلو شاخ کرگدن را در بازار سیاه با بهایی بیش از چهل هزار دلار بفروشند (شاخ کرگدن، که همچون ناخن‌های شما از جنس کراتین است، به مدتی طولانی به عنوان داروی سنتی چینی مورد استفاده قرار می‌گرفته است، اما در سال‌های اخیر به میزانی باز هم بیشتر همچون یک داروی مخدر مورد توجه قرار گرفته است. در انجمن‌هایی در جنوب شرقی آسیا از پودر شاخ به عنوان مواد مخدر مثل کوکائین استفاده می‌کنند).

کرگدن‌ها در عین حال هواخواهان زیادی هم دارند. افرادی هستند که آن‌ها را همچون پستان‌داران بزرگ الهام‌بخشی می‌ستایند، حتی اگر در پشت میله‌های باغ‌وحش‌ها هستند. از این رو است که باغ‌وحش‌ها هم منابع فراوانی را صرف نمایش کرگدن‌ها، پانداها و گوریل‌ها می‌کنند (ویلسون شبی را که در سین سیناتی همراه با امی گذرانده بود، همچون «یکی از خاطره‌انگیزترین وقایع زندگی‌اش» یاد می‌کند). اما پستان‌داران بزرگ الهام‌بخشی که در بند نیستند همه جا در معرض خطرند. از شش گونه مختلف خرس‌ها شش تای آن‌ها یا به عنوان «آسیب‌پذیر» یا «در معرض خطر» انقراض طبقه‌بندی شده‌اند. فیل‌های

آسیایی طی سه نسل اخیر به میزان پنجاه درصد کاهش یافته‌اند. وضعیت فیل‌های آفریقایی کمی بهتر است، اما زندگی‌شان، مثل کرگدن‌ها، به‌طور فزاینده‌ای توسط شکارچیان قاچاق در خطر است (یک بررسی اخیراً نشان داده که جمعیت فیل‌های جنگلی آفریقا - که بسیاری آن‌ها را گونه‌ای متمایز از فیل‌های ساوانا می‌دانند - طی ده ساله اخیر تا شصت درصد سقوط کرده است). از شمار اغلب گربه‌سانان بزرگ، مثل شیر، ببر، یوزپلنگ و جگوار، کاسته می‌شود. صد سال است که پانداها، ببرها و کرگدن‌ها فقط در باغ‌وحش‌ها به سر می‌برند، و یا به قول تام لاجوی در طبیعت وحشی که مساحت آن به قدری کوچک است که «شبه باغ‌وحش» قلمداد می‌شوند.



فردای آزمایش اولتراساند سوسی برای دیدنش رفتم. یک صبح سرد زمستانی بود و سوسی در اصطبل خود محصور بود، که بنایی بود از قطعات سنگی و ظاهر سلول زندان را داشت. وقتی رسیدم ساعت هفت و نیم صبح بود و وقت غذای سوسی بود و او مشغول جویدن برگ انجیر بود. پل راین‌هارت، مسئول مراقب کرگدن‌ها گفت که سوسی معمولاً پنجاه کیلو انجیر در روز مصرف می‌کند، که از سان دیه‌گو می‌آید (و هزینه آن سالانه نزدیک به صد هزار دلار می‌شود). او همچنین چند سبد میوه اهدایی مصرف می‌کند. خوراک امروز او سیب، انگور و موز است. در نگاه من لوسی با حالتی محزون غذا می‌خورد. وقتی برگ انجیر تمام شد شروع به خوردن شاخه‌ها کرد، که به ضخامت سه تا پنج سانتیمتر می‌رسید، اما او آن‌ها را به راحتی خرد می‌کرد.

راین‌هارت سوسی را «ترکیب مناسبی» از مادر و پدرش توصیف کرد. مادرش، امی، در سال ۲۰۰۹ مرد و پدرش، ایپو، هنوز در باغ‌وحش سین‌سیناتی زندگی می‌کند. او به خاطر می‌آورد که امی با مشکلاتی دست و پنجه نرم

می‌کرد. سوسی خیلی بازی‌گوش است، اما مثل پدرش سرسخت است. مراقب دیگری از مقابلم رد شد و مقدار زیادی مدفوع را با فرغون جابه‌جا می‌کرد که متعلق به سوسی و ایپو از شب گذشته بود.

سوسی به اطرافیان خود عادت کرده است. بعضی به او غذا می‌دهند و بعضی هم بازوی خود را در مقعدش فرو می‌کنند. راین‌هارت به من اجازه داد در کنار سوسی باشم و خودش به دنبال کارهای دیگرش رفت. وقتی من پهلوی پرموی سوسی را نوازش می‌کردم به یاد سگ بزرگی افتادم (کرگدن‌ها درواقع بیش‌ترین نزدیکی را با اسب‌ها دارند). گرچه نمی‌توانم بازی‌گوشی زیادی را در او حس کنم، اما مهربان به نظر می‌رسید و وقتی به چشمان سیاهش نگاه کردم، می‌توانستم قسم بخورم که پرتوی از پذیرفتن متقابل یکدیگر را بین خودمان احساس کردم. همزمان گفته یک مسئول باغ‌وحش را به یاد آوردم که می‌گفت اگر سوسی بخواهد ناگهان سر بزرگش را تکان دهد، می‌تواند به سادگی بازوی مرا بشکند. بعد از لحظه‌ای وقت آن رسید که کرگدن را وزن کنند. چند تکه موز در مقابل کفه ترازویی که بر روی زمین تعبیه شده بود گذاشته شده بود. وقتی سوسی قدم برداشت تا موزها را بخورد صفحه ترازو عدد ۶۸۴ کیلو را نشان داد.

جانوران بسیار بزرگ طبعاً به یک دلیل بسیار بزرگ هستند. سوسی در بدو تولد ۳۲ کیلو وزن داشت. اگر او در آن زمان در سوماترا متولد شده بود قربانی یک ببر می‌شد (گرچه امروزه ببرهای سوماترای هم در وضعیت بحرانی رو به انقراض هستند). اما مادرش احتمالاً از او حمایت می‌کرد و کرگدن‌های بالغ جانوران طبیعی درنده‌ای نیستند. همین امر در مورد گیاه‌خواران بسیار بزرگ صدق می‌کند. فیل‌ها و اسب‌های بالغ به قدری بزرگ هستند که هیچ جانوری جرأت نزدیک شدن به آن‌ها را ندارد. به همین شکل خرس‌ها و گربه‌سانان بزرگ امتیازی بیشتر از درنده‌خویی خود دارند.

این از مزایای بزرگ‌جثه بودن است - که استراتژی «بزرگ‌تر از آن است که بترسد» نام دارد و با زبان تکامل تاکتیک خوبی به نظر می‌آید. زمین در طول تاریخ خود در مقاطع مختلف پر از موجودات غول‌پیکر بوده است. برای مثال، در پایان دوره کرتاسه تیرانوسوروس‌ها^{۲۷۷} فقط یک گروه از دایناسورهای غول‌پیکر بودند. موجوداتی از جنس سالتاسوروس^{۲۷۸} هم وجود داشتند که اعضای چیزی در حدود هفت هزار کیلو وزن داشتند. قامت بزرگ‌ترین اعضای تریزینوسوروس‌ها^{۲۷۹} بیش از ده متر بود و سورولوفوس‌ها^{۲۸۰} احتمالاً از آن‌ها هم بلند قامت‌تر بودند.

مدتی بسیار طولانی بعد از آن دوره، یعنی در پایان آخرین یخبندان، جانوران غول‌پیکر به تعداد فراوانی در تمام قسمت‌های دنیا یافت می‌شدند. علاوه بر کرگدن‌های پشمالو و خرس‌های غار، اروپا شاهد گاوه‌های کهن، گوزن‌های شمالی بزرگ و گفتارهای عظیم‌الجثه بوده است. جانوران غول‌پیکر آمریکای شمالی شامل ماستودون‌ها، ماموت‌ها و کامه‌لوپ‌ها بوده، که خویشاوندان درشت‌اندام شترهای امروزی بودند. این قاره همچنین خانه این جانوران بود: سگ‌های آبی در ابعاد خرس‌های خاکستری آمریکای شمالی، اسمیلودون‌ها - گروهی از گربه‌سانان دندان خنجر، و مگالونیکس‌های جفروسونی - تنبل‌های زیرزمینی که نزدیک به یک تن وزن داشتند. آمریکای جنوبی تنبل‌های غول‌پیکر خود را داشت، مثل تاکسودون‌ها - جنسی از پستان‌داران با پیکری کرگدن‌مانند و سری مثل اسب آبی - و گلیپتودون‌ها - خویشاوندان آرمادیلوس‌ها که در مواردی به اندازه یک خودروی فیات پانصد کیلویی رشد می‌کردند. عجیب‌ترین و متنوع‌ترین پستان‌داران غول‌پیکر در

Tyrannosaurus ۲۷۷

Saltasaurus ۲۷۸

Therizinosaurus ۲۷۹

Saurolophus ۲۸۰

استرالیا یافت می‌شد. از جمله این جانوران می‌توان به دیپروتودون‌ها اشاره کرد، که گروهی از جانوران کیسه‌دار جنگلی بودند و عموماً به رحم کرگدن شناخته شدند. ثیلوکولتو کارنیفکس، جانور گوشت‌خواری به اندازه ببر بود که به شیر کیسه‌دار نسبت داده می‌شد و کانگوروی عظیم‌الجثه‌ای با صورتی کوچک وجود داشت، که به بلندی سه متر می‌رسید.

حتی جزایر نسبتاً کوچک جانوران بزرگ خود را داشت. قبرس فیل و اسب آبی کوچکی داشت. ماداگاسکار خانه سه گونه اسب آبی کوچک بود. خانواده‌ای از پرندگان فاقد توانایی پرواز وجود داشت که به پرندگان فیلی شناخته می‌شدند. علاوه بر این‌ها چندین گونه میمون‌های لمور غول‌پیکر نیز در آن‌جا وجود داشت. جانوران بزرگ نیوزیلند به این دلیل که فقط پرنده بودند، قابل توجه بودند. تیم فلائری، دیرین‌شناس استرالیایی، این را به عنوان نوعی آزمایش فکری توصیف کرد که در واقعیت خلق شده بود: «این به ما نشان می‌دهد که اگر پستان‌داران هم مانند دایناسورها در شصت و پنج میلیون سال پیش منقرض می‌شدند، دنیا چطور به نظر می‌رسید و فقط پرندگان به‌جا می‌ماندند تا وارث جهان شوند». در نیوزیلند گونه‌های مختلفی از موآها - پرندگان فاقد قدرت پرواز شبیه به شترمرغ - تکامل یافتند، و این باعث شد تا گیاه‌خواران چهارپایی مثل کرگدن و گوزن مکان‌های دیگر را اشغال کنند. بزرگ‌ترین موآها، یعنی موآی غول‌پیکر نورث آیلند و ثاوت آیلند در نیوزیلند نزدیک به سه متر و نیم رشد می‌کردند. جالب این بود که ماده‌ها تقریباً دوبرابر بزرگ‌تر از نرها بودند و گمان می‌رود که وظیفه روی تخم خوابیدن به عهده پدرها بود. نیوزیلند از جمله عقاب‌گونه بزرگی به اسم عقاب هاست داشت، که موآها را شکار می‌کرد و بال‌هایی به عرض بیش از دو متر و نیم داشت.



بزرگ‌ترین موآها تا سه و نیم متر قد می‌کشیدند

بر سر این جانوران غول‌پیکر چه آمد؟ کوویه که اولین نفری بود که متوجه نابودی‌شان شد، گمان می‌کرد که این موجودات در خلال آخرین فاجعه، یعنی انقلابی بر روی زمین از بین رفته‌اند، که قبل از شروع تاریخ مکتوب بود. وقتی بعدها محققان علوم طبیعی نظریه فاجعه‌گرای کوویه را رد کردند با یک معما روبه‌رو شدند. چرا این همه جانور غول‌پیکر در یک محدوده زمانی کوتاه نابود شدند؟

آلفرد راسل والاس می‌گفت، «از نظر تنوع زیستی ما در دنیای فقیری زندگی می‌کنیم که در آن بزرگ‌ترین، درنده‌ترین و قوی‌ترین جانوران اخیراً نابود شده‌اند، و شکی نیست که دنیای بسیار بهتری را از دست داده‌ایم. و این

حقیقت شگفت‌انگیز که ناگهان شمار عظیمی از پستان‌داران بزرگ در تمام قسمت‌های دنیا نابود شده‌اند، به حد کافی برای‌مان آشکار نشده است.»

مثلاً در فاصلهٔ هفتاد کیلومتری از همین باغ‌وحش سین‌سیناتی منطقهٔ بیگ‌بون‌لیک قرار دارد، و آن همان جایی است که لانگوی در آن دندان‌های ماستودون را پیدا کرد و همین حادثه برای کوویه الهام‌بخش نظریهٔ انقراض شد. حالا بیگ‌بون‌لیک، که یک پارک دولتی است، در بارهٔ خودش در وب‌سایت خود تبلیغ می‌کند که «زادگاه دیرین‌شناسی مهره‌ای آمریکا است» و شعری را در آن جا گذاشته تا از جایگاهش در تاریخ تقدیر کند.

اولین کاشفان در بیگ‌بون‌لیک
اسکلت‌های فیل‌هایی را یافتند که سخن می‌گفتند،
دنده‌ها و عاج‌های ماموت‌های پشمالویی را یافتند که سخن می‌گفتند.
استخوان‌ها همچون ویرانه‌هایی از رؤیاهایی نیرومند سربرافراشتند،
گورستانی از یک عصر طلایی.

یک بعد از ظهر که از سوسی دیدن می‌کردم تصمیم گرفتم پارک را بگردم. مرز بدون نقشه در دوران لانگوی طبعاً گسترده بود و آن منطقه به تدریج توسط مناطق حومهٔ سین‌سیناتی بلعیده شده است. در راه خروج از جلوی مغازه‌های زنجیره‌ای معمولی گذشتم و بعد از آن‌ها خانه‌های در حال ساختی را پشت سر گذاشتم، که بعضی به قدری تازه بودند که فقط اسکلت‌شان را برپا کرده بودند. کم‌کم خود را در شهرک اسب یافتم. درست بعد از «مزرعهٔ درخت ماموت پشمالو» به ورودی پارک رسیدم. بر روی تابلوی بزرگی نوشته شده بود «شکار

ممنوع». تابلوهای دیگر مکان‌های اردوگاه، دریاچه، مغازه خرید هدایا، میدان کوچک گلف، موزه و گله گاومیش بایسون را نشان می‌دادند.

طی قرن هجدهم و اوایل قرن نوزدهم مقادیر بی‌شماری از نمونه‌های به‌جا مانده - استخوان ران ماستودون، عاج فیل، جمجمه تنبل - از باتلاق‌های بیگ‌بون‌لیک بیرون کشیده شد. مقادیری به پاریس، لندن، نیویورک و فیلادلفیا منتقل شد و همچنین مقادیری هم ناپدید شد (یک محموله کامل هم طی شبیخونی توسط سرخ‌پوستان کیکاپو از کشتی یک بازرگان مستعمراتی غارت شد و مقادیری هم در رود میسی‌سیپی به زیر آب رفت). توماس جفرسون با افتخار استخوان‌هایی از لیک را در یک موزه مخصوص نشان می‌داد که خودش در «اتاق شرقی» کاخ سفید برپا کرده بود. لایل هم از فرصت استفاده کرد و طی دیدارش از آمریکا در سال ۱۸۴۲ دندان یک نوزاد ماستودون خرید.

گردآورندگان به قدری استخوان‌های بزرگ را از بیگ‌بون‌لیک خارج کردند که در حال حاضر چیز زیادی در آن‌جا باقی نمانده است. موزه دیرین‌شناسی پارک فقط یک سالن خالی است. بر روی یکی از دیوارها یک نقاشی دیواری نقش بسته که گروهی ماموت محزون را نشان می‌دهد که آهسته از منطقه توندرای عبور می‌کنند و بر روی دیوار مقابل در چند محفظه شیشه‌ای مقداری دندان آسیب دیده و استخوان‌های پای ماستودون نمایش داده می‌شود. فروشگاه هدیه‌ای هم وجود دارد که تقریباً به بزرگی خود موزه است و کلیدهای چوبی و شکلات و تی‌شرت‌هایی می‌فروشد که بر روی آن‌ها نوشته شده، «من چاق نیستم، فقط اسکلت درشتی دارم». وقتی وارد فروشگاه شدم با یک فروشنده موطلائی روبه‌رو شدم. او گفت که اغلب مردم اهمیت این پارک را درک نمی‌کنند. آن‌ها فقط برای دریاچه و گلف به این‌جا می‌آیند، که متأسفانه در زمستان تعطیل است. او مرا تشویق کرد تا مسیری را دنبال کنم. از او خواستم تا اطراف را نشانم دهد، اما طفره رفت و گفت که سرش شلوغ است، در حالی که فقط دو نفر در پارک بودند.

من مسیر را دنبال کردم. درست در پشت موزه با یک ماستودون ساخته شده از پلاستیک در اندازه طبیعی روبه‌رو شدم. ماستودون سرش را پایین آورده بود، گویی که می‌خواست حمله کند. در نزدیکی آن یک نمونه پلاستیکی از یک تنبل زمینی با قامتی سه متری قرار داشت، که با حالتی تهدیدآمیز روی دو پای عقبش ایستاده بود. همچنین ماموتی هم وجود داشت که با حالت وحشت در باتلاقی فرو می‌رفت. یک بایسون مرده پوشیده، یک کرکس و تعداد استخوان متفرقه پلاستیکی تصویر را تکمیل می‌کرد.

بعد از آن به بیگ‌بون کریک رفتم، که یخ بسته بود. حباب‌هایی با حرکت آرام در نهر زیر یخ دیده می‌شد. مسیر به یک اسکله چوبی می‌رسید که بر روی قسمتی از باتلاق بنا شده بود. این جا یخی روی آب را نپوشانده بود و روی آب را سطحی از گچ سفید گرفته بود که بوی سولفور می‌داد. تابلویی روی اسکله توضیح می‌داد که این منطقه در دوره کرتاسه اقیانوس بود. کف نمکی اقیانوس آب‌ها را هم شور کرده بود و جانورانی را به بیگ‌بون‌لیک جذب می‌کرد تا آب شور را بنوشند، که در موارد بسیاری منجر به مرگ‌شان در آن جا شد. بر تابلوی دیگری نوشته شده بود که در میان اقلام یافت شده در لیک «بقایای حداقل هشت گونه منقرض شده مربوط به حدود ده هزار سال پیش» وجود داشت. در ادامه مسیر چشمم به تابلوهای بیشتری افتاد. این تابلوها درواقع دو توصیف متفاوت از راز ناپدید شدن جانوران بزرگ به دست می‌دادند. بر روی یکی چنین نوشته شده بود: «تغییر از جنگل برگ‌سوزنی به جنگل برگ‌ریز، که شاید به دنبال گرمایش اقلیمی صورت گرفته بود، باعث نابودی پیوسته جانوران لیک شد». تابلوی دیگری دلیل نابودی جانوران را به عامل دیگری نسبت می‌داد: «جانوران بزرگ هزار سال بعد از پیدایش انسان نابود شدند و به نظر می‌رسد که سرخ‌پوستان کهن در این نابودی نقشی داشته‌اند».

از همان سال‌های دهه ۱۸۴۰ هر دو نظریه در مورد انقراض جانوران عظیم‌الجثه مطرح شد. لایل از جمله کسانی بود که از نظریه اول پشتیبانی

می‌کرد و می‌گفت در عصر یخبندان «تغییرات بزرگ اقلیمی» رخ داد. داروین که معمولاً از لایل جانب‌داری می‌کرد، در این رابطه نظر نسبتاً مخالفی داشت. او نوشت، «ارتباط دوره یخبندان با انقراض جانوران بزرگ معقول به نظر نمی‌رسد». والاس هم به نوبه خود در ابتدا از نظریه اقلیمی دفاع کرد و در سال ۱۸۷۶ نوشت، «این تغییر بزرگ باید دلیلی مادی داشته باشد و آن همان تغییر مادی و بزرگ در عصر یخبندان است». اما بعدها نظرش عوض شد و در آخرین کتابش به اسم جهان حیات نوشت، «من اطمینان دارم که انقراض سریع شمار گسترده جانوران بزرگ درواقع ناشی از دخالت انسان است. این مسئله کاملاً روشن است».



دیپروتودون بزرگ‌ترین جانور کیسه‌دار بوده است.

از دوران لایل به بعد بحث‌های فراوانی حول این مسئله جریان داشته است، که پیامدهای آن بسیار فراتر از دیرین‌شناسی زیستی است. اگر تغییر اقلیمی باعث انقراض جانوران بزرگ بوده باشد، باز این دلیل دیگری است تا نسبت به

نقش خود در گرمایش جهانی نگران باشیم. از طرف دیگر، اگر انسان‌ها مقصر بودند - و این باور به‌طور روزافزونی تقویت می‌شود - پس این درک دردآورتر می‌شود. و این بدین معنی خواهد بود که انقراض کنونی از همان اواسط عصر یخبندان اخیر شروع شده است و نقش انسان به عنوان قاتل - یا قاتل زنجیره‌ای - از همان آغاز کاملاً آشکار بوده است.



شواهد به نفع نقش انسان‌ها - یا در حقیقت علیه آن‌ها - هستند. یکی از این‌ها زمان این وقایع است. اکنون روشن است که انقراض جانوران بزرگ - آن‌طور که لایل و والاس می‌گفتند - به یک‌باره رخ نداده است، بلکه در مقاطع مختلف صورت گرفته است. اولین موج انقراض‌ها در حدود چهل هزار سال قبل، جانوران بزرگ استرالیا را دربر گرفت. موج دوم در حدود بیست و پنج هزار سال پس از آن دامن‌گیر آمریکای شمالی و آمریکای جنوبی شد. لمورهای عظیم‌الجثه، اسب‌های آبی کوچک و فیل‌های پرنده در ماداگاسکار تا همین قرون وسطی هم به بقای خود ادامه دادند. موآهای نیوزیلند تا دوران رونه‌سانس وجود داشتند. مشکل بتوان چنین حوادثی را فقط با یک واقعه تغییر اقلیمی مربوط دانست. اما توالی این امواج انقراض با واقعه مهاجرت انسان کاملاً سازگاری دارد. شواهد باستان‌شناسی نشان می‌دهند که انسان‌ها ابتدا در حدود پنجاه هزار سال قبل وارد استرالیا شدند. مدت زمانی بسیار طولانی بعد از آن بود که به آمریکا رسیدند و فقط چند هزار سال دیگر طول کشید که خود را به ماداگاسکار و نیوزیلند رساندند.

در این رابطه پاول مارتین از دانشگاه آریزونا در اثر اصلی خود، به اسم *کشتار جمعی ماقبل تاریخ*، از مهاجرت انسان به عنوان تنها پاسخ منطقی به معضل نابودی جانوران بزرگ یاد کرد.

جارد دایموند به روش مشابهی نوشت: «شخصاً نمی‌توانم بفهمم که چرا جانوران بزرگ استرالیا طی ده‌ها میلیون سال در تاریخ استرالیا خشک‌سالی‌های بی‌شماری را پشت سر گذاشتند، و تصمیم گرفتند دقیقاً هم‌زمان با مهاجرت انسان‌ها (حدافل در یک مقطع زمانی میلیون‌ها سال) به یک‌باره نابود شوند». علاوه بر عامل این هم‌زمانی شواهد مادی محکمی وجود دارد که دخالت انسان را نشان می‌دهد. یکی از این‌ها مدفوع است.

گیاه‌خواران عظیم‌الجثه مقادیر عظیمی مدفوع از خود به‌جا می‌گذارند. این امر برای تمام کسانی که با کرگدن‌ها سروکار دارند روشن است. این مدفوع غذای لازم برای قارچ‌هایی را فراهم می‌آورد که به /اسپورومی‌یلا معروفند. قارچ‌های اسپورومی‌یلا بسیار کوچکند - با چشم غیرمسلح تقریباً دیده نمی‌شوند - اما به مدت بسیار طولانی دوام می‌آورند و کماکان می‌توانند در رسوباتی بازشناسی شوند که طی ده‌ها هزار سال مدفون شده‌اند. بسیاری از قارچ‌ها گواه وجود مدفوعات نشخوار شده هستند و از طرف دیگر کمبود یا فقدان این قارچ نشان‌گر عدم وجود این مدفوعات است.

یک گروه تحقیقی چند سال پیش هستهٔ رسوبی به‌جا مانده در محلی به اسم /لینچ‌کریتز در شمال شرقی استرالیا را تجزیه و تحلیل کرد. نتیجه نشان داد که بیست و پنج هزار سال پیش میزان قارچ/اسپورومی‌یلا در این منطقه بالا بوده است. اما بلافاصله در حدود چهل و یک هزار سال پیش اسپورومی‌یلا تقریباً به میزان صفر رسید. به دنبال این سقوط منطقه شروع به سوختن کرد (این‌جا شواهد به صورت شاخه‌های کوچک سوخته خود را نشان دادند). پس از آن گیاهان منطقه از آن انواعی که در جنگل بارانی یافت می‌شوند به گیاهان سازگار با خشکی، مثل اقاچیا تغییر کردند.

اگر تغییر اقلیمی باعث انقراض جانوران بزرگ می‌بود، پس کاهش قارچ اسپورومی‌یلا می‌بایست بعد از تغییر گیاهی صورت می‌گرفت: در ابتدا می‌بایست ساختار گیاهی منطقه تغییر کند تا پس از آن جانورانی که به گیاهان اولیه

وابسته بودند نابود شوند. اما عکس این اتفاق افتاد. گروه تحقیقی به این نتیجه رسید که تنها توضیحی که با شواهد سازگاری دارد «کشتار جمعی» است. برآورد می‌شود که کاهش اسپورومی‌یلا قبل از تغییرات گیاهی منطقه بوده است، زیرا نابودی جانوران بزرگ باعث تغییر ساختار گیاهی منطقه شد. اگر گیاه‌خوارانی نباشند تا گیاهان جنگل را بخورند سوخت به وجود می‌آید، که منجر آتش‌سوزهای پیوسته و قدرت‌مندی می‌شود. این به نوبه خود گیاهان را به سمت شکل‌گیری گونه‌هایی می‌راند که نسبت به آتش مقاوم هستند.

کریس جانسون، بوم‌شناس دانشگاه تاسمانی و یکی از نویسندگان برجسته در علوم پایه می‌گفت، «فکر می‌کنم قاطعانه بتوان گفت که انقراض جانوران بزرگ استرالیا نمی‌توانست به دنبال تغییرات اقلیمی بوده باشد».

این حقیقت خود را با وضوح بیشتری در نیوزیلند نشان می‌دهد. وقتی که مائوری‌ها، قبایل بومیان اولیه نیوزیلند، در حوالی دوران دانه به آن‌جا رسیدند با نه گونه موآ روبه‌رو شدند که در شمال و جنوب جزیره زندگی می‌کردند. بعدها، بعد از آن‌که مهاجران اروپایی در اوایل قرن هجدهم با به جزیره گذاشتند، دیگر حتی یک موآ هم دیده نشد. آن‌چه که باقی مانده بود انبوهی از استخوان‌های موآها و ویرانه‌های اجاق‌های بزرگ در فضای باز و بقایای پرنده‌های بزرگ کباب‌شده بود. یک بررسی جدید نتیجه‌گیری کرد که موآها احتمالاً طی چند دهه نابود شدند. عبارتی در زبان مائوری به جا مانده که می‌گوید: «وقتی از دست رفت که موآ از دست رفت».



محققانی که بر باور نقش شرایط اقلیمی در نابودی جانوران بزرگ تأکید دارند معتقدند که یقین مارتین، دایموند و جانسون بی‌پایه است. از نظر آن‌ها هیچ چیز در مورد این واقعه «قطعی» نیست و تمام جمع‌بندی‌های آن‌ها در بالا ساده‌انگارانه است. تاریخ انقراض‌ها روشن نیست و دقیقاً مقارن با مهاجرت

انسان‌ها نیست و در هر صورت رابطه میان این دو علت و معلولی نیست. بیش‌ترین تردید آن‌ها شاید متوجه فرضیه کشتار جانوران توسط انسان‌ها در دوران کهن باشد. چطور ممکن است انسان‌هایی که فاقد هر مهارت فنی بودند بتوانند شمار عظیمی از جانوران بزرگ و قدرتمند و در برخی موارد جانوران مغروری را در منطقه گسترده‌ای در ابعاد استرالیا و آمریکای شمالی را از پا درآورند؟

جان آلروی، یک دیرین‌شناس زیستی است که اکنون در دانشگاه مکواری استرالیا کار می‌کند، زمان زیادی را وقت فکر کردن بر روی این مسئله کرد، که از نظر او یک معضل ریاضی است. او می‌گوید، «یک جانور عظیم‌الجثه، با توجه به سرعت کم تولیدمثل خود در حاشیه قرار می‌گیرد. برای مثال دوره بارداری فیل بیست و دو ماه است. آن‌ها دوقلو نمی‌زایند و تا وقتی که به دوره نوجوانی نرسیده‌اند زاد و ولد نمی‌کنند. پس این محدودیت بسیار بزرگی بر سر سرعت تولیدمثل آن‌ها قرار می‌دهد، حتی اگر همه چیز خیلی خوب پیش رود. و دلیل این که این حیوانات بعد از رشد کردن به اندازه معینی زنده می‌مانند این است که خطر شکار شدن را پشت سر گذاشته‌اند. آن‌ها دیگر در مقابل حمله دیگر حیوانات آسیب‌پذیر نیستند. این یک استراتژی وحشتناک برای تولید مثل است، اما امتیاز بزرگی برای اجتناب از شکار کننده محسوب می‌شود. و این امتیاز با ظهور انسان کاملاً از بین می‌رود، زیرا هیچ فرقی نمی‌کند که حیوان چقدر بزرگ باشد. اندازه حیوانات محدودیتی برای خوردن‌شان برای ما ایجاد نمی‌کند». این نمونه دیگری است از این که چطور همزیستی مسالمت‌آمیز حیوانات رقیبی که طی میلیون‌ها سال تداوم داشته ناگهان پایان می‌یابد. جانوران عظیم‌الجثه هم، مانند گراپتولایت‌های وی شکل و شاخ‌قوچی‌ها یا دایناسورها، پا را از محدوده قانونمندی زیستی طبیعی خود فراتر نگذاشتند، بلکه این ظهور انسان بود که «قوانین بازی بقاء» را عوض کرد.

آلروی با استفاده از شبیه‌سازی در کامپیوتر فرضیه «کشتار جمعی» را به آزمون گذاشت. او به این نتیجه رسید که انسان‌ها می‌توانستند فقط با یک تلاش مختصر جانوران عظیم‌الجثه را از میدان خارج کنند. او گفت، «اگر گونه‌ای وجود داشته باشد که به صورتی پایدار تولیدمثل کند، باز هم گونه‌های دیگر می‌توانند توسط انسان نابود شوند». برای مثال، گوزن دم سفید در آمریکای شمالی میزان تولیدمثل بالایی دارد و بنابر این احتمالاً می‌تواند در ابعاد گسترده رشد کند، علیرغم این که شمار ماموت‌ها کاهش می‌یافت: «ماموت می‌توانست مثل یک قارچ بزرگ دنبان غذای لوکسی باشد که خوردن آن برای لحظه‌ای لذت ایجاد کند».

وقتی آلروی شبیه‌سازی کامپیوتری را در مورد آمریکای شمالی آزمایش کرد، دریافت که حتی یک جمعیت کوچک بومی از انسان‌ها - در حدود صد نفر - می‌توانست طی یکی دو هزار سال به حدی تکثیر شود که تقریباً تمام گونه‌ها را به انقراض کشاند، حتی اگر انسان‌ها فقط شکارگران متوسطی می‌بودند. همه آن چیزی که لازم بود انجام دهند این می‌توانست باشد که هر وقت امکان می‌یافتند یک ماموت یا یک تنبل عظیم زمینی را بکشند و طی چند صد سال به همین کار ادامه می‌دادند. این می‌توانست برای تنزل دادن جمعیت گونه‌های آرام تکثیرشونده کافی باشد تا این که به تدریج تعدادشان را به صفر برساند. وقتی کریس جانسون شبیه‌سازی‌های کامپیوتری مشابهی را برای استرالیا به کار برد، به همین نتیجه رسید: اگر یک گروه ده نفره شکارگر فقط یک دیپروتودون را در سال می‌کشت، طی یک مدت زمان هفت صد سال تک‌تک دیپروتودون‌ها تا مسافت صدها کیلومتری نابود می‌شدند (از آن‌جا که جانوران در قسمت‌های مختلف استرالیا طی مقاطع متفاوت تماماً شکار می‌شدند، بر اساس محاسبه جانسون نابودسازی پیوسته چند هزار سال به طول انجامید). از چشم‌انداز تاریخی چند صد سال و حتی چند هزار سال زمانی محسوب نمی‌شود. اما این زمان از چشم‌انداز انسانی یک ابدیت به حساب می‌آید. کاهش

جانوران بزرگ برای انسان‌هایی که در انجامش دخالت داشتند به قدری کند جلوه می‌کرد که آن را حس نمی‌کردند. آن‌ها به هیچ وجه نمی‌توانستند متوجه شوند که تعداد ماموت‌ها و دیپروتودون‌ها در قرن‌های پیش بسیار بیشتر از این بوده است. آلروی انقراض جانوران بزرگ را یک فاجعهٔ زیست‌محیطی توصیف کرد که از نظر زمین‌شناسی *لحظه‌ای* به حساب می‌آید که در نظر انسان‌ها به قدری تدریجی به پیش رفت که به خود اجازه دادند تا آن را عملی کنند. او نوشت، این نشان می‌دهد که انسان‌ها قابلیت این را دارند که عملاً هر گونهٔ پستان‌دار بزرگی را به نیستی بکشانند، گرچه قابلیت این را هم دارند تا گام‌های بزرگی در جهت مخالف بردارند.

معمولاً می‌گویند که آنتروپوسین با انقلاب صنعتی یا شاید حتی دیرتر و به دنبال افزایش جمعیت پس از جنگ جهانی دوم شروع شد. به این اعتبار ابداع فن‌آوری‌های نوین، مثل توربین بخار، راه آهن، ارهٔ برقی به انسان توان تغییر دنیا را داد. اما انقراض جانوران بزرگ چیز دیگری می‌گوید. قبل از ظهور انسان تولیدمثل آرام یک استراتژی قویاً موفق بود و جانوران بزرگ بر سیاره تسلط داشتند. سپس، با توجه به لحظهٔ آنی زمین‌شناسی، این استراتژی به ضد خود بدل شد. و به این دلیل است که فیل‌ها و خرس‌ها و گربه‌سانان بزرگ با مشکلات عظیمی روبه‌رو هستند و سوسی یکی از آخرین کرگدن‌های به‌جا ماندهٔ سوماترای است. در عین حال، نابودسازی جانوران بزرگ فقط نابودی جانوران بزرگ نبود. حداقل در استرالیا انسان موجب نابودی سلسله‌وار زیست‌محیطی شد که چشم‌انداز منطقه را تغییر داد. اگر چه لذت‌بخش است تصور کنیم روزی انسان در هماهنگی با طبیعت می‌زیست، اما روشن است که این هیچ‌گاه حقیقت نداشته است.

فصل دوازدهم

ژن دیوانگی

انسان نئاندرتال

درهٔ نئاندر، یا به آلمانی *داس نئاندرتال*، در سی و دو کیلومتری شمال کولونی و در امتداد رودخانهٔ دوسل قرار دارد، که رود کوچک و آرامی است که به رود راین منتهی می‌شود. این دره در اکثر مدت وجودش در امتداد صخره‌های سنگ آهک قرار داشته است. در سال ۱۸۵۶ در مقابل یکی از این صخره‌ها غاری بود که استخوان‌هایی را در خود جای داده بود که پس از کشف‌شان چشم جهانیان را به سوی نئاندرتال‌ها گشود. این دره امروزه موضوع یک پارک پارینه‌سنگی است. علاوه بر موزهٔ نئاندرتال و یک بنای مدرن توجه برانگیز با دیوارهایی از بطری‌های شیشه‌ای سبز، کافه‌تریایی هم وجود دارد که آبجو با نشان نئاندرتال می‌فروشد، باغی هم وجود دارد که در آن بوته‌ای کاشته شده که در فصل سرما گل می‌دهد، مسیرهای پیاده‌روی وجود دارد که به محل کشفیات منتهی می‌شوند، گرچه نه استخوانی برجا مانده و نه غاری و حتی نه صخره‌ای (صخره‌های آهکی را خرد کردند و برای ساختمان سازی با واگن از آن‌جا بردند). درست در ورودی موزه مجسمه‌ای از یک نئاندرتال لبخند به لب قرار داده شده که بر عصایش تکیه داده است. او ریشی بلند و ظاهری ژولیده دارد. در کنار او یکی از محبوب‌ترین موضوعات جالب موزه، یعنی غرفه‌ای قرار دارد به نام

ایستگاه مورفین. بازدیدکنندگان ایستگاه با پرداخت سه یورو می‌توانند عکسی از خود بگیرند و آن را در مقابل یک پس‌زمینه مونتاژ کنند. در آن عکس ساختگی چانه عقب می‌افتد، پیشانی جلو می‌آید و پشت سر بیرون می‌زند. کودکان خیلی دوست دارند خود - یا همزاد خود را - در آن جا ببینند، که به شکل نئاندرتال درآمده‌اند و فکر می‌کنند که خیلی هیجان انگیز است.



استخوان‌های نئاندرتال پس از کشف‌شان در درهٔ نئاندر، همه به اروپا و خاور میانه انتقال داده شده‌اند. این استخوان‌ها را می‌توان از ویلز در شمال تا اسرائیل در جنوب و تا کاوکاسس در غرب سراغ گرفت. شمار زیادی از ابزارهای نئاندرتال هم از زیر زمین بیرون آورده شده است، از تبرهای دستی بادم‌شکل گرفته تا تیغه‌های چاقو برای تراشیدن و سرنیزه‌های سنگی که احتمالاً به نیزه بسته

می‌شدند. از این ابزارها برای بریدن گوشت، تراشیدن چوب و احتمالاً آماده کردن پوست استفاده می‌شد. نئاندرتال‌ها حداقل به مدت هزار سال در اروپا زندگی می‌کردند. در آن زمان اروپا سرد بود و در پهنه گسترده‌ای بسیار سرد بود و لایه‌های یخ اسکاندیناوی را پوشانده بود. اگر نه با قاطعیت، می‌توان گفت که نئاندرتال‌ها برای حفاظت از خود در مقابل سرما پناهگاه‌هایی می‌ساختند و لباس‌هایی ابداع می‌کردند. نئاندرتال‌ها در حدود سی هزار سال قبل نابود شدند.

انواع نظریات برای توضیح نابودی نئاندرتال‌ها ارائه شد. تغییر اقلیمی اغلب مطرح می‌شود، گاهی در عبارات «بی‌ثباتی‌های عمومی، که به نوبه خود منجر به آخرین یخبندان شدید شد. گاهی هم نابودی نئاندرتال‌ها را حاصل فوران عظیم یک «زمستان آتشفشانی» در منطقه‌ای می‌دانند که چندان دور از ایشیا نیست (منطقه‌ای که به مزارع فله‌گران شناخته شده است). گاهی هم از بیماری‌ها به عنوان علت نابودی آن‌ها یاد می‌شود. بخت بد هم یک توصیف است. اما داده‌های جدیدتر به طور فزاینده پرده از حقایق برمی‌دارد که دامن تنبل‌های زمینی مگاتریوم، ماستودون آمریکایی و بسیاری از جانوران بزرگ نگویند بخت دیگر را گرفت. به بیان محقق «بخت بد آن‌ها توسط ما رقم خورد».

انسان‌های نوین در حدود چهل هزار سال قبل به اروپا رسیدند و شواهد باستان‌شناسی بارها و بارها نشان داده که به محض این‌که پا به منطقه جدیدی گذاشتند که قبلاً نئاندرتال‌ها در آن زندگی می‌کردند، نئاندرتال‌ها ناپدید شدند. نئاندرتال‌ها احتمالاً فعالانه مورد پیگرد و آزار قرار می‌گرفتند، یا شاید فقط منکوب می‌شدند. هر چه که باشد نابودی‌شان در الگوی آشنای ما می‌گنجد، منتها با یک تفاوت مهم (و نگران کننده). قبل از آن‌که انسان‌های نوین نئاندرتال‌ها را منکوب کنند با آن‌ها رابطه جنسی برقرار می‌کردند. در نتیجه این

آمیزش‌ها اغلب انسان‌های امروزی - تا چهار درصد - نئاندرتال هستند. تی‌شرت‌ی که در نزدیکی ایستگاه مورفینگ به فروش گذاشته شده با حروف بزرگ مثبت‌ترین تلقین را از این میراث به نمایش می‌گذارد: «من افتخار می‌کنم که یک نئاندرتال باشم». من به قدری از آن تی‌شرت خوشم آمد که یکی برای همسرم خریدم، اما به ندرت این تی‌شرت را بر او می‌بینم.

* * *

مؤسسهٔ انسان‌شناسی تکاملی ماکس پلانک تقریباً در پانصد کیلومتری شرق درهٔ نئاندر در شهر لایپزیگ قرار دارد. این مؤسسه بنای تازه‌ساختی را اشغال کرده که به شکل موز است و به صورت برجسته‌ای در قسمتی از شهر خودنمایی می‌کند که هنوز نشان گذشتهٔ آلمانی شرقی را بر خود دارد. در قسمت شمالی یک مجموعه آپارتمان به سبک بنای روسی وجود دارد. در جنوب یک سالن عظیم با یک برج طلایی به چشم می‌خورد که معمولاً به پاپیلیون شوروی معروف است (و در حال حاضر خالی است). در راهرو مؤسسه یک کافه‌تريا و نمایشگاهی از میمون‌های بزرگ وجود دارد. در کافه‌تريا ویدیویی غذا دادن به اورانگ‌اوتان‌ها در باغ‌وحش لایپزیگ را نشان می‌دهد.

سوانته په‌بو ریاست بخش ژنتیک تکاملی مؤسسه را بر عهده دارد. او بلندقد و لاغراندام است و چهره‌ای دراز، چانه‌ای باریک و ابروهای پرپشت دارد، که اغلب بالا می‌اندازد تا بر نوعی طنز تأکید کند. دو نقاشی چهره در دفتر په‌بو برجستگی دارند. یکی از آن‌ها خود په‌بو - بزرگ‌تر از اندازهٔ طبیعی است، که دانشجویان فارغ‌التحصیل او در سال‌روز پنجاه‌سالگی‌اش به او هدیه دادند (هر دانشجویی قسمتی از تصویر را نقاشی کرده و در کل بسیار خوب نقاشی شده

است). تصویر دیگر یک نئاندرتال است - با اسکلتی در اندازه طبیعی و چنین به نظر می‌رسد که پاهایش بر روی زمین قرار دارد.

په‌بو سوئدی است و گاهی «پدر پالئوژنتیک» (علم ژنتیک کهن) نامیده می‌شود. او کمابیش علم دی‌ان‌ای کهن را ابداع کرده است. کار اولیه او به عنوان دانشجوی فارغ‌التحصیل تلاش برای استخراج اطلاعات ژنتیک از گوشت مومیایی‌های مصری بود (او می‌خواست ارتباطات خویشاوندی میان فرعون‌ها را مشخص کند). بعد از آن تمرکز خود را متوجه ببرها و موآهای تاسمانی کرد. تمام این پروژه‌ها در آن زمان پیشگامانه بودند، که می‌توانستند تمریناتی به حساب آیند که او را برای تلاش‌های فوق‌العاده بلندپروازانه کنونی او آماده می‌کردند، یعنی تعیین توالی تمامی ژنوم نئاندرتال‌ها.

په‌بو این پروژه را در سال ۲۰۰۶ معرفی کرد، یعنی درست در صد و پنجاهمین سالروز کشف نئاندرتال اولیه. در آن زمان یک نسخه کامل از ژنوم انسانی، و نیز نسخه‌های کاملی از ژنوم شامپانزه، موش خانگی و موش صحرایی قبلاً منتشر شده بود. اما انسان و شامپانزه و موش طبعاً موجودات زنده‌ای هستند که در حال حاضر وجود دارند. اما تعیین توالی ژنوم موجودات منقرض شده بسیار دشوارتر است. وقتی موجود زنده از بین می‌رود مواد ژنتیکی او شروع به تجزیه شدن می‌کنند، و آن‌چه که به جا می‌ماند، به جای رشته‌های بلند دی‌ان‌ا در بهترین حالت تکه‌هایی منقطع به جا می‌مانند. تلاش برای هماهنگ کردن این تکه‌ها با هم می‌تواند با این مثال مقایسه شود: کاتالوگ تلفن مانهاتان را توسط دستگاهی به رشته‌های نازکی بریده‌ایم و در سطل آشغالی ریخته‌ایم و این‌ها با رشته‌های روز قبل و آشغال‌های دیگر مخلوط شده و گندیده و تجزیه

شده‌اند. حال فرض کنید بخواهیم رشته‌های آن کاتالوگ را دوباره به هم بچسبانیم.

پس از اتمام پروژه می‌توان ژنوم انسان و ژنوم نئاندرتال را در کنار هم قرار داد و شناسایی کرد، جفت پایه با جفت پایه، دقیقاً در جایی که از هم متمایز می‌شوند. نئاندرتال‌ها بسیار شبیه به انسان‌های نوین هستند. آن‌ها احتمالاً نزدیک‌ترین خویشاوندان ما بودند. و باز روشن است که آن‌ها انسان نبودند. جایی در دی‌ان‌ای ما باید جهش (یا به احتمال بیشتر جهش‌های) کلیدی وجود داشته باشد که ما را بدل به موجودی کرده که بتواند نزدیک‌ترین خویشاوند خود را نابود کند و بعدها استخوان‌هایش را از زیر خاک بیرون آورد و در کنار هم بگذارد.

په‌به‌گفت، «من می‌خواهم بدانم که چه تغییری در انسان‌های کاملاً نوین به وجود آمد که باعث تفاوت میان ما و نئاندرتال‌ها شد». چه چیزی به ما امکان داد تا چنین جوامع عظیمی را برپا کنیم و در سراسر کره زمین پراکنده شویم و یک چنین فن‌آوری را بیافرینیم که بدون تردید فقط مختص به انسان‌ها است؟ باید یک بنیان ژنتیک برای این وجود داشته باشد، که جایی در این فهرست‌ها پنهان است.



استخوان‌های دره نئاندر توسط کارگران معدن کشف شد و آن‌ها با استخوان‌ها همچون آشغال رفتار کردند. اگر مالک معدن از این کشف مطلع نمی‌شد و بر حفظ آن بقایا اصرار نمی‌کرد، احتمالاً تمام آن‌ها - که یک مجموعه، استخوان

ترقوه، چهار استخوان بازو، دو استخوان ران، قسمت‌هایی از پنج دنده و نیمی از لگن خالصه بود - از بین می‌رفت. مالک معدن به گمان این که استخوان‌ها متعلق به یک خرس غاری هستند، آن‌ها را به یک معلم مدرسه محلی به اسم یوهان کارل فولروت نشان داد، که گاهی به عنوان سنگواره‌شناس کار می‌کرد. فولروت متوجه شد که با چیزی روبه‌رو شده که هم عجیب جلوه می‌کرد و هم آشناتر از آن بود که متعلق به یک خرس باشد و نتیجه‌گیری کرد که این بقایا باید سرنخ‌هایی باشند از «اعضای اولیه نژاد خود ما».

این کشف درست در زمانی انجام شد که داروین منشأ گونه‌ها را منتشر کرده بود و استخوان‌ها به سرعت موضوع بحث مربوط به منشأ انسان شدند. مخالفان تکامل استقبالی از ادعاهای فولروت نکردند و گفتند، متعلق به یک انسان معمولی هستند. یک نظریه این بود که یک قزاق در مقطع اغتشاشات جنگ ناپولئون از آن منطقه می‌گذشته است. دلیل این که استخوان‌ها عجیب به نظر می‌رسیدند - استخوان‌های ران نئاندرتال آشکارا خمیده بودند - این بود که قزاق زمان زیادی را بر روی اسب سپری کرده است. دیگری بقایای استخوان‌ها را مربوط به فردی می‌دانستند که مبتلا به نرمی استخوان بوده است: این مرد به قدری درد داشت که پیشانی‌اش را درهم می‌کشید (حال چطور مردی که همواره از نرمی استخوان رنج می‌برد از صخره بالا می‌رفت و وارد غار می‌شد هیچگاه توضیحی نیافت).

ظرف دهه‌های بعدی استخوان‌های بیشتری، شبیه همان‌ها که در دره نئاندر یافت شدند - ضخیم‌تر از استخوان‌های انسان نوین و با مجموعه‌هایی عجیب - از زیر خاک بیرون آمدند. طبعاً تمام این یافته‌ها را نمی‌توان با داستان‌های قزاق‌های راه گم‌کرده یا کاشفان غار استخوان نرم توضیح داد. اما محققان

تکاملی استخوان‌هایی هم پیدا می‌کردند که آن‌ها را گیج می‌کرد. نئاندرتال‌ها مجموعه‌های بسیار بزرگ‌تری داشتند که به طور متوسط بزرگ‌تر از مجموعه انسان‌های امروزی بودند. این کشف به سختی با آن داستان جور درمی‌آمد، که با میمون‌های کوچک مغز شروع شد و به تدریج به پیروزمندان درشت‌مغز خاتمه می‌یابد. در *جداد/انسان* که در سال ۱۸۷۱ منتشر شد، داروین فقط به صورت گذرا به نئاندرتال‌ها اشاره می‌کند. او نوشت، «باید پذیرفت که بعضی مجموعه‌های بسیار قدیمی، مثل نمونه معروف نئاندرتال‌ها، به خوبی تکامل یافته و حجیم هستند».

نئاندرتال‌ها، که همزمان هم انسان بودند و هم نه، بیان‌گر یک تضاد آشکار برای ما هستند و بخش زیادی از آنچه که بعد از انتشار *جداد/انسان* در باره آن‌ها نوشته شده بازتاب پیچیده بودن این رابطه است. در سال ۱۹۰۸ یک اسکلت تقریباً کامل در غاری نزدیک شایل‌اوسن در جنوب فرانسه کشف شد. این اسکلت راه خود را به سوی یک دیرین‌شناس به اسم مارسه‌لین بول در موزه تاریخ طبیعی پاریس گشود. بول در یک سری کارهای تخصصی چیزی را ابداع کرد که می‌تواند یک نسخه «چنین نئاندرتالی نباش» از نئاندرتال‌ها نامیده شود: زانوهای خمیده، قوز کرده و زمخت. بول نوشت، استخوان‌های نئاندرتال نمایان‌گر یک «آرایش مشخص میمون‌مانند» هستند، در حالی که شکل مجموعه‌شان نشان دهنده «بخش عمده کارکردهای یک نوع گیاهی یا حیوانی» است. بر اساس نظریه بول *قوة ابتکار*، «احساسات هنری و مذهبی» و قابلیت تفکر انتزاعی آشکارا در ورای توانایی‌های یک چنین موجود اخمویی بود. بسیاری از معاصرین بول دستاوردهای فکری او را آموختند و اشاعه دادند. برای مثال *سرگرفتون/لیوت/اسمیت*، انسان‌شناس بریتانیایی نئاندرتال‌ها را کسانی معرفی کرد که «بر روی پاهایی بدشکل به صورت خموده راه می‌روند» (اسمیت

هم ادعا می‌کرد که «غیر جذاب بودن نئاندرتال‌ها تأکید مجددی بود بر یک بدن پشمالو، گرچه شواهدی بر پشمالو بودن آن‌ها وجود نداشته و ندارد).



نقاشی از یک نئاندرتال در سال ۱۹۰۹

در سال‌های دهه ۱۹۵۰ دو نفر از کالبدشناسان به نام‌های ویلیام اسراوس و الکساندر کیو تصمیم گرفتند اسکلت یافت شده در لاشاپل را مجدداً بررسی کنند. جنگ جهانی اول و دوم نشان داد که جدیدترین انسان‌ها قابلیت دست زدن به خشونت‌ها و بی‌رحمی‌هایی را دارند که جا دارد نئاندرتال‌ها را مورد بررسی جدید قرار دهیم. استناد بول به حالت خمیده آن‌ها در نظر استراوس و

کیو احتمالاً می‌توانست نتیجه بیماری آرتروز باشد. نئاندرتال‌ها با پشت و زانوهای خمیده راه نمی‌رفتند. این دو نوشتند، درواقع یک نئاندرتال که ریشش را تراشیده باشد و با یک دست کت و شلوار در متروی نیویورک سیتی جدید شاید چندان هم توجه‌برانگیز نباشد. تحقیقات جدید هم متمایل بود تا از این نظر استقبال کند که نئاندرتال‌ها کمابیش مثل خود ما راه می‌رفتند.

یک باستان‌شناس آمریکایی به اسم رالف سولکی در سال‌های دهه ۱۹۶۰ بقایای چندین نئاندرتال را در یک غار در شمال عراق کشف کرد. یکی از این‌ها معروف به اشنایدر یک، یا به اختصار ناندی، از آسیب جدی سر رنج می‌برد، که احتمالاً او را تا حدودی کور کرده بود. آسیب‌های او درمان شد، و این نشان می‌دهد که توسط اعضای دیگر گروهش باید مورد مداوا قرار گرفته باشد. اشنایدر دیگر، به نام اشنایدر چهار احتمالاً دفع شده بود و نتایج یک آزمایش خاک از محل دفن سولکی را متقاعد کرده بود که اشنایدر چهار را همراه با گل به خاک سپرده بودند. او این را به عنوان سندی بر معنویت عمیق نئاندرتال قلمداد می‌کرد.



یک نئاندرتال با صورتی تراشیده و کت و شلوار

سولکی در کتابی در خصوص کشف خود، به اسم/شنایدر: اولین/انسان‌های عاشق گل نوشت، «ما ناگهان به این گمان رسیدیم که فراگیر بودن بشر و عشق به زیبایی از مرزهای گونه خود ما فراتر رفته است». برخی از نتیجه‌گیری‌های سولکی بعدها به چالش کشیده شد - به نظر می‌رسد که احتمال بیشتر این بوده که گل‌ها توسط رودنت‌های جوندۀ گورکن به غار آورده شده بود، نه توسط خویشاوندان عزادار - اما افکار او تأثیر گسترده‌ای به‌جا گذاشتند و این تفکر معنویت شبه انسانی سولکی است که در درۀ نئاندر خود را به نمایش می‌گذارد. نئاندرتال‌ها در موزۀ نمونه‌های سه‌بعدی در خیمه‌های سرخ‌پوستی زندگی می‌کنند و شلوارهایی شبیه به شلوارهای چرمی یوگا به تن دارند و متفکرانه به چشم‌انداز یخ‌زده خیره شده‌اند. یکی از توضیحات مربوط به مدل‌های سه‌بعدی می‌گوید، «انسان نئاندرتال یک رامبوی ماقبل تاریخی نبود، بلکه یک فرد متفکر بود».

* * *

دی‌ان‌ا اغلب با یک متن مقایسه می‌شود. تا زمانی که تعریف «متن» دربر دارنده نوشتار باشد این مقایسه بی‌معنی است. دی‌ان‌ا متشکل است از مولکول‌هایی که نیوکلوئتایدز نامیده می‌شوند و به شکل نردبانی مارپیچی دوتایی با هم گره می‌خورند. هر نیوکلوئتایدز حاوی یکی از بنیان‌های چهارگانه هستند: آده‌ناین، تی‌ماین، گاناین و سایتوسین، که توسط حروف A, T, G, C طراحی شده‌اند،

به طوری که یک مجموعه ژنوم انسانی باید به صورت ACCTCCTCTAATGTCA معرفی شود. (این یک نظم و توالی واقعی از کروموزوم ۱۰ است. در مقایسه، نظم ژنوم فیل ACCTCCCCTAATGTCA است). امتداد ژنوم انسانی به سه میلیارد جفت می‌رسد. تا جایی که برای مان مشخص است اکثر آن‌ها بی‌رمز هستند.

human

TACACTCACATTTTTTTGCAATATTATCTAGTCCCATGACATTA

Neanderthal

TACACTCACATTTTTTTACATATTATCTAGCCCCATGACATTA

chimp

TACACTCACA-TTTTTTACATATTATCTAGTCCCATGACATTA

یک امتداد یکسان کروموزوم ۵ از ژنوم انسان، نئاندرتال و شامپانزه

به محض این که موجود زنده می‌میرد، رشته طولانی دی‌ان‌ای یک موجود زنده از هم می‌گسلد - یک «متن» به چیزی شبیه به تل عظیمی از پولک‌های ریز در می‌آید. بخش زیادی از فرآیند تخریب در اولین ساعات بعد از مرگ موجود زنده، توسط آنزیمی در بدن خود او انجام می‌شود. بعد از لحظه‌ای آنچه که باقی مانده از هم تجزیه شده و مدتی بعد از آن - که بستگی به وضعیت تجزیه دارد - این ذرات تجزیه شده هم متلاشی می‌شوند. وقتی این تجزیه به اتمام می‌رسد، دیگر چیزی باقی نمی‌ماند تا کسی بتواند روی آن‌ها تحقیق کند، حتی برای سرسخت‌ترین دیرین‌شناس. پهبو گفت، شاید بتوان در «زیر لایه‌های یخی شواهدی از گذشته‌ای بسیار طولانی در پانصد هزار سال قبل یافت، اما قطعاً در زمانی کوتاه‌تر از یک میلیون سال». در پانصد هزار سال قبل، حدود

شصت و پنج میلیون سال بود که دایناسورها از بین رفته بودند. پس تمامی خیال فیلم تخیلی پارک جوراسیک غم‌انگیز است. اما از طرف دیگر پانصد هزار سال پیش هنوز انسان نوین به وجود نیامده بود.

په‌بو برای پروژه ژنوم، استخوان‌های بیست و یک نئاندرتال یافت شده در غاری در کرواسی را در اختیار گرفت (برای استخراج دی‌ان‌ا، او یا هر دیرین‌شناس دیگری ناچار بود از استخوان‌ها نمونه‌برداری کند و آن‌ها را حل کند، فرآیندی که موزه‌ها و جمع‌آوردگان سنگواره به دلایل آشکار با آن مخالفت می‌کنند). فقط سه تا از این استخوان‌ها حاوی دی‌ان‌ای نئاندرتال بودند. مشکل این‌جا بیشتر شده بود زیرا دی‌ان‌ای میکروب‌ها سی هزار سال قبل با استخوان‌های نئاندرتال‌ها عجین شده بودند، و این بدین معنی بود که اکثر تلاش‌ها به هدر رفته بود. په‌بو گفت وقت خوبی بود برای داشتن حس درماندگی. هنوز با یک مشکل دست و پنجه نرم می‌کردیم که مشکل دیگری از راه می‌رسید. اد گرین، مهندس مولکول زیستی از دانشگاه کالیفرنیا - سانتاکروز به یاد می‌آورد که طی چندین سال کار بر روی پروژه‌ای، در فراز و نشیب‌های احساسی دست و پا می‌زدند.

بالاخره پروژه به دستاوردهای مفیدی رسید، که اساساً فهرستی بود طولانی از A, T, G, C، و آن زمانی بود که یکی از اعضای گروه په‌بو به اسم دیوید رایک، ژن‌شناس از مؤسسه آموزشی هاروارد مدیکال اسکول متوجه چیز عجیبی شد. آن‌طور که انتظار می‌رفت، توالی ژنتیک نئاندرتال‌ها شبیه به توالی ژنتیک انسان‌ها بود، اما این شباهت در بعضی انسان‌ها بیشتر بود و به طور مشخص اروپایی‌ها و آسیایی‌ها، در مقایسه با آفریقایی‌ها، دی‌ان‌ای مشابه بیشتری با

نئاندرتال‌ها داشتند. رایک گفت، «ما فکر کردیم اشتباهی صورت گرفته و سعی کردیم این نتیجه را نادیده بگیریم».

تحقیقات در زمینه تکامل انسان طی بیست و پنج سال اخیر تحت تسلط نظریه‌ای بوده که در نشریات عامیانه به «خارج از آفریقا» لقب گرفت و در حیطه‌های علمی به آن «منشأ واحد اخیر» یا فرضیه «جایگزینی» می‌گویند. این نظریه می‌گوید که انسان‌های نوین از جمعیت کوچکی ریشه گرفته‌اند که در حدود دویست هزار سال پیش در آفریقا زندگی می‌کرده است و بعد زیرمجموعه کوچک‌تر از آن به خاور میانه مهاجرت کرد و از آن‌جا به تدریج زیرمجموعه‌های بیشتری به شمال غربی اروپا و به غرب در آسیا رانده شدند و تمام راه را تا شرق در استرالیا طی کردند. هنگامی که انسان‌های نوین طی مهاجرت خود به شمال و شرق با نئاندرتال‌ها و نیز با به اصطلاح انسان‌های کهن دیگر روبه‌رو می‌شدند که از قبل در آن مناطق زندگی می‌کرده‌اند، خود را «جایگزین» آن‌ها می‌کردند، که بهتر است بگوییم آن‌ها را به انقراض می‌کشاندند. این نوع از مهاجرت و «جایگزینی» نشان می‌دهد که رابطه میان نئاندرتال‌ها و انسان‌ها باید همانی بوده باشد که امروز با تمام انسان‌های کنونی هست، صرف‌نظر از این که از کجا می‌آیند.

بسیاری از اعضای گروه په‌بو مظنون بودند که تعصب اوروسیایی نشانی از آلودگی است. در مقاطع مختلف گروه‌هایی توسط اروپایی‌ها و آسیایی‌ها مورد برخورد‌های نژادی قرار گرفته‌اند، زیرا دی‌ان‌ای مردم این گروه‌ها با دی‌ان‌ای نئاندرتال‌ها آمیخته شده بود. آزمایش‌هایی انجام شد تا صحت و سقم چنین احتمالی را تعیین کند. نتیجه کاملاً منفی بود. رایک گفت، «ما در ادامه این الگو را زیر نظر گرفتیم و هر چه داده‌ها بیشتر می‌شد این نتیجه از نظر آماری

قوی‌تر می‌شد». اعضای دیگر گروه به تدریج این موضوع را کنار گذاشتند. آن‌ها در مقاله‌ای منتشر شده در نشریهٔ ساینس در سال ۲۰۱۰، فرضیه‌ای را معرفی کردند که په‌بو به عنوان فرضیهٔ «جایگزینی نشتی» از آن یاد می‌کرد (این مقاله بعدها به عنوان مقالهٔ ممتاز سال این نشریه انتخاب شد و گروه یک جایزهٔ بیست و پنج هزار دلاری دریافت کرد). قبل از آن که انسان‌های نوین «جایگزین» نئاندرتال‌ها شوند، با آن‌ها آمیزش جنسی می‌کردند، که حاصل آن فرزندی بود که در اروپا، آسیا و دنیای جدید جای‌گیر می‌شدند.

فرضیهٔ جایگزینی نشتی - با این فرض که به لحظهٔ مناسبی اشاره دارد - قوی‌ترین سند ممکن را برای نزدیکی میان نئاندرتال‌ها و انسان‌های نوین به دست داد. این دو گونه، خواه از روی عشق یا نه، با هم آمیزش کردند. خواه به فرزندان ترکیبی این دو همچون هیولا بنگرند، در هر صورت کسی - شاید نئاندرتال‌ها یا شاید انسان‌های نوین - پیشقدم شدند تا آن‌ها را به وجود آورند. برخی از این فرزندان دورگه تا جایی باقی ماندند که فرزندان خودشان را به دنیا آوردند، و این نسل جدید هم به نوبهٔ خود فرزندان جدیدی متولد کردند و این روند تا به امروز ادامه داشته است. حتی حالا، حداقل سی و پنج هزار سال بعد از این ماجرا، علائم قابل تشخیص هستند: تمام غیرآفریقایی‌ها، از گینهٔ جدید تا فرانسوی‌ها و هان‌های چینی بین یک تا چهار درصد از دی‌ان‌ای نئاندرتال‌ها را در خود دارند.

یکی از واژه‌های مورد علاقهٔ په‌بو در انگلیسی «چه خوب!» است. وقتی او بالاخره به این فکر رسید که نئاندرتال‌ها بعضی از ژن‌های خود را به انسان‌های نوین داده‌اند، به خود گفتم «چه خوب!» این بدین معنی است که آن‌ها به طور کامل منقرض نشده‌اند و ذرات کوچکی از آن‌ها در درون ما زندگی می‌کنند.



باغ وحش لایپزیگ در سمت مقابل مؤسسهٔ انسان‌شناسی تکاملی شهر قرار دارد، اما بنای آزمایشگاه موسسه و از جمله اتاق‌های آزمایش درون محوطهٔ میمون‌ها، که به صورتی خاص طراحی شده، روی زمین قرار دارد که با نام پانگولند شناخته می‌شود. از آن‌جا که هیچ‌کدام از نزدیک‌ترین خویشاوندان ما باقی نمانده‌اند (به استثنای ذرات کوچکی در درون ما)، بنابر این محققان ناچارند بر نزدیک‌ترین خویشاوندان زندهٔ ما، یعنی بر شامپانزه‌ها و بونوبوها، و خویشاوندان کمی دورتر ما، یعنی گوریل‌ها و اورانگ‌اوتان‌ها تکیه کنند، تا بر روی آن‌ها آزمایشات زنده انجام دهند (معمولاً همان آزمایشات، یا حداقل آزمایشات مشابه بر روی کودکان هم انجام می‌شود تا به تفاوت‌های میان آن‌ها پی ببرند). یک روز صبح به باغ وحش رفتم و امیدوار بودم یک آزمایش زنده را ببینم. آن روز یک گروه از کارکنان بی‌بی‌سی هم برای بازدید از پانگولند آن‌جا بود تا از برنامه‌ای در بارهٔ هوش حیوانات فیلم‌برداری کند. وقتی من به خانهٔ میمون‌ها رسیدم دیدم که در همه جا جعبه‌های دوربین بود و روی آن‌ها نوشته شده بود «آینشتاین‌های حیوانی».

یک محقق به اسم هکتور مارین مانریک با استفاده از دوربین‌ها یک مجموعه آزمایش را بازسازی می‌کرد که قبلاً در یک چهارچوب خالص‌تر علمی انجام داده بود. یک اورانگ‌اوتان ماده به اسم دوکانا به یکی از اتاق‌های آزمایش برده شد. او هم مثل اکثر اورانگ‌اوتان‌ها پوشش خز مسی رنگ و حالتی بسیار خسته داشت. او در آزمایش اول، که در آن از آبمیوهٔ قرمز رنگ و لوله‌های شفاف

پلاستیکی استفاده شد، نشان داد که می‌تواند تفاوت میان یک نی نوشیدن را از یک نی دیگر تشخیص دهد. در آزمایش دوم که در آن از آمیوه قرمز رنگ بیشتر و پلاستیک بیشتر استفاده شده بود، دوکانا نشان داد که منطق کارکرد نی نوشیدن را درک می‌کرد. در آخر، در یک آزمایش هوش از سطح نبوغ این میمون، دوکانا موفق شد بادامی را که مانریک در انتهای یک استوانه پلاستیکی گذاشته بود به دست آورد (استوانه به دیوار نصب شده بود و امکان جدا کردن آن از دیوار وجود نداشت). او به طرف آب آشامیدنی رفت، مقداری آب به دهانش وارد کرد و برگشت و سپس در استوانه تف کرد. او به قدری این کار را تکرار کرد تا بالاخره به بادام رسید. دیدم که گروه بی‌بی‌سی همین آزمایش را با چند کودک پنج ساله تکرار کرد، منتها از یک ظرف پلاستیکی کوچک حاوی آب‌نبات به جای بادام استفاده کرد. اگرچه بلافاصله یک پارچ پر از آب در نزدیکی قرار داشت اما فقط یکی از کودکان - یک دختر - پس از تشویق‌های زیاد گزینه آب سیال را انتخاب کرد (یکی از پسرها قبل از این که تسلیم شود با شکوه پرسید، «آب چطور می‌تواند به من کمک کند؟»).

یک راه برای پاسخ به این پرسش که «چه عاملی ما را به انسان بدل کرده است؟» این است که بپرسیم «چه عاملی ما را از میمون‌های بزرگ متمایز می‌کند؟» یا دقیق‌تر، «چه عاملی ما را از میمون‌های غیر انسان متمایز کرده است؟» زیرا انسان‌ها خود میمون هستند. به‌طوری که هر کسی می‌داند - و آزمایش‌هایی که روی دوکانا انجام شده این را تأیید می‌کند - میمون‌های غیر انسان بسیار باهوش هستند. آن‌ها قادرند نتیجه‌گیری کنند و معماهای پیچیده‌ای را حل کنند و در تشابه با ما می‌توانند میمون‌های دیگر را از هم تشخیص دهند. وقتی محققان در لایپزیگ مجموعه آزمایشاتی را بر روی شامپانزه‌ها، اورانگ‌وتان‌ها و یک کودک دو و نیم ساله انجام دادند، پی بردند

که شامپانزه‌ها، اورانگ‌اوتان‌ها و کودکان از پس مجموع گسترده‌ای از وظایف برآمدند، که این نشان دهنده درک‌شان از دنیای مادی بود. برای مثال، اگر یک محقق جایزه‌ای در یکی از سه فنجان وارونه قرار می‌داد و بعد فنجان‌ها را جابه‌جا می‌کرد، میمون‌ها و کودکان تقریباً به یک میزان جایزه را پیدا می‌کردند، اما شامپانزه‌ها مهارت بیشتری از خود نشان می‌دادند. به نظر می‌رسید که میمون‌ها تعداد را به خوبی کودکان می‌فهمیدند و به‌طور پیوسته پشقاب‌هایی را انتخاب می‌کردند که حاوی تعداد خوراکی‌های بیشتری بودند، حتی وقتی که انتخاب یک انتخاب ریاضی بود و مستلزم فهمیدن روابط علیتی می‌بود (برای مثال، میمون‌ها می‌فهمیدند که صدای بیشتری از فنجانی که حاوی تعداد بیشتری بود، به هنگام تکان دادنش در می‌آمد). آن‌ها در تغییر دادن ابزار ساده هم مهارت داشتند.

کودکان معمولاً در انجام وظایف اجتماعی از میمون‌ها پیشی می‌گرفتند. وقتی به کودکان راهنمایی می‌شد که کجا می‌توانستند جایزه‌ای را پیدا کنند - مثلاً کسی به طرفی اشاره می‌کرد - آن‌ها هم موفق می‌شدند. میمون‌ها یا نمی‌فهمیدند که به آن‌ها کمک می‌شود یا نمی‌توانستند از راهنمایی‌ها پیروی کنند. به‌طور مشابهی، وقتی به کودکان نشان داده می‌شد که مثلاً با باز کردن یک جعبه، چطور جایزه‌ای را پیدا کنند، مشکلی در فهم آن نداشتند و عمل راهنما را تقلید می‌کردند. میمون‌ها باز هم گیج و آشفته بودند. کودکان به‌طور قطع برتری قابل توجهی در زمینه اجتماعی داشتند، زیرا آزمایش کنندگان به گونه خودشان تعلق داشتند. اما به‌طور کلی، به نظر می‌رسید که میمون‌ها به حل مشکل به‌طور جمعی تمایل ندارند، و این یک امتیاز کلیدی در جامعه بشری است.

مایکلی توماسلو، رئیس بخش مؤسسه روان‌شناسی تکاملی و مقایسه‌ای، گفت، «شامپانزه‌ها کارهای هوشمندانه و شگفت‌انگیز بسیاری انجام می‌دهند، اما به‌طوری که دریافتیم تفاوت عمده در همفکری است. اگر شما امروز در باغ‌وحش می‌بودید، هرگز نمی‌توانستید شاهد این باشید که دو شامپانزه چیز سنگینی را به کمک هم حمل کنند. آن‌ها قابلیت انجام چنین همکاری‌هایی را ندارند».



په‌بو معمولاً تا دیروقت کار می‌کند و شامش را در مؤسسه و در کافه‌تریایی می‌خورد که تا ساعت هفت بعدازظهر باز است. یک غروب او زودتر دست از کار کشید تا جنوب لایپزیگ را به من نشان دهد. ما از کلیسایی بازدید کردیم که باخ در آن به خاک سپرده شد و بعد از آن از یک بار به اسم آورباخز کلر سر درآوردیم، که مفیستوفلس در آن صحنه پنجم نمایش نامه گوته را به اجرا درآورد (این‌جا ظاهراً پاتوق محبوب گوته در دوران دانشجویی‌اش بود). روز قبل از آن در باغ‌وحش بودم و از په‌بو در باره یک آزمایش فرضی سؤال کردم. اگر او امکان این را می‌داشت تا بر نئاندرتال‌ها همان آزمایش‌هایی را انجام دهد که من در پانگولند شاهدش بودم، چه می‌کرد؟ در مورد علائق و موضوع صحبت‌های آن‌ها چه فکری می‌کرد؟ او در صندلی خود فرو رفت و دستانش را روی سینه‌اش گذاشت و گفت، «صحبت در این باره وسوسه‌انگیز است. پس سعی می‌کنم از صحبت کردن در مورد چنین سؤالاتی، که مثلاً آیا نئاندرتال‌ها می‌توانستند صحبت کنند، خودداری کنم. زیرا چیزی در این باره نمی‌دانم، اما انگیزه زیادی برای صحبت در این موارد را دارم».

بسیاری از مکان‌هایی که در آن‌ها بقایای نئاندرتال‌ها یافت شده، نشان‌های زیادی هم از طرز زندگی نئاندرتال‌ها به جا می‌گذارند، که می‌تواند حداقل برای کسانی که علاقمند به موضوع هستند جالب باشد. ضخامت استخوان نئاندرتال‌ها نشان می‌دهد که بدن بسیار سخت و مقاومی داشتند و احتمالاً می‌توانستند در نبرد تن به تن استخوان‌های انسان نوین را به راحتی خرد کنند. آن‌ها با ساختن ابزارهای سنگی آشنا بودند، گرچه به نظر می‌رسد که همان ابزارها را طی ده‌ها هزار سال می‌ساختند. آن‌ها حداقل چند بار مردگان‌شان را دفن کرده‌اند و در مواردی هم به نظر می‌آید که یکدیگر را می‌کشتند و می‌خوردند. در اسکلت ناندی و بسیاری از نئاندرتال‌ها آثاری از بیماری و آسیب وجود داشت. به نظر می‌رسید که نئاندرتال اولیه دره نئاندر از دو آسیب جدی در سر و در بازوی چپ رنج می‌برد. نئاندرتال لاشاپل علاوه بر آرتوروز دچار شکستگی دنده و آسیب در کاسه زانو هم بود. ممکن است این آسیب‌ها در حین شکار با کمک سلاح‌های محدودشان ایجاد شده باشد، پس ناچار بودند خود را به سر و قسمت بالای طعمه خود برسانند تا بتوانند آن‌ها را بکشند. نئاندرتال اولیه و لاشاپل همچون ناندی جراحات خود را درمان می‌کردند، و این نشان می‌دهد که نئاندرتال‌ها از هم مراقبت می‌کردند، و این به نوبه خود گویای قابلیت همدلی میان آن‌ها است. داده‌های باستان‌شناسی نشان می‌دهند که نئاندرتال‌ها در اروپا یا آسیای غربی تکامل یافتند و از آن‌جا به نقاط دیگر پراکنده شدند، تا اینکه دریاها یا موانع دیگر آن‌ها را متوقف کرد (طی دوره آخرین یخبندان، زمانی که سطح دریا بسیار پایین‌تر از سطح کنونی بود، مانعی به اسم آبراه انگلیسی راه‌شان را مسدود نمی‌کرد). این یکی از بنیادی‌ترین تفاوت‌ها میان انسان‌های نوین و نئاندرتال‌ها بود، و در نظر پهبو همچنین یکی از هیجان‌انگیزترین تمایز

میان این دو بود. وقتی انسان‌های نوین به استرالیا مهاجرت کردند، اگرچه در میانهٔ عصر یخبندان بودند، هیچ راه دیگری به جز عبور از دریای باز نداشتند.

په‌بو می‌گفت، «انسان‌های کهن، مثل انسان راست‌قامت (هومو اراکتوس)، همچون پستان‌داران بسیار دیگری در دنیای کهن پخش می‌شدند. اما آن‌ها هرگز به ماداگاسکار و استرالیا نرسیدند. این فقط انسان‌های نوین بودند که به چنین ماجراجویی‌هایی دست زدند و اقیانوس‌هایی را درنوردیدند که در آن‌ها خشکی پیدا نبود. بخشی از این طبعاً به کمک فن‌آوری میسر شد. شما باید بتوانید کشتی بسازید تا به اقیانوس بروید. اما به نظر من نوعی دیوانگی در این ماجراجویی‌ها وجود دارد. چه تعداد باید تا حدی در اقیانوس آرام محو شوند تا بتوانند به جزایر شرقی برسند؟ این مضحک است. چرا این کار را می‌کردند؟ برای شکوه؟ جاودانگی؟ کنجکاوی؟ و حالا به مریخ می‌رویم. هیچ‌گاه توقف نخواهیم کرد».

با برآورد په‌بو، اگر بی‌قراری فاستی یکی از مشخصات تعیین‌کنندهٔ انسان نوین است، پس باید نوعی ژن فاستی وجود داشته باشد. او بارها گفت که فکر می‌کند باید راهی وجود داشته باشد تا بتوان با مقایسهٔ دی‌ان‌ای نئاندرتال و انسان بنیان «دیوانگی» انسان را کشف کرد. او زمانی می‌گفت، «اگر روزی دریابیم که یک جهش عجیب باعث جنون انسان شد تا کشفیات را ممکن کند و یک دگرگونی ناچیز در کروموزوم موجب تمام این رخدادها شد تا تمامیت محیط زیست را دگرگون کنیم و بر همه چیز مسلط شویم، شگفت‌زده خواهیم شد». زمانی دیگر می‌گفت، «ما به شکلی دیوانه هستیم و من واقعاً می‌خواهم دلیلش را بفهمم. درک این واقعاً جالب می‌تواند باشد».

یک بعد از ظهر وقتی به دفتر کار پهبو رفتم، عکسی از قسمت بالای جمجمه‌ای را نشانم داد که اخیراً توسط یک گردآورندهٔ سنگوارهٔ آماتور در محلی که در حدود نیم ساعت با لایزیگ فاصله داشت، کشف شد. پهبو از روی عکسی که برایش با پست الکترونیکی فرستاده شده بود، تشخیص داد که این جمجمه می‌تواند بسیار قدیمی باشد و احتمالاً متعلق به نئاندرتال‌های اولیه یا حتی به انسان هایدلبرگ است، که بعضی‌ها معتقدند اجداد مشترک انسان‌ها و نئاندرتال‌ها است. او همچنین تصمیم گرفت که آن را به دست آورد. جمجمه در یک معدن در یک استخر آب کشف شد. به نظر پهبو احتمالاً این شرایط بوده که جمجمه را حفظ کرده است و اگر او سریعاً خود را به آن برساند می‌تواند مقداری دی‌ان‌ا از آن بگیرد. اما قول جمجمه پیش از این به پروفیسور انسان‌شناسی ماینز داده شده بود. چطور می‌تواند پروفیسور را متقاعد کند تا مقداری از آن استخوان را برای آزمایش به او بدهد؟

پهبو با هر کسی که فکر می‌کرد پروفیسور را می‌شناسد تماس گرفت. او منشی خود را واداشت تا با منشی پروفیسور تماس بگیرد و از او بخواهد تا شمارهٔ تلفن هوشمند او را برایش بگیرد - و به شوخی - از او خواست اگر لازم شد با او هم بخوابد تا شماره‌اش را به دست آورد. تماس‌های تلفنی خسته‌کننده به آلمان بیش از یک ساعت و نیم طول کشید تا این که پهبو بالاخره با یکی از محققان آزمایشگاه خودش صحبت کرد. محقق جمجمه را دیده بود و به این نتیجه رسیده بود که اصلاً خیلی قدیمی نیست و پهبو هم به یک‌باره علاقهٔ خود را به آن از دست داد.

هرگز نمی‌توان به‌واقع پیش‌بینی کرد که استخوان‌های قدیمی چه اطلاعاتی به دست می‌دهند. چند سال قبل په‌بو قسمتی از یک دندان را به دست آورد که متعلق به اسکلتي معروف به هابیت‌ها بود، که در جزایر فلور در اندونزی پیدا شده بود. هابیت‌ها، که در همین سال ۲۰۰۴ کشف شدند، در باور عمومی انسان‌های کهن ریزنقش - به اسم انسان فلورنسی - هستند. تاریخ دندان را هفده هزار سال قبل برآورد کرده بودند، که فقط در حدود نیمی از قدمت استخوان‌های نئاندرتال کرواسی را داشت. اما په‌بو نتوانست دی‌ان‌ای از آن استخراج کند.

در حدود یک سال بعد په‌بو تکه‌ای از استخوان انگشتی را به دست آورد که در کنار یک دندان آسیاب عجیب شبیه به دندان انسان در غاری در جنوب سیبری از زیر خاک بیرون آورده شد. استخوان انگشت، که تقریباً به اندازه یک مدادتراش بود، قدمتی بیش از چهل هزار ساله داشت. نظر په‌بو این بود که این استخوان انگشت یا متعلق به یک انسان نوین بوده و یا نئاندرتال. و اگر متعلق به نئاندرتال بوده باشد، این دورترین مکان در شرق است که بقایای نئاندرتال در آن یافت شده است. شگفت‌انگیز این بود که این تکه انگشت، برخلاف دندان هابیت، حاوی مقادیر زیادی دی‌ان‌ا بود. وقتی بررسی اولین قسمت به انجام رسید په‌بو از ایالات متحده سر درآورد. او به دفترش زنگ زد و یکی از همکارانش به او گفت، «به مقصد رسیدی؟ دی‌ان‌ا نشان داد که انگشت نه متعلق به انسان نوین بوده و نه به نئاندرتال، بلکه متعلق به عضوی از یک گروه کاملاً جدید از هامینیدها» بوده است. په‌بو در مقاله‌ای در نشریه نیچر در سال ۲۰۱۰ برای این گروه جدید اسم «دنيسووا» را انتخاب کرد، که از روی اسم غار دنيسووا گرفته شده بود، یعنی محلی که استخوان‌ها در آن پیدا شده بود. در خصوص این کشف، یکی از عناوین روزنامه‌ای «قبول تاریخ انگشت ماقبل تاریخ» بود. آن چه

که شگفت‌انگیز بود - یا اگر الان به آن بنگریم، قابل پیش‌بینی بود - این بود که انسان‌های نوین با دنیسواها هم آمیزش جنسی داشته‌اند، زیرا مردم گینه جدید تا شش درصد دی‌ان‌ای دنیسووایی در خود دارند (این که چرا دی‌ان‌ای دنیسووا در مردم گینه جدید است و نه در اهالی بومی سیبری یا در آسیای شرقی، هنوز روشن نیست، اما احتمالاً به الگوهای مهاجرت انسان‌ها برمی‌گردد).

انسان نوین با کشف هابیت‌ها و دنیسوواها صاحب دو خواهر برادر جدید شد. و بررسی دی‌ان‌اهای قدیمی ما را به کشف خویشاوندان بیشتری رساند. به‌طوری که کریس استینگر، دیرین‌شناس انسانی برجسته بریتانیایی گفت، «مطمئنم که دستاوردهای غافلگیرکننده بیشتری در راه است».

در حال حاضر شواهدی در دست نیست تا دلیل نابودی دنیسوواها و هابیت‌ها را توضیح دهد، اما زمان نابودی‌شان و الگوی کلی انقراض‌های دوران پلیستوسین پسین انگشت اتهام به طرف یک مضمون آشکار می‌گردد. احتمالاً از آن‌جا که هم دنیسوواها و هم هابیت‌ها خویشاوندان نزدیک ما بودند، دوره حاملگی طولانی داشتند و به این دلیل در عامل کلیدی آسیب‌پذیری جانوران بزرگ مشترک بودند، و آن نرخ پایین تولیدمثل آن‌ها بود. تنها کار لازم برای از میان برداشتن‌شان این می‌توانست باشد که تعدادشان را کمتر و کمتر کنند.

و همین امر در مورد نزدیک‌ترین خویشاوند ما هم صدق می‌کند و روشن می‌سازد که چرا، به جز خود انسان‌ها تمامی میمون‌های بزرگ راه نیستی را پیش گرفتند. شمار شامپانزه‌ها در طبیعت وحشی طی پنجاه ساله اخیر به نصف تقلیل یافته است و گوریل‌های کوهستانی نیز به سرنوشت مشابهی دچار شدند. سقوط شمار گوریل‌های دشت‌ها باز هم سریع‌تر از این بود و برآورد می‌شود که جمعیت آن‌ها طی دو دهه اخیر شصت درصد کاهش یافته باشد. دلایل این

سقوط جمعیت شکار غیرقانونی، بیماری و از بین رفتن زیستگاه‌های آن‌ها بوده است. آخرین این عوامل بروز چندین جنگ بود، که باعث شد تا موج پناهندگان جنگی زیستگاه‌های محدود گوریل‌ها را باز هم کوچک‌تر کند. اورانگ‌اوتان‌های سوماترای «در حد خطرناکی بحرانی» برآورد شده، و این بدین معنی است که «در طبیعت وحشی شدیداً در معرض خطر نابودی هستند». در این صورت صلح تهدید بزرگ‌تری به شمار می‌آید. اکثر اورانگ‌اوتان‌های باقی‌مانده در ایالت آجه زندگی می‌کنند، که اکنون بعد از یک دهه آشفتگی سیاسی تأثیر خود را به شکل نابودی بخش عظیمی از جنگل‌های آن به شکل قانونی و غیرقانونی نشان می‌دهد. یکی از پیامدهای کثیر غیرعمدی آنتروپوسین هرس شدن درخت خویشاوندی انسان‌ها بوده است. پس از تصفیۀ خواهر برادرهای خود - نئاندرتال‌ها و دنیسوواها - مدت‌ها قبل، اکنون روی اولین و دومین عموزاده‌های خود کار می‌کنیم. بعد از این تصفیه‌ها دیگر حتی یک میمون بزرگ هم باقی نماند، به جز خود ما.



یکی از بیشترین مجموعه‌های استخوانی یافت شده از نئاندرتال‌ها - که مربوط به هفت نفر بود - در حدود صد سال قبل در محلی به نام لافراسی، در جنوب غربی فرانسه کشف شد. لافراسی در ایالت دوردونی است که از لاشاپل دور نیست و بعد از نیم ساعت رانندگی از آن‌جا ده‌ها محل باستان‌شناسی مهم قرار دارد، از جمله غارهای نقاشی شدۀ لاسکو. طی چند تابستان اخیر یک گروه حفاری به همراه یکی از همکاران په‌بو حفاری‌هایی را در لافراسی انجام داد و

من تصمیم گرفتم به آن جا بروم و نگاه کنم. درست هنگام سرو شام گوشت گاو به محل اصلی حفاری رسیدم - که به انبار تنباکو بدل شده بود.

روز بعد همراه با گروهی از باستان‌شناسان به لافراسی روانه شدم. محل مورد نظر در یک منطقه روستایی آرام، درست در کنار جاده قرار دارد. لافراسی هزاران سال قبل یک غار آهکی عظیم بود، اما بعد یکی از دیوارهایش فرو ریخت و در حال حاضر از دو طرف باز است. صخره بزرگی به اندازه تقریباً شش متر به صورت یک طاقچه بیرون زده بود. محل با حصار و سیم محصور شده، که یک زندان را تداعی می‌کند.

روز گرم و پرغباری بود. چندین دانشجو در خندقی مشغول زیر و رو کردن خاک با بیلچه کوچکی بودند. از کنار خندق می‌توانستم در پرتو آفتاب تکه‌هایی از استخوان‌ها را ببینم که از خاک بیرون زده بودند. می‌گفتند که استخوان‌های پایین خندق توسط نئاندرتال‌ها به جا گذاشته شده بودند، اما استخوان‌هایی که در نزدیکی سطح زمین بودند، بقایای انسان‌های نوینی بودند که بعد از نابودی نئاندرتال‌ها غار را اشغال کردند. اسکلت‌های نئاندرتال‌ها در آن محل در گذشته‌ای دور از آن جا برداشته شده بودند، اما امید می‌رفت که هنوز تکه‌های کوچکی، مثل دندان در آن جا پیدا شود. هر تکه استخوانی که پیدا شد، به همراه هر تکه ابزار سنگی و هر چیز دیگری که گمان می‌رفت جالب باشد جمع‌آوری شد تا به انبار تنباکو برده شود و برچسب‌گذاری شود.

پس از مدتی که کار دانشجویان را نظاره می‌کردم، به جنگل رفتم و سعی کردم تصور کنم که زندگی نئاندرتال‌ها در لافراسی چگونه بوده است. حتی اگر این منطقه اکنون جنگلی است، در آن زمان بی‌درخت بود. باید انبوهی از گوزن، الک، گوزن رین‌دی‌یر و ماموت در دره بوده باشد. در ورای این تصاویر گذرا چیز

زیادی به ذهنم نرسید. این سؤال را برای باستان‌شناسانی که با آن‌ها همراه بودم نگه داشتم. شانون مک‌فرون از مؤسسه پلانک جواب داد، «دوران سردی بود». دنیس سندگیث، از دانشگاه کانادایی سیمون افزود، «و بوی زیاد در منطقه». هارولد دیل از دانشگاه پنسیلوانیا هم اضافه کرد، «و حیوانات هم احتمالاً گرسنه بودند».

کمی بعد از بازگشت، هنگامی که من تکه‌های یافت‌شده در روزهای قبل را برمی‌داشتم و نظاره می‌کردم، سندگیث گفت، «هیچ کدام از این‌ها خیلی قدیمی نیستند». در میان استخوان‌ها صدها تکه مربوط به حیوانات بود، که هر کدام تمیز و شمارش شدند و در یک کیسه پلاستیکی کوچک نهاده شدند. همچنین صدها ابزار سنگی در میان یافته‌ها وجود داشت. اکثر سنگ‌ها احتمالاً خرده‌ها و بقایای ابزارسازی بوده‌اند، که معادل تراشه چوب در دوران سنگی بودند، اما متوجه شدم که بعضی از آن‌ها ابزارهای کاملی بودند. وقتی به من نشان دادند که به دنبال چه چیزی بگردم، توانستم تیغه‌های تراشیده شده‌ای را که نئاندرتال‌ها ساخته بودند تشخیص دهم. به‌طور مشخص یکی از آن‌ها یک ابزار سنگی به اندازه کف دست بود که شبیه به یک قطره اشک بود و به عبارت باستان‌شناسی یک تبر دستی بود، اگرچه با توجه به درک کنونی از تبر شاید به عنوان تبر از آن استفاده نمی‌شد. این قطعه در ته خندق یافت شده بود، و چنین برآورد شد که مربوط به تقریباً هفتاد هزار سال پیش بوده باشد. من آن را از کیسه پلاستیکی‌اش درآوردم و پشت آن را نگاه کردم. طرفین این سنگ به‌طور کامل قرینه بود و - در چشم انسان - کاملاً زیبا جلوه می‌کرد. گفتم، به گمانم نئاندرتال‌هایی که این را ساخته‌اند احتمالاً حس خوبی برای طراحی داشتند. مک‌فرون مخالفت کرد: «ما پایان ماجرا را می‌دانیم، می‌دانیم که فرهنگ نوین چطور است و بنابر این می‌خواهیم توضیح دهیم که چطور به این جا

رسیدیم. و تمایل بر این داریم تا بر اساس شواهد کنونی تعبیری غلوآمیز از گذشته ارائه دهیم. پس وقتی شما یک تبر دستی زیبایی می بینید و می گوئید: به ظرافت استادانه آن کن، این یک اثر هنری است! به نگرش امروزی خود تکیه می کنید. اما نمی توانید این را ثابت کنید».

از میان هزاران مصنوعاتی که از نئاندرتال ها به دست آورده ایم تقریباً در هیچ کدام نمی توان اثری از تلاش آشکار هنری یا زیبایی شناسانه یافت و هر آنچه که بدین شکل تعبیر شده - مثلاً گردن بندهای آجی که در غاری در مرکز فرانسه یافت شده - موضوع بحث های بی پایان و اغلب پیچیده ای می شوند (برخی از باستان شناسان معتقدند که این گردن بندها توسط نئاندرتال هایی ساخته شدند که سعی کردند بعد از ارتباط با انسان های نوین از آن ها تقلید کنند. بعضی دیگر گمان می کنند که این گردن بندها توسط انسان های نوینی ساخته شده اند که بعد از نئاندرتال ها آن مکان ها را اشغال کردند). چنین نقطه کوری گروهی را بر آن داشته تا فرض کنند که نئاندرتال ها فاقد قابلیت هنری بوده اند یا علاقه ای به خلق هنری نداشته اند - که فرقی با فرض اول ندارد. ممکن است آنچه را که ما «زیبا» می بینیم برای آن ها صرفاً ابزاری باشد که از آن استفاده می کرده اند. از نظر ژنتیکی، آن ها فاقد آن چیزی هستند که شاید بتوانیم جهش زیبایی شناسانه بنامیم.

در آخرین روز اقامت در دوردونی برای بازدید یک محل باستان شناسی در آن نزدیکی رفتم که مربوط به انسان بود، به نام غار کومبارل. این غار بسیار تنگ است و نزدیک به سیصد و پنجاه متر در امتداد صخره سنگ آهک باریکه ای زیگزاگ شکل وجود دارد. برای این که امکان عبور بی خطر - اما نه چندان راحت - را در این غار فراهم آورند، بعد از کشفش در اواخر قرن نوزدهم آن را با اشعه

برقی از داخل تراشیده‌اند. وقتی انسان‌ها دوازده یا سیزده هزار سال پیش برای اولین بار به غار وارد شدند وضعیت به گونه‌ی دیگری بود. سقف به قدری کوتاه بود که تنها راه عبور کردن خزیدن بود و تنها راه برای دیدن در آن تاریکی مطلق حمل مشعل بود. با این وجود چیزی در درون انسان‌ها بود که آن‌ها را به حرکت وامی‌داشت - شاید خلاقیت بود، شاید معنویت و یا شاید دیوانگی. در اعماق غار دیوارها پوشیده از صداها نقش حکاکی شده بودند. تمام تصاویر مربوط به حیواناتی بودند که بسیاری از آن‌ها اکنون منقرض شده‌اند: ماموت‌ها، گاوهای کهن، کرگدن‌های پشمالو. در مفصل‌ترین تصویر سرزندگی عجیبی به چشم می‌خورد: یک اسب وحشی که به نظر می‌رسید سرش را بلند کرده، و گوزنی که برای نوشیدن آب به جلو خم شده بود.

اغلب گفته می‌شود که انسان‌هایی که بر روی دیوارهای غار کومبارل حکاکی می‌کردند، گمان می‌کردند که تصاویرشان دارای نیروهای جادویی هستند و به شکلی حق با آن‌ها بود. نئاندرتال‌ها بیش از صد هزار سال در اروپا زندگی کردند و در آن مدت بیش از دیگر مهره‌داران بزرگ تأثیری بر محیط اطراف خود نگذاشتند. تمام دلایل گواه این است که اگر انسان‌ها وارد صحنه نمی‌شدند نئاندرتال‌ها، اسب‌های وحشی و کرگدن‌های پشمالو هنوز در آن جا باقی می‌ماندند. همراه با قابلیت معرفی دنیا در قالب علائم و نمادها قابلیت تغییر آن و در ادامه - به طوری که شاهد آن هستیم - قابلیت نابودی آن را هم فراهم آورد. آن تفاوت‌های ژنتیکی که ما را از نئاندرتال‌ها متمایز می‌کرد ناچیز بودند، اما همین تفاوت‌های ناچیز بودند که تمام این دگرگونی‌های گسترده را به وجود آوردند.

فصل سیزدهم

چیزهای خاص

انسان خردمند

جاناتان شِل نویسنده نوشت، «آینده‌شناسی هیچ‌گاه زمینه تحقیقی چندان جالبی نبوده است. با یادآوری چنین خطراتی تصمیم گرفتم به شعبه‌ای از باغ وحش دیه‌گو در مؤسسه تحقیقاتی حفاظتی، واقع در چهل و پنج کیلومتری شمال شهر بروم. طی مسیر از مقابل چندین میدان گلف، یک کارخانه شراب‌سازی و یک دامپروری شترمرغ عبور کردم. این مکان هنگام ورود مثل بیمارستان ساکت بود. یک محقق، به اسم مارلیس هوک، که در کشت نسوج تخصص دارد مرا از مسیر یک راهروی طولانی به اتاقی بدون پنجره هدایت کرد. سپس یک جفت دریچه را باز کرد که شبیه به دریچه یک اجاق سنگین بود و به درون یک مخزن بزرگ نگاهی انداخت. یک بخار روح‌مانند بیرون آمد.

در ته مخزن حوضی از اُزت مایع، در دمای پایین ۳۲۰ درجه وجود دارد. جعبه‌هایی که حاوی سرنگ‌های پلاستیکی کوچک هستند از بالا آویزان هستند. جعبه‌ها روی هم قرار داده شده‌اند و سرنگ‌ها مثل صفحات، هر کدام در جای خود به صورت عمودی چیده شده‌اند. هوک جعبه‌ای را که به دنبالش بود پیدا کرد و شمارش کرد. سپس دو سرنگ را بیرون آورد و بر روی یک صندلی فلزی در کنار من گذاشت و گفت، «این‌ها را می‌خواهیم».

سرنگ‌ها حاوی تقریباً تمامی بقایای پرندۀ پولی^{۲۸۱} بود. پولی پرندۀ درشتی است از منطقهٔ مائویی، به نام هانی‌کریپر، با چهرۀ سیاه بانمک و سینه‌ای کرم‌رنگ. قبلاً شنیده بودم که پولی «زیباترین پرندۀ بود، اما نه زیباترین پرندۀ دنیا». باغ‌وحش دیه‌گو و مؤسسۀ خدمات ماهی و حیات وحش ایالات متحده در سال ۲۰۰۴ آخرین تلاش خود را برای نجات این پرندۀ انجام دادند، اما با وجود این یکی دو سال بعد منقرض شد. در آن زمان فقط سه رأس از این پرندۀ باقی مانده بود و تصمیم بر این بود تا آن‌ها را بگیرند و تکثیر کنند. ولی فقط یکی از آن‌ها به دام افتاد، که فکر می‌کردند ماده باشد، اما نر بود و این محققان مؤسسۀ ماهی و حیات وحش را به این نتیجه رساند که فقط جنس نر از این پرندۀ باقی مانده است. وقتی این پرندۀ مرد، آن را بلافاصله به باغ‌وحش سان‌دیه‌گو فرستادند. هوک به مؤسسۀ شتافت تا در جریان باشد. او ذهنیتش را به خاطر می‌آورد، «این آخرین امکان ما است. این پرندۀ منقرض شدۀ دودو است». او توانست سلول‌هایی از چشم او را کشت کند که حاصل آن محتویات همین سرنگ است. از آن‌جا که نمی‌خواهد سلول‌ها فاسد شوند، بعد از لحظه‌ای سرنگ در جعبه‌اش گذاشته شد و به مخزن برگردانده شد.

اتاق بدون پنجره که در آن سلول‌های زندۀ پولی در آن نگهداری می‌شد باغ‌وحش منجمد نام دارد. این اسم به ثبت رسیده و مؤسسات دیگر اجازهٔ استفاده از آن را ندارند. این اتاق حاوی شش مخزن است، از همان نوع که هوک آن را باز کرد. در مخزن‌ها خطوط سلولی مربوط به تقریباً هزار گونهٔ زیستی نگهداری می‌شود که در ابرهای منجمد ازت قرار داده شده‌اند (این میزان به‌واقع معادل نیمی از موجودات یک باغ‌وحش است. نیم دیگر حاوی مخزن‌هایی با

محفظه‌های متفاوت است که اطلاعات مربوط به جایگاه آن‌ها به طور محرمانه نگه داشته می‌شود. برای مواجهه با موقعیت قطع برق هر خط سلولی را در دو محفظه نگه می‌دارند). باغ وحش منجمد گسترده‌ترین مجموعه گونه‌های زیستی جهان را به صورت منجمد دارد، اما شمار فزاینده‌ای از مؤسسات هم حیوانات منجمد جمع‌آوری می‌کنند. برای مثال، باغ وحش سین سیناتی موردی را به کار می‌بندد که کرایوبایوبانک نام دارد و دانشگاه ناتینگ‌هام انگلستان مورد کشتی منجمد را به وجود آورده است.

در حال حاضر تمام گونه‌های منجمد شده در سان‌دیه‌گو هنوز اندام‌هایی از گوشت و خون دارند. اما وقتی گیاهان و حیوانات بیشتر و بیشتری راه پولی را می‌پیمایند، روش نگه‌داری آن‌ها هم احتمالاً تغییر خواهد کرد. هنگامی که هوک مخزن را می‌بندد، من به یاد لاشه صدها خفاشی می‌افتم که بر کف غار ایولس انباشت شده بودند و بعد به مجموعه کرایو در موزه تاریخ طبیعی آمریکا فرستاده شدند. سعی می‌کنم محاسبه کنم که چه تعداد سرنگ پلاستیکی و مخزن ازت مایع لازم است تا بافت‌های تمام قورباغه‌های مورد تهدید چیتریدها و مرجان‌های مورد تهدید اسیدی شدن آب‌ها و جانوران پوست‌کلفت مورد تهدید شکارچیان قاچاق و گونه‌های کثیر مورد تهدید گرمایش و گونه‌های مهاجم را ذخیره کنیم؟ من کم‌کم از مرور این شمار عظیم جانداران مورد تهدید در ذهنم خسته می‌شوم.



آیا باید به این سرانجام برسد؟ آیا این بهترین آینده برای باشکوه‌ترین - یا به همین دلیل بی‌رونق‌ترین - موجودات است تا در مخازن ازت مایع خوابانده

شوند؟ آیا آگاهی از این که شیوه زندگی ما چگونه زندگی گونه‌های دیگر را به خطر می‌اندازد نباید ما را بر آن دارد تا برای حفاظت از آن‌ها اقدام کنیم؟ آیا تلاش برای فکر کردن به آینده و آگاهی از خطرات در پیش رو به ما کمک می‌کند تا مسیر را عوض کنیم و از خطرات اجتناب کنیم؟

انسان‌ها قطعاً می‌توانند هم مخرب و کوتاه‌بین باشند و یا این‌که خودخواهی را کنار بگذارند و آینده‌نگر باشند. بارها و بارها انسان‌ها نشان داده‌اند که می‌توانند، به قول ریچل کارسون، خود را در مشکلات موجودات دیگر سهیم بدانند و به آن‌ها توجه کنند و برای نجات آن‌ها از خود گذشتگی کنند. آلفرد نیوتون کشتاری را تشریح کرد که در امتداد ساحل بریتانیایی رخ می‌داد. و این به تصویب لایحه حفاظت از پرندگان دریایی شد. جان موئیر در باره تخریب کوهستان‌های کالیفرنیا نوشت، که به ایجاد پارک ملی یوسه‌میتی انجامید. کتاب بهار خاموش، نوشته ریچل کارسون پرده از خطرات آفت‌کش‌ها برداشت و ظرف یک دهه استفاده از ددت در اکثر موارد ممنوع شد (این امر که هنوز عقاب‌های برهنه در ایالات متحده وجود دارند و شمار آن‌ها بیشتر هم می‌شود، یکی از پیامدهای شادی‌آور چنین تحولی است).

کنگره آمریکا دو سال پس از ممنوع کردن ددت، در سال ۱۹۷۴ قانون گونه‌های در معرض خطر را تصویب کرد. از آن به بعد ابعاد اقدامات مردمی برای حمایت از جانداران باورنکردنی بوده است. اگر بخواهیم فقط به یکی از انبوه موارد ممکن در میانه دهه ۱۹۸۰ اکتفا کنیم، می‌توانیم به مورد جمعیت کرکس‌های آمریکایی کالیفرنیا اشاره کنیم که به بیست و دو رأس سقوط کرده بود. زیست‌شناسان حیات وحش برای نجات این بزرگ‌ترین پرنده آمریکای شمالی جوجه‌های کرکس‌ها را با استفاده از عروسک پرورش دادند. آن‌ها با

ایجاد سیم‌های برق جعلی برای تمرین دادن پرندگان به دوری کردن از سیم‌های برق استفاده کردند، و همچنین با وصل کردن جریان برق ضعیف به زباله‌ها به آن‌ها آموختند تا از خوردن زباله خودداری کنند. آن‌ها تک‌تک کرکس‌ها را - علیه ویروس وست‌نایل واکسینه کردند و امروز تعداد آن‌ها به چهارصد رسیده است - شایان ذکر است که هنوز واکسینی برای این ویروس جهت مصرف انسانی ساخته نشده است. آن‌ها به طور منظم برای مسمومیت سربی پرندگان را تحت آزمایش قرار می‌دهند - کرکس‌ها با تغذیه از لاشه‌های گوزن‌های کشته‌شده با تیر سربی مبتلا می‌شوند - آن‌ها بسیاری از کرکس‌ها را به کمک درمان کیلیشن مداوا کرده‌اند. تلاش برای نجات مرغان ماهی‌خوار ووپی زمان باز هم بیشتری به خود اختصاص داده است، که اغلب توسط داوطلبان صورت گرفت. گروهی از خلبانانی که هواپیماهای بسیار سبک می‌رانند، هر سال به گروه جدیدی از جوجه‌های مرغان ماهی‌خوار پرورش‌یافته در فضای بسته می‌آموزند که هنگام زمستان از ویسکانسین به جنوب در فلوریدا مهاجرت کنند. مهاجرت در مسافتی نزدیک به دو هزار کیلومتر سه ماه طول می‌کشد، که شامل ده‌ها توقف در زمین‌های خصوصی می‌شود. میلیون‌ها آمریکایی که مستقیماً در چنین تلاش‌هایی شرکت نمی‌کنند با پیوستن به گروه‌هایی مثل صندوق حیات وحش جهانی، انجمن حیات وحش ملی، حافظان حیات وحش، جامعه حفاظت از حیات وحش، بنیاد حیات وحش آفریقا، حفاظت از طبیعت و حفاظت بین‌المللی به طور غیر مستقیم به حیات وحش کمک می‌کنند.

آیا بهتر این نیست که به طور عملی و اخلاقی بر روی کارهایی که می‌تواند برای نجات گونه‌ها انجام شود تمرکز کنیم، و از صحبت‌های دلگیرکننده در این

باره که آینده کره زیستی محدود به سرنگ‌های پلاستیکی کوچک خواهد شد، دوری کنیم؟

روزی رئیس یک گروه حفاظتی در آلاسکا چنین گفت: «مردم باید امیدوار باشند. من باید امیدوار باشم. امید ما را به حرکت وامی‌دارد».



در همسایگی مؤسسه تحقیقاتی حفاظت یک بنای مشابه خاکستری رنگ وجود دارد که در آن یک کلینیک دامپزشکی دایر است. اغلب حیوانات در این کلینیک، که توسط باغ‌وحش دیه‌گو هم هدایت می‌شود، موقتی هستند، اما بنا ساکنین دائمی هم دارد: یک کلاغ هاوایی به اسم کینوهی. کینوهی یکی از صد کلاغ هاوایی است و همه آن‌ها در فضای بسته نگه داشته می‌شوند. وقتی برای دیدن کینوهی در سان‌دیه‌گو بودم، با باربارا دارنت هم ملاقات کردم، که به نظر می‌آمد تنها فردی است که کینوهی را درک می‌کند. وقتی برای دیدن پرنده می‌رفتیم دارنت به مغازه‌ای رفت تا خوردنی مورد علاقه کینوهی را بخرد، که شامل کرم خوراکی، موش نوزاد بدون مو به اسم پینکی و یک موش بالغ که به دو نیم تقسیم شده بود، می‌شد، به‌طوری که در یک نیمه دو پای موش و در نیمه دیگر روده‌های موش دیده می‌شد.

کسی به درستی نمی‌داند که چرا آلا در طبیعت وحش منقرض شد. شاید انقراض او هم، مثل انقراض پولی، به دلایل مختلفی بستگی داشت، از جمله از بین رفتن زیستگاهش و شکار شدن توسط گونه‌های مهاجمی مثل میمون پوزه‌دراز مانگوز. به هر حال گمان می‌رود که آخرین آلالای جنگلی در سال

۲۰۰۲ از بین رفته باشد. کینوهی بیش از بیست سال پیش در یک محوطهٔ بستهٔ پرورشی در مائویی به دنیا آمد. این پرنده طبق تمام اطلاعات موجود بسیار خاص است و به دلیل پرورش یافتن در انزوا نمی‌تواند در ردهٔ آلاهای دیگر قرار گیرد. او نمی‌تواند خود را انسان هم بداند. دارنت گفت، «او در دنیایی است که تماماً به خودش تعلق دارد. او روزی عاشق یک لک‌لک منقار قاشقی شده بود».

کینوهی در سال ۲۰۰۹ به سان‌دیه‌گو فرستاده شد زیرا از جفت‌گیری با کلاغ‌های ساکن در محوطهٔ بسته سر باز زد و تصمیم بر آن شد که تلاش جدیدی صورت گیرد تا او را متقاعد کنند به ذخیرهٔ محدود ژنی گونه‌ها کمک کند. این وظیفه به عهدهٔ دارنت گذاشته شد تا دل کینوهی را به‌دست آورد، یا مشخص‌تر، غدد جنسی او را فعال کند. کینوهی هم به سرعت از هدف دارنت مطلع شد - کلاغ‌ها آلت جنسی ندارند، پس دارنت ناحیهٔ مجرای دفع او را نوازش کرد - اما در زمان حضور من او هنوز یک «تخلیهٔ جنسی با کیفیت» انجام نداده بود. دارنت در فصل‌های بعدی جفت‌گیری هم طی پنج ماه، یک روز درمیان همین کار را تکرار کرد. اگر کینوهی به این تلاش‌ها پاسخ می‌داد، این امکان می‌توانست به وجود آید تا نطفهٔ او را به صورت لقاح مصنوعی در یکی از ماده‌های مؤسسهٔ پرورشی مائویی جای دهند.



قفس کینوهی شبیه به یک مسکن کوچک بود، که شامل یک قسمت ورودی بود، که چند نفر می‌توانستند در آن جا بایستند، و یک اتاق پر از طناب و دیگر تجهیزات سرگرم کننده برای کلاغ. کینوهی به پرواز درآمد تا به ما خوش آمد بگوید. او از سر تا دم سیاه بود، که در نظر من خیلی شبیه به یک کلاغ آمریکایی معمولی بود، اما دارنت گفت که او منقار و پاهای بسیار ضخیم تری دارد. کینوهی سرش را به جلو خم کرد، گویی می‌خواست از چشم در چشم شدن خودداری کند. وقتی به دارنت نگاه می‌کرد برایم این سؤال پیش آمد که آیا افکار بدی در سر داشت؟ دارنت برای او خوراکی آورده بود. او هم صدای قارقار نامنظمی از خود درآورد که کمی ترسناک به نظر می‌رسید. کلاغ‌ها

می‌توانند کلام انسان‌ها را تقلید کنند و دارنت هم کلام او را چنین ترجمه کرد:
«می‌دونم، می‌دونم» و کینوهی هم تکرار کرد «می‌دونم».



زندگی جنسی طنزگونه کینوهی گواه این است که انسان‌ها با چه جدیتی با معضل انقراض روبه‌رو می‌شوند. اندوه از دست دادن یک گونه باعث می‌شود که بر روی کرگدن اولتراساند انجام دهیم و کلاغ را برای جفت‌گیری تحریک کنیم. تلاش‌های افرادی مثل تری راث، باربارا دارنت و مساعدت‌های مؤسساتی مثل سین‌سیناتی و باغ‌وحش‌های سان‌دیه‌گو را قطعاً می‌توان به عنوان دلایلی بر خوشبینی قلمداد کرد. و اگر این می‌توانست موضوع کتاب دیگری باشد، من تمایل نوشتن آن را دارم.

اگرچه بسیاری از فصل‌های قبلی کتاب به انقراض (یا شرایط رو به انقراض) آحاد موجودات زنده پرداخته است - مثل قورباغه طلایی پانامایی، اوک بزرگ، کرگدن سوماترای - اما موضوع واقعی من آن الگوهایی بوده که باعث چنین سرنوشتی برای آن‌ها شده است. هدف من دنبال کردن واقعه انقراض بوده است - انقراض هالوسین، آنتروپوسین یا انقراض ششم - و قرار دادن آن بر بستر گسترده‌تر تاریخ زیستی. این یک تاریخ صرفاً همگون و صرفاً فاجعه‌بار نیست، بلکه ترکیبی از این‌دو است. آن‌چه که این تاریخ در فراز و نشیب خود نمایان می‌سازد این است که زندگی بسیار انعطاف‌پذیر است، اما نه به طور مطلق. زمین از یک طرف شاهد دوره‌های بسیار طولانی بدون حادثه و نیز لحظات انقلابی بسیار پرتلاطمی بوده است.

تا جایی که می‌دانیم دلایل این انقلاب‌ها بسیار متفاوت بوده‌اند: عصر یخبندان در انقراض اورداوی پسین، گرمایش جهان و تغییراتی در ترکیب شیمیایی اقیانوس در دوران پرمیان پسین، برخورد شهاب آسمانی با زمین در لحظات پایانی دوران کرتاسه. انقراض کنونی دلایل جدید خود را دارد. دلیل آن نه شهاب آسمانی است و نه فوران گسترده آتشفشانی، بلکه به قول والتر آلوارز «وجود یک گونه باریک‌اندام است. ما اکنون شاهد انقراض گسترده‌ای هستیم که به دست انسان صورت می‌گیرد».

وجه مشترک این وقایع مختلف خود تغییر و به عبارت دقیق‌تر، نرخ تغییر است. وقتی دنیا به قدری سریع تغییر می‌کند که گونه‌ها نمی‌توانند خود را با آن سازگار سازند، بسیاری از آن‌ها نابود می‌شوند. در چنین شرایطی موجود زنده از آسمان به مداری آتشین سقوط می‌کند. این گفته که اگر مردم محتاط‌تر می‌بودند و فداکاری‌های بیشتری می‌کردند، واقعه انقراض کنونی می‌توانست قابل پیشگیری باشد نادرست نیست، اما از نکته اصلی غافل است. این که مردم اهمیت می‌دهند یا اهمیت نمی‌دهند زیاد مهم نیست. چیزی که مهم است این است که مردم دنیا را تغییر می‌دهند.

این قابلیت است که پیش از مدرنیته وجود داشته است، اما مدرنیته طبعاً بستر تمام‌نمای آن است. این قابلیت شاید درحقیقت از آن کیفیت‌هایی که ما را به انسان بدل کرد جدایی‌ناپذیر است: بی‌قراری ما، خلاقیت ما، توانایی ما در همکاری و حل مشکلات و به انجام رساندن وظایف بغرنج. به محض این که انسان‌ها برای تبیین دنیای طبیعی شروع به استفاده از علائم و نمادها کردند، به ورای مرزهای موجود دنیا رخنه کردند. دیرین‌شناس بریتانیایی، مایکل بنتون نوشت، «زبان بشری به اشکال گوناگونی مثل رمزهای ژنتیک است. اطلاعات

بعد از تعدیل به نسل‌ها انتقال یافت و در آن‌ها ذخیره شد. ارتباطات متقابل جوامع را به هم مرتبط کرد و به انسان‌ها امکان داد تا تکامل را دور بزنند. اگر مردم به همین سادگی بی‌توجه یا خودخواه و یا خشونت‌طلب می‌بودند، پس مؤسسه تحقیقی حفاظت از محیط زیست هم وجود نمی‌داشت و نیازی هم به وجود آن احساس نمی‌شد. اگر می‌خواهی به این فکر کنی که چرا انسان‌ها تا به این حد برای گونه‌های دیگر خطرناکند، می‌توانی یک شکارچی قاقاق در آفریقا را تصور کنی که یک اسلحه‌ای کی - چهل و هفت در دست دارد یا کارگری را در آمازون در نظر بگیری که با تبر درختان را قطع می‌کند، و یا خودت را ببینی که کتابی در دست داری.



در مرکز قسمت به تنوع زیستی در موزه آمریکایی تاریخ طبیعی نمایشی وجود دارد که بر کف زمین قرار داده شده است. این نمایش در اطراف یک لوحه مرکزی تنظیم شده و بر آن نوشته شده: از پنج میلیون سال پیش که حیوانات پیچیده شکل گرفتند، پنج واقعه انقراض رخ داده است. بر اساس نوشته روی لوحه، «تغییر اقلیمی جهانی و عوامل دیگر و نیز اصابت احتمالی اجسام خارجی با زمین موجب این وقایع شده‌اند» و ادامه می‌دهد، «هم‌اکنون در بطن یک انقراض ششم هستیم، که این بار تنها در اثر دگرگونی شرایط زیست‌محیطی توسط بشر به وجود آمده است».

در اطراف این لوحه صفحات شیشه‌ای سنگینی قرار دارند و در زیر آن‌ها بقایای سنگ‌واره‌های تعدادی از نمونه‌های آسیب‌دیده قرار داده شده است. صفحات شیشه‌ای در اثر عبور ده‌ها هزار بازدید کننده موزه سائیده شده‌اند که

احتمالاً اکثرشان از آن‌چه که در زیر پاهای‌شان است اطلاعی ندارند. اما اگر مکث کنیم و با دقت نگاه کنیم می‌توانیم ببینیم که اسم گونه‌ی هر کدام از سنگواره‌ها و آن واقعه‌ی انقراضی که به دودمان‌شان پایان داده، درج شده است. سنگواره‌ها در ترتیب زمانی خود قرار داده شده‌اند، به طوری که قدیمی‌ترین‌ها - گراپتولایت‌های دوران اوردوای - نزدیک مرکز هستند، در حالی که جدیدترین‌ها - دندان‌های تیرانوساوروس رکس از دوران کرتاسه‌ی پسین - کمی آن‌طرف‌تر قرار داده شده‌اند. اگر در کنار نمایش بایستید، که به‌واقع تنها جایی است که می‌توان آن را دید، درست در مسیری هستید که قربانیان انقراض ششم باید بپیمایند.

در انقراضی که به دست ما انجام می‌شود، چه اتفاقی برای خود ما خواهد افتاد؟ یک احتمال این است که ما هم بالاخره همراه با دگرگون ساختن محیط زیست نابود شویم، همان‌طور که در سالن نمایش تنوع زیستی بازسازی شده است. منطق نهفته در پشت این تفکر این است که انسان‌ها با رهاندن خود از محدودیت‌های تکاملی کماکان وابسته به نظام زیستی و شیمی - جغرافیایی زمین باقی خواهند ماند. با مختل کردن این نظام - نابود کردن جنگل‌های بارانی، تغییر ترکیب جوی، اسیدی کردن اقیانوس‌ها - بقای خود را به خطر می‌اندازیم. در میان انبوه شواهد زیست‌شناختی شاید عاقلانه‌ترین آموزه این باشد که در زندگی، همچون در یک صندوق سرمایه‌گذاری مشترک، اعمال گذشته ضمانتی برای آینده به ما نمی‌دهد. وقتی انقراض گسترده به تحقق می‌پیوندد ضعیف را نابود می‌کند و قوی را به موقعیت ضعف می‌کشانند. گراپتولایت‌های وی‌شکل همه جا بودند و بعد ناپدید شدند. شاخ‌قوچی‌ها طی صدها میلیون سال در اطراف شناور بودند و بعد نابود شدند. ریچارد لیکی انسان‌شناس اخطار کرده که «انسان خردمند نه تنها عامل انقراض ششم است،

بلکه خود نیز به عنوان یکی از قربانیان در معرض خطر است». بر تابلویی در سالن تنوع زیستی نقلی از پاول ارلیچ، بوم‌شناس اهل استانفورد آمده: بشر با راندن گونه‌های دیگر به انقراض شاخه‌ای که خود بر روی آن نشسته را قطع می‌کند.

یک امکان دیگر - که بعضی آن را خوشبینانه‌تر می‌دانند - این است که نبوغ انسانی بر هر فاجعه‌ای که با نبوغ انسانی ایجاد شده چیره خواهد شد. محققان جدی‌ای هم هستند که مثلاً می‌گویند، اگر گرمایش جهانی به حدی برسد که به تهدیدی بدل شود، ما می‌توانیم با بازمهندسی جو زمین با آن مقابله کنیم. طرح‌هایی وجود دارند که در آن‌ها سولفات‌ها را در جو فوقانی زمین پراکنده می‌کنند تا نور خورشید را به فضا برگردانند. طرح‌هایی هم هستند که در آن‌ها قطرات آب را بر فراز اقیانوس آرام می‌پاشند تا ابرها را روشن کنند. کسانی هم هستند که معتقدند اگر هیچ‌کدام کارگر نیفتد، باز هم همه چیز رو به راه خواهد شد، چون سیارات دیگر را اشغال خواهیم کرد. در کتاب جدیدی توصیه می‌شود که «بر روی مریخ، تیتان، مشتری، ماه، سیارک‌ها و هر قسمت غیر مسکونی دیگری که به دست‌مان برسد، بناهایی درست کنیم. خلاصه نگران نباشید. تا زمانی که به کاوش می‌پردازیم بشر به بقای خود ادامه خواهد داد».

سرنوشت گونه ما مسلماً بسیار نگران‌کننده است. اما چند تن از بهترین دوستان من علیرغم تمایلات ضد انسانی خود، انسان هستند. در هر حال، این ارزش آن را ندارد تا بیشترین توجه ما را به خود جلب کند. در این لحظه شگفت‌انگیزی که در نظر ما زمان حال به حساب می‌آید، بدون ادای کلامی تصمیم می‌گیریم کدام راه‌های تکاملی باز خواهد ماند و کدام برای همیشه بسته خواهد شد. هیچ موجود دیگری تا کنون چنین نکرده است و

این متأسفانه پایدارترین میراث ما خواهد بود. مدت‌های طولانی پس از آن که تمام آنچه که انسان‌ها نوشته‌اند و نقاشی کرده‌اند و ساخته‌اند به غباری تبدیل شوند، و موش‌های غول‌پیکر وارث زمین شوند - یا نشوند - انقراض ششم سرنوشت حیات را رقم خواهد زد.

برخی از وقایع مهم در تاریخ حیات - طی نیم میلیارد سال اخیر

دوره	عهد	سال‌های گذشته	وقایع
نئوژن چهارم پالئوسین	نوزیستی	زمان حال	عصر یخبندان آغاز می‌شود یخبندان قطب جنوب
		۵۰ میلیون سال پیش	اولین پرمیماها انقراض کرتاسهٔ پسین
کرتاسه	میانزیستی	۱۰۰ میلیون سال پیش	اولین گیاهان شکوفه دهنده اولین پرندگان
جوراسیک		۲۰۰ میلیون سال پیش	انقراض تریاسیک پسین
تریاسیک			انقراض پرمیان پسین
پرمیان	دیرینزیستی	۳۰۰ میلیون سال پیش	اولین خزندگان انقراض دهوونی پسین
کربونیفر			
دهوونی		۴۰۰ میلیون سال پیش	
سیلوری			انقراض اوردای پسین اولین گیاهان خشکی
اوردای		۵۰۰ میلیون سال پیش	
کامبری			

NOTES

The page numbers for the notes that appeared in the print version of this title are not in your e-book. Please use the search function on your ereading device to search for the relevant passages documented or discussed.

CHAPTER I: THE SIXTH EXTINCTION

I first read about the frogs: Ruth A. Musgrave, “Incredible Frog Hotel,” *National*

Geographic Kids, Sept. 2008, 16-19.

I ran across another frog-related article: D. B. Wake and V. T. Vredenburg,

“Colloquium Paper: Are We in the Midst of the Sixth Mass Extinction? A View from the

World of Amphibians,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (2008): 11466-73.

In the late nineteen-eighties, an American herpetologist: Martha L. Crump, *In Search*

of the Golden Frog (Chicago: University of Chicago Press, 2000), 165.

For what’s probably the best-studied group: I am indebted to John Alroy for walking

me through the complexities of calculating background extinction rates. See also Alroy’s

“Speciation and Extinction in the Fossil Record of North American Mammals,” in

Speciation and Patterns of Diversity, edited by Roger Butlin, Jon Bridle, and Dolph Schluter

(Cambridge: Cambridge University Press, 2009), 310-23.

Anthony Hallam and Paul Wignall, British paleontologists: A. Hallam and P. B.

Wignall, *Mass Extinctions and Their Aftermath* (Oxford: Oxford University Press, 1997), 1.

Another expert, David Jablonski: David Jablonski, “Extinctions in the Fossil Record,” in

Extinction Rates, edited by John H. Lawton and Robert M. May (Oxford: Oxford University

Press, 1995), 26.

Michael Benton, a paleontologist: Michael Benton, *When Life Nearly Died: The Greatest*

Mass Extinction of All Time (New York: Thames and Hudson, 2003), 10.

A fifth paleontologist, David Raup: David M. Raup, *Extinction: Bad Genes or Bad Luck?*

(New York: Norton, 1991), 84.

Almost certainly, though, the rate is lower: John Alroy, personal communication, June

9, 2013.

“I sought a career”: Joseph R. Mendelson, “Shifted Baselines, Forensic Taxonomy, and

Rabbs' Fringe-limbed Treefrog: The Changing Role of Biologists in an Era of Amphibian

Declines and Extinctions,” *Herpetological Review* 42 (2011): 21-25.

it's been calculated that the group's extinction rate: Malcolm L. McCallum,

“Amphibian Decline or Extinction? Current Declines Dwarf Background Extinction

Rates,” *Journal of Herpetology* 41 (2007): 483-91.

It is estimated that one-third of reef-building corals: Michael Hoffmann et al., “The

Impact of Conservation on the Status of the World's Vertebrates," *Science* 330 (2010):

1503-9. See also *Spineless—Status and Trends of the World's Invertebrates*, a report from the

Zoological Society of London, published Aug. 31, 2012.

CHAPTER II: THE MASTODON'S MOLARS

it was labeled the "tooth of a Giant": Paul Semonin, *American Monster: How the Nation's*

First Prehistoric Creature Became a Symbol of National Identity (New York: New York

University Press, 2000), 15.

On one leg, a French soldier: Frank H. Severance, *An Old frontier of France: The Niagara*

Region and Adjacent Lakes under French Control (New York: Dodd, 1917), 320.

"What animal does it come from?": Quoted in Claudine Cohen, *The Fate of the Mammoth:*

Fossils, Myth, and History (Chicago: University of Chicago Press, 2002), 90.

"The supposed American elephant": Quoted in Semonin, *American Monster*, 147-48.

With great trepidation, Buffon allowed: Cohen, *The Fate of the Mammoth*, 98.

a temperament one friend compared: Quoted in Dorinda Outram, *Georges Cuvier:*

Vocation, Science and Authority in Post-Revolutionary France (Manchester, England:

Manchester University Press, 1984), 13.

An older colleague would later describe him: Quoted in Martin J. S. Rudwick, *Bursting*

the Limits of Time: The Reconstruction of Geohistory in the Age of Revolution (Chicago:

University of Chicago Press, 2005), 355.

On the basis of his examination: Rudwick, *Bursting the Limits of Time*, 361.

"It is to anatomy alone": Georges Cuvier and Martin J. S. Rudwick, *Fossil*

Bones, and Geological Catastrophes: New Translations and Interpretations of the Primary Texts

(Chicago, University of Chicago Press, 1997), 19.

During the Revolution, Cuvier was thin: Quoted in Stephen Jay Gould, *The Panda's*

Thumb: More Reflections in Natural History (New York: Norton, 1980), 146.

"I should say that I have been supported": Cuvier and Rudwick, *Fossil Bones*, 49.

"If so many lost species": Ibid., 56.

When he uncovered the fossil animal's forelimbs: Rudwick, *Bursting the Limits of Time*,

501.

To publicize the exhibition: Charles Coleman Sellers, *Mr. Peale's Museum: Charles Willson*

Peale and the First Popular Museum of Natural Science and Art (New York: Norton, 1980), 142.

the newspapers reported on: Charles Willson Peale, *The Selected Papers of Charles Willson*

Peale and His Family, edited by Lillian B. Miller, Sidney Hart, and David C. Ward, vol. 2, pt. 1

(New Haven, Conn.: Yale University Press, 1988), 408.

He wrote to Jefferson: Ibid., vol. 2, pt. 2, 1189.

Jefferson was lukewarm: Ibid., vol. 2, pt. 2, 1201.

"Is not Cuvier": Quoted in Toby A. Appel, *The Cuvier-Geoffroy Debate: French Biology in the*

Decades before Darwin (New York: Oxford University Press, 1987), 190.

"One shouldn't anticipate": Quoted in Martin J. S. Rudwick, *Worlds Before Adam: The*

Reconstruction of Geohistory in the Age of Reform (Chicago: University of Chicago Press, 2008),

32.

"be constructed for devouring prey": Cuvier and Rudwick, *Fossil Bones*, 217.

"ducks by dint of diving": Quoted in Richard Wellington Burkhardt, *The Spirit of System:*

Lamarck and Evolutionary Biology (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1977), 199.

Among the crates of loot: Cuvier and Rudwick, *Fossil Bones*, 229.

Lamarck objected: Rudwick, *Bursting the Limits of Time*, 398.

"I know that some naturalists": Cuvier and Rudwick, *Fossil Bones*, 228.

Like the "enchanted palaces": Georges Cuvier, "Elegy of Lamarck," *Edinburgh New*

Philosophical Journal 20 (1836): 1-22.

"Living organisms without number": Cuvier and Rudwick, *Fossil Bones*, 190.

organisms simply moved on: Ibid., 261.

CHAPTER III: THE ORIGINAL PENGUIN

When he proposed it: Rudwick, *Worlds Before Adam*, 358.

Lyell had grown up: Leonard G. Wilson, "Lyell: The Man and His Times," in *Lyell: The Past*

Is the Key to the Present, edited by Derek J. Blundell and Andrew C. Scott (Bath, England:

Geological Society, 1998), 21.

"very obliging": Charles Lyell, *Life, Letters and Journals of Sir Charles Lyell*, edited by Mrs.

Lyell, vol. 1 (London: John Murray, 1881), 249.

"the huge iguanodon": Charles Lyell. *Principles of Geology*, vol. 1 (Chicago: University of

Chicago Press, 1990), 123.

"that there is no foundation": Ibid., vol. 1, 153.

Lyell boasted: Leonard G. Wilson, *Charles Lyell, the Years to 1841: The Revolution in Geology*

(New Haven, Conn.: Yale University Press, 1972), 344.

when he spoke in Boston: A. Hallam, *Great Geological Controversies* (Oxford: Oxford

University Press, 1983), ix.

He produced a cartoon: For a discussion of the meaning of the cartoon, see Martin J. S.

Rudwick, *Lyell and Darwin, Geologists: Studies in the Earth Sciences in the Age of Reform*

(Aldershot, England: Ashgate, 2005), 537-40.

In fact, Darwin developed his theory: Frank J. Sulloway, "Darwin and His Finches: The

Evolution of a Legend," *Journal of the History of Biology* 15 (1982): 1-53.

Lyell further contended: Lyell, *Principles of Geology*, vol. 1, 476.

caught up with him in the Falklands: Sandra Herbert, *Charles Darwin, Geologist* (Ithaca,

N.Y.: Cornell University Press, 2005), 63.

Recent searches: Claudio Soto-Azat et al., "The Population Decline and Extinction of

Darwin's Frogs," *PLOS ONE* 8 (2013).

Darwin presented them to Lyell: David Dobbs, *Reef Madness: Charles Darwin, Alexander*

Agassiz, and the Meaning of Coral (New York: Pantheon, 2005), 152.

Lyell "recognized that Darwin": Rudwick, *Worlds before Adam*, 491.

"Without Lyell": Janet Browne, *Charles Darwin: Voyaging* (New York: Knopf, 1995), 186.

"a single pair": Charles Lyell, *Principles of Geology*, vol. 2 (Chicago: University of Chicago

Press, 1990), 124.

"exactly the kind of miracle": Ernst Mayr, *The Growth of Biological Thought: Diversity,*

Evolution, and Inheritance (Cambridge, Mass.: Belknap Press of Harvard University Press,

1982), 407.

"It may be said that": Charles Darwin, *On the Origin of Species: A Facsimile of the First Edition*

(Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1964), 84.

"The appearance of new forms": Ibid., 320.

"The theory of natural selection": Ibid., 320.

"The complete extinction of the species": Ibid., 318.

Icelandair provided: Errol Fuller, *The Great Auk* (New York: Abrams, 1999), 197.

genetic analysis has shown: Truls Moum et al., "Mitochondrial DNA Sequence Evolution

and Phylogeny of the Atlantic Alcidae, Including the Extinct Great Auk (*Pinguinus*

impennis),” *Molecular Biology and Evolution* 19 (2002): 1434-39.

the birds’ “astonishing velocity”: Jeremy Gaskell, *Who Killed the Great Auk?* (Oxford:

Oxford University Press, 2000), p. 8.

great auk bones have been found: Ibid., 9.

“They are always in the water”: Quoted in Fuller, *The Great Auk*, 64.

“by hundreds at a time”: Quoted in Gaskell, *Who Killed the Great Auk?*, 87.

“the great auks of Funk Island”: Fuller, *The Great Auk*, 64.

“You take a kettle”: Quoted in ibid., 65-66.

It’s been estimated: Tim Birkhead, “How Collectors Killed the Great Auk,
” *New Scientist*

142 (1994): 26.

“The destruction which they have made”: Quoted in Gaskell, *Who Killed the Great Auk?*,

109.

“rare and accidental”: Quoted in ibid., 37. Gaskell also points out the contradiction in

Audubon’ s description.

Subsequent detective work: Fuller, *The Great Auk*, 228-29.

“It was with heavy hearts”: Alfred Newton, “Abstract of Mr. J. Wolley’ s Researches in

Iceland Respecting the Gare-Fowl or Great Auk,” *Ibis* 3 (1861): 394.

“peculiar attraction”: Alexander F. R. Wollaston, *Life of Alfred Newton* (New York: E. P.

Dutton, 1921), 52.

“It came to me like the direct revelation”: Quoted in ibid., 112.

“pure and unmitigated Darwinism”: Quoted in ibid., 121.

It is not mentioned: Many, but not all, of Darwin's letters are available to the public

online; Elizabeth Smith of the Darwin Correspondence Project kindly performed a search

of the entire database.

On this basis, Lawson claimed: Thalia K. Grant and Gregory B. Estes, *Darwin in Galápagos:*

Footsteps to a New World (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2009), 123.

In fact, it probably disappeared: Ibid., 122.

"the denial of humanity's special status": David Quammen, *The Reluctant Mr. Darwin: An*

Intimate Portrait of Charles Darwin and the Making of His Theory of Evolution (New York: Atlas

Books/Norton, 2006), 209.

CHAPTER IV: THE LUCK OF THE AMMONITES

"In science, sometimes it's better": Walter Alvarez, "Earth History in the Broadest

Possible Context," Ninety-Seventh Annual Faculty Research Lecture, University of

California, Berkeley, International House, delivered Apr. 29, 2010.

"hard-core uniformitarianism": Walter Alvarez, *T. rex and the Crater of Doom* (Princeton,

N.J.: Princeton University Press, 1997), 139.

The amount of iridium: Ibid., 69.

"like a shark smelling blood": Richard Muller, *Nemesis* (New York: Weidenfeld and

Nicolson, 1988), 51.

"to connect the dinosaurs": Quoted in Charles Officer and Jake Page, "The K-T

Extinction," in *Language of the Earth: A Literary Anthology*, 2nd ed., edited by Frank H. T.

Rhodes, Richard O. Stone, and Bruce D. Malamud (Chichester, England: Wiley, 2009), 183.

"The Cretaceous extinctions were gradual": Quoted in Malcolm W. Browne, "Dinosaur

Experts Resist Meteor Extinction Idea," *New York Times*, Oct. 29, 1985.

"Astronomers should leave": *New York Times* Editorial Board, "Miscasting the Dinosaur's

Horoscope," *New York Times*, Apr. 2, 1985.

he noted a "chasm": Lyell, *Principles of Geology*, vol. 3 (Chicago: University of Chicago

Press, 1991), 328.

Rudists have been described: David M. Raup, *The Nemesis Affair: A Story of the Death of*

Dinosaurs and the Ways of Science (New York: Norton, 1986), 58.

"I look at the natural geological record": Darwin, *On the Origin of Species*, 310-11.

"So profound is our ignorance": Ibid., 73.

"a long and essentially continuous process": George Gaylord Simpson, *Why and How:*

Some Problems and Methods in Historical Biology (Oxford: Pergamon Press, 1980), 35.

"codswallop": Quoted in Browne, "Dinosaur Experts Resist Meteor Extinction Idea."

In 1984, grains of shocked quartz: B. F. Bohor et al., "Mineralogic Evidence for an

Impact Event at the Cretaceous-Tertiary Boundary,” *Science* 224 (1984): 867-69.

In a drawing that accompanies: Neil Landman et al., “Mode of Life and Habitat of

Scaphitid Ammonites,” *Geobios* 54 (2012): 87-98.

“Basically, if you were a triceratops”: Personal communication, Steve D’Hondt, Jan. 5,

2012.

Birds were also hard-hit: Nicholas R. Longrich, T. Tokaryk, and D. J. Field, “Mass

Extinction of Birds at the Cretaceous-Paleogene (K-Pg) Boundary,” *Proceedings of the*

National Academy of Sciences 108 (2011): 15253-257.

The same goes for lizards: Nicholas R. Longrich, Bhart-Anjan S. Bhullar, and Jacques A.

Gauthier, “Mass Extinction of Lizards and Snakes at the Cretaceous-Paleogene

Boundary,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109 (2012): 21396-401.

Mammals’ ranks, too, were devastated: Kenneth Rose, *The Beginning of the Age of*

Mammals (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2006), 2.

“the rules of the survival game”: Paul D. Taylor, *Extinctions in the History of Life*

(Cambridge: Cambridge University Press, 2004), 2.

CHAPTER V: WELCOME TO THE ANTHROPOCENE

Others were completely flummoxed: Jerome S. Bruner and Leo Postman, “On the

Perception of Incongruity: A Paradigm,” *Journal of Personality* 18 (1949): 206-23. I am

indebted to James Gleick for drawing my attention to this experiment: see *Chaos: Making a*

New Science (New York: Viking, 1987), 35.

“In science, as in the playing card experiment”: Thomas S. Kuhn, *The Structure of*

Scientific Revolutions, 2nd ed. (Chicago: University of Chicago Press, 1970), 64.

“God knows how many catastrophes”: Quoted in Patrick John Boylan, “William

Buckland, 1784-1859: Scientific Institutions, Vertebrate Paleontology and Quaternary

Geology” (Ph.D. dissertation, University of Leicester, England, 1984), 468.

“as explosive for science”: William Glen, *Mass Extinction Debates: How Science Works in a*

Crisis (Stanford, Calif.: Stanford University Press, 1994), 2.

Something like eighty-five percent: Hallam and Wignall, *Mass Extinctions and Their*

Aftermath, 4.

“Had the list of survivors”: Richard A. Fortey, *Life: A Natural History of the First Four Billion*

Years of Life on Earth (New York: Vintage, 1999), 135.

The two paleontologists: David M. Raup and J. John Sepkoski Jr., “Periodicity of

Extinctions in the Geologic Past,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 81 (1984):

801-5.

everything but sex and the royal family: Raup, *The Nemesis Affair*, 19.

another disapproving editorial: *New York Times* Editorial Board, “Nemesis of Nemesis,”

New York Times, July 7, 1985.

“We felt sure that there would be”: Luis W. Alvarez, “Experimental Evidence That an

Asteroid Impact Led to the Extinction of Many Species 65 Million Years Ago,” *Proceedings*

of the National Academy of Sciences 80 (1983): 633.

One theory has it: Timothy M. Lenton et al., “First Plants Cooled the Ordovician,” *Nature*

Geoscience 5 (2012): 86-89.

the seas warmed: Timothy Kearsley et al., “Isotope Excursions and Palaeotemperature

Estimates from the Permian/Triassic Boundary in the Southern Alps (Italy),”

Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 279 (2009): 29-40.

the whole episode lasted: Shu-zhong Shen et al., “Calibrating the End-Permian Mass

Extinction,” *Science* 334 (2011): 1367-72.

One hypothesis has it: Lee R. Kump, Alexander Pavlov, and Michael A. Arthur, “Massive

Release of Hydrogen Sulfide to the Surface Ocean and Atmosphere during Intervals of

Oceanic Anoxia,” *Geology* 33 (2005): 397-400.

“truly grotesque place”: Carl Zimmer, introduction to paperback edition of *T. Rex and*

the Crater of Doom (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2008), xv.

not much thicker than a cigarette paper: Jan Zalasiewicz, *The Earth After Us: What*

Legacy Will Humans Leave in the Rocks? (Oxford: Oxford University Press, 2008), 89.

"We have already left a record": Ibid., 240.

"a grey tide": Quoted in William Stolzenburg, *Rat Island: Predators in Paradise and the*

World's Greatest Wildlife Rescue (New York: Bloomsbury, 2011), 21.

A recent study of pollen: Terry L. Hunt, "Rethinking Easter Island' s Ecological

Catastrophe," *Journal of Archaeological Science* 34 (2007): 485-502.

"a species or two of large naked rodent": Zalasiewicz, *The Earth After Us*, 9.

"Because of these anthropogenic emissions": Paul J. Crutzen, "Geology of Mankind,"

Nature 415 (2002): 23.

"as future evolution": Jan Zalasiewicz et al., "Are We Now Living in the Anthropocene?"

GSA Today 18 (2008): 6.

CHAPTER VI: THE SEA AROUND US

the tally they came up with was very different: Jason M. Hall-Spencer et al., "Volcanic

Carbon Dioxide Vents Show Ecosystem Effects of Ocean Acidification," *Nature* 454 (2008):

96-99. Details from supplementary tables.

in one mesocosm experiment: Ulf Reibesell, personal communication, Aug. 6, 2012.

There's strong evidence: Wolfgang Kiessling and Carl Simpson, "On the Potential for

Ocean Acidification to Be a General Cause of Ancient Reef Crises," *Global Change Biology* 17

(2011): 56-67.

It's been estimated that calcification evolved: Andrew H. Knoll, “
Biomineralization

and Evolutionary History,” *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 54
(2003): 329-56.

three-quarters of the missing: Hall-Spencer et al., “Volcanic Carbon
Dioxide Vents

Show Ecosystem Effects of Ocean Acidification,” *Nature* 454 (2008): 96-99.

This comes to a stunning: For up-to-date figures on atmospheric emissions
and ocean

uptake of carbon dioxide, thanks to Chris Sabine of NOAA’s PMEL Carbon
Program.

“Time is the essential ingredient”: Rachel Carson, *Silent Spring*, 40th
anniversary ed.

(Boston: Houghton Mifflin, 2002), 6.

But even this spectacular event: Jennifer Chu, “Timeline of a Mass
Extinction,” MIT

News Office, published online Nov. 18, 2011.

“It is the rate”: Lee Kump, Timothy Bralower, and Andy Ridgwell, “Ocean
Acidification

in Deep Time,” *Oceanography* 22 (2009): 105.

CHAPTER VII: DROPPING ACID

“a wall of Coral Rock”: Quoted in James Bowen and Margarita Bowen, *The
Great Barrier*

Reef: History, Science, Heritage (Cambridge: Cambridge University Press,
2002), 11.

“thrown up to such a height?”: Quoted in *ibid.*, 2.

Lyell’s theory: Dobbs, *Reef Madness*, 147-48. Lyell mistakenly attributed the
idea to

Adelbert von Chamisso, a naturalist who accompanied Otto von Kotzebue.

"astoundingly correct": Ibid., 256.

"It is likely that reefs": Charles Sheppard, Simon K. Davy, and Graham M. Pilling, *The*

Biology of Coral Reefs (Oxford: Oxford University Press, 2009), 278.

"rapidly eroding rubble banks": Ove Hoegh-Guldberg et al., "Coral Reefs under Rapid

Climate Change and Ocean Acidification," *Science* 318 (2007): 1737-42.

Caldeira published the first part of his paper: Ken Caldeira and Michael E. Wickett,

"Anthropogenic Carbon and Ocean pH," *Nature* 425 (2003): 365.

The experiment, modeled on Hall-Spencer's work: Katherina E. Fabricius et al.,

"Losers and Winners in Coral Reefs Acclimatized to Elevated Carbon Dioxide Concentrations," *Nature Climate Change* 1 (2011): 165-69.

"A few decades ago": J. E. N. Veron, "Is the End in Sight for the World's Coral Reefs?"

e360, published online Dec. 6, 2010.

A recent study by a team of Australian researchers: Glenn De'ath et al., "The 27-Year

Decline of Coral Cover on the Great Barrier Reef and Its Causes," *Proceedings of the National*

Academy of Sciences 109 (2012): 17995-99.

"all coral reefs will cease to grow": Jacob Silverman et al., "Coral Reefs May Start

Dissolving when Atmospheric CO₂ Doubles," *Geophysical Research Letters* 35 (2009).

in a square meter's worth: Laetitia Plaisance et al., "The Diversity of Coral Reefs: What

Are We Missing?" *PLOS ONE* 6 (2011).

"that of most terrestrial animal groups": Kent E. Carpenter et al., "One-Third of Reef-

Building Corals Face Elevated Extinction Risk from Climate Change and Local Impacts,"

Science 321 (2008): 560-63.

"An island slumbering": By June Chilvers, reprinted in Harold Heatwole, Terence Done,

and Elizabeth Cameron, *Community Ecology of a Coral Cay: A Study of One-Tree Island, Great*

Barrier Reef, Australia (The Hague: W. Junk, 1981), v.

CHAPTER VIII: THE FOREST AND THE TREES

realize "that you are standing": Barry Lopez, *Arctic Dreams* (1986; reprint, New York:

Vintage, 2001), 29.

Massachusetts around fifty-five: Gordon P. DeWolf, *Native and Naturalized Trees of*

Massachusetts (Amherst: Cooperative Extension Service, University of Massachusetts,

1978).

though not, interestingly enough, for aphids: John Whitfield, *In the Beat of a Heart: Life,*

Energy, and the Unity of Nature (Washington, D.C.: National Academies Press, 2006), 212.

"a spectacle as varied": Alexander von Humboldt and Aimé Bonpland, *Essay on the*

Geography of Plants, edited by Stephen T. Jackson, translated by Sylvie Romanowski

(Chicago: University of Chicago Press, 2008), 75.

"The verdant carpet": Alexander von Humboldt, *Views of Nature, or, Contemplations on the*

Sublime Phenomena of Creation with Scientific Illustrations, translated by Elsie C. Otté and

Henry George Bohn (London: H. G. Bohn, 1850), 213-17.

One theory holds: Many theories of the latitudinal diversity gradient are summarized in

Gary G. Mittelbach et al., "Evolution and the Latitudinal Diversity Gradient: Speciation,

Extinction and Biogeography," *Ecology Letters* 10 (2007): 315-31.

A famous paper: Daniel H. Janzen, "Why Mountain Passes Are Higher in the Tropics,"

American Naturalist 101 (1967): 233-49.

"evolution has had a fair chance": Alfred R. Wallace, *Tropical Nature and Other Essays*

(London: Macmillan, 1878), 123.

Trees in *Schefflera*: Kenneth J. Feeley et al., "Upslope Migration of Andean Trees," *Journal*

of Biogeography 38 (2011): 783-91.

"some of the most acute and powerful intellects": Alfred R. Wallace, *The Wonderful*

Century: Its Successes and Its Failures (New York: Dodd, Mead, 1898), 130.

"As the cold came on": Darwin, *On the Origin of Species*, 366-67.

the Andes are expected: Rocío Urrutia and Mathias Vuille, "Climate Change Projections

for the Tropical Andes Using a Regional Climate Model: Temperature and Precipitation

Simulations for the End of the 21st Century,” *Journal of Geophysical Research* 114 (2009).

I’d recently read a paper: Alessandro Catenazzi et al., “*Batrachochytrium dendrobatidis*

and the Collapse of Anuran Species Richness and Abundance in the Upper Manú National

Park, Southeastern Peru,” *Conservation Biology* 25 (2011): 382-91.

“Here’s another way to express”: Anthony D. Barnosky, *Heatstroke: Nature in an Age of*

Global Warming (Washington, D.C.: Island Press/Shearwater Books, 2009), 55-56.

The study ran as the cover article: Chris D. Thomas et al., “Extinction Risk from

Climate Change,” *Nature* 427 (2004): 145-48.

Thomas suggested that it would be useful: Chris Thomas, “First Estimates of Extinction

Risk from Climate Change,” in *Saving a Million Species: Extinction Risk from Climate Change*,

edited by Lee Jay Hannah (Washington, D.C.; Island Press, 2012), 17-18.

perhaps as far as the mid-Miocene: Aradhna K. Tripathi, Christopher D. Roberts, and

Robert E. Eagle, “Coupling of CO₂ and Ice Sheet Stability over Major Climate Transitions

of the Last 20 Million Years,” *Science* 326 (2009): 1394-97.

CHAPTER IX: ISLANDS ON DRY LAND

“fragmentologist”: Jeff Tollefson, “Splinters of the Amazon,” *Nature* 496 (2013): 286.

“the most important ecological experiment”: Ibid.

According to a recent study: Roger LeB. Hooke, José F. Martín-Duque, and Javier

Pedraza, “Land Transformation by Humans: A Review,” *GSA Today* 22 (2012): 4–10.

According to another recent study: Erle C. Ellis and Navin Ramankutty, “Putting People

in the Map: Anthropogenic Biomes of the World,” *Frontiers in Ecology and the Environment* 6

(2008): 439–47.

Across the reserves: Richard O. Bierregard et al., *Lessons from Amazonia: The Ecology and*

Conservation of a Fragmented Forest (New Haven, Conn.: Yale University Press, 2001), 41.

On some land-bridge islands: Jared Diamond, “The Island Dilemma: Lessons of Modern

Biogeographic Studies for the Design of Natural Reserves,” *Biological Conservation* 7 (1975):

129–46.

the main predictor of local extinction: Jared Diamond, “‘Normal’ Extinctions of

Isolated Populations,” in *Extinctions*, edited by Matthew H. Nitecki (Chicago: University of

Chicago Press, 1984), 200.

Researchers at the BDFFP have found: Susan G. W. Laurance et al., “Effects of Road

Clearings on Movement Patterns of Understory Rainforest Birds in Central Amazonia,”

Conservation Biology 18 (2004) 1099–109.

“The jungle teems”: E. O. Wilson, *The Diversity of Life* (1992; reprint, New York: Norton,

1993), 3-4.

There are butterflies that feed: Carl W. Rettenmeyer et al., “The Largest Animal

Association Centered on One Species: The Army Ant *Eciton burchellii* and Its More Than

300 Associates,” *Insectes Sociaux* 58 (2011): 281-92.

A pair of American naturalists: Ibid.

Erwin estimated: Terry L. Erwin, “Tropical Forests: Their Richness in Coleoptera and

Other Arthropod Species,” *Coleopterists Bulletin* 36 (1982): 74-75.

recent estimates suggest: Andrew J. Hamilton et al., “Quantifying Uncertainty in

Estimation of Tropical Arthropod Species Richness,” *American Naturalist* 176 (2010): 90-95.

This exact calculation: E. O. Wilson, “Threats to Biodiversity,” *Scientific American*,

September 1989, 108-16.

“Hardly a day passes”: John H. Lawton and Robert M. May, *Extinction Rates* (Oxford:

Oxford University Press, 1995), v.

A recent report by the Zoological Society of London: “Spineless: Status and Trends of

the World’s Invertebrates,” published online July 31, 2012, 17.

“in the face of climatic change”: Thomas E. Lovejoy, “Biodiversity: What Is It?” in

Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources, edited by Marjorie L.

Kudla, Don E. Wilson, and E. O. Wilson (Washington, D.C.: Joseph Henry Press, 1997), 12.

CHAPTER X: THE NEW PANGAEA

"the water I find": Charles Darwin, letter to J. D. Hooker, Apr. 19, 1855, Darwin

Correspondence Project, Cambridge University.

But the results, he thought: Charles Darwin, letter to *Gardeners' Chronicle*, May 21, 1855,

Darwin Correspondence Project, Cambridge University.

The tiny mollusks: Darwin, *On the Origin of Species*, 385.

It was no mere coincidence: Ibid., 394.

"The continents must have shifted": Alfred Wegener, *The Origin of Continents and Oceans*,

translated by John Biram (New York: Dover, 1966), 17.

During any given twenty-four-hour period: Mark A. Davis, *Invasion Biology* (Oxford:

Oxford University Press, 2009), 22.

"mass invasion event": Anthony Ricciardi, "Are Modern Biological Invasions an

Unprecedented Form of Global Change?" *Conservation Biology* 21 (2007): 329-36.

The poet Randall Jarrell: Randall Jarrell and Maurice Sendak, *The Bat-Poet* (1964; reprint,

New York: HarperCollins, 1996), 1.

It's also been proposed: Paul M. Cryan et al., "Wing Pathology of White-Nose Syndrome

in Bats Suggests Life-Threatening Disruption of Physiology," *BMC Biology* 8 (2010).

In 1916: This account of the Japanese beetle's spread comes from Charles S. Elton, *The*

Ecology of Invasions by Animals and Plants (1958; reprint, Chicago: University of Chicago

Press, 2000), 51–53.

Roy van Driesche, an expert on invasive species: Jason van Driesche and Roy van

Driesche, *Nature out of Place: Biological Invasions in the Global Age* (Washington, D.C.: Island

Press, 2000), 91.

Of the more than seven hundred species: Information on Hawaii’s land snails comes

from Christen Mitchell et al., *Hawaii’s Comprehensive Wildlife Conservation Strategy*

(Honolulu: Department of Land and Natural Resources, 2005).

“is precisely what *Homo sapiens*”: David Quammen, *The Song of the Dodo: Island*

Biogeography in an Age of Extinctions (1996; reprint, New York: Scribner, 2004), 333.

it made up close to half the standing timber: Van Driesche and Van Driesche, *Nature*

out of Place, 123.

“not only was baby’s crib”: George H. Hepting, “Death of the American Chestnut,” *Forest*

and Conservation History 18 (1974): 60.

According to a study: Paul Somers, “The Invasive Plant Problem,”

[http://www.mass.gov/eea/docs/dfg/nhesp/land-protection-and-management/invasiveplant-](http://www.mass.gov/eea/docs/dfg/nhesp/land-protection-and-management/invasiveplant-problem.pdf)

[problem.pdf](http://www.mass.gov/eea/docs/dfg/nhesp/land-protection-and-management/invasiveplant-problem.pdf).

Although earthworms are beloved: John C. Maerz, Victoria A. Nuzzo, and Bernd

Blossey, “Declines in Woodland Salamander Abundance Associated with Non-Native

Earthworm and Plant Invasions,” *Conservation Biology* 23 (2009): 975-81.

To dispose of the toads humanely: “Operation Toad Day Out: Tip Sheet,” Townsville

City Council,

<http://www.townsville.qld.gov.au/resident/pests/Documents/TDO%202012_Tip%20Sheet.pdf>.

A recent study of visitors to Antarctica: Steven L. Chown et al., “Continent-wide Risk

Assessment for the Establishment of Nonindigenous Species in Antarctica,” *Proceedings of*

the National Academy of Sciences 109 (2012): 4938-43.

“arguably the most successful invader”: Alan Burdick, *Out of Eden: An Odyssey of*

Ecological Invasion (New York: Farrar, Straus and Giroux, 2005), 29.

By the time humans pushed into North America: Jennifer A. Leonard et al., “Ancient

DNA Evidence for Old World Origin of New World Dogs,” *Science* 298 (2002): 1613-16.

“the introduction and acclimatization”: Quoted in Kim Todd, *Tinkering with Eden: A*

Natural History of Exotics in America (New York: Norton, 2001), 137-38.

According to the entry on pets: Peter T. Jenkins, “Pet Trade,” in *Encyclopedia of Biological*

Invasions, edited by Daniel Simberloff and Marcel Rejmanek (Berkeley: University of

California Press, 2011), 539-43.

A recent study of non-indigenous species: Gregory M. Ruiz et al., “Invasion of Coastal

Marine Communities of North America: Apparent Patterns, Processes, and Biases,” *Annual*

Review of Ecology and Systematics 31 (2000): 481-531.

For comparison’s sake: Van Driesche and Van Driesche, *Nature out of Place*, 46.

“If we look far enough ahead”: Elton, *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*, 50-

51.

In the case of terrestrial mammals: James H. Brown, *Macroecology* (Chicago: University

of Chicago Press, 1995), 220.

CHAPTER XI: THE RHINO GETS AN ULTRASOUND

Genetic analysis has shown: Ludovic Orlando et al., “Ancient DNA Analysis Reveals

Woolly Rhino Evolutionary Relationships,” *Molecular Phylogenetics and Evolution* 28 (2003):

485-99.

a “living fossil”: E. O. Wilson, *The Future of Life* (2002; reprint, New York: Vintage, 2003),

80.

Rhino horns ... in recent years have become even more sought-after: Adam Welz,

“The Dirty War Against Africa’s Remaining Rhinos,” *e360*, published online Nov. 27, 2012.

the population of African forest elephants: Fiona Maisels et al., “Devastating Decline of

Forest Elephants in Central Africa,” *PLOS ONE* 8 (2013).

as Tom Lovejoy has put it: Thomas Lovejoy, “A Tsunami of Extinction,” *Scientific*

American, Dec. 2012, 33-34.

“It shows us what the world might”: Tim F. Flannery, *The Future Eaters: An Ecological*

History of the Australasian Lands and People (New York: G. Braziller, 1995), 55.

the females were almost twice as giant: Valérie A. Olson and Samuel T. Turvey, “The

Evolution of Sexual Dimorphism in New Zealand Giant Moa (*Dinornis*) and Other Ratites,”

Proceedings of the Royal Society B 280 (2013).

“We live in a zoologically impoverished world”: Alfred Russel Wallace, *The*

Geographical Distribution of Animals with a Study of the Relations of Living and Extinct Faunas as

Elucidating the Past Changes of the Earth’s Surface, vol. 1 (New York: Harper and Brothers,

1876), 150.

“At Big Bone Lick the first explorers”: Robert Morgan, “Big Bone Lick,” posted online

at: <http://www.big-bone-lick.com/2011/10/>.

purchased for himself the teeth: Charles Lyell, *Travels in North America, Canada, and Nova*

Scotia with Geological Observations, 2nd ed. (London: J. Murray, 1855), 67.

“great modification in climate”: Charles Lyell, *Geological Evidences of the Antiquity of Man*,

with Remarks on Theories of the Origin of Species by Variation, 4th ed., revised (London: J.

Murray, 1873), 189.

“I cannot feel quite easy”: Quoted in Donald K. Grayson, “Nineteenth Century

Explanations,” in *Quaternary Extinctions: A Prehistoric Revolution*, edited by Paul S. Martin

and Richard G. Klein (Tucson: University of Arizona Press, 1984), 32.

“There must have been some physical cause”: Wallace, *The Geographical Distribution of Animals*, 150-51.

“Looking at the whole subject again”: Alfred R. Wallace, *The World of Life: A Manifestation*

of Creative Power, Directive Mind and Ultimate Purpose (New York: Moffat, Yard, 1911), 264.

“When the chronology of extinction”: Paul S. Martin, “Prehistoric Overkill,” in

Pleistocene Extinctions: The Search for a Cause, edited by Paul S. Martin and H. E. Wright (New

Haven, Conn.: Yale University Press, 1967), 115.

“Personally, I can’t fathom”: Jared Diamond, *Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human*

Societies (New York: Norton, 1997), 43.

Then, rather abruptly: Susan Rule et al., “The Aftermath of Megafaunal Extinction:

Ecosystem Transformation in Pleistocene Australia,” *Science* 335 (2012): 1483-86.

Alroy has used computer simulations: John Alroy, “A Multispecies Overkill Simulation

of the End-Pleistocene Megafaunal Mass Extinction,” *Science* 292 (2001): 1893-96.

humans “are capable of driving”: John Alroy, “Putting North America’s End-

Pleistocene Megafaunal Extinction in Context,” in *Extinctions in Near Time: Causes, Contexts,*

and Consequences, edited by Ross D. E. MacPhee (New York: Kluwer Academic/Plenum,

1999), 138.

CHAPTER XII: THE MADNESS GENE

“It must be admitted”: Charles Darwin, *The Descent of Man* (1871; reprint, New York:

Penguin, 2004), 75.

Boule invented: James Shreeve, *The Neanderthal Enigma: Solving the Mystery of Human*

Origins (New York: William Morrow, 1995), 38.

“distinctly simian arrangement”: Marcellin Boule, *Fossil Men; Elements of Human*

Palaeontology, translated by Jessie Elliot Ritchie and James Ritchie (Edinburgh: Oliver and

Boyd, 1923), 224.

would attract no more attention: William L. Straus Jr. and A. J. E. Cave, “Pathology and

the Posture of Neanderthal Man,” *Quarterly Review of Biology* 32 (1957): 348-63.

“We are brought suddenly to the realization”: Ray Solecki, *Shanidar, the First Flower*

People (New York: Knopf, 1971), 250.

In a paper published in *Science*: Richard E. Green et al., “A Draft Sequence of the

Neandertal Genome,” *Science* 328 (2010): 710-22.

When researchers from Leipzig: E. Herrmann et al., “Humans Have Evolved Specialized

Skills of Social Cognition: The Cultural Intelligence Hypothesis,” *Science* 317 (2007): 1360–

66.

In a paper published ... in *Nature*: David Reich et al., “Genetic History of an Archaic

Hominin Group from Denisova Cave in Siberia,” *Nature* 468 (2010): 1053–60.

CHAPTER XIII: THE THING WITH FEATHERS

“Futurology has never been”: Jonathan Schell, *The Fate of the Earth* (New York: Knopf,

1982), 21.

“the problem of sharing our earth”: Carson, *Silent Spring*, 296.

“human language is like the genetic code”: Michael Benton, “Paleontology and the

History of Life,” in *Evolution: The First Four Billion Years*, edited by Michael Ruse and Joseph

Travis (Cambridge, Mass.: Belknap Press of Harvard University Press, 2009), 84.

“*Homo sapiens* might not only be the agent”: Richard E. Leakey and Roger Lewin, *The*

Sixth Extinction: Patterns of Life and the Future of Humankind (1995; reprint, New York:

Anchor, 1996), 249.

“Don’t worry”: Annalee Newitz, *Scatter, Adapt, and Remember: How Humans Will Survive a*

Mass Extinction (New York: Doubleday, 2013), 263.

SELECTED BIBLIOGRAPHY

Alroy, John. “A Multispecies Overkill Simulation of the End-Pleistocene Megafaunal Mass

Extinction.” *Science* 292 (2001): 1893–96.

Alvarez, Luis W. "Experimental Evidence That an Asteroid Impact Led to the Extinction of

Many Species 65 Million Years Ago." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 80

(1983): 627-42.

Alvarez, Luis W., W. Alvarez, F. Asaro, and H. V. Michel. "Extraterrestrial Cause for the

Cretaceous-Tertiary Extinction." *Science* 208 (1980): 1095-108.

Alvarez, Walter. *T. rex and the Crater of Doom*. Princeton, N.J.: Princeton University Press,

1997.

_____. "Earth History in the Broadest Possible Context." Ninety-Seventh Annual Faculty

Research Lecture. University of California, Berkeley, International House, delivered

Apr. 29, 2010.

Appel, Toby A. *The Cuvier-Geoffroy Debate: French Biology in the Decades Before Darwin*. New

York: Oxford University Press, 1987.

Barnosky, Anthony D. "Megafauna Biomass Tradeoff as a Driver of Quaternary and Future

Extinctions." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (2008): 11543-48.

_____. *Heatstroke: Nature in an Age of Global Warming*. Washington, D.C.: Island

Press/Shearwater Books, 2009.

Benton, Michael J. *When Life Nearly Died: The Greatest Mass Extinction of All Time*. New York:

Thames and Hudson, 2003.

- Bierregaard, Richard O., et al. *Lessons from Amazonia: The Ecology and Conservation of a Fragmented Forest*. New Haven, Conn.: Yale University Press, 2001.
- Birkhead, Tim. "How Collectors Killed the Great Auk." *New Scientist* 142 (1994): 24-27.
- Blundell, Derek J., and Andrew C. Scott, eds. *Lyell: The Past Is the Key to the Present*. London: Geological Society, 1998.
- Bohor, B. F., et al. "Mineralogic Evidence for an Impact Event at the Cretaceous-Tertiary Boundary." *Science* 224 (1984): 867-69.
- Boule, Marcellin. *Fossil Men: Elements of Human Palaeontology*. Translated by Jessie J. Elliot
- Ritchie and James Ritchie. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1923.
- Bowen, James, and Margarita Bowen. *The Great Barrier Reef: History, Science, Heritage*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- Brown, James H. *Macroecology*. Chicago: University of Chicago Press, 1995.
- Browne, Janet. *Charles Darwin: Voyaging*. New York: Knopf, 1995.
- _____. *Charles Darwin: The Power of Place*. New York: Knopf, 2002.
- Browne, Malcolm W. "Dinosaur Experts Resist Meteor Extinction Idea." *New York Times*, Oct. 29, 1985.
- Buckland, William. *Geology and Mineralogy Considered with Reference to Natural Theology*. London: W. Pickering, 1836.
- Burdick, Alan. *Out of Eden: An Odyssey of Ecological Invasion*. New York: Farrar, Straus and

Giroux, 2005.

Burkhardt, Richard Wellington. *The Spirit of System: Lamarck and Evolutionary Biology*.

Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1977.

Butlin, Roger, Jon Bridle, and Dolph Schluter, eds. *Speciation and Patterns of Diversity*.

Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

Caldeira, Ken, and Michael E. Wickett. "Anthropogenic Carbon and Ocean pH." *Nature* 425

(2003): 365.

Carpenter, Kent E., et al. "One-Third of Reef-Building Corals Face Elevated Extinction Risk

from Climate Change and Local Impacts." *Science* 321 (2008): 560-63.

Carson, Rachel. *Silent Spring*. 40th anniversary ed. Boston: Houghton Mifflin, 2002.

_____. *The Sea Around Us*. Reprint, New York: Signet, 1961.

Catenazzi, Alessandro, et al. "*Batrachochytrium dendrobatidis* and the Collapse of Anuran

Species Richness and Abundance in the Upper Manú National Park, Southeastern

Peru." *Conservation Biology* 25 (2011) 382-91.

Chown, Steven L., et al. "Continent-wide Risk Assessment for the Establishment of

Nonindigenous Species in Antarctica." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109

(2012): 4938-43.

Chu, Jennifer. "Timeline of a Mass Extinction." MIT News Office, published online Nov. 18,

2011.

Cohen, Claudine. *The Fate of the Mammoth: Fossils, Myth, and History*. Chicago: University of

Chicago Press, 2002.

Coleman, William. *Georges Cuvier, Zoologist: A Study in the History of Evolution Theory*.

Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1964.

Collen, Ben, Monika Böhm, Rachael Kemp, and Jonathan E. M. Baillie, eds. *Spineless: Status*

and Trends of the World's Invertebrates. London: Zoological Society, 2012.

Collinge, Sharon K. *Ecology of Fragmented Landscapes*. Baltimore: Johns Hopkins University

Press, 2009.

Collins, James P., and Martha L. Crump. *Extinctions in Our Times: Global Amphibian Decline*.

Oxford: Oxford University Press, 2009.

Crump, Martha L. *In Search of the Golden Frog*. Chicago: University of Chicago Press, 2000.

Crutzen, Paul J. "Geology of Mankind." *Nature* 415 (2002): 23.

Cryan, Paul M., et al. "Wing Pathology of White-Nose Syndrome in Bats Suggests Life-

Threatening Disruption of Physiology." *BMC Biology* 8 (2010).

Cuvier, Georges, and Martin J. S. Rudwick. *Georges Cuvier, Fossil Bones, and Geological*

Catastrophes: New Translations and Interpretations of the Primary Texts. Chicago: University

of Chicago Press, 1997.

Darwin, Charles. *The Structure and Distribution of Coral Reefs*. 3rd ed. New York: D. Appleton,

1897.

_____. *On the Origin of Species: A Facsimile of the First Edition*. Cambridge, Mass.: Harvard

University Press, 1964.

_____. *The Autobiography of Charles Darwin, 1809–1882: With Original Omissions Restored*. New

York: Norton, 1969.

_____. *The Works of Charles Darwin*. Vol. 1, *Diary of the Voyage of H.M.S. Beagle*. Edited by

Paul H. Barrett and R. B. Freeman. New York: New York University Press, 1987.

_____. *The Works of Charles Darwin*. Vol. 2, *Journal of Researches*. Edited by Paul H. Barrett

and R. B. Freeman. New York: New York University Press, 1987.

_____. *The Works of Charles Darwin*. Vol. 3, *Journal of Researches*, Part 2. Edited by Paul H.

Barrett and R. B. Freeman. New York: New York University Press, 1987.

_____. *The Descent of Man*. 1871. Reprint, New York: Penguin, 2004.

Davis, Mark A. *Invasion Biology*. Oxford: Oxford University Press, 2009.

De' ath, Glenn, et al. "The 27-Year Decline of Coral Cover on the Great Barrier Reef and Its

Causes." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109 (2012): 17995–99.

DeWolf, Gordon P. *Native and Naturalized Trees of Massachusetts*. Amherst: Cooperative

Extension Service, University of Massachusetts, 1978.

Diamond, Jared. "The Island Dilemma: Lessons of Modern Biogeographic Studies for the

Design of Natural Reserves." *Biological Conservation* 7 (1975): 129–46.

Diamond, Jared. *Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies*. New York: Norton, 2005.

Dobbs, David. *Reef Madness: Charles Darwin, Alexander Agassiz, and the Meaning of Coral*. New

York: Pantheon, 2005.

Ellis, Erle C., and Navin Ramankutty. "Putting People in the Map: Anthropogenic Biomes

of the World." *Frontiers in Ecology and the Environment* 6 (2008): 439-47.

Elton, Charles S. *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. 1958. Reprint, Chicago:

University of Chicago Press, 2000.

Erwin, Douglas H. *Extinction: How Life on Earth Nearly Ended 250 Million Years Ago*. Princeton,

N.J.: Princeton University Press, 2006.

Erwin, Terry L. "Tropical Forests: Their Richness in Coleoptera and Other Arthropod

Species." *Coleopterists Bulletin* 36 (1982): 74-75.

Fabricius, Katherina E., et al. "Losers and Winners in Coral Reefs Acclimatized to Elevated

Carbon Dioxide Concentrations." *Nature Climate Change* 1 (2011): 165-69.

Feeley, Kenneth J., et al. "Upslope Migration of Andean Trees." *Journal of Biogeography* 38

(2011): 783-91.

Feeley, Kenneth J., and Miles R. Silman. "Biotic Attrition from Tropical Forests Correcting

for Truncated Temperature Niches." *Global Change Biology* 16 (2010): 1830-36.

Flannery, Tim F. *The Future Eaters: An Ecological History of the Australasian Lands and People*.

New York: G. Braziller, 1995.

Fortey, Richard A. *Life: A Natural History of the First Four Billion Years of Life on Earth*. New

York: Vintage, 1999.

Fuller, Errol. *The Great Auk*. New York: Abrams, 1999.

Gaskell, Jeremy. *Who Killed the Great Auk?* Oxford: Oxford University Press, 2000.

Gattuso, Jean-Pierre, and Lina Hansson, eds. *Ocean Acidification*. Oxford: Oxford University

Press, 2011.

Gleick, James. *Chaos: Making a New Science*. New York: Viking, 1987.

Glen, William, ed. *The Mass-Extinction Debates: How Science Works in a Crisis*. Stanford, Calif.:

Stanford University Press, 1994.

Goodell, Jeff. *How to Cool the Planet: Geoengineering and the Audacious Quest to Fix Earth's*

Climate. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2010.

Gould, Stephen Jay. *The Panda's Thumb: More Reflections in Natural History*. New York:

Norton, 1980.

Grant, K. Thalia, and Gregory B. Estes. *Darwin in Galápagos: Footsteps to a New World*.

Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2009.

Grayson, Donald K., and David J. Meltzer. "A Requiem for North American Overkill."

Journal of Archaeological Science 30 (2003): 585-93.

Green, Richard E., et al. "A Draft Sequence of the Neandertal Genome." *Science* 328 (2010):

710-22.

Hallam, A. *Great Geological Controversies*. Oxford: Oxford University Press, 1983.

Hallam, A., and P. B. Wignall. *Mass Extinctions and Their Aftermath*. Oxford: Oxford

University Press, 1997.

Hall-Spencer, Jason M., et al. "Volcanic Carbon Dioxide Vents Show Ecosystem Effects of

Ocean Acidification." *Nature* 454 (2008): 96-99.

Hamilton, Andrew J., et al. "Quantifying Uncertainty in Estimation of Tropical Arthropod

Species Richness." *American Naturalist* 176 (2010): 90-95.

Hannah, Lee Jay, ed. *Saving a Million Species: Extinction Risk from Climate Change*.

Washington, D.C.: Island Press, 2012.

Haynes, Gary, ed. *American Megafaunal Extinctions at the End of the Pleistocene*. Dordrecht:

Springer, 2009.

Heatwole, Harold, Terence Done, and Elizabeth Cameron. *Community Ecology of a Coral Cay:*

A Study of One Tree Island, Great Barrier Reef, Australia. The Hague: W. Junk, 1981.

Hedeen, Stanley. *Big Bone Lick: The Cradle of American Paleontology*. Lexington: University

Press of Kentucky, 2008.

Hepting, George H. "Death of the American Chestnut." *Forest and Conservation History* 18

(1974): 60-67.

Herbert, Sandra. *Charles Darwin, Geologist*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 2005.

Herrmann, E., et al. "Humans Have Evolved Specialized Skills of Social Cognition: The

Cultural Intelligence Hypothesis." *Science* 317 (2007): 1360-66.

Hoegh-Guldberg, Ove, et al. "Coral Reefs under Rapid Climate Change and Ocean

Acidification." *Science* 318 (2007): 1737-42.

Hoffmann, Michael, et al. "The Impact of Conservation on the Status of the World's

Vertebrates." *Science* 330 (2010): 1503-9.

Holdaway, Richard N., and Christopher Jacomb. "Rapid Extinction of the Moas (Aves:

Dinornithiformes): Model, Test, and Implications." *Science* 287 (2000): 2250-54.

Hooke, Roger, José F. Martin-Duque, and Javier Pedraza. "Land Transformation by

Humans: A Review." *GSA Today* 22 (2012): 4-10.

Huggett, Richard J. *Catastrophism: Systems of Earth History*. London: E. Arnold, 1990.

Humboldt, Alexander von. *Views of Nature, or, Contemplations on the Sublime Phenomena of*

Creation with Scientific Illustrations. Translated by Elsie C. Otté and Henry George Bohn.

London: H. G. Bohn, 1850.

Humboldt, Alexander von, and Aimé Bonpland. *Essay on the Geography of Plants*. Edited by

Stephen T. Jackson. Translated by Sylvie Romanowski. Chicago: University of Chicago

Press, 2008.

Hunt, Terry L. "Rethinking Easter Island's Ecological Catastrophe."
Journal of

Archaeological Science 34 (2007): 485-502.

Hutchings, P. A., Michael Kingsford, and Ove Hoegh-Guldberg, eds. *The Great Barrier Reef:*

Biology, Environment and Management. Collingwood, Australia: CSIRO, 2008.

Janzen, Daniel H. "Why Mountain Passes Are Higher in the Tropics."
American Naturalist

101 (1967): 233-49.

Jarrell, Randall, and Maurice Sendak. *The Bat-Poet*. 1964. Reprint, New York:
HarperCollins, 1996.

Johnson, Chris. *Australia's Mammal Extinctions: A 50,000 Year History*.
Cambridge: Cambridge

University Press, 2006.

Kiessling, Wolfgang, and Carl Simpson. "On the Potential for Ocean
Acidification to Be a

General Cause of Ancient Reef Crises." *Global Change Biology* 17 (2011):
56-67.

Knoll, A. H. "Biomineralization and Evolutionary History." *Reviews in*
Mineralogy and

Geochemistry 54 (2003): 329-56.

Kudla, Marjorie L., Don E. Wilson, and E. O. Wilson, eds. *Biodiversity II:*
Understanding and

Protecting Our Biological Resources. Washington, D.C.: Joseph Henry Press,
1997.

Kuhn, Thomas S. *The Structure of Scientific Revolutions*. 2nd ed. Chicago:
University of

Chicago Press, 1970.

Kump, Lee, Timothy Bralower, and Andy Ridgwell. "Ocean Acidification in Deep Time."

Oceanography 22 (2009): 94-107.

Kump, Lee R., Alexander Pavlov, and Michael A. Arthur. "Massive Release of Hydrogen

Sulfide to the Surface Ocean and Atmosphere during Intervals of Oceanic Anoxia."

Geology 33 (2005): 397.

Landman, Neil, et al. "Mode of Life and Habitat of Scaphitid Ammonites." *Geobios* 54

(2012): 87-98.

Laurance, Susan G. W., et al. "Effects of Road Clearings on Movement Patterns of

Understory Rainforest Birds in Central Amazonia." *Conservation Biology* 18 (2004): 1099-

109.

Lawton, John H., and Robert M. May. *Extinction Rates*. Oxford: Oxford University Press,

1995.

Leakey, Richard E., and Roger Lewin. *The Sixth Extinction: Patterns of Life and the Future of*

Humankind. 1995. Reprint, New York: Anchor, 1996.

Lee, R. *Memoirs of Baron Cuvier*. New York: J. and J. Harper, 1833.

Lenton, Timothy M., et al. "First Plants Cooled the Ordovician." *Nature Geoscience* 5 (2012):

86-9.

Levy, Sharon. *Once and Future Giants: What Ice Age Extinctions Tell Us about the Fate of Earth's*

Largest Animals. Oxford: Oxford University Press, 2011.

Longrich, Nicholas R., Bhart-Anjan S. Bhullar, and Jacques A. Gauthier. “Mass Extinction of Lizards and Snakes at the Cretaceous-Paleogene Boundary.” *Proceedings of the*

National Academy of Sciences 109 (2012): 21396-401.

Longrich, Nicholas R., T. Tokaryk, and D. J. Field. “Mass Extinction of Birds at the

Cretaceous-Paleogene (K-Pg) Boundary.” *Proceedings of the National Academy of Sciences*

108 (2011): 15253-57.

Lopez, Barry. *Arctic Dreams*. 1986. Reprint, New York: Vintage, 2001.

Lovejoy, Thomas. “A Tsunami of Extinction.” *Scientific American*, Dec. 2012, 33-34.

Lyell, Charles. *Travels in North America, Canada, and Nova Scotia with Geological Observations*.

2nd ed. London: J. Murray, 1855.

_____. *Geological Evidences of the Antiquity of Man; with Remarks on Theories of the Origin of*

Species by Variation. 4th ed, revised. London: Murray, 1873.

_____. *Life, Letters and Journals of Sir Charles Lyell*, edited by Mrs. Lyell. London: J. Murray,

1881.

_____. *Principles of Geology*. Vol. 1. Chicago: University of Chicago Press, 1990.

_____. *Principles of Geology*. Vol. 2. Chicago: University of Chicago Press, 1990.

_____. *Principles of Geology*. Vol. 3. Chicago: University of Chicago Press, 1991.

MacPhee, R. D. E., ed. *Extinctions in Near Time: Causes, Contexts, and Consequences*. New York:

Kluwer Academic/Plenum, 1999.

Maerz, John C., Victoria A. Nuzzo, and Bernd Blossey. "Declines in Woodland Salamander

Abundance Associated with Non-Native Earthworm and Plant Invasions." *Conservation*

Biology 23 (2009): 975-81.

Maisels, Fiona, et al. "Devastating Decline of Forest Elephants in Central Africa." *PLOS ONE*

8 (2013).

Martin, Paul S., and Richard G. Klein, eds. *Quaternary Extinctions: A Prehistoric Revolution*.

Tucson: University of Arizona Press, 1984.

Martin, Paul S., and H. E. Wright, eds. *Pleistocene Extinctions: The Search for a Cause*. New

Haven, Conn.: Yale University Press, 1967.

Marvin, Ursula B. *Continental Drift: The Evolution of a Concept*. Washington, D.C.:

Smithsonian Institution Press (distributed by G. Braziller), 1973.

Mayr, Ernst. *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance*. Cambridge,

Mass.: Belknap Press of Harvard University Press, 1982.

McCallum, Malcolm L. "Amphibian Decline or Extinction? Current Declines Dwarf

Background Extinction Rates." *Journal of Herpetology* 41 (2007): 483-91.

McKibben, Bill. *The End of Nature*. New York: Random House, 1989.

Mendelson, Joseph R. "Shifted Baselines, Forensic Taxonomy, and Rabb' s Fringe-limbed

Treefrog: The Changing Role of Biologists in an Era of Amphibian Declines and Extinctions.” *Herpetological Review* 42 (2011): 21-25.

Mitchell, Alanna. *Seasick: Ocean Change and the Extinction of Life on Earth*. Chicago:

University of Chicago Press, 2009.

Mitchell, Christen, et al. *Hawaii's Comprehensive Wildlife Conservation Strategy*. Honolulu:

Department of Land and Natural Resources, 2005.

Mittelbach, Gary G., et al. “Evolution and the Latitudinal Diversity Gradient: Speciation,

Extinction and Biogeography.” *Ecology Letters* 10 (2007): 315-31.

Monks, Neale, and Philip Palmer. *Ammonites*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution

Press, 2002.

Moum, Truls, et al. “Mitochondrial DNA Sequence Evolution and Phylogeny of the

Atlantic Alcidae, Including the Extinct Great Auk (*Pinguinus impennis*).” *Molecular*

Biology and Evolution 19 (2002): 1434-39.

Muller, Richard. *Nemesis*. New York: Weidenfeld and Nicolson, 1988.

Musgrave, Ruth A. “Incredible Frog Hotel.” *National Geographic Kids*, Sept. 2008, 16-19.

Newitz, Annalee. *Scatter, Adapt, and Remember: How Humans Will Survive a Mass Extinction*.

New York: Doubleday, 2013.

Newman, M. E. J., and Richard G. Palmer. *Modeling Extinction*. Oxford: Oxford University

Press, 2003.

Newton, Alfred. "Abstract of Mr. J. Wolley's Researches in Iceland Respecting the Gare-

Fowl or Great Auk." *Ibis* 3 (1861): 374-99.

Nitecki, Matthew H., ed. *Extinctions*. Chicago: University of Chicago Press, 1984.

Novacek, Michael J. *Terra: Our 100-Million-Year-Old Ecosystem—and the Threats That Now Put*

It at Risk. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2007.

Olson, Valérie A., and Samuel T. Turvey. "The Evolution of Sexual Dimorphism in New

Zealand Giant Moa (*Dinornis*) and Other Ratites." *Proceedings of the Royal Society B* 280

(2013).

Orlando, Ludovic, et al. "Ancient DNA Analysis Reveals Woolly Rhino Evolutionary

Relationships." *Molecular Phylogenetics and Evolution* 28 (2003): 485-99.

Outram, Dorinda. *Georges Cuvier: Vocation, Science and Authority in Post-Revolutionary France*.

Manchester, England: Manchester University Press, 1984.

Palmer, Trevor. *Perilous Planet Earth: Catastrophes and Catastrophism through the Ages*.

Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

Peale, Charles Willson. *The Selected Papers of Charles Willson Peale and His Family*. Edited by

Lillian B. Miller, Sidney Hart, and Toby A. Appel. New Haven, Conn.: Yale University

Press (published for the National Portrait Gallery, Smithsonian Institution), 1983-2000.

Phillips, John. *Life on the Earth*. Cambridge: Macmillan and Company, 1860.

Plaisance, Laetitia, et al. "The Diversity of Coral Reefs: What Are We Missing?" *PLOS ONE* 6

(2011).

Powell, James Lawrence. *Night Comes to the Cretaceous: Dinosaur Extinction and the*

Transformation of Modern Geology. New York: W. H. Freeman, 1998.

Quammen, David. *The Song of the Dodo: Island Biogeography in an Age of Extinctions*. 1996.

Reprint, New York: Scribner, 2004.

_____. *The Reluctant Mr. Darwin: An Intimate Portrait of Charles Darwin and the Making of His*

Theory of Evolution. New York: Atlas Books/Norton, 2006.

_____. *Natural Acts: A Sidelong View of Science and Nature*. Revised ed., New York: Norton,

2008.

Rabinowitz, Alan. "Helping a Species Go Extinct: The Sumatran Rhino in Borneo."

Conservation Biology 9 (1995): 482-88.

Randall, John E., Gerald R. Allen, and Roger C. Steene. *Fishes of the Great Barrier Reef and*

Coral Sea. Honolulu: University of Hawaii Press, 1990.

Raup, David M. *The Nemesis Affair: A Story of the Death of Dinosaurs and the Ways of Science*.

New York: Norton, 1986.

_____. *Extinction: Bad Genes or Bad Luck?* New York: Norton, 1991.

Raup, David M., and J. John Sepkoski Jr. "Periodicity of Extinctions in the Geologic Past."

Proceedings of the National Academy of Sciences 81 (1984): 801-5.

_____. "Mass Extinctions in the Marine Fossil Record." *Science* 215 (1982): 1501-3.

Reich, David, et al. "Genetic History of an Archaic Hominin Group from Denisova Cave in

Siberia." *Nature* 468 (2010): 1053-60.

Rettenmeyer, Carl W. et al. "The Largest Animal Association Centered on One Species:

The Army Ant *Eciton burckellii* and Its More Than 300 Associates." *Insectes Sociaux* 58

(2011): 281-92.

Rhodes, Frank H. T., Richard O. Stone, and Bruce D. Malamud. *Language of the Earth: A*

Literary Anthology. 2nd ed. Chichester, England: Wiley, 2009.

Ricciardi, Anthony. "Are Modern Biological Invasions an Unprecedented Form of Global

Change?" *Conservation Biology* 21 (2007): 329-36.

Rose, Kenneth D. *The Beginning of the Age of Mammals*. Baltimore: Johns Hopkins University

Press, 2006.

Rosenzweig, Michael L. *Species Diversity in Space and Time*. Cambridge: Cambridge

University Press, 1995.

Rudwick, M. J. S. *The Meaning of Fossils: Episodes in the History of Palaeontology*. 2nd revised

ed. New York: Science History, 1976.

_____. *Bursting the Limits of Time: The Reconstruction of Geohistory in the Age of Revolution*.

Chicago: University of Chicago Press, 2005.

_____. *Lyell and Darwin, Geologists: Studies in the Earth Sciences in the Age of Reform.*

Aldershot, England: Ashgate, 2005.

_____. *Worlds Before Adam: The Reconstruction of Geohistory in the Age of Reform.* Chicago:

University of Chicago Press, 2008.

Ruiz, Gregory M., et al. "Invasion of Coastal Marine Communities in North America:

Apparent Patterns, Processes, and Biases." *Annual Review of Ecology and Systematics* 31

(2000): 481-531.

Rule, Susan, et al. "The Aftermath of Megafaunal Extinction: Ecosystem Transformation

in Pleistocene Australia." *Science* 335 (2012): 1483-86.

Ruse, Michael, and Joseph Travis, eds. *Evolution: The First Four Billion Years.* Cambridge,

Mass.: Belknap Press of Harvard University Press, 2009.

Schell, Jonathan. *The Fate of the Earth.* New York: Knopf, 1982.

Sellers, Charles Coleman. *Mr. Peale's Museum: Charles Willson Peale and the First Popular*

Museum of Natural Science and Art. New York: Norton, 1980.

Semonin, Paul. *American Monster: How the Nation's First Prehistoric Creature Became a Symbol*

of National Identity. New York: New York University Press, 2000.

Severance, Frank H. *An Old Frontier of France: The Niagara Region and Adjacent Lakes under*

French Control. New York: Dodd, 1917.

Shen, Shu-zhong, et al. "Calibrating the End-Permian Mass Extinction." *Science* 334 (2011):

1367-72.

Sheppard, Charles, Simon K. Davy, and Graham M. Pilling. *The Biology of Coral Reefs*.

Oxford: Oxford University Press, 2009.

Shreeve, James. *The Neandertal Enigma: Solving the Mystery of Modern Human Origins*. New

York: William Morrow, 1995.

Shrenk, Friedemann, and Stephanie Müller. *The Neanderthals*. London: Routledge, 2009.

Silverman, Jacob, et al. "Coral Reefs May Start Dissolving when Atmospheric CO₂

Doubles." *Geophysical Research Letters* 35 (2009).

Simberloff, Daniel, and Marcel Rejmánek, eds., *Encyclopedia of Biological Invasions*. Berkeley:

University of California Press, 2011.

Simpson, George Gaylord. *Why and How: Some Problems and Methods in Historical Biology*.

Oxford: Pergamon Press, 1980.

Soto-Azat, Claudio, et al. "The Population Decline and Extinction of Darwin's Frogs." *PLOS*

ONE 8 (2013).

Stanley, Steven M. *Extinction*. New York: Scientific American Library, 1987.

Stolzenburg, William. *Rat Island: Predators in Paradise and the World's Greatest Wildlife Rescue*.

New York: Bloomsbury, 2011.

Straus, William L., Jr., and A. J. E. Cave. "Pathology and the Posture of Neanderthal Man."

Quarterly Review of Biology 32 (1957): 348-63.

Sulloway, Frank J. "Darwin and His Finches: The Evolution of a Legend." *Journal of the*

History of Biology 15 (1982): 1-53.

Taylor, Paul D. *Extinctions in the History of Life*. Cambridge: Cambridge University Press,

2004.

Thomas, Chris D., et al. "Extinction Risk from Climate Change." *Nature* 427 (2004): 145-48.

Thomson, Keith Stewart. *The Legacy of the Mastodon: The Golden Age of Fossils in America*.

New Haven, Conn.: Yale University Press, 2008.

Todd, Kim. *Tinkering with Eden: A Natural History of Exotics in America*. New York: Norton,

2001.

Tollefson, Jeff. "Splinters of the Amazon." *Nature* 496 (2013): 286-89.

Tripathi, Aradhna K., Christopher D. Roberts, and Robert A. Eagle. "Coupling of CO₂ and Ice

Sheet Stability over Major Climate Transitions of the Last 20 Million Years." *Science* 326

(2009): 1394-97.

Turvey, Samuel. *Holocene Extinctions*. Oxford: Oxford University Press, 2009.

Urrutia, Rocío, and Mathias Vuille. "Climate Change Projections for the Tropical Andes

Using a Regional Climate Model: Temperature and Precipitation Simulations for the

End of the 21st Century." *Journal of Geophysical Research* 114 (2009).

Van Driesche, Jason, and Roy Van Driesche. *Nature out of Place: Biological Invasions in the*

Global Age. Washington, D.C.: Island Press, 2000.

Veron, J. E. N. *A Reef in Time: The Great Barrier Reef from Beginning to End*. Cambridge, Mass.:

Belknap Press of Harvard University Press, 2008.

_____. "Is the End in Sight for the World's Coral Reefs?" *e360*, published online Dec. 6,

2010.

Wake, D. B., and V. T. Vredenburg. "Colloquium Paper: Are We in the Midst of the Sixth

Mass Extinction? A View from the World of Amphibians." *Proceedings of the National*

Academy of Sciences 105 (2008): 11466-73.

Wallace, Alfred Russel. *The Geographical Distribution of Animals with a Study of the Relations of*

Living and Extinct Faunas as Elucidating the Past Changes of the Earth's Surface. Vol. 1. New

York: Harper and Brothers, 1876.

_____. *Tropical Nature and Other Essays*. London: Macmillan, 1878.

_____. *The Wonderful Century: Its Successes and Its Failures*. New York: Dodd, Mead, 1898.

_____. *The World of Life: A Manifestation of Creative Power, Directive Mind and Ultimate*

Purpose. New York: Moffat, Yard, 1911.

Wegener, Alfred. *The Origin of Continents and Oceans*. Translated by John Biram. New York:

Dover, 1966.

Wells, Kentwood David. *The Ecology and Behavior of Amphibians*. Chicago: University of

Chicago Press, 2007.

Welz, Adam. "The Dirty War against Africa's Remaining Rhinos." *e360*, published online

Nov. 27, 2012.

Whitfield, John. *In the Beat of a Heart: Life, Energy, and the Unity of Nature*. Washington, D.C.:

National Academies Press, 2006.

Whitmore, T. C., and Jeffrey Sayer, eds. *Tropical Deforestation and Species Extinction*. London:

Chapman and Hall, 1992.

Wilson, Edward O. "Threats to Biodiversity." *Scientific American*, Sept. 1989, 108-16.

_____. *The Diversity of Life*. 1992. Reprint, New York: Norton, 1993.

_____. *The Future of Life*. 2002. Reprint, New York: Vintage, 2003.

Wilson, Leonard G. *Charles Lyell, the Years to 1841: The Revolution in Geology*. New Haven,

Conn.: Yale University Press, 1972.

Wollaston, Alexander F. R. *Life of Alfred Newton*. New York: E. P. Dutton, 1921.

Worthy, T. H., and Richard N. Holdaway. *The Lost World of the Moa: Prehistoric Life of New*

Zealand. Bloomington: Indiana University Press, 2002.

Zalasiewicz, Jan. *The Earth After Us: What Legacy Will Humans Leave in the Rocks?* Oxford:

Oxford University Press, 2008.

Zalasiewicz, Jan, et al. "Are We Now Living in the Anthropocene?" *GSA Today* 18 (2008): 4-

8.

Zalasiewicz, Jan, et al. "Graptolites in British Stratigraphy." *Geological Magazine* 146 (2009):

785-850.

PHOTO/ILLUSTRATION CREDITS

© Vance Vredenburg

© Michael & Patricia Fogden/Minden Pictures

adapted from David M. Raup and J. John Sepkoski Jr./*Science* 215 (1982),
1502

Paul D. Stewart/Science Source

Reproduction by permission of the Rare Book Room, Buffalo and Erie County
Public

Library, Buffalo, New York

The Granger Collection, New York

© The British Library Board, 39.i.15 pl.1

Hulton Archive/Getty Images

© Natural History Museum, London/Mary Evans Picture Library

Matthew Kleiner

Natural History Museum/Science Source

Elizabeth Kolbert

© ER Degginger/Science Source

adapted from John Phillips' *s Life on Earth*

Detlev van Ravenswaay/Science Source

NASA/GSFC/DLR/ASU/Science Source

Used with permission from the Paleontological Society

John Scott/E+/Getty Images

British and Irish Graptolite Group

EMR Wood/Palaeontological Society

John Kleiner

Steve Gschmeissner/Science Source

© Gary Bell/OceanwideImages.com

Nancy Sefton/Science Source

David Doubilet/National Geographic/Getty Images

© Miles R. Silman

© William Farfan Rios

© Miles Silman

The Biological Dynamics of Forest Fragments Project

© Konrad Wothe/Minden Pictures

© Philip C. Stouffer

U.S. Fish and Wildlife Service/Science Source

John Kleiner

Vermont Fish and Wildlife Department/Joel Flewelling

Tom Uhlman, Cincinnati Zoo

© Natural History Museum, London/Mary Evans Picture Library

AFP/Getty Images/Newscom

Neanderthal Museum

© Paul D. Stewart/NPL/Minden Pictures

Neanderthal Museum

Thanks to Ed Green

San Diego Zoo

Photo research by Laura Wyss and Wyssphoto, Inc.

Images on pages here, here, here, here, here rendered by Mapping Specialists

INDEX

The index that appeared in the print version of this title does not match the pages in your e-book. Please use the search function on your e-reading device to search for terms of interest. For your reference, the terms that appear in the print index are listed below.

acclimatization societies

Act for the Preservation of Sea Birds (UK, 1869)

Aeolus Cave

Agassiz, Louis

algae

Allee effect

Alroy, John

Alvarez, Luis

Alvarez, Walter

Alzatea verticillata

Amazonas Sustainable Foundation

Amazon

American Museum of Natural History

ammonites

Discoscaphites minardi

Discoscaphites iris

Discoscaphites jerseyensis

Eubaculites carinatus

amphibians

Andes

ankylosaurs

Anning, Mary

Antarctica

antbirds

rufous-throated

scale-backed

white-plumed

anthromes

Anthropocene epoch

ants

army (*Eciton burchelli*)

leaf-cutter

APASD (Asian-Pacific Alien Species Database)

apes, great

aragonite

Arctic Circle

Arctic willow

Aristotle

Ármansson, Halldór

Arrhenius, Olof

Arrhenius, Svante

arthropods

Asaro, Frank

asteroid impact

atmosphere. *See also* carbon dioxide

reengineering

Audubon, John James

aurochs

Australia

background extinction rate

bacteria, sulfate-reducing

Balzac, Honoré de

Bardsey Island

barnacles

Balanus perforatus

Barnosky, Anthony

Bass, Edward

Batrachochytrium dendrobatidis (Bd). *See also* chytrid fungus

bats

big brown

greater mouse-eared

Indiana (*Myotis sodalis*)

little brown (*Myotis lucifugus*, “*lucis*”)

Marianas flying fox

northern long-eared

small-footed (*Myotis leibii*)

tricolored

Beagle (HMS)

bearded saki

bears

cave

Spectacled or Andean

beavers, giant

Bednarski, Chris

beetles

ancient casings of

Asian long-horned

black-margined loosestrife

golden loosestrife

Japanese (*Popillia japonica*)

sugarcane

Tachinus caelatus

belemnites

Benton, Michael

Bering land bridge

Big Bone Lick

Big Five extinctions. *See also* specific periods

binomial nomenclature

BIOACID (Biological Impacts of Ocean Acidification)

biodiversity

climate change and

coral reefs and

expansion and contraction of

fragmentation and

local

ocean acidification and

rainforests and

term introduced

time and

tropical vs. cold climates and

Biological Dynamics of Forest Fragments Project (BDFFP)

Biosphere

birds

Amazonian

Bardsey Island and

K-T extinction and

megafauna

number of species of

Birds of America, The (Audubon)

bittersweet, oriental

bivalves

Lima lima

rudist

bluejays

bonobos

Boule, Marcellin

brachiopods

Brandsson, Jón

Brassicaceae family

breadfruit trees

bromeliads

Bronx Zoo

bryozoans

Buckland, William

Buffon, George-Louis Leclerc, Comte de

Buia, Maria Cristina

Burdick, Alan

burdock

butterflies

blue morpho

Caecilians

calcification

Caldeira, Ken

California

Cambrian period

Camelops

Canada

captive breeding

carbon dioxide (CO₂)

deep-sea injection

ice ages and

ocean acidification and

past vs. present levels

Carboniferous period

cardinals

Caribbean
Carson, Rachel
Cartier, Jacques
Cartwright, George
Castello Arogonese sea vents
catastrophism
cats, large
saber-toothed (*Smilodon*)
cattle, domestic
Cave, Alexander
Cenozoic era
Center for Invasive Species Research
Charcot, Jean-Baptiste
Charles Island
Chastain, John
chestnut blight (*Cryphonectria parasitica*)
Chicxulub crater
chimpanzees
Christmas holly (*Ilex aquifolium*)
chytrid fungus
Cincinnati Zoo
clams
giant
Clark, William
climate change (global warming)

adaptation and
 biodiversity and
 carbon emissions and
 cold-loving species and
 coral reefs and
 earlier extinctions and
 future of
 geologic traces of current
 invasive species and
 megafauna and
 Neanderthals and
 ocean acidification and
 rainforest and
 rate of, and
 species-area relationship and
 wildlife reserves
 clownfish
 coccolithophore (*Emiliania huxleyi*)
 cock-of-the-rocks, Andean
 Cohn-Haft, Mario
 Columbian Exchange
 Condon, Dan
 condors, California
 conodonts
Conservation Biology

Conservation International

continental drift

Cook, James

coralline algae

coral reefs

bleaching and

Darwin and

marine life and

ocean acidification and

spawning and

corals

Acropora millepora

elkhorn (*Acropora palmata*)

rugose

staghorn (*Acropora cervicornis*)

tabulate

correlation of parts

crane, whooping

Cretaceous period

extinctions at end of (Cretaceous-Tertiary, K-T, extinction)

crocodiles

crow, Hawaiian

Cruise, Tom

Crump, Paul

Crutzen, Paul

Cruz, Rudi

curlews

Cuvier, Georges (Jean-Léopold-Nicolas-Frédéric). *See also* catastrophism

DAISIE (database of invasives in Europe)

dandelions

Danish Royal Museum

Darling, Scott

Darwin, Charles

coral reefs and

geographical distribution and

Darwin' s paradox

Daubenton, Louis-Jean-Marie

DDT

debt-for-nature swap

deer, white-tailed

deforestation

De la Beche, Henry

Denisovans

Descent of Man, The (Darwin)

Devonian period

extinction at end of

Diamond, Jared

Dibble, Harold

dinosaurs

diprotodons

Diprotodon optatum

DK-13 coral patch

DNA

Dob' s Linn

dodo

dogs, domesticated

Dohrn, Anton

dove, Mariana fruit-

Durrant, Barbara

dynamite fishing

eagles

bald

Haast' s

Easter Island

echinoderms

Ecological Society of America

Ecology of Invasions by Animals and Plants, The (Elton)

Egyptians, ancient

mummified cat

Ehrlich, Paul

Eldey Island

elephant birds

elephants

African

Asian

dwarf

elk

Ellis, Erle

Elton, Charles

El Valle Amphibian Conservation Center (EVACC)

emerald ash borer

ENACO (Peruvian government agency)

Enantiornithine birds

Encyclopedia of Biological Invasions

endangered species. *See also* specific species

attempts to save

big mammals as

captive breeding and

extinct in wild

great apes as

loss of rainforests and

Endangered Species Act (1974)

enemy release

Enewetak atoll

Eocene epoch

EPOCA (European Project on Ocean Acidification)

Erwin, Terry

Eschscholtz, Johann Friedrich von

Essay on Man (Pope)

evolution

abrupt change in rules and

humans and

Neanderthals and

tropics and

evolutionary clock

extinction. *See also* Big Five: mass extinctions; Sixth Extinction; *and specific geologic periods and species*

background rate of

cataclysms and

climate change and

coral reefs and threat of

Cuvier and discovery of

Darwin and

human ability to change course of

humans as cause of

Lyell on slow pace of

megafauna and

paradigm shift on

rareness of, in ordinary times

rate of current

Signor-Lipps effect and

extinction debt

Farfan Rios, William

feedback cycle

Feeley, Kenneth

ferns

Glossopteris fossils

tree (*Cyathea multisegmenta*)

fern spike

fish

Fishes of the Great Barrier Reef, The

FISNA (Forest Invasive Species Network for Africa)

FitzRoy, Robert

Flannery, Tim

flycatcher

Guam

white-cheeked tody

foraminifera (“forams”)

Abathomphalus mayaroensis

forests. *See also* deforestation; rainforests

boreal

fragmentation of

Forster, Johann Reinhold

Fortey, Richard

fossil fuels

fossils (fossil record)

abrupt vs. protracted extinctions and

extinctions mapped by

geological eras and

Lyell and

mass extinctions and
 fragmentation. *See also* islands
 French Royal Academy of Sciences
 frogs
 big-headed robber
 blue-bellied poison
 blue poison-dart
 casque-headed
 Chile Darwin' s
 glass
 horned marsupial
 La Loma robber
 lemur tree
 Manaus slender-legged tree
 North American bullfrog
 Panamanian golden (*Atelopus zeteki*)
 Panamanian robber
Pristimantis
 Rabbs' fringe-limbed tree
 Sandhill
 San Jose Cochran
 southern day
 spring peepers
 Warzewitsch
 wood

Frozen Zoo

Fuhlrott, Johann Carl

fungi

American chestnut and

bat die-off and

frog die-off and

Funk Island (*formerly* Isle of Birds)

Galápagos

gannets

Garb, Matt

garlic mustard

Geobios

geographic distribution (dispersal of species)

Geological Society of America

Geological Society of London

geologic epochs, eras, and periods, defined. *See also* specific epochs, eras, and periods

Geomyces destructans

glaciation (ice ages)

megafauna extinction and

survivors of

temperature swings during

glaciers, disappearance of

gleaner, olive-backed foliage

global trade and travel

global warming. *See* climate change

glyptodonts

gomphotheres

Gondwana

gorillas

Graham, Russell

graptolites

Adelograptus divergens

Dicranograptus ziczac

grasses, invasive

grasslands

great auk (*Pinguinus impennis*)

Great Barrier Reef

Green, Ed

Griffith, Edgardo

Grotte des Combarelles

Guam

Gubbio limestone

Guettard, Jean-Étienne

guillemots

Gulf of Mexico sediment cores

Guðmundsson, Guðmundur

hadrosaurs

Hallam, Anthony

Hall-Spencer, Jason

Hamish, Cyclone

Hawaii

H-bomb tests

Hepting, George

Heron Island

Hesperornithine birds

Hicks, Al

Himalayas

hippopotamus

pygmy

History of Animals (Aristotle)

hobbits (*Homo floresiensis*)

Hoegh-Guldberg, Ove

Holdaway, Richard

Holocene epoch

Homo erectus

Homo heidelbergensis

honeybees

honeycreeper

black-faced Hawaiian po`ouli

red-legged

Hönisch, Bärbel

Houck, Marlys

Houston Zoo

Howe Caverns

humans (*Homo sapiens*)

ability of, to change world

demise of earlier humans and

demise of great apes and

dependence of, on earth' s systems

distinguishing characteristics of

evolution of

extinction caused by

extinction of megafauna and

fossil record left by

impact of, on biosphere

invasive species and

migrations of

Neanderthals and

population growth

success of

threat to survival of

Humboldt, Alexander von

Hunter, William

Iapetus

IBIS (Island Biodiversity and Invasive Species Database)

ice caps

Iceland

ichthyosaur

iguanodon

Ilex genus

impact hypothesis

index fossils

insects

Institute for Conservation Research

International Commission on Stratigraphy (ICS)

invasive or introduced species

enemy release and

establishment of

fragmentation and

irruption of

invertebrate extinction rates

iridium layer

Ischia island

islands

Iselfsson, Sigurður

Jablonski, David

jaguars

Jarrell, Randall

Jefferson, Thomas

jellyfish

Johnson, Chris

Journal of Soils and Sediments

Journal of the Proceedings of the Linnean Society

Journey to the Center of the Earth, A (Verne)

Jurassic Park

Jurassic period

kangaroo, giant short-faced

keel worm (*Pomatoceros triqueter*)

Kennedy, John F.

Ketilsson, Ketil

Kinsey, Donald

K-T boundary. *See* Cretaceous period, extinctions at end of

Kuhn, Thomas

Kump, Lee

La Chapelle-aux-Saints Neanderthal

La Ferrassie Neanderthals

Lamarck, Jean-Baptiste

Landman, Neil

land surface, transformation of

Langdon, Chris

Last Glacial Maximum

latitudinal diversity gradient (LDG)

Lawson, Nicholas

lead poisoning

Leakey, Richard

leaky-replacement hypothesis

Leipzig Zoo

lemurs, giant

Lewis, Meriwether

lianas

life, history of

Cuvier

direction in

Ordovician and

Sixth Extinction and

Lilliput effect

limpets

Patella caerulea

Linnaeus, Carl

Longueuil, Charles Le Moyne, second Baron de

loosestrife, purple

Lopez, Barry

Los Angeles Zoo

Louis XV, King of France

Lovejoy, Tom

Luehea seemannii

Lyell, Charles

Lynch' s Crater

Maastricht animal. *See* mosasaur

MacArthur, Robert

Madagascar

mammals

background extinction rate and

endangered

K-T extinction and

native to Guam

number of species

mammoths

manakins, white-crowned

Manrique, Héctor Marín

Manú National Park

Maori

marine food chains

marine fossil record

marine life

acidification and

coral reef decline and

K-T extinction and

Ordovician extinction and

Permian extinction and

marsupials

Martin, Paul

mass extinctions. *See also* Big Five extinctions; Sixth Extinction; *and specific periods and species*

causes of

defined

fossil record and

impact of

lesser events and

ocean chemistry and

rate of change and

unified theory of

uniformitarians vs. catastrophists and

mastodons

American (*Mammut americanum*)

Max Plack Institute for Evolutionary Anthropology

McPherron, Shannon

megafauna

megaherbivores

Megatherium

melastome

Mendelson, Joseph

mesocosms

Mesosaurus

Mesozoic era

Mesquita, Rita

methane

microbial communities

Millar, Ian

Miocene epoch

moas

mollusks

monkeys

black spider

brown capuchin

howler

woolly

mosasaur (Maastricht animal)

mosses

Muir, John

multiflora rose

Museum of Natural History (Paris)

mussels

Mytilus galloprovincialis

zebra

Napoleon

National Geographic

National Institute of Amazonian Research

National Wildlife Federation

Native Americans

Natural History Museum of London

Natural History Museum of Los Angeles

Natural History (Pliny)

natural selection

Nature

Nature Conservancy

nautiluses

Neanderthals

Nemesis Affair

NEMESIS (National Exotic Marine and Estuarine Species Information System)

neocatastrophism

Neogene period

New England

New Pangaea

Newsweek

Newton, Alfred

New York State Department of Environmental Conservation

New York Times

New Zealand

nitrogen

Noah' s Ark mollusk (*Arca noae*)

noddies, black

Notes on the State of Virginia (Jefferson)

nuclear winter

ocean acidification

coral reefs and

marine life and

rate of

Oceanography

oceans. *See also* sea level; sea temperature

atmosphere and

dispersal of species and

sulfate-reducing bacteria and

tropical

octopuses

One Tree Island Research Station

On the Origin of Species (Darwin)

orangutans

Sumatran

orchids

Ordovician period

extinction at end of

Ordovician radiation

overkill hypothesis

oystercatchers

oysters

ozone hole

Pääbo, Svante

Paleogene period

paleogenetics

Paleozoic era

palms

Panama

pandas

Pangaea

Papua New Guinea

paradigm shifts

parakeets, golden-winged

parrots, green

pathogens

Pauly, Daniel

Peale, Charles Willson

peccaries

penguins

peppershrike, rufous-browed

Permian period

extinction at end of

Phillips, John

Philosophical Transactions of the Royal Society B

photosynthesis

pH scale. *See also* ocean acidification

picoplankton

pigeon, plumbeous

piha, screaming

plankton

plantains, broadleaf (*Plantago major*)

plants

global warming and

invasive

K-T extinctions and

Ordovician

plate tectonics

Pleistocene epoch

extinctions at end of

plesiosaur

Pliny the Edler

plovers

poaching

poinsettia

polychaete worms

Polynesians

Pope, Alexander

population size

potoo bird family

preservation potential

Principles of Geology (Lyell)

proboscideans

Proceedings of the National Academy of Sciences

psychrophile fungus

pterobranchs

pterodactyls

pteropods

sea butterfly (*Limacina helicina*)

pterosaurs

puffins

Quammen, David

Quaternary period

Queen Anne' s lace

rabbits

Raben, Count Frederick Christian

rail, Guam

rainforests

biodiversity of

fragmentation of

frog die-offs in

global warming and

Ramankutty, Navin

rats

Barbara Brown' s brush-tailed

Norway (*Rattus norvegicus*)

Pacific (*Rattus exulans*)

Raup, David

razorbills

Recherches sur les ossements fossiles (Cuvier)

recolonization

reefs, ancient. *See also* coral reefs

Reich, David

Reinhart, Paul

relaxation

reproductive rate

reptiles, endangered

Reserve 1202

Rettenmeyer, Carl

Rettenmeyer, Marian

Revkin, Andrew

Reykjanes Peninsula

rhinoceros

black

Indian

Javan

Sumatran (*Dicerorhinus sumatrensis*)

white

woolly

Ricciardi, Anthony

Ridgwell, Andy

Riebesell, Ulf

Río Luján skeleton

river diversion

Roth, Terri

Rudwick, Martin

Sagan, Carl

salamanders

giant

Saltasaurus genus

Samways, Michael

Sandgathe, Dennis

San Diego Zoo

Sarpa salpa

saturation state

Saurolophus genus

Schefflera genus

Schell, Jonathan

Schneider, Kenny

Science

Scientific American

seabirds

sea cucumbers

sea floor vents

seagrass

sea level

sea scorpions, giant

sea slugs

sea snails (*Jujubinus striatus*)

sea temperatures

sea turtles, loggerhead

sea urchins

Arbacia lixula

seaweed

Amphiroa rigida

Corallina elongata

Corallina officinalis

Halimeda tuna

Sepkoski, Jack

Shanidar I “Nandy”

Shanidar (Solicki)

sharks

leopard

shocked quartz

Shujing

Siberian Traps

Signor-Lipps effect

Silent Spring (Carson)

Silman, Miles

Silurian period

Silva, Isabella Premoli

Simpson, George Gaylord

Sixth Extinction. *See also* extinction; mass extinction; *and specific species*

amphibian die-offs and

Big Five vs.

humans as cause and victim of

potential magnitude of

rats and

skink, curious

sloths

giant ground (*Megalonyx jeffersonii*)

Smith, Ryan

Smith, Sir Grafton Elliot

snails

giant African (*Achatina fulica*)

Hawaii and

rosy wolf- (*Euglandina rosea*)

Silinus turbinatus

worm (*Serpulorbis arenarius*)

snake

brown tree (*Boiga irregularis*)

Solecki, Ralph

Soulé, Michael

sparrows, house

specialization

speciation

species-area relationship (SAR)

sponges

Agelas oroides

Sporormiella

starfish

starlings

Steller' s sea cow

Stevens Klint sediments

stick bug

storks, wood

stratigraphy

Straus, William

Stringer, Chris

stromatoporoids ("stroms")

Structure and Distribution of Coral Reefs, The (Darwin)

Structure of Scientific Revolutions, The (Kuhn)

Suci (Sumatran rhino)

Sveinsson, Reynir

swallows, barn

Systema Naturae (Linnaeus)

tanagers

Tassy, Pascal

Taylor, Paul

terns

Tertiary period. *See also* Paleogene period

Therizinosaurus genus

thermal range

Thomas, Aaron

Thomas, Chris

Thylacoleo carnifex

tigers

Time

tityra, black-tailed

toads

cane

golden

Jambato

Rhinella manu

Toarcian Turnover

Tomasello, Michael

tortoise, Charles Island (*Chelonoidis elephantopus*)

Toxodon genus

trees

in cold vs. tropical climates

diversity of, in rainforest

ecosystem structured by

migration rates and

T. Rex and the Crater of Doom (Alvarez)

Triassic period

extinction at end of

triceratops

trilobites

trogons

Tyrannosaurus rex

Ungava Peninsula

uniformitarianism

United Nations Environment Programme

U.S. Congress

U.S. Department of Energy

U.S. Fish and Wildlife Service

Van Driesche, Roy

Vermont Fish and Wildlife Department

Verne, Jules

Veron, J. E. N.

volcanic eruptions
 von Oettingen, Susi
 Vredenburg, Vance
 Wake, David
 Wallace, Alfred Russel
 Ward, Selina
 Way Kambas National Park
 weevil
 loosestrife flower
 loosestrife root
 Wegener, Alfred
 West Nile virus
 Whewell, William
 Whitbourne, Richard
 white-band disease
 white-nose syndrome
 Wignall, Paul
 wildlife reserves
 Williams, Moses
 Wilson, E. O.
 Wolley, John
 woodcreeper, long-tailed
 woodpecker, yellow-tufted
World of Life, The (Wallace)
 worms

burrowing

earthworms

Yosemite National Park

Yucatán Peninsula

Zalasiewicz, Jan

Zimmer, Carl

zoos

zooxanthellae

ABOUT THE AUTHOR

ELIZABETH KOLBERT is a staff writer at the *New Yorker*. She is the author of *Field Notes from a Catastrophe: Man, Nature, and Climate Change*. She lives in Williamstown, Massachusetts, with her husband and children. You can sign up for email updates [here](#).

ALSO BY ELIZABETH KOLBERT

Field Notes from a Catastrophe:

Man, Nature, and Climate Change

The Prophet of Love:

And Other Tales of Power and Deceit

Thank you for buying this

Henry Holt and Company ebook.

To receive special offers, bonus content,
and info on new releases and other great reads,
sign up for our newsletters.

Or visit us online at

us.macmillan.com/newslettersignup

For email updates on the author, click [here](#).

CONTENTS

Title Page

Copyright Notice

Epigraph

Author' s Note

Prologue

I: The Sixth Extinction

II: The Mastodon' s Molars

III: The Original Penguin

IV: The Luck of the Ammonites

V: Welcome to the Anthropocene

VI: The Sea Around Us

VII: Dropping Acid

VIII: The Forest and the Trees

IX: Islands on Dry Land

X: The New Pangaea

XI: The Rhino Gets an Ultrasound

XII: The Madness Gene

XIII: The Thing with Feathers

Acknowledgments

Notes

Selected Bibliography

Photo/Illustration Credits

Index

About the Author

Also by Elizabeth Kolbert

Copyright

THE SIXTH EXTINCTION: AN UNNATURAL HISTORY

Copyright © 2014 by Elizabeth Kolbert. All rights reserved. For information, address Henry Holt and Co., 175 Fifth

Avenue, New York, N.Y. 10010.

www.henryholt.com

Jacket photograph from the National Museum of Natural History, courtesy of the Smithsonian Institution

e-ISBN 978-0-8050-9979-9

First Edition: February 2014

*A useful mnemonic for remembering the geologic periods of the last half-billion years is: **C**amels

Often **S**it **D**own **C**arefully, **P**erhaps **T**heir **J**oints **C**reak (Cambrian-Ordovician-Silurian-Devonian-

Carboniferous-Permian-Triassic-Jurassic-Cretaceous). The mnemonic unfortunately runs out before

the most recent periods: the Paleogene, the Neogene, and the current Quaternary.

*The pH scale runs from zero to fourteen. Seven is neutral; anything above that is basic and below it

acidic. Seawater is naturally basic, so as the pH falls the process usually referred to as ocean

acidification could, less catchily, be called a decline in ocean alkalinity.

*It's important to note that z is always less than 1—usually somewhere between .20 and .35.