

## Η ηλικία της Γης

Η τεράστια διεύρυνση της χρονολογικής κλίμακας της ιστορίας της Γης είναι μια από τις εντυπωσιακότερες εννοιολογικές επαναστάσεις που έχει προκαλέσει η νεότερη επιστήμη. Η χρονολογική κλίμακα στην Αγία Γραφή, που βασίζεται στην κυριολεκτική ανάγνωση της ιστορίας της Δημιουργίας από το βιβλίο της *Γένεσης*, τοποθετεί τη δημιουργία της Γης (και ολόκληρου του σύμπαντος) πριν από μόλις μερικές χιλιάδες χρόνια. Στην ιστορία αυτή δεν υπάρχει προϊστορία, επειδή οι άνθρωποι βρίσκονται εκεί από την αρχή και γνωρίζουμε κάποια πράγματα για τις δραστηριότητές τους από τις ιερές γραφές. Ας αντιδιαστείλουμε τώρα αυτή τη θεώρηση με την εικόνα που έχουν εδραιώσει οι νεότερες γεωεπιστήμες, σύμφωνα με την οποία η Γη έχει ηλικία αρκετών δισεκατομμυρίων ετών, ενώ το ανθρώπινο είδος εμφανίστηκε μόλις στο τέλος μιας τεράστιας ακολουθίας γεγονότων. Χωρίς αυτή τη διευρυμένη γεωχρονολογική κλίμακα είναι αδιανόητη η θεωρία της εξέλιξης, και δεν είναι τυχαίο ότι οι σύγχρονοι δημιουργιστές της νεαρής Γης επιδιώκουν να υπονομεύσουν την ευλογοφάνεια της κοσμοθεωρίας που εδραίωσαν οι γεωεπιστήμες. Η χρονολογική κλίμακα της Αγίας Γραφής ήταν ευρέως αποδεκτή στα τέλη του 17ου αιώνα, όταν οι φυσιοδίφες άρχισαν τις πρώτες προσπάθειες αποκωδικοποίησης των γεωλογικών και των απολιθωματικών αρχείων. Για μια περίοδο εκατό χρόνων ή και περισσότερο, οι διαρκείς εξελίξεις σε αυτό τον τομέα άρχισαν σταδιακά να καθιστούν όλο και πιο δύσκολη τη διατήρηση μιας θεωρίας για τη Γη στην οποία να μην περιλαμβάνεται μια εκτεταμένη ακολουθία φυσικών γεγονότων, που απλώνονται σε τεράστια χρονική περίοδο. Το πόσο τεράστια ήταν αυτή η περίοδος θα παρέμενε υπό αμφισβήτηση μέχρι τις αρχές του 20ού αιώνα. Για τους δημιουργιστές της νεαρής Γης παραμένει υπό αμφισβήτηση μέχρι και σήμερα.

Η ιστορία των γεωεπιστημών έχει μια τάση να επικεντρώνεται σε θέματα που τονίζουν τον υποτιθέμενο «πόλεμο» μεταξύ επιστήμης και θρησκείας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη διαστρέβλωση του τρόπου ερμηνείας των θεωρητικών αντιπαραθέσεων — κάτι που οι πιο πρόσφατες ιστορικές μελέτες έχουν αρχίσει σιγά σιγά να αποβάλλουν. Το παλαιότερο μοντέλο ανάπτυξης αυτών των επιστημών, που εξακολουθεί να είναι ορατό στο έργο του Τσαρλς Γκιλίσπι *Genesis and Geology* [Γένεση και γεωλογία] (1951), υιοθετεί μια προσέγγιση «ηρώων και κακών», στην οποία αρκετοί σημαντικοί επιστήμονες ορίζονται θεμελιωτές της νεότερης χρονολογικής κλίμακας. Όσοι διαφώνησαν με εκείνους τους πρωτοπόρους απορρίπτονται ως κακοί επιστήμονες, που επέτρεψαν στις θρησκευτικές πεποιθήσεις τους να διαστρεβλώσουν το έργο τους. Οι δύο σημαντικότεροι ήρωες ήταν ο Τζέιμς Χάτον [James Hutton] και ο Τσαρλς Λάιελ [Charles Lyell], που προώθησαν



τη μεθοδολογία του «ομοιομορφισμού» στη γεωλογία. Η μέθοδος αυτή αποκλείει οποιαδήποτε αναφορά σε μη γνωστά αίτια και θεωρεί ότι η ιστορία της Γης είναι ένας σχεδόν ατέρμονος κύκλος αργών, σταδιακών αλλαγών. Είναι σημαντικό ότι ο Κάρολος Δαρβίνος [Charles Darwin] υπήρξε ένας από τους επιφανέστερους μαθητές του Λάιελ. Αντίθετη στον ομοιομορφισμό ήταν μια γεωλογική θεωρία που ονομαζόταν «καταστροφισμός» και η οποία προσπαθούσε να περιορίσει την αναγκαιότητα μιας χρονολογικής κλίμακας πάρα πολύ εκτεταμένης, επικαλούμενη βίαια συμβάντα, κατά τα οποία ολόκληρες ήπειροι θα μπορούσαν να δημιουργηθούν ή να καταστραφούν σχεδόν αυτοστιγμεί. Αυτό όχι μόνο περιορίζει την αμφισβήτηση της χρονολογικής κλίμακας της Γένεσης αλλά επέτρεπε στον κατακλυσμό του Νώε να λάβει θέση πραγματικού γεωλογικού συμβάντος. Ο Λάιελ και ο Χάτον παρουσιάζονταν ως οι θεμελιωτές των νεότερων γεωεπιστημών, ενώ οι καταστροφιστές γελοιοποιήθηκαν ως φανατικοί θρησκόληπτοι, που κατηλεύτηκαν την επιστήμη τους για να υπερασπιστούν στενόμυαλες θρησκευτικές πεποιθήσεις.

Οι νεότεροι ιστορικοί έχουν σχεδόν εντελώς ανατρέψει αυτό το απλό μοντέλο ανάπτυξης της γεωλογίας, που στηρίζεται σε μια μανιχαϊστική αντίληψη. Οι καταστροφιστές όχι μόνο δεν ήταν κακοί γεωλόγοι, αλλά η συμβολή τους ήταν πολύ σημαντική για την κατανόηση της ακολουθίας των γεωλογικών περιόδων που απαρτίζουν την ιστορία της Γης. Δεν τους ενδιέφερε να μειώσουν την ηλικία της Γης σε μερικές χιλιάδες χρόνια και οι περισσότεροι δεν είχαν σκοπό να υποστηρίξουν ότι η τελευταία καταστροφή ήταν ο Κατακλυσμός που αναφέρεται στο βιβλίο της Γένεσης. Στους αντίποδες όλων αυτών, έχει αποδειχτεί ότι ο Χάτον και ο Λάιελ είχαν τις δικές τους θρησκευτικές και πολιτισμικές αξίες, οι οποίες επηρέασαν σημαντικά την επιστημονική σκέψη τους. Παρότι τα μοντέλα τους για την ιστορία της Γης μοιάζουν εκ πρώτης όψεως νεωτερικά, εμπεριέχουν στοιχεία που κανένας σύγχρονος γεωλόγος δεν θα μπορούσε να δεχτεί. Σε γενικές γραμμές δεν ήταν αποδεκτά παρά μόνο στον αγγλόφωνο κόσμο. Οι γεωλόγοι του τέλους του 19ου αιώνα εξακολουθούσαν να δουλεύουν με μια γεωχρονολογική κλίμακα που το εύρος της ήταν κατά πολύ μικρότερο από εκείνο που δεχόμαστε σήμερα, αν και εξακολουθούσε να είναι εξαιρετικά μεγάλο για τα ανθρώπινα μέτρα. Ο Λάιελ άσκησε εντονότερη επίδραση στη λαϊκή φαντασία — τα βιβλία του είχαν μεγάλη απήχηση — παρά στην επιστήμη. Και μόνο στις αρχές του 20ού αιώνα η εύρεση νέων δεδομένων από το χώρο της φυσικής ανάγκασε τους γεωλόγους να αρχίσουν να δουλεύουν με μια γεωχρονολογική κλίμακα που εκτείνεται σε δισεκατομμύρια χρόνια.

Επομένως, η μελέτη των αντιπαραθέσεων για την ηλικία της Γης μας δίνει μια καλή εικόνα του τρόπου με τον οποίο αναπτύχθηκε η ιστορία της επιστήμης. Νέες ουδέρες ιδέες ήρθαν να αμφισβητήσουν τους μύθους που είχαν εδραιώσει οι ίδιοι οι επιστήμονες (μερικές φορές και οι αντίπαλοί τους). Η παλαιότερη ιστοριογραφία βασίστηκε σε μια τάση κατασκευής ηρώων και κακών, σύμφωνα με μια επιφανειακή εκτίμηση του κατά πόσο οι θεωρίες τους προσεγγίζουν ή όχι τα όσα δέχονται σήμερα οι επιστήμονες. Και όταν εντόπιζε περιπτώσεις φαινομενικά «κακής» επιστήμης, τότε κατέφευγε σε εξωτερικές δυνάμεις, όπως είναι οι θρησκευτικές πεποιθήσεις, για να εξηγήσει για ποιο λόγο οι ενδιαφερόμενοι παρεξέκλιναν από την ορθή οδό της επιστημονικής αντικειμενικότητας. Μεγαλοποιούσε κατά πολύ την επίδραση που άσκησαν οι ήρωες και έδινε την εντύπωση ότι ήταν σε θέση να επισπεύσουν μια ξαφνική επανάσταση, εδραιώνοντας το νεωτερικό θεωρητικό παράδειγμα. Σήμερα βλέπουμε ότι η συνολική διαδικασία ήταν πολύ πιο πα-



ρατεταμένη και ότι η ανάδυση της νεωτερικής άποψης για την ιστορία της Γης χρειάστηκε τη σύνθεση διαφορετικών θεωρητικών και μεθοδολογικών οπτικών, που κάποτε θεωρούνταν αντίπαλες.

Ο Στήβεν Τζέυ Γκουλντ [Stephen Jay Gould] —παλαιοντολόγος ο ίδιος— συνέλαβε με εύγλωττο τρόπο την ανάγκη αναθεώρησης των εννοιολογικών διαφορών μεταξύ ομοιομορφιστών και καταστροφιστών. Στο βιβλίο του *Time's Arrow, Time's Cycle* [Το βέλος του χρόνου, ο κύκλος του χρόνου] (Gould 1987) δείχνει ότι η φαινομενικά νεωτερική άποψη του Λάιελ στηριζόταν στην ιδέα της «σταθερής κατάστασης», δηλαδή σε μια άποψη για το παρελθόν σύμφωνα με την οποία η Γη δεν είχε ούτε αρχή ούτε τέλος. Με βάση αυτό το πρότυπο, η νεωτερική άποψη για τον γεωλογικό χρόνο συνδέεται στενότερα με εκείνη των καταστροφιστών, επειδή αυτοί θεωρούσαν ότι η Γη είναι ένας πλανήτης που είχε αρχή και υπέστη μια ακολουθία εξελίξεων, οι οποίες οδήγησαν στη Γη που γνωρίζουμε σήμερα. Το γεγονός ότι ο Λάιελ είχε περισσότερο χρόνο στη θεωρία του δεν διασφάλιζε ότι όλα τα άλλα στη γεωλογία του ήταν σωστά. Οι καταστροφιστές που δεν δέχονταν τα επιχειρήματά του, μπορεί να είχαν σοβαρούς λόγους για κάτι τέτοιο, αν και αυτό δεν αποκλείει την πιθανότητα ορισμένοι από τους λόγους τους να ήταν εξωεπιστημονικοί (για άλλες νεότερες επισκοπήσεις της ιστορίας της γεωλογίας, βλ. Greene 1982, Hallam 1983, Laudan 1987, Oldroyd 1996, Porter 1977 και Schneer 1969).

#### ΟΙ ΘΕΩΡΙΕΣ ΤΟΥ 17ου ΑΙΩΝΑ ΓΙΑ ΤΗ ΓΗ

Μια συνέπεια της ονομαζόμενης Επιστημονικής Επανάστασης (βλ. κεφ. 2) ήταν ότι κατά τα μέσα του 17ου αιώνα, η ίδια η Γη έγινε αντικείμενο μελέτης και η καταγωγή της αντικείμενο θεωρητικού στοχασμού. Ορισμένες από τις ιδέες που προέκυψαν μοιάζουν παράδοξες με τα σημερινά δεδομένα, αλλά βοήθησαν στον εντοπισμό θεμάτων και προβλημάτων που επρόκειτο να διαμορφώσουν τη μετέπειτα ιστορία της γεωλογίας. Ένα χαρακτηριστικό αυτών των πρώτων θεωριών που μοιάζει ιδιαίτερα παράξενο σήμερα είναι το γεγονός ότι σχεδόν όλες διαμορφώθηκαν σε ένα εννοιολογικό πλαίσιο ορισμένο από τη χρονολογική κλίμακα της Αγίας Γραφής. Ο 17ος αιώνας ήταν η περίοδος κατά την οποία προτεστάντες θεολόγοι και λόγιοι προχώρησαν στη χρονολόγηση της νεαρής Γης, που βασιζόταν στην κυριολεκτική ανάγνωση του βιβλίου της *Γένεσης*. (Παραδόξως, οι Πατέρες της Εκκλησίας, που έθεσαν τα θεμέλια της χριστιανικής σκέψης κατά τους πρώτους αιώνες, δεν είχαν δώσει κυριολεκτική ερμηνεία στην ιστορία της Δημιουργίας). Στα μέσα του 17ου αιώνα, ο Ιρλανδός Τζέιμς Άσερ [James Ussher], αρχιεπίσκοπος του Άρμαγκ, ήταν εκείνος που δημοσίευσε τον υπολογισμό που κάνει πολλούς σήμερα να γελάνε, σύμφωνα με τον οποίο η Γη δημιουργήθηκε το 4004 π.Χ. Υπολόγισε την ημερομηνία της δημιουργίας του Αδάμ απαριθμώντας προς τα πίσω τους Εβραίους πατριάρχες. Εφόσον θεωρούσε ότι οι επτά ημέρες της Δημιουργίας ήταν κυριολεκτικές, ήταν θέμα απλής πρόσθεσης σε αυτές τις επτά ημέρες για να φτάσει στη χρονολογία της δημιουργίας της Γης και ολόκληρου του σύμπαντος. Την εποχή εκείνη, ο Άσερ έχαιρε μεγάλου σεβασμού ως εμβριθής λόγιος, και οι φυσιοδίφες που μελέτησαν αρχικά τη δομή της Γης δεν είχαν ιδιαίτερους λόγους να τον αμφισβητήσουν. Έτσι λοιπόν, οι δικές τους «θεωρίες για τη Γη» ήταν διατυπωμένες με τέτοιο τρόπο ώστε τυχόν μεταβολές να μπορούσαν να προσαρμοστούν μέσα σε αυτή τη μικρού εύρους γεωχρονολογική κλίμακα (βλ. κεφ. 15, «Επιστήμη και θρησκεία»).

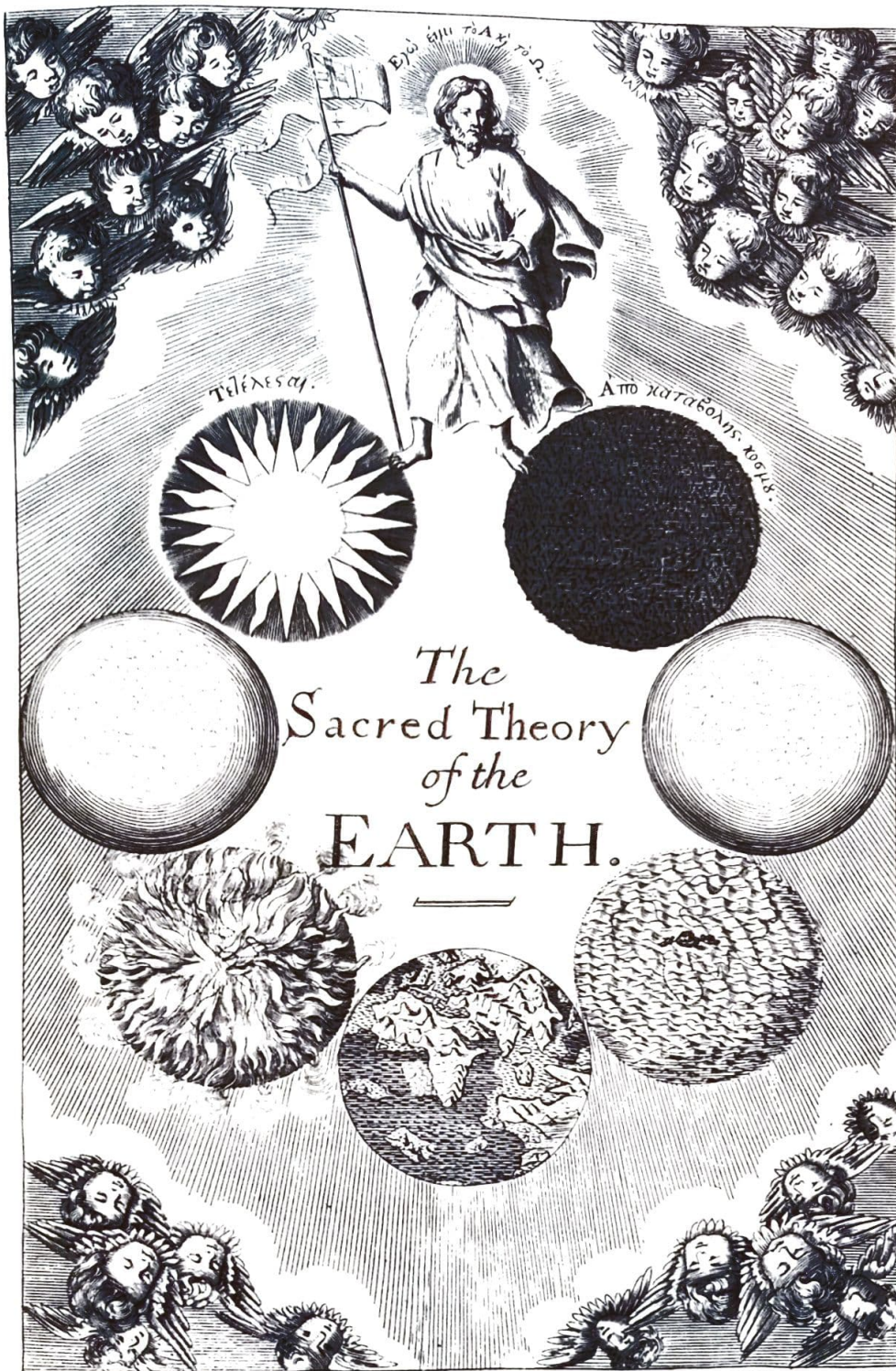


Ορισμένες από αυτές τις πρώτες θεωρίες προέκυψαν από τις προσπάθειες τοποθέτησης της προέλευσης της Γης στο πλαίσιο των νέων κοσμολογιών που πρότεινε ο Ντεκάρτ και ο Νεύτων (για λεπτομέρειες, βλ. Greene 1959, Rappaport 1997 και Rossi 1984). Το βιβλίο του Τόμας Μπέρνερ [Thomas Burnet] *The Sacred Theory of the Earth* [Ιερή θεωρία της Γης] (1691) συμφωνεί με τον Ντεκάρτ, παρουσιάζοντας τη Γη ως νεκρό θεωρητικό και ερμηνεύοντας τον κατακλυσμό του Νώε ως αποτέλεσμα μιας τεράστιας κατάρρευσης της αρχικά ομαλής επιφάνειας (εικ. 5.1). Στο βιβλίο του *A New Theory of the Earth* [Νέα θεωρία της Γης] (1696), ο Ουίλιαμ Ουίστον [William Whiston] επικαλείται τη θεωρία του Νεύτωνα για να εξηγήσει ότι ο κατακλυσμός ήταν αποτέλεσμα της απόθεσης υδάτινων όγκων εξαιτίας της προσέγγισης ενός κομήτη. Και τα δύο ακολουθούν τη χρονολογική κλίμακα της Αγίας Γραφής, αν και ο Μπέρνερ —η θεωρία του οποίου επικρίθηκε, επειδή θεωρήθηκε ότι δεν ακολουθεί κατά γράμμα το κείμενο της *Γένεσης*— προειδοποίησε για τον κίνδυνο που ενέχει η στενή πρόσδεση της αλήθειας της ιερής καταγραφής σε μία και μόνο θεωρία. Ο Μπέρνερ γνώριζε ότι υπήρχαν δυνάμεις διάβρωσης που θα μπορούσαν να καταστρέψουν σιγά σιγά ολόκληρες οροσειρές, αλλά υποστήριζε ότι το γεγονός πως εξακολουθούσαν να υπάρχουν βουνά ήταν απόδειξη ότι είχαν διαμορφωθεί αρκετά πρόσφατα, ως θραύσματα του αρχικού φλοιού.

Το νέο στοιχείο αυτών των θεωριών ήταν η διάθεση να ερμηνεύσουν συμβάντα που είχαν βαθιά πνευματική σημασία, όπως ο κατακλυσμός, ως συνέπεια καθαρά φυσικών συμβάντων. Μακροπρόθεσμα ωστόσο, πιο ανησυχητικά ήταν τα στοιχεία που άρχισαν να συσσωρεύουν οι φυσιοδίφες, οι οποίοι μελετούσαν τη δομή των πετρωμάτων και των απολιθωμάτων που περιείχαν. Αφού το θέμα έγινε αντικείμενο διαμάχης, τελικά έγινε ευρέως αποδεκτό ότι τα απολιθώματα ήταν υπολείμματα πλασμάτων που κάποτε ήταν ζωντανά και τα οποία απολιθώθηκαν μέσα στα πετρώματα (Rudwick 1976). Ο ανατόμος Νικόλαος Στένο [Nicholas Steno] έδειξε ότι τα απολιθωμένα δόντια ενός καρχαρία ήταν σχεδόν πανομοιότυπα με εκείνα ενός ζωντανού καρχαρία, τον οποίο είχε ανατάμει. Ο Ρόμπερτ Χουκ έδειξε ότι το απολιθωμένο ξύλο ήταν παρόμοιο με το σύγχρονο αντίστοιχό του, ακόμη και κάτω από το μικροσκόπιο. Τόσο ο Στένο όσο και ο Χουκ παρατήρησαν την εμφάνιση απολιθωμάτων σε στρώσεις ή στρώματα πετρωμάτων, που από όλες τις απόψεις η εμφάνισή τους δήλωνε ότι είχαν κάποτε εναποτεθεί κάτω από το νερό, παρότι τώρα βρέθηκαν στην ξηρά.

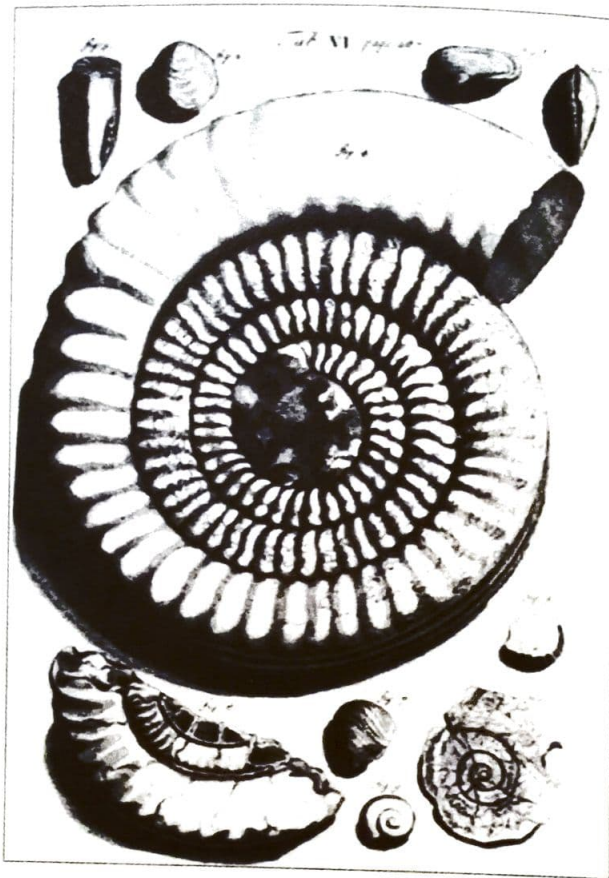
Μια πιθανή ερμηνεία αυτού, την οποία εκθέτει ο συλλέκτης απολιθωμάτων Τζων Γούντγουορντ [John Woodward] στο βιβλίο του *Essay toward a Natural History of the Earth* [Δοκίμιο για μια Φυσική Ιστορία της Γης] (1695), ήταν ότι όλα τα ιζηματογενή πετρώματα εναποτέθηκαν από ιζήματα που δημιούργησε ο κατακλυσμός όταν κάλυψε ολόκληρη την επιφάνεια της Γης (αυτή τη θεωρία υποστηρίζουν ακόμη οι δημιουργιστές της νεαρής Γης). Όμως, ο Στένο και ο Χουκ είχαν ήδη επίγνωση των προβλημάτων που είχε αυτή η άποψη. Οι συστροφές και τα ρήγματα των στρωμάτων έδιναν έντονα την εντύπωση ότι είχαν υποστεί τεράστιας έκτασης μετασχηματισμό μετά την εναπόθεσή τους και μάλιστα έμοιαζε να είχε υπάρξει μια ολόκληρη ακολουθία συμβάντων που κατέληξαν στο σχηματισμό της σημερινής δομής της επιφάνειας της γης. Ο Χουκ διατύπωσε τη θεωρία ότι από τα βάθη του ωκεανού είχαν υψωθεί νέα τμήματα ξηράς μετά από σεισμούς. Όμως, επειδή δεν ήθελε να αμφισβητήσει την περιορισμένη γεωχρονολογική κλίμακα που πρότειναν οι θεολόγοι, προχώρησε στην υπόθεση ότι τα συμβάντα αυτά υπήρξαν





ΕΙΚΟΝΑ 5.1 Η προμετωπίδα του βιβλίου του Τόμας Μπέρνετ, *The Sacred Theory of the Earth* (1691). Ο Χριστός στέκεται στην κορυφή, έχοντας το ένα πόδι στην αρχή και το άλλο στο τέλος της ακολουθίας των συμβάντων που συνιστούν την ιστορία της Γης. Η Γη ξεκινάει ως νεκρός αστέρας (πάνω δεξιά), στη συνέχεια αποκτά λείο φλοιό, ο οποίος κατόπιν διαλύεται στον κατακλυσμό —μόλις που διακρίνεται η κιβωτός— για να δώσει την ακανόνιστη επιφάνεια των σημερινών ηπείρων. Στο τέλος, ο πλανήτης θα αναφλεγεί εκ νέου και θα γίνει και πάλι αστέρας.





**ΕΙΚΟΝΑ 5.2** Απολίθωμα αμμωνίτη από το άρθρο του Ρόμπερτ Χουκ, «Lectures and Discourses of Earthquakes» [Διαλέξεις και πραγματείες περί σεισμών], που περιλαμβάνεται στο *The Posthumous Works of Robert Hooke* [Μεταθανάτια έκδοση των έργων του Ρόμπερτ Χουκ] (Λονδίνο, 1705), εικόνα 6. Η εικόνα περιλαμβάνει επίσης και άλλα απολιθώματα κοχυλιών, αλλά ο Χουκ σημειώνει στο κείμενό του ότι στις νεότερες θάλασσες δεν έχει βρεθεί κανένα κοχύλι που να μοιάζει ακριβώς με τον αμμωνίτη, υποστηρίζοντας την πιθανότητα τα πλάσματα αυτά να έχουν σήμερα εκλείψει.

καταστροφικά. Εδώ βλέπουμε τις απαρχές του μύθου σύμφωνα με τον οποίο η θέση των «καταστροφιστών» είχε σκοπό τον περιορισμό του εύρους της χρονολογικής κλίμακας επικαλούμενη βίαιες και όχι τις σταδιακές διαδικασίες, όπως αυτές που παρατηρούμε σήμερα. Κι όμως, ο Χουκ ενδιαφερόταν τόσο για το μύθο της βυθισμένης Ατλαντίδας όσο και για τον βιβλικό κατακλυσμό. Επιπλέον, παρατήρησε ότι ορισμένα απολιθώματα έμοιαζαν να παριστάνουν πλάσματα που δεν υπήρχαν πλέον σήμερα, φέρνοντας στο προσκήνιο το ανησυχητικό ενδεχόμενο να έχουν εκλείψει στην πορεία του χρόνου κάποια από τα πλάσματα που δημιούργησε ο Θεός (εικ. 5.2).

#### Ο ΜΠΥΦΟΝ ΚΑΙ Η ΣΚΟΤΕΙΝΗ ΑΒΥΣΣΟΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

Οι ανησυχητικές συνεπαγωγές αυτών των παρατηρήσεων διατυπώθηκαν πιο έντονα κατά την εποχή του Διαφωτισμού, τον 18ο αιώνα. Οι φιλόσοφοι, ιδιαίτερα στη Γαλλία, ένω-



σαν τώρα ότι η ανθρώπινη λογική μπορούσε να ελπίζει πως είναι σε θέση να κατανοήσει τη φύση του σύμπαντος και τη θέση της ανθρωπότητας μέσα σε αυτό. Δεν ήταν ανεκτικοί απέναντι στην Εκκλησία, την οποία θεωρούσαν φορέα κοινωνικού συντηρητισμού, και ήταν πρόθυμοι να εκμεταλλευτούν τους δρόμους που άνοιγε η επιστήμη προκειμένου να απαξιώσουν τη διδασκαλία της Εκκλησίας. Και δεν πέρασε απαρατήρητη η ενδεχόμενη αμφισβήτηση της ιστορίας της Δημιουργίας, έτσι όπως περιγράφεται στη *Γένεση*, την οποία πρόσφεραν οι γεωεπιστήμες. Ήδη τα πρώτα χρόνια του νέου αιώνα, ο Μπενουά ντε Μαγιέ [Benoît de Maillet] έγραψε το *Telliamed*, μια αφήγηση για την ιστορία της Γης, που θεωρούσε δεδομένο ότι χρειάστηκε τεράστιος χρόνος για να διαμορφωθούν οι σχηματισμοί των πετρωμάτων που παρατηρούμε. Δεν υπήρχε αναφορά σε παγκόσμιο κατακλυσμό — αντ' αυτού, ο ντε Μαγιέ προτίμησε μια θεωρία που κέρδιζε όλο και περισσότερο έδαφος, την απόσυρση του ωκεανού, η οποία αργότερα ονομάστηκε «νεπτουνισμός» — από τον ρωμαϊκό θεό της θάλασσας. Υπέθεσε ότι ολόκληρος ο πλανήτης υπήρξε κάποτε καλυμμένος από έναν τεράστιο ωκεανό, το βάθος του οποίου είχε σταδιακά ελαττωθεί, αφήνοντας να έρθει στην επιφάνεια η ξηρά και τα ιζηματογενή πετρώματα με τα απολιθώματα που παρατηρούμε σήμερα. Το *Telliamed* όχι μόνο δεν ήταν μια προσπάθεια διατήρησης της αληθοφάνειας του κατακλυσμού του Νώε, αλλά τοποθετούσε την παρουσία του τεράστιου ωκεανού στο απώτερο παρελθόν και δεν έκανε καμία αναφορά σε άλλες μεταγενέστερες πλημμύρες. Παρότι δεν δημοσιεύτηκε όσο ο συγγραφέας του ήταν εν ζωή (κυκλοφορούσε σε χειρόγραφη μορφή), ο ντε Μαγιέ εξακολουθούσε να θεωρεί συνετό να παριστάνει ότι τη θεωρία του, που δεν είχε σχέση με την Αγία Γραφή, την είχε ακούσει από έναν Αιγύπτιο σοφό, το όνομα του οποίου απλώς έτυχε να είναι όμοιο με το δικό του, εάν διαβαζόταν ανάποδα.

Η πιο διάσημη επίθεση στην κλίμακα του χρόνου της Αγίας Γραφής προήλθε από τον κορυφαίο φυσιοδίφη του Διαφωτισμού, τον Ζωρζ Λουί Λεκλέρκ, κόμη του Μπυφόν [Georges Louis Leclerc, comte de Buffon] (βλ. Roger 1997). Το έργο του Μπυφόν *Histoire naturelle* [Φυσική ιστορία], οι τρεις πρώτοι τόμοι του οποίου κυκλοφόρησαν το 1749, τελικά επεκτάθηκε για να γίνει η πληρέστερη έως τότε περιγραφή του έμβιου κόσμου. Ως οπαδός του Νεύτωνα, ο Μπυφόν θέλησε να εξηγήσει την καταγωγή του παρόντος κόσμου με καθαρά υλιστικό τρόπο. Οι πρώτοι τόμοι του έργου του περιλάμβαναν μια εκτενή θεωρία της Γης, από τις απαρχές της μέχρι σήμερα. Σύμφωνα με τον Μπυφόν, ο καλύτερος τρόπος να εξηγήσουμε τις τροχιές των πλανητών ήταν να υποθέσουμε ότι όλοι προέρχονταν από σφαιρίδια τετηγμένης ύλης, που αποκολλήθηκε από τον Ήλιο εξαιτίας του αστραπιαίου χτυπήματος ενός κομήτη. Στη συνέχεια, κάθε πλανήτης, της Γης περιλαμβανομένης, άρχισε σταδιακά να ψύχεται, και ο Μπυφόν έκανε παρατηρήσεις για να δει πόσο γρήγορα ψύχονταν μεγάλα σώματα μετά την απομάκρυνσή τους από την κάμινο, έτσι ώστε να υπολογίσει πόσο διάστημα θα πρέπει να χρειάστηκε η Γη για να ψυχθεί και να φτάσει στην τωρινή θερμοκρασία της. Η απάντηση που έδωσε ήταν 70.000 χρόνια, εκτίμηση που σήμερα μοιάζει μετριοπαθής, η οποία όμως αύξησε την προηγούμενη γεωχρονολογική κλίμακα κατά μία τάξη μεγέθους. Σε κατ' ιδίαν συζητήσεις θεωρούσε ότι θα μπορούσε το διάστημα αυτό να είναι πολύ μεγαλύτερο, δηλώνοντας μάλιστα ότι φοβόταν να ατενίσει «τη σκοτεινή άβυσσο του χρόνου» (Rossi 1984).

Οι εκκλησιακές αρχές επέκριναν τον Μπυφόν και τον ανάγκασαν να ανακαλέσει γραπτώς την επίθεση κατά της *Γένεσης*. Όμως, ως επόπτης των Βασιλικών Κήπων (του



σημερινού Jardin des Plantes) στο Παρίσι ήταν σχετικά ασφαλής απέναντι σε διώξεις, και το 1778 δημοσίευσε μια αναθεωρημένη εκδοχή της θεωρίας του με τίτλο *Époques de la nature* [Εποχές της φύσης], ως συμπληρωματικό τόμο στο *Histoire naturelle*. Και πάλι ξεκινούσε με τη θεωρία του για την προέλευση των πλανητών, τώρα όμως τα συμβάντα που είχαν οδηγήσει από την αρχική τετηγμένη κατάσταση στη σημερινή Γη είχαν μια ορισμένη ακολουθία. Η μόνη παραχώρηση στην παράδοση ήταν η ύπαρξη επτά εποχών, που θα μπορούσε κανείς κάπως χαλαρά να τις ταυτίσει με τις επτά «ημέρες» της Δημιουργίας στη *Γένεση*. Η κοσμολογική θεωρία του Μπυφόν έδινε στην ιστορία του μια προφανή «κατεύθυνση», που οριζόταν από τη σταδιακή πτώση της θερμοκρασίας της Γης. Ο πλανήτης μας, ενώ αρχικά ήταν διάπυρος και δεν μπορούσε να συντηρήσει ζωή, τελικά ψύχθηκε τόσο, ώστε να επιτρέψει την εμφάνιση ειδών προσαρμοσμένων σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα είδη αυτά εξαφανίστηκαν, καθώς η θερμοκρασία συνέχιζε να πέφτει, για να αντικατασταθούν από τους προγόνους των σημερινών ειδών. Οι πρόγονοι αυτοί αναγκάστηκαν να μεταναστεύσουν προς τον ισημερινό, καθώς η Γη συνέχισε να ψύχεται — ο Μπυφόν αναφερόταν στα απολιθώματα «ελεφάντων» (σήμερα τα ονομάζουμε μαμούθ) ως απόδειξη ότι κάποτε ζούσαν τροπικά πλάσματα στη Σιβηρία.

Ωστόσο, στη θεωρία αυτή ήταν ενσωματωμένη και μια άλλη «κατεύθυνση». Όπως ο Μαγιέ έτσι και ο Μπυφόν δεν μπορούσε να δεχτεί την υπόθεση του Χουκ ότι οι σεισμοί θα μπορούσαν να ανυψώσουν την επιφάνεια της Γης. Θεωρούσε ότι η Γη, από τη στιγμή που στερεοποιήθηκε, ήταν απολύτως συμπαγής. Ο μόνος τρόπος να εξηγήσει την ύπαρξη ιζηματογενών πετρωμάτων στην ξηρά ήταν να καταφύγει στη θεωρία της απόσυρσης του ωκεανού (αν και για τον Μπυφόν ο αρχαίος ωκεανός ήταν αρχικά θερμός μέχρι βρασμού). Από τη στιγμή όμως που εμφανίστηκε η ξηρά, άρχισαν την επίθεση ο άνεμος, η βροχή, ο πάγος και οι άλλοι παράγοντες διάβρωσης, που έφθειραν την επιφάνεια. Τα φερτά υλικά μεταφέρθηκαν από τους ποταμούς στη θάλασσα, όπου εναποτέθηκε το ίζημα για να σχηματίσει νεότερα πετρώματα πάνω σε εκείνα που είχαν εναποτεθεί την περίοδο κατά την οποία ολόκληρη η Γη ήταν καλυμμένη με νερό. Από αυτή την άποψη, ο Μπυφόν υπήρξε πρόδρομος των πιο σημαντικών τεχνικών που θα αξιοποιούσαν οι γεωλόγοι στα τέλη του 18ου αιώνα. Όμως, δεν κατάφερε να προχωρήσει ιδιαίτερα όσον αφορά την ταύτιση της διαδοχής των πετρωδών σχηματισμών, και η θεωρία του παρέμεινε ριζωμένη σε μια παλαιότερη παράδοση, στην οποία οι θεωρίες της Γης στηρίζονταν σε κοσμολογικές εικασίες.

#### Η ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΑΡΧΕΙΟ ΑΠΟΛΙΘΩΜΑΤΩΝ

Η εμπειρική μελέτη των πετρωμάτων, των μεταλλευμάτων και των απολιθωμάτων δεν ήταν απλώς θέμα περιέργειας. Σε μια εποχή που οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν τη φιλοσοφία του Φράνσις Μπέηκον για να ισχυριστούν ότι η επιστήμη θα τους επέτρεπε, εάν κατανοούσαν τις λειτουργίες της, να ελέγξουν τη φύση, η μελέτη της επιφάνειας της Γης είχε προφανείς προοπτικές και οφέλη για τη βιομηχανία των ορυχείων. Εάν μπορούσαν να ξέρουν ποια πετρώματα είχαν την καλύτερη προοπτική απόδοσης χρήσιμων μεταλλευμάτων, τα οικονομικά οφέλη θα ήταν τεράστια. Στα τέλη του 18ου αιώνα, αυτή η πραγματιστική προσέγγιση της μελέτης της Γης είχε καθιερωθεί πλέον στη Γερμανία, όπου τα ορυχεία αποτελούσαν πηγή εισοδήματος για πολλά από τα ανεξάρτητα κρατίδια.



Ιδρύθηκαν μεταλλευτικές ακαδημίες, όπου οι άνθρωποι εκπαιδεύονταν και αποκτούσαν τις απαιτούμενες δεξιότητες για τον εντοπισμό και την εξόρυξη μεταλλευμάτων, και εδώ έγιναν για πρώτη φορά εμφανείς οι πρακτικές συνεπαγωγές της λεπτομερούς γνώσης του φλοιού της Γης. Από αυτή την πρακτική μελέτη των μεταλλευμάτων προήλθε μια μεθοδολογία για την ταύτιση της σειράς με την οποία είχαν εναποτεθεί τα διαδοχικά πετρώματα στην πορεία της ιστορίας της Γης. Αυτή ήταν η επιστήμη της στρωματογραφίας, που βασιζόταν στην αρχή της υπέρθεσης, δηλαδή, στην υπόθεση ότι τα νεότερα πετρώματα εναποτίθενται πάντοτε πάνω στα υφιστάμενα. Η υπόθεση αυτή ήταν αναγκαστικά ιστορική, επειδή ο προσδιορισμός της θέσης ενός πετρώματος στη διαδοχή των αποθέσεων δήλωνε και την περίοδο εναπόθεσής του στην ιστορία της Γης. Από τις πρώτες προσπάθειες ταύτισης της διαδοχής των σχηματισμών (άρα και της διαδοχής των γεωλογικών περιόδων) προήλθε το νεότερο σχήμα της ιστορίας της Γης.

Στην πρώτη του εκδοχή, το εγχείρημα αυτό συνδέθηκε με το όνομα του Άμπραχαμ Γκότλομπ Βέρνερ [Abraham Gottlob Werner], ο οποίος δίδασκε στη μεταλλευτική σχολή του Φράιμπουργκ. Παρότι δεν είχε δημοσιεύσει πολλές εργασίες, ο Βέρνερ προσέλκυσε μαθητές από όλο τον κόσμο, και έτσι κατόρθωσε να αποκτήσει τεράστια επιρροή. Επικεντρώθηκε στην ταύτιση των μεταλλευμάτων που περιείχαν τα πετρώματα, και κατόπιν προχώρησε στην υπόθεση ότι κάθε είδος πετρώματος εναποτέθηκε μια συγκεκριμένη περίοδο στην ιστορία της Γης. Θεωρούσε ότι η υπόθεση αυτή ήταν αιτιολογημένη, επειδή ήταν οπαδός της θεωρίας του νεπτουνισμού — όταν στέγγωσε ο μεγάλος αρχαίος ωκεανός, η κατακρήμνιση των χημικών που περιείχε έγινε με συγκεκριμένη σειρά. Τέλος, η διάβρωση της επιφάνειας της Γης πρόσθεσε μια κανονική διαδοχή ιζηματογενών πετρωμάτων.

Αν και αυτή η θεωρία είχε ευρεία απήχηση στα τέλη του 18ου αιώνα, σύντομα ανασκευάστηκε, με βάση τεκμήρια που αποδείκνυαν ότι μπορεί να υπάρξει εναπόθεση των ίδιων τύπων πετρωμάτων σε διαφορετικές ιστορικές περιόδους. Αργότερα, οι επιστήμονες χλεύαζαν τη θεωρία του Βέρνερ και εξέφραζαν την έκπληξή τους, γιατί δεν μπορούσαν να καταλάβουν πώς ήταν δυνατόν να ξεγελαστεί κανείς από μια τόσο εμφανώς λανθασμένη θεωρία. Επειδή ορισμένοι οπαδοί του Βέρνερ προσπάθησαν να συνδέσουν τη θεωρία με μια επανεμφάνιση των υδάτων, που θα μπορούσαν να ταυτιστούν με τον βιβλικό κατακλυσμό, άρχισε να διαδίδεται η άποψη ότι ο νεπτουνισμός ήταν κακή επιστήμη, που την υποστήριζαν όσοι ενδιαφέρονταν να υπερασπιστούν τη θρησκεία έναντι του υλισμού. Είναι βεβαίως αλήθεια ότι ορισμένοι νεπτουνιστές, μεταξύ αυτών ο Ρίτσαρντ Κίργουαν [Richard Kirwan] και ο Ζαν-Αντρέ Ντελύκ [Jean-André Deluc], προσπάθησαν να συνδέσουν τη θεωρία με τον κατακλυσμό. Επρόκειτο για συντηρητικούς στοχαστές, οι οποίοι μετά τις επιπτώσεις της Γαλλικής Επανάστασης ήθελαν να διασφαλίσουν ότι η Νέα Επιστήμη δεν θα νομιμοποιούσε την επίθεση στην Εκκλησία, που τη θεωρούσαν προπύργιο της κοινωνικής ευταξίας. Όμως, τέτοιου είδους αντιλήψεις περιορίζονταν κατά βάση στη Βρετανία. Ο ίδιος ο Βέρνερ δεν έδειξε ενδιαφέρον για την ιστορία της Γένεσης, το ίδιο και οι οπαδοί του στην ηπειρωτική Ευρώπη. Υπερασπίζονταν τη θεωρία, επειδή ευελπιστούσαν ότι τους παρέιχε μια αρχή κατάταξης βάσει της οποίας θα κατανοούσαν τη σύνθετη ακολουθία των πετρωδών σχηματισμών. Μπορεί να προχώρησαν σε υπεραπλουστεύσεις στην προσπάθειά τους να βάλουν τάξη στο φαινομενικό χάος, παρ' όλα αυτά όμως συνέλαβαν τη βασική κατεύθυνση προς την οποία επρόκειτο να κινηθεί η



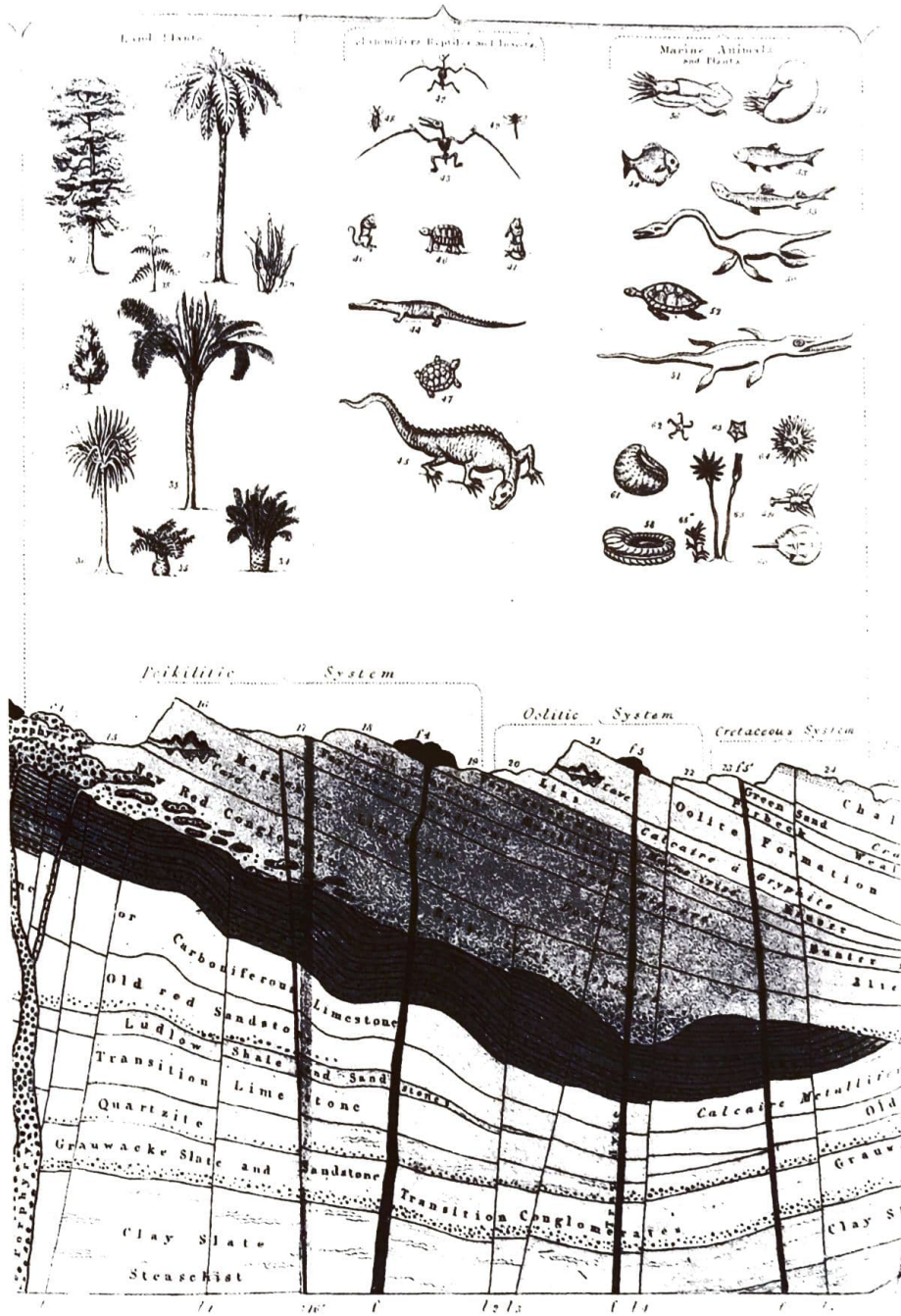
γεωλογία, δηλαδή, την ταυτοποίηση των πετρωδών σχηματισμών βάσει της σειράς με την οποία αποτέθηκαν. Και επειδή η σειρά αυτή ήταν μακρά, δεν ετίθετο ζήτημα συμπίεσής της μέσα στο περιορισμένο εύρος της χρονολογικής κλίμακας της Αγίας Γραφής.

Στις αρχές του 19ου αιώνα, έγινε πλέον σαφές ότι η νεπτουνική θεωρία δεν ευσταθούσε. Ο διάσημος ταξιδιώτης Αλεξάντερ φον Χούμπολτ [Alexander von Humboldt] είδε από κοντά την τεράστια δύναμη των ηφαιστειών και των κινήσεων της Γης, όταν μελέτούσε τις Άνδεις στη Νότια Αμερική. Ο Χούμπολτ και πολλοί άλλοι εγκατέλειψαν το νεπτουνισμό, αλλά συνέχισαν να θεωρούν τον εαυτό τους οπαδό του Βέρνερ, επειδή θεωρούσαν ότι βασικό καθήκον τους ήταν η ταυτοποίηση των διαδοχικών πετρωδών σχηματισμών. Ο Χούμπολτ ήταν εκείνος που έδωσε την ονομασία στον ιουράσιο σχηματισμό, όταν βρέθηκαν χαρακτηριστικά πετρώματα στα όρη Ιούρα, στα γαλλο-ελβετικά σύνορα. Οι κινήσεις της Γης αντικατέστησαν την απόσυρση του ωκεανού στην ερμηνεία της ανύψωσης των ιζηματογενών πετρωμάτων που σχημάτισαν την ξηρά.

Τώρα πλέον ήταν αποδεκτό ότι, εφόσον τα πετρώματα που σχηματίζονταν σε διαφορετικές περιόδους στην ιστορία της Γης ήταν παρόμοια, ο καλύτερος τρόπος ταυτοποίησης της διαδοχής τους ήταν μέσω των απολιθωμάτων που περιείχαν. Τα απολιθώματα κάθε περιόδου ήταν χαρακτηριστικά, ανεξάρτητα από το είδος του πετρώματος μέσα στο οποίο βρίσκονταν. Η στρωματογραφία συνδέθηκε στενά με την εδραίωση μιας ακολουθίας γεωλογικών περιόδων, καθεμία από τις οποίες είχε τον δικό της πληθυσμό ζώων και φυτών, που ήταν εντελώς διαφορετικά από τα σημερινά (εικ. 5.3). Πρωτοπόροι της στρωματογραφίας βάσει των απολιθωμάτων υπήρξαν στην Αγγλία ο κατασκευαστής καναλιών Ουίλιαμ Σμιθ [William Smith] και στη Γαλλία ο παλαιοντολόγος Ζωρζ Κουβιέ [Georges Cuvier] και ο γεωλόγος Αλεξάντρ Μπρονιάρ [Alexandre Brongniart]. Η σχετική σημασία της συμβολής τους εξακολουθεί μέχρι σήμερα να αποτελεί θέμα διαμάχης μεταξύ των ιστορικών της γεωλογίας: ο γεωλογικός χάρτης της Αγγλίας και της Ουαλίας που συνέταξε ο Σμιθ το 1815 υπήρξε πρωτοποριακό έργο, αλλά ο ίδιος ήταν σε κάποιον βαθμό περιθωριοποιημένος από την αφρόκρεμα των επιστημόνων της εποχής του. Ο Κουβιέ βρισκόταν στην καρδιά του γαλλικού επιστημονικού κατεστημένου και υπήρξε ηγετική φυσιογνωμία στους τομείς της συγκριτικής ανατομίας και της ανασύστασης σκελετών απολιθωμένων σπονδυλωτών. Μελέτησε τη δομή διαφορετικών ειδών ζώων, για να βρει τις υποκείμενες αρχές στις οποίες στηρίζονται οι διαφορετικοί τύποι οργάνωσης, και χρησιμοποίησε τις ικανότητές του για τη συναρμολόγηση των θραυσμένων πολλών φορές οστών που ξεθάβονταν από διάφορα πετρώματα σε όλη την Ευρώπη. Ο Κουβιέ ήταν εκείνος που εδραίωσε την πραγματικότητα της εξάλειψης πέραν κάθε εύλογης αμφιβολίας — κανείς δεν πίστευε ότι τα μαμούθ και τα μαστόδοντα που περιέγραφε εξακολουθούσαν να ζουν σε κάποιο μακρινό μέρος του κόσμου. Από εκείνο το σημείο, οι επιστήμονες άρχισαν να θεωρούν πλέον δεδομένο ότι κάθε νέος σχηματισμός είχε τα δικά του χαρακτηριστικά απολιθώματα, αφού πολλά από τα πρώτα είδη είχαν εξαφανιστεί και αντικατασταθεί. Αλλά εκείνο που αποδείχτηκε ο πιο χρήσιμος οδηγός για τον προσδιορισμό της ακολουθίας των πετρωμάτων ήταν το έργο του Μπρονιάρ για τα απολιθώματα των σπονδυλωτών, στην έρευνα που διεξήγαγε από κοινού με τον Κουβιέ για τους σχηματισμούς της λεκάνης του Παρισιού, που δημοσιεύτηκε το 1811.

Μέσα στις επόμενες δύο δεκαετίες, οι γεωλόγοι επέκτειναν την ακολουθία των σχηματισμών μέχρι τα παλαιότερα πετρώματα που περιέκλειαν απολιθώματα (εικ. 5.4). Στη





**ΕΙΚΟΝΑ 5.3** Τμήμα υποθετικής διατομής του φλοιού της Γης από το βιβλίο του Ουίλιαμ Μπάκλαντ, *Geology and Mineralogy Considered with Reference to Natural Theology* [Γεωλογία και ορυκτολογία εξεταζόμενες σε αναφορά με τη φυσική θεολογία] (Λονδίνο, 1837), τόμος 2, εικόνα 1. Η διατομή δείχνει ιζηματογενή πετρώματα παραμορφωμένα από μεταγενέστερη κίνηση της Γης και φλέβες πυριγενούς (ηφαιστειογενούς) πετρώματος να εισδύουν από κάτω. Πάνω απεικονίζονται διάφορα πλάσματα, απολιθώματα των οποίων έχουν βρεθεί στα δευτερογενή πετρώματα (τον μεσοζωικό αιώνα), μεταξύ δε αυτών υπάρχει και ένας δεινόσαυρος που μοιάζει πολύ με δράκο. Συγκρίνατε αυτό με την εικόνα 5.5.



Βρετανία εντοπίστηκαν ορισμένοι από τους παλαιότερους και άρα πιο παραμορφωμένους σχηματισμούς. Ο Άνταμ Σέτζγουικ [Adam Sedgwick] και ο Ρόντρικ Ίμπεϋ Μάρτσισον [Roderick Impey Murchison], που εργάστηκαν στην Ουαλία, έδωσαν την ονομασία στο κάμβριο και το σιλούριο σύστημα αντίστοιχα (είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι η γεωλογική κατάρτιση του Δαρβίνου ξεκίνησε σε ένα εκπαιδευτικό ταξίδι με τον Σέτζγουικ). Το 1841, ο Τζων Φίλιπς [John Phillips] ονόμασε τις τρεις μεγάλες εποχές της ιστορίας της ζωής: παλαιοζωική, μεσοζωική και καινοζωική. Η μεσοζωική είχε ήδη αρχίσει να γίνεται γνωστή ως «η εποχή των ερπετών», εξαιτίας της ανακάλυψης δεινοσαύρων και άλλων ειδών ερπετών που είχαν εκλείψει (εικ. 5.5), αν και πάλι τα ασπόνδυλα

	Νεότερη ονομασία	Παλαιότερη ονομασία (περ. 1850)	
Καινοζωικός αιώνας (αιώνας των θηλαστικών)	Ολόκαινο	Πρόσφατες αποθέσεις	} Τριτογενές
	Πλειστόκαινο		
	Πλειόκαινο	Πλειόκαινο	
	Μειόκαινο	Μειόκαινο	
	Ολιγόκαινο		
	Ηώκαινο	Ηώκαινο	
Μεσοζωικός αιώνας (αιώνας των ερπετών)	Κρητιδικό	Κρητιδικό	} Δευτερογενές
	Ιουρασικό	{ Γουίλντεν* Ωλιθικό Λάιας**	
	Τριαδικό	Νέος Ερυθρός Αμμόλιθος	
Παλαιοζωικός αιώνας (αιώνας των ιχθύων και των ασπόνδυλων)	Πέρμιο		} Μεταβατικό
	Λιθανθρακοφόρο (Πενσυλβάνιο Μισισίπιο)	Λιθανθρακοφόρο	
	Δεβόνιο	Παλιός Ερυθρός Αμμόλιθος	
	Σιλούριο	Σιλούριο	
	Ορδοβίσιο		
	Κάμβριο	Κάμβριο	
	Προκάμβριο	Πρωτογενή πετρώματα	

\* Wealden – αναφέρεται σε γεωλογικά στρώματα μιας συγκεκριμένης περιοχής της Αγγλίας.  
\*\* Lias – αναφέρεται σε πρώιμα γεωλογικά στρώματα του Ιουρασικού.

**ΕΙΚΟΝΑ 5.4** Η ακολουθία των γεωλογικών σχηματισμών που καθιερώθηκε στα μέσα του 19ου αιώνα (δεξιά) και τα σύγχρονα αντίστοιχά τους. Η ακολουθία των σχηματισμών αντιστοιχεί στη διαδοχή των γεωλογικών περιόδων στην ιστορία της Γης. Πουθενά δεν παρατηρείται η πλήρης ακολουθία, αλλά δημιουργήθηκε με απολιθώματα και άλλα τεκμήρια που χρησιμοποιήθηκαν για την ταύτιση πετρωμάτων της ίδιας ηλικίας σε διάφορες περιοχές.



απολιθώματα αποτέλεσαν τη βάση για την τεχνική ταξινόμηση. Ο προσδιορισμός των ορίων μεταξύ των συστημάτων δεν ήταν καθόλου αυτονόητος και υπήρξε σε μεγάλο βαθμό ζήτημα διαπραγμάτευσης μεταξύ των ειδικών. Ο Σέτζγουικ και ο Μάρτσισον διαφώνησαν για τα όρια μεταξύ καμβρίας και σιλούριας περιόδου, ενώ μεγάλες αντιπαραθέσεις δημιουργήθηκαν και για την αμέσως επόμενη περίοδο, τη δεβόνια (βλ. Rudwick 1985 και Secord 1986 για τις διαμάχες αυτές). Παρ' όλα αυτά, τη δεκαετία του 1830 κανείς πλέον δεν μπορούσε να αγνοήσει το γεγονός ότι ο φλοιός της Γης αποτελούνταν από τεράστιες διαδοχικές αποθέσεις, καθεμία από τις οποίες αντιπροσώπευε μια ολόκληρη εποχή γεωλογικού χρόνου. Μέχρι στιγμής κανείς δεν μπορούσε να διακινδυνεύσει έναν υπολογισμό της χρονικής διάρκειας που αυτό συνεπαγόταν, αλλά σίγουρα το μέγεθος ήταν τεράστιο για τα μέτρα της ανθρώπινης ιστορίας.



**ΕΙΚΟΝΑ 5.5** Αναπαράσταση σε φυσικό μέγεθος του σαρκοφάγου *Μεγαλόσαυρου*, τον οποίο περιέγραψε πρώτος ο Ουίλιαμ Μπάκλαντ. Ο Ρίτσαρντ Όουεν [Richard Owen], που επινόησε την ονομασία «δεινόσαυρος», βοήθησε στο σχεδιασμό αυτού και άλλων μοντέλων κατά τη δεκαετία του 1850. Σήμερα, μπορεί να τα δει κανείς στο Crystal Palace, στην περιοχή Σάουντεναμ του νότιου Λονδίνου. Ο δεινόσαυρος απεικονίζεται σαν τεράστια σαύρα που περπατάει στα τέσσερα, αν και μεταγενέστερες ανακαλύψεις πιο ολοκληρωμένων απολιθωμάτων έδειξαν ότι ο *Μεγαλόσαυρος* στην πραγματικότητα περπατούσε με τα πίσω άκρα του.



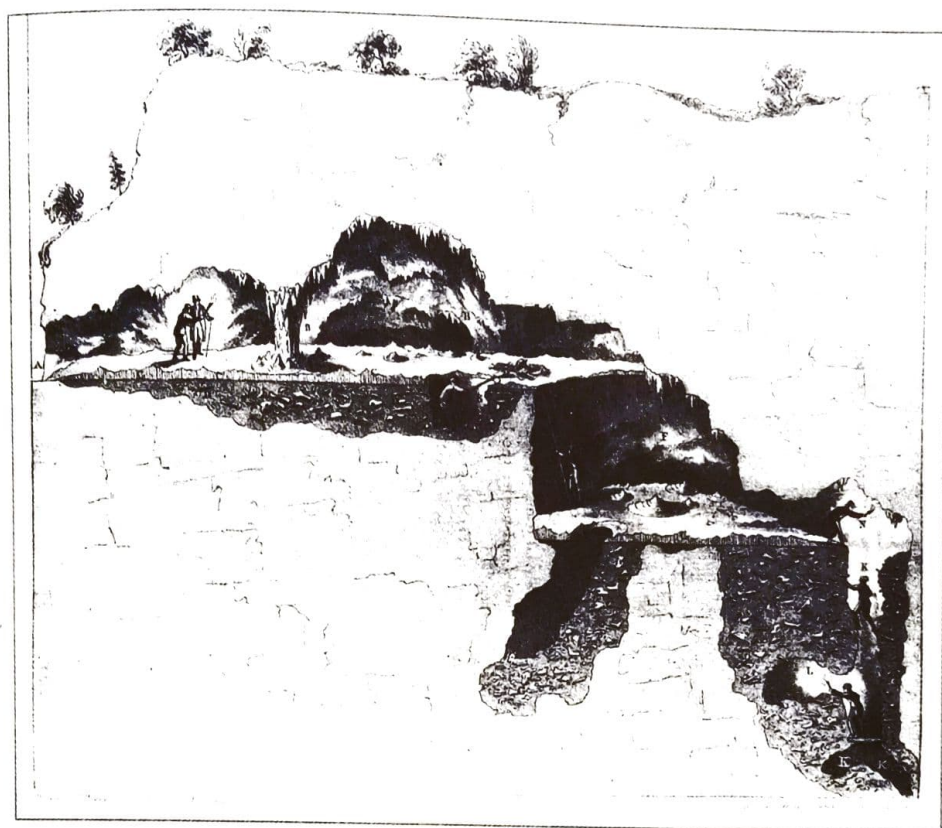
### ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΣΜΟΣ

Ο Κουβιέ παρατήρησε ότι τα όρια μεταξύ των διαδοχικών σχηματισμών έμοιαζαν να σταματούν απότομα, έτσι που η μετάβαση από τον ένα πληθυσμό απολιθωμάτων στον επόμενο να φαίνεται, λίγο έως πολύ, ακαριαία. Στο βιβλίο του *Discours sur les révolutions de la surface du globe* [Λόγος περί των περιφορών της επιφανείας της υδρογείου], που πρωτοδημοσιεύτηκε το 1812 ως εισαγωγή στη μελέτη του για τα απολιθώματα σπονδυλωτών, αποδίδει την αιφνίδια εξαφάνιση των ειδών σε καταστροφικές κινήσεις της Γης και παλιρροϊκά κύματα. Και όντως έμοιαζαν να υπάρχουν πολλές ενδείξεις που συνηγορούσαν υπέρ ενός δραματικού μετασχηματισμού κατά το πρόσφατο γεωλογικό παρελθόν. Το τοπίο της βόρειας Ευρώπης ήταν διάσπαρτο με τεράστιους αργιλώδεις σωρούς, χαλίκι και «ατάκτως ερριμένους» ογκόλιθους. Δεν υπήρχε ορατή αιτία που να δικαιολογεί τη μεταφορά όλων αυτών πάνω στην επιφάνεια της Γης, έτσι φαινόταν φυσικό να υιοθετήσει κανείς την εκδοχή μιας μεγάλης πλημμύρας. Ο Κουβιέ δεν προσπάθησε να ταυτίσει αυτή την τελευταία καταστροφή με τον βιβλικό κατακλυσμό, αλλά οι οπαδοί του στη Βρετανία δεν είχαν ανάλογους δισταγμούς. Ο Ουίλιαμ Μπάκλαντ [William Buckland], υφηγητής γεωλογίας στο εξαιρετικά συντηρητικό Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης, ήθελε να απαλλάξει την επιστήμη του από την κατηγορία ότι συνέδραμε το αντιθρησκευτικό πνεύμα, και προσπάθησε να προσκομίσει στοιχεία που να βεβαιώνουν ότι ο κατακλυσμός ήταν πραγματικό συμβάν. Στο έργο του *Reliquiae diluvianae* [Κατάλοιπα του κατακλυσμού] —μόνο ο τίτλος ήταν στα λατινικά— του 1823, περιγράφει μια σπηλιά στο Κέρκντεϊλ, στην περιοχή του Γιόρκσαϊρ, που ήταν γεμάτη λάσπη, μέσα στην οποία βρέθηκαν τα οστά υαινών και της λείας τους (εικ. 5.6). Με ποιον άλλο τρόπο θα μπορούσε να έχει γεμίσει έτσι μια σπηλιά πάνω στους λόφους αν όχι με έναν παγκόσμιο κατακλυσμό; Και το συμβάν αυτό φαίνεται ότι συνοδευόταν από μείζονες κλιματολογικές μεταβολές, αφού ύαινες δεν υπήρχαν πλέον στην Ευρώπη. Για τον Μπάκλαντ, αυτό ήταν ένδειξη γεωλογικής καταστροφής που ταίριαζε με την αφήγηση της *Γένεσης*.

Οι παλαιότερες ιστορίες της γεωλογίας περιγράφουν αυτή τη θεωρία του «καταστροφισμού» σαν ένα είδος συμφοράς για την εξέλιξη της επιστήμης: εντελώς απίθανα συμβάντα, πιθανόν θαυματουργής φύσεως, υιοθετούνται προκειμένου να ταυριάζει η θεωρία σε ένα προϋπάρχον μοντέλο που ορίζει η *Γένεση*. Με την επίκληση βίαιων συμβάντων ως παραγόντων μετασχηματισμού, δεν υπάρχει ανάγκη επέκτασης της ηλικίας της Γης πολύ πέρα από τους παραδοσιακούς υπολογισμούς. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, ο καταστροφισμός συνιστά κλασικό παράδειγμα του τρόπου να κάνει κανείς κακή επιστήμη, όταν εξωτερικές δυνάμεις, όπως η θρησκεία, παρεμβαίνουν στην επιστημονική αντικειμενικότητα. Το αντίπαλο μοντέλο του ομοιομορφισμού των Χάτον και Λάιελ (που περιγράφεται παρακάτω) δείχνει τον αληθινό δρόμο με τη μελέτη παρατηρήσιμων αιτίων και την προϋπόθεση τεράστιων χρονικών διαστημάτων, εντός των οποίων τα αίτια αυτά μετασχημάτισαν τη Γη.

Το μοντέλο της ιστορίας της γεωλογίας που προώθησαν οι ομοιομορφιστές σήμερα έχει τροποποιηθεί σε βάθος, αν δεν έχει εντελώς καταρριφθεί. Είναι ένα όραμα για την ιστορία αυτής της επιστήμης που αρχικά σκιαγράφησε ο ίδιος ο Λάιελ — και δεν μπορούμε να πούμε ότι υπήρξε υπόδειγμα αντικειμενικού μελετητή στο θέμα αυτό. Ο Λάιελ επέμενε ότι τόσο ο νεπτουνισμός όσο και ο καταστροφισμός ήταν αβάσιμες θεωρίες, τις





**ΕΙΚΟΝΑ 5.6** Διατομή σπηλιάς παρόμοιας με εκείνη που περιγράφει ο Ουίλιαμ Μπάκλαντ στο Κέρκντεϊλ του Γιόρκσαϊρ, στη βόρεια Αγγλία. Από το βιβλίο του Μπάκλαντ *Reliquiae diluvianaee* (Λονδίνο, 1824), εικόνα 27. Η σπηλιά είναι εν μέρει καλυμμένη με σκληρή λάσπη που περιέχει κατάλοιπα ζώων, που έχουν εκλείψει στην Ευρώπη. Σύμφωνα με τον Μπάκλαντ, ένας παγκόσμιος κατακλυσμός είναι ο μόνος τρόπος να εξηγήσουμε πώς σπηλιές όπως αυτή, πολύ πάνω από το επίπεδο της θάλασσας, θα μπορούσαν να είχαν γεμίσει με λάσπη. Σήμερα θεωρείται ότι η ύλη αυτή προήλθε από λίμνες που σχηματίστηκαν από παγετώνες.

οποίες υποστήριζαν ορισμένοι αποκλειστικά για μη επιστημονικούς (δηλαδή, θρησκευτικούς) σκοπούς. Νεότερες μελέτες αποκαλύπτουν πόσο διαστρεβλώνει την πραγματικότητα η καταδίκη αυτή. Έχουμε δει ότι αρκετοί γεωλόγοι οπαδοί του καταστροφισμού, όπως ο Κουβιέ, ο Χούμπολτ, ο Σέτζγουικ και ο Μάρτσισον, έπαιξαν βασικό ρόλο στην εδραίωση της στρωματογραφικής ακολουθίας που ισχύει μέχρι και σήμερα. Οι περισσότεροι νεπτονιστές και καταστροφιστές δεν ενδιαφέρονταν να συνδέσουν τις θεωρίες τους με την ιστορία του κατακλυσμού — μόνο μερικοί συντηρητικοί συγγραφείς στον αγγλόφωνο κόσμο ακολούθησαν αυτή την πορεία. Ο Κουβιέ μπήκε στον κόπο να επιμείνει ότι η τελευταία καταστροφή δεν ήταν παγκόσμια, όπως εννοεί η *Γένεση*, και ακόμη και ο Μπάκλαντ τελικά υποχώρησε σε αυτό το θέμα. Όλοι τους θεωρούσαν ότι η πιο πρόσφατη καταστροφή ήταν απλώς η τελευταία μιας τεράστιας σε βάθος χρόνου διαδοχής βίαιων μετασχηματισμών, μεταξύ των οποίων μεσολαβούσαν περίοδοι σχετικά κανονικών συνθηκών. Όλες οι πρώτες περίοδοι βρίσκονται εντελώς έξω από τη βιβλική ιστορία



της Δημιουργίας. Υπήρχαν αρκετές ενδείξεις ότι κάποια ανωμαλία είχε συμβεί στο πρόσφατο γεωλογικό παρελθόν, και οι ομοιομορφιστές προσπαθούσαν να εξηγήσουν το φαινόμενο των αποθέσεων ιλύος, που μελετούσε ο Μπάκλαντ, καθώς και άλλα σχετικά φαινόμενα. Τη δεκαετία του 1840 πλέον εμφανίστηκε η άποψη ότι αυτή η ύλη θα μπορούσε να έχει μεταφερθεί από παγετώνες στη διάρκεια μιας «παγετώδους περιόδου», όταν μεγάλο μέρος της βόρειας Ευρώπης είχε καλυφθεί από πάγο, και η θεωρία αυτή χρειάστηκε αρκετές δεκαετίες για να κερδίσει ευρεία αποδοχή (Hallam 1983).

Υπήρχε ένας ακόμη παράγοντας που καθιστούσε ευλογοφανή τη θεωρία του καταστροφισμού και αυτό, παρεμπιπτόντως, έκανε τους γεωλόγους απρόθυμους να δεχτούν το ψύχος του παρελθόντος. Ο Λάιελ έκανε ό,τι μπορούσε για να υπαινιχθεί ότι οι καταστροφιστές επικαλούνταν υπερφυσικά αίτια (θαύματα), προκειμένου να εξηγήσουν τις υποθετικές ανωθήσεις του φλοιού της Γης. Εκείνοι όμως δεν είχαν πρόθεση να επικαλεστούν κάτι άλλο πέρα από φυσικά αίτια — απλώς θεωρούσαν πως υπήρχαν ενδείξεις της ύπαρξης στο απώτερο παρελθόν σεισμών πολύ μεγαλύτερης κλίμακας από οτιδήποτε έχουμε παρατηρήσει μέσα στα λίγες χιλιάδες χρόνια καταγεγραμμένης ανθρώπινης ιστορίας. Στην πραγματικότητα, οι καταστροφιστές βασίστηκαν στην υπόθεση ότι η ιστορία της Γης είναι πολύ πιο αχανής από την ανθρώπινη ιστορία, για να υποστηρίξουν ότι αυτά τα λίγα που έχουμε παρατηρήσει δεν είναι αναγκαστικά τυπικά δείγματα του συνόλου. Η θεωρία τους, επίσης, είχε ισχυρά ερείσματα στη φυσική. Όλοι πλέον δέχονταν ότι το κέντρο της Γης είναι σε διάπυρη κατάσταση. Από εκεί προέρχονται τα λιωμένα βράχια που εκτοξεύονται από τα ηφαίστεια, και η έννοια ενός ταμειυτήρα λιωμένων ή τουλάχιστον πολύ καυτών πετρωμάτων, στα οποία ασκούνται τεράστιες πιέσεις βαθιά μέσα στη Γη επίσης έμοιαζε να εξηγεί την αστάθεια του στερεού φλοιού, που αποκαλύπτεται με τους σεισμούς. Αλλά εάν το κέντρο της Γης είναι διάπυρο, σύμφωνα με την κοινή λογική και τις μελέτες των φυσικών για τη συμπεριφορά των σωμάτων σε υψηλές θερμοκρασίες, η θερμοκρασία του πρέπει να μειώνεται. Η θερμότητα μεταδίδεται μέχρι την επιφάνεια (ή θα μεταφερθεί με τη λιωμένη λάβα) και διαχέεται στο χώρο. Έτσι λοιπόν, στις αρχές του 19ου αιώνα, αναβίωσε η θεωρία του Μπυφόν για την πτώση της θερμοκρασίας της Γης.

Τις συνέπειες της θεωρίας για την πτώση της θερμοκρασίας της Γης στον καταστροφισμό διερεύνησαν γεωλόγοι όπως ο Λεόνς Ελί ντε Μπωμόν [Léonce Elie de Beaumont]. Εάν μειώνεται η θερμοκρασία στο κέντρο της Γης, τότε και η ηφαιστειακή δραστηριότητα αναμένεται να μειωθεί στην πορεία του γεωλογικού χρόνου. Το πιο σημαντικό είναι ότι η ηφαιστειακή δραστηριότητα θα μειώνεται καθώς ο φλοιός θα γίνεται όλο και πιο παχύς και ο ρυθμός πτώσης της θερμοκρασίας θα μειώνεται. Ο Κονσταντ Πρεβόστ [Constant Prévost] συνέκρινε τη Γη με τις ζαρωματιές ενός μήλου: η φλούδα ζαρώνει επειδή η επιφάνειά του παραμένει σταθερή, ενώ ο όγκος του μήλου μειώνεται λόγω εξάτμισης. Μια Γη της οποίας μειώνεται η θερμοκρασία θα μειωθεί και σε όγκο, έτσι θα προκληθεί ορογένεση με μια διαδικασία παρόμοια με το ρυτίδιασμα της φλούδας του μήλου. Όμως, όπως επεσήμανε ο Ελί ντε Μπωμόν, ο φλοιός της Γης είναι συμπαγής, έτσι το ρυτίδιασμα αναμένεται να συμβεί με ξαφνικά καταστροφικά συμβάντα, όταν οι πιέσεις που αναπτύσσονται από κάτω αναγκάζουν τελικά το φλοιό να υποχωρήσει. Δεδομένου ότι η θερμοκρασία του πλανήτη ήταν υψηλότερη στο παρελθόν, ήταν φυσικό να υποθέσει κανείς ότι παρελθόντα επεισόδια ορογένεσης ήταν αποτέλεσμα κινήσεων της Γης σε κλίμακα πολύ με-



γαλύτερη από οτιδήποτε έχει παρατηρηθεί στον νεότερο κόσμο. Έτσι λοιπόν, η θεωρία της πτώσης της θερμοκρασίας της Γης έδωσε στον καταστροφισμό έναν εύλογο φυσικό μηχανισμό για να συμπληρώσει τις ενδείξεις των γεωλόγων για ασυνέχειες στο παρελθόν.

Ο ομοιομορφισμός, η εναλλακτική εκδοχή αυτού του μοντέλου, θεωρήθηκε ως ο θεμέλιος λίθος της νεότερης γεωλογίας, επειδή υιοθέτησε ένα μεθοδολογικό κανόνα που βασίστηκε στον ισχυρισμό ότι η αληθής επιστήμη λειτουργεί στηριζόμενη μόνο στα αίτια εκείνα τα οποία μπορεί να παρατηρήσει πραγματικά. Είναι γεγονός ότι οι καταστροφιστές ήταν αρκετά ευχαριστημένοι με αυτή τη μέθοδο της «αρχής της αναγωγής στο παρόν» [actualism], επειδή οι ανωθήσεις για τις οποίες μιλάνε υποτίθεται ότι είναι ίδιες με τους σύγχρονους σεισμούς, απλά μεγαλύτερες. Όμως, για τους ομοιομορφιστές μόνο αίτια των οποίων η ένταση τα καθιστά παρατηρήσιμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια πραγματικά επιστημονική γεωλογία. Οτιδήποτε άλλο ανοίγει το δρόμο στην αχαλίνωτη εικολογία, ακόμη και στην επίκληση μεταφυσικών αιτίων. Αυτή ήταν η μεθοδολογία που εισήγαγε για πρώτη φορά ο Τζέιμς Χάτον, και την οποία διατύπωσε πιο ολοκληρωμένα ο Τσαρλς Λάιελ τη δεκαετία του 1830. Μοιάζει πολύ σύγχρονη, επειδή οι σύγχρονες γεωλογικές θεωρίες δεν αφήνουν μεγάλο περιθώριο στις καταστροφές (αν και σήμερα είναι ευρέως αποδεκτή η άποψη ότι οι συγκρούσεις αστεροειδών έχουν διακόψει τις σταθερές μεταβολές τις οποίες παρήγαγαν οι εσωτερικές διαδικασίες που συνδέονται με τη μετατόπιση των ηπείρων). Η ομοιομορφική προσέγγιση μοιάζει επίσης σύγχρονη με την αναφορά της σε τεράστιες χρονικές περιόδους. Επειδή όλες οι μεταβολές του παρελθόντος, μεταξύ των οποίων η ανώθηση των οροσειρών και η διάνοιξη των κοιλάδων, εξηγούνται βάσει των νεότερης κλίμακας κινήσεων της Γης και της διάβρωσης, απαιτούνται τεράστια χρονικά μεγέθη για να δημιουργήσουν αυτοί οι βραδείας επενέργειας παράγοντες τα αποτελέσματα που παρατηρούμε. Θα ήταν εντελώς λάθος να κατηγορήσουμε τους καταστροφιστές ότι τάχθηκαν υπέρ μιας νεαρής Γης στηριζόμενοι στο πνεύμα του αρχιεπισκόπου Άσερ, αλλά δεν υπάρχει αμφιβολία ότι το αίτημα των ομοιομορφιστών για επέκταση της χρονολογικής κλίμακας πήγαινε πολύ πέρα από οτιδήποτε είχε κανείς φανταστεί μέχρι τότε.

Ωστόσο, η ομοιομορφική μέθοδος είχε κι αυτή τα προβλήματά της. Στην αγωνία τους να αποκλείσουν την εικολογία, οι ομοιομορφιστές αναγκάστηκαν να ταχθούν υπέρ αυτού που ο Gould (1987) ονομάζει «κυκλικό» μοντέλο της ιστορίας της Γης. Δεν υπάρχει βέλος του χρόνου που να ορίζεται από τη μείωση της θερμοκρασίας ή την απόσυρση του ωκεανού — το μόνο που έχουν δει οι γεωλογικές περίοδοι του παρελθόντος είναι ένας αιώνιος κύκλος συμβάντων παρόμοιων με εκείνα που παρατηρούμε σήμερα. Η υπόθεση της ύπαρξης μιας περιόδου κατά την οποία τα πράγματα ήταν ριζικά διαφορετικά βρίσκεται έξω από την επικράτεια της επιστήμης — για να μη μιλήσουμε για μια διαδικασία που οδήγησε τον ίδιο τον πλανήτη στη μορφή που έχει σήμερα. Αυτοί είναι περιορισμοί που κανείς γεωλόγος δεν θα μπορούσε να δεχτεί σήμερα, έτσι λοιπόν είναι αδύναμος ο ισχυρισμός ότι ο ομοιομορφισμός αποτελεί τη μοναδική βάση της νεότερης επιστήμης μας. Η νεότερη γεωλογία αντλεί τόσο από το μοντέλο του ομοιομορφισμού όσο και από το «κατευθυντικό» μοντέλο που υποστήριζαν οι καταστροφιστές. Από τη στιγμή που θα το συνειδητοποιήσουμε αυτό, θα δούμε ότι καμία από τις δύο πλευρές της διαμάχης δεν θα πρέπει να παρουσιάζεται ως «καθαρή» επιστήμη που λειτουργεί μόνο βάσει αντικειμενικών αρχών. Είναι εξίσου σημαντικό να γνωρίζουμε τόσο τα κίνητρα που οδήγησαν τον



Χάτον και τον Λάιελ να προτείνουν μια θεωρία που υιοθετεί την σταθερή κατάσταση της Γης όσο και τους λόγους για τους οποίους οι βιβλικές ιδέες περί κατακλυσμού γοήτευσαν ορισμένους καταστροφιστές.

Η πρώτη προσπάθεια να τεθεί το πρόγραμμα αυτό σε λειτουργία έγινε από το Σκωτσέζο γεωλόγο Τζέιμς Χάτον (Dean 1992). Σε άρθρο του που δημοσιεύτηκε το 1788 και επανεκδόθηκε στο δίτομο έργο του *Theory of the Earth* [Θεωρία της Γης] το 1795, ο Χάτον αντέκρουσε τις ιδέες του Βέρνερ που προωθούσε στην ιδιαίτερη πατρίδα του, το Εδιμβούργο, ο Ρόμπερτ Τζέιμσον [Robert Jameson]. Ο Χάτον απέρριψε τη θεωρία περί απόσυρσης του ωκεανού, επισημαίνοντας (όπως είχε κάνει ο Χουκ έναν αιώνα νωρίτερα) ότι οι κινήσεις της Γης θα μπορούσαν να εξηγήσουν τον τρόπο με τον οποίο οι ιζηματικές αποθέσεις του πυθμένα ανυψώνονται και μετατρέπονται σε ξηρά. Είχε υπόψη του μελέτες ηφαιστείων που είχαν αρχίσει να εισηγούνται την άποψη ότι η λάβα προέκυπτε από ταμειυτήρες λιωμένων πετρωμάτων βαθιά μέσα στη γη. Η ιδέα ότι η θερμότητα στο κέντρο της Γης ήταν υπεύθυνη για το μεγαλύτερο μέρος της γεωλογικής δραστηριότητας έγινε γνωστή ως «βουλκανισμός», από τον Ρωμαίο θεό της φωτιάς. Ο Χάτον συνέδεσε τη θεωρία αυτή με την πεποίθησή του ότι ο φλοιός της Γης είναι ασταθής — ο ίδιος θεωρούσε ότι η θερμότητα στο κέντρο της Γης ήταν υπεύθυνη όχι μόνο για τα ηφαιστεια αλλά και για τις κινήσεις της Γης και την ορογένεση. Υποστήριζε, επίσης, ότι πολλά από τα ονομαζόμενα πρωτογενή πετρώματα, μεταξύ των οποίων και ο γρανίτης, ήταν πυριγενούς προέλευσης: είχαν κρυσταλλωθεί από την τετηγμένη κατάσταση και όχι από τη διάλυσή τους σε νερό. Όταν του ζήτησαν να εξηγήσει γιατί τα πετρώματα αυτά μοιάζουν τόσο διαφορετικά από τη λάβα που εκτοξεύεται από τα νεότερα ηφαιστεια, έδειξε ότι τα λιωμένα πετρώματα εισχωρούν ανάμεσα στα στρώματα βαθιά μέσα στη γη και εκεί ψύχονται πολύ αργά. Αυτό δίνει το χρόνο για το σχηματισμό των κρυστάλλων που παρατηρούμε σε πετρώματα όπως ο γρανίτης. Για τον Χάτον, ο γρανίτης θα μπορούσε να παραχθεί σε διάφορες φάσεις της ιστορίας της Γης — δεν ήταν αναγκαστικά το πιο παλαιό πέτρωμα, όπως είχαν ισχυριστεί οι οπαδοί του Βέρνερ.

Εκείνο που έκανε τη θεωρία του Χάτον διαφορετική από κάθε άλλη μορφή βουλκανισμού ήταν η επιμονή του ότι όλες οι διαδικασίες που ήταν υπεύθυνες για το σχηματισμό των πετρωμάτων προέκυψαν με τον ίδιο ρυθμό που παρατηρούμε σήμερα. Αν και το εσωτερικό της Γης ήταν σε διάπυρη κατάσταση, δεν υπήρξε μείωση της θερμοκρασίας της, έτσι δεν μειωνόταν και η ένταση των κινήσεων της Γης. Ο Χάτον επίσης κατέβαλε μεγάλες προσπάθειες προκειμένου να αποδείξει ότι οι συνηθισμένοι παράγοντες διάβρωσης — ο άνεμος, η βροχή, τα ρέοντα ύδατα κ.λπ. — θα μπορούσαν να έχουν λαξεύσει τις κοιλάδες ανάμεσα στις οροσειρές. Δεν υπήρχε η ανάγκη να καταφύγει κανείς στην υπόθεση των βίαιων παλιρροϊκών κυμάτων, με την προϋπόθεση ότι θα άφηνε χώρο στα τεράστια χρονικά μεγέθη που ήταν απαραίτητα για να λαξεύσει ένα ποταμάκι τη δική του κοιλάδα ανάμεσα στα πετρώματα των βουνών. Τα φερτά υλικά αυτής της διάβρωσης μεταφέρονταν στον πυθμένα της θάλασσας, όπου εναποτίθονταν ως ιζημα, μετατρέπονταν λόγω των υψηλών θερμοκρασιών σε πέτρωμα και στη συνέχεια ωθούνταν στην επιφάνεια, δημιουργώντας περισσότερη ξηρά. Εδώ είχαμε έναν τέλειο κύκλο, στον οποίο η ανώθηση της νέας ξηράς εξισορροπούσε απολύτως την καταστροφή της παλιάς επιφάνειας από τη διάβρωση. Ο Χάτον κατηγορήθηκε για αθεϊσμό από τους συντηρητικούς οπαδούς του Βέρνερ, επειδή στη θεωρία του δεν υπήρχε χώρος για τον κατακλυσμό και επίσης επειδή όλα αυτά απαιτούσαν



τεράστια χρονικά μεγέθη. Το πιο σοβαρό, σύμφωνα με τους συντηρητικούς, ήταν ότι δεν άφηνε χώρο για τη Δημιουργία: η Γη του Χάτον ήταν αιώνια, ένα αεικίνητο που δεν σταματά ποτέ. Ο ίδιος σημειώνει: «...δεν βρίσκουμε ούτε ίχνος μιας αρχής — ούτε την προοπτική ενός τέλους» (Hutton 1795, 1:200). Κι όμως, στην πραγματικότητα, το κίνητρο του Χάτον για τη θεμελίωση μιας τέτοιας θεωρίας ήταν οι δικές του θρησκευτικές πεποιθήσεις, που δεν ήταν χριστιανικές αλλά ντεϊστικές. Ο Θεός του ήταν ο τέλειος τεχνίτης, που είχε σχεδιάσει μια μηχανή, η οποία θα μπορούσε να λειτουργεί για πάντα χωρίς τη δική Του εποπτεία. Σκοπός όλου του συστήματος ήταν η διατήρηση της Γης ως φυσικού περιβάλλοντος των έμβιων οργανισμών, επειδή χωρίς την αέναη αναδόμηση της επιφάνειας της Γης, όλο το έδαφος από το οποίο εξαρτάται η ζωή θα κυλούσε τελικά στη θάλασσα.

Η θεωρία του Χάτον δημιούργησε αντιπαραθέσεις στο Εδιμβούργο, αλλά δεν έτυχε ιδιαίτερης προσοχής σε άλλα μέρη. Διαδόθηκε ευρύτερα με το βιβλίο του Τζων Πλέυφαρ [John Playfair] *Illustrations of the Huttonian Theory* [Παραδείγματα της θεωρίας του Χάτον] το 1802. Στη Βρετανία, τουλάχιστον, το έργο του συνέβαλε στη μεταστροφή των γεωλόγων από το νεπτουνισμό στο βουλκανισμό — αλλά εκείνη που επωφελήθηκε ήταν η καταστροφιστική εκδοχή του βουλκανισμού, που στηριζόταν στη θεωρία της μείωσης της θερμοκρασίας της Γης. Οι γεωλόγοι της ηπειρωτικής Ευρώπης είχαν τους δικούς τους λόγους για να στραφούν προς τον καταστροφισμό. Το ομοιομορφικό μοντέλο επανήλθε στην επικαιρότητα με το έργο του Τσαρλς Λάιελ *Principles of Geology* [Αρχές της γεωλογίας] (1830-33), που αποτέλεσε τη βάση μιας απερίφραστης επίθεσης κατά του καταστροφισμού (Wilson 1972, αλλά βλ. επίσης την εισαγωγή του Ράντγουικ στη νεότερη ανατύπωση του *Principles*). Τα εισαγωγικά ιστορικά κεφάλαια αυτού του βιβλίου δημιούργησαν την αρνητική εικόνα για το νεπτουνισμό και τον καταστροφισμό που υιοθέτησαν οι μεταγενέστεροι επιστήμονες. Η επίθεση του Λάιελ ήταν ρητά μεθοδολογική: κατηγορούσε τους καταστροφιστές για προδοσία της επιστήμης, αφού είχαν επιλέξει την αχαλίνωτη εικονολογία και όχι την προσεκτική παρατήρηση. Το βιβλίο του έπαιξε σημαντικό ρόλο, παρουσιάζοντας ενδείξεις των μεταβολών που προκύπτουν από τη δράση των νεότερων ηφαιστειών, των σεισμών και της διάβρωσης (εικ. 5.7). Ο Λάιελ είχε μελετήσει το όρος Αίτνα στη Σικελία, και έδειξε ότι αυτό το τεράστιο ηφαιστείο είχε δημιουργηθεί από μια πολύ μεγάλη σειρά εκρήξεων, από τις οποίες μόνο τις τελευταίες είχε προλάβει να δει το ανθρώπινο είδος. Για τα ανθρώπινα δεδομένα η Αίτνα ήταν αρχαία, κι ωστόσο βρισκόταν πάνω στα νεότερα ιζηματογενή πετρώματα. Ο Λάιελ απέρριπτε όλα τα υποτιθέμενα στοιχεία των καταστροφών του παρελθόντος ως απατηλές εικασίες: ήταν πάντοτε δυνατό να φανταστούμε μια μακρά διαδοχή από συνήθεις μεταβολές που θα μπορούσαν να είχαν παραγάγει το εκάστοτε αποτέλεσμα, δεδομένου του απαιτούμενου χρόνου. Οι φαινομενικά αιφνίδιες μεταβάσεις από το ένα στρώμα στο άλλο ήταν αποτέλεσμα τεράστιων χρονικών περιόδων που δεν εμφανίζονται στην ιζηματολογική ακολουθία. Ο Λάιελ είχε τη δική του συμβολή στη στρωματογραφία, αφού έδωσε τις ονομασίες στους Ηώκαινους, Μειόκαινους και Πλειόκαινους σχηματισμούς — απέδειξε, ωστόσο, ότι οι απολιθωμένοι πληθυσμοί δεν άλλαζαν εντελώς από τον ένα σχηματισμό στον άλλο. Υπήρχαν πάντοτε ορισμένα είδη που επιβίωναν, υπονομεύοντας την ευλογοφάνεια της αποψης περί πλήρους εξαλειψής ειδών λόγω καταστροφών.

Αν και ο Λάιελ δεχόταν τη συμβατική διαδοχή των γεωλογικών σχηματισμών, είχε αναβιώσει το κυκλικό ή σταθερής κατάστασης ιστορικό μοντέλο του Χάτον. Θεωρούσε





**ΕΙΚΟΝΑ 5.7** Ο ρωμαϊκός ναός του Σεράπιδος στο Πουτσουνόλι, έξω από τη Νάπολη· προμετωπίδα στο βιβλίο του Τσαρλς Λάιελ, *Principles of Geology* [Λονδίνο, 1830-33], τόμ. 1. Οι μαύρες λωρίδες στους κίονες σχηματίστηκαν από τη δράση θαλασσιών πλασμάτων και αυτό δείχνει ότι οι κινήσεις της Γης βύθισαν το ναό κάτω από τη θάλασσα και μετά τον ύψωσαν ξανά χωρίς να καταστρέψουν τους κίονες. Ο Λάιελ υποστήριζε ότι εάν μη καταστροφικές κινήσεις της Γης μπορούσαν να έχουν αυτό το αποτέλεσμα μέσα στα δύο χιλιάδες χρόνια που μεσολάβησαν από τη ρωμαϊκή εποχή· τότε σε μεγαλύτερη χρονική περίοδο θα μπορούσαν να ανωθήσουν οροσειρές ή ακόμη και ολόκληρες ηπείρους.



ότι ακόμη και τα πιο πρώιμα στρώματα που παρατηρούμε είχαν σχηματιστεί υπό συνθήκες κατ' ουσίαν παρόμοιες με τις σημερινές. Η γνωστή γεωλογική ακολουθία αποτελεί το τελευταίο μόνο μέρος μιας αλληλουχίας χωρίς τέλος, όλες οι πρώιμες φάσεις της οποίας έχουν καταστραφεί ή παραμορφωθεί σε βαθμό που δεν αναγνωρίζονται. Η επιστήμη δεν μπορεί να ελπίζει ότι θα βρει ενδείξεις μιας «πρωτόγονης» φάσης της ιστορίας της Γης, που να χρονολογείται από το στάδιο του καθαρά υποθετικού σχηματισμού του πλανήτη. Για να υποστηρίξει τη θεωρία του περί σταθερής κατάστασης, ο Λάιελ αμφισβήτησε τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για να στηρίξουν την άποψη περί μείωσης της θερμοκρασίας της Γης, υποστηρίζοντας ότι υπήρξε μόνο μια διακύμανση του κλίματος κατά τη δημιουργία και την καταστροφή των ηπείρων. Επέμενε, επίσης, ότι η φαινομενική προοδευτική εξέλιξη της ζωής ήταν μια αυταπάτη — στο τέλος, θα βρίσκαμε απολιθώματα θηλαστικών ακόμη και στα πιο παλαιά πετρώματα. Εδώ βλέπουμε ότι η θέση του Λάιελ βρισκόταν πολύ μακριά από όσα θα δέχονταν σήμερα οι γεωλόγοι. Βασικά, η μεθοδολογία του έγινε ένα χαλινάρι που τον περιόρισε σε μια ανιστορική άποψη για τη Γη. Η θέση του, έως ένα βαθμό, μπορεί να συνδέεται με τις θρησκευτικές και τις πολιτικές πεποιθήσεις του. Οι πολιτικές απόψεις του Λάιελ ήταν φιλελεύθερες και ο ίδιος αγανακτούσε με τον τρόπο με τον οποίο συντηρητικοί όπως ο Μπάκλαντ χρησιμοποιούσαν τον καταστροφισμό, για να υπερασπιστούν το χριστιανισμό και κατ' ακολουθία την Εκκλησία, θεωρώντας ότι αυτά ήταν οι στυλοβάτες των αριστοκρατικών προνομίων. Οι δικές του θρησκευτικές πεποιθήσεις — τόσο ισχυρές ώστε ποτέ δεν θα δεχόταν την άποψη του Δαρβίνου για την καταγωγή του ανθρώπου— έμοιαζαν περισσότερο με εκείνες του Χάτον — μια μορφή ντεϊσμού, σύμφωνα με την οποία ο σοφός και αγαθός Δημιουργός είχε σχεδιάσει ένα σύμπαν που μπορεί να λειτουργεί για πάντα χωρίς να χρειάζεται να ανανεωθεί.

Ο Λάιελ ήταν γνωστός συγγραφέας και με την επιρροή που άσκησε στο ευρύ κοινό έπεισε ότι η Γη ήταν πάρα πολύ παλιά. Η απήχηση που είχε στη γεωλογία είναι πιο αμφιλεγόμενη. Ο σημαντικότερος μαθητής του υπήρξε ο Κάρολος Δαρβίνος, ο οποίος στο ταξίδι του με το πλοίο «Beagle» έγινε μάρτυρας της ανύψωσης του εδάφους στην οροσειρά των Άνδεων λόγω σεισμού. Ο Δαρβίνος εφάρμοσε την ομοιομορφική μέθοδο εκεί όπου δεν το έκανε ο Λάιελ: στον οργανικό κόσμο και στη διαδικασία με την οποία τα είδη μεταβάλλονται στην πορεία του χρόνου (βλ. κεφ. 6, «Η δαρβινική επανάσταση»). Αλλά ακόμη κι αυτός δεν θα ακολουθούσε την άποψη του Λάιελ, που απέρριπτε την προοδευτική εξέλιξη της ζωής. Οι περισσότεροι γεωλόγοι αναγνώριζαν την ισχύ των νεότερων αιτίων και υποβάθμιζαν την ισχύ των καταστροφών που θεωρούσαν ότι έγιναν στο μακρινό παρελθόν. Όμως, εξακολουθούσαν να πιστεύουν ότι υπήρξαν επεισόδια ορογένεσης, κατά τα οποία οι κινήσεις της Γης ήταν πολύ πιο έντονες από ό,τι βλέπουμε σήμερα. Αυτά αποτελούν τα φυσικά «σημεία στίξης», που μας επιτρέπουν να ορίζουμε τις γεωλογικές περιόδους (για τον Λάιελ, αυτά ήταν απλώς κενά στην ακολουθία, που τα χρησιμοποιούμε για λόγους ευκολίας). Το σημαντικότερο είναι πως οι περισσότεροι γεωλόγοι εξακολουθούσαν να υποστηρίζουν τη θεωρία της μείωσης της θερμοκρασίας της Γης, πιστεύοντας ότι πρόκειται για ένα ουσιαστικό βήμα για την εξήγηση της κατάρρευσης του φλοιού και της σφοδρότητας ορισμένων, τουλάχιστον, συμβάντων του παρελθόντος. Επίσης, είχαν την τάση να περιορίζουν την ηλικία της Γης στα εκατό εκατομμύρια χρόνια περίπου — τράστια περίοδος για τα ανθρώπινα δεδομένα, αλλά πολύ μικρότερη από εκείνο που ήθελαν ο Λάιελ και ο Δαρβίνος και πολύ μικρότερη από αυτό που δεχόμαστε σήμερα.



### Η ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ Η ΗΛΙΚΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

Αυτό το τελευταίο σημείο μας οδηγεί σε μια τελευταία αντιπαράθεση, η σημασία της οποίας, ωστόσο, έχει συχνά υπερεκτιμηθεί. Η θεωρία του Λάιελ περί σταθερής κατάστασης είχε μια μοιραία ανακολουθία: θεωρούσε ότι το κέντρο της Γης είναι διάπυρο, αλλά δεν δεχόταν ότι η θερμοκρασία του πλανήτη μειώνεται στην πορεία του, σχεδόν δίχως τέλος, γεωλογικού χρόνου. Το σημείο αυτό είχε επισημανθεί κατά τις διαμάχες της δεκαετίας του 1830, αλλά ήρθε στο επίκεντρο όταν οι φυσικοί άρχισαν να επεξεργάζονται λεπτομερέστερα τις ιδέες τους για την ενέργεια και δημιούργησαν την επιστήμη της θερμοδυναμικής (βλ. κεφ. 4, «Η διατήρηση της ενέργειας»). Κατά τη δεκαετία του 1860, ο φυσικός Ουίλιαμ Τόμσον, μετέπειτα Λόρδος Κέλβιν, άρχισε να επιτίθεται στον Λάιελ και, κατ' επέκταση, στον Δαρβίνο (Burchfield 1975). Σύμφωνα με την κοσμοθεώρηση του Κέλβιν, ο Θεός είχε δημιουργήσει μόνο μια συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας, και καθώς σταδιακά γινόταν όλο και λιγότερο διαθέσιμη, το σύμπαν αναπόφευκτα θα έπαυε να λειτουργεί. Η μείωση της θερμοκρασίας των θερμών σωμάτων ήταν η πιο προφανής έκφραση αυτής της μη αναστρέψιμης διαδικασίας, και ο Κέλβιν θεωρούσε αδιανόητο ότι η Γη θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί ως εξαίρεση. Μια θερμή Γη πρέπει να αρχίσει να ψύχεται, άρα ο Λάιελ έκανε λάθος και οι καταστροφιστές είχαν δίκιο — οι γεωλογικές διαδικασίες θα πρέπει να είχαν συντελεστεί με ταχύτερους ρυθμούς στο παρελθόν, όταν το εσωτερικό της Γης ήταν θερμότερο. Κατόπιν, ο Κέλβιν έκανε κάποιους υπολογισμούς για να δείξει πόσος χρόνος θα χρειαζόταν για να ψυχθεί μια αρχικά τετηγμένη Γη προκειμένου να φτάσει στην κατάσταση που τη βλέπουμε σήμερα. Η απάντηση ήταν το πολύ μερικές εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια, πολύ λιγότερο από αυτό που απαιτούσαν ο Λάιελ και ο Δαρβίνος.

Συχνά έχει υποστηριχθεί ότι αυτή η επίθεση της φυσικής, μιας επιστήμης πιο θεμελιώδους, έδωσε ένα γερό πλήγμα στους γεωλόγους της εποχής εκείνης. Όμως, αυτή η υπόθεση στηρίζεται στη λανθασμένη πεποίθηση ότι όλοι οι γεωλόγοι είχαν υιοθετήσει τον ομοιομορφισμό του Λάιελ. Η επίθεση του Κέλβιν σίγουρα είχε σημαντικές συνέπειες για τον Λάιελ, τον Δαρβίνο και τους εξελικτικιστές. Όμως στην πραγματικότητα, οι περισσότεροι γεωλόγοι ήταν απολύτως ικανοποιημένοι με τη γεωχρονολογική κλίμακα του Κέλβιν, και μάλιστα είχαν κάνει και δικούς τους υπολογισμούς, με βάση το ρυθμό ιζηματογένεσης και τη συσσώρευση αλατιού στους ωκεανούς, που περιόριζαν την ηλικία της Γης σε εκατό εκατομμύρια χρόνια. Μόνο όταν ο Κέλβιν κατέβασε τους υπολογισμούς του στα εικοσιπέντε εκατομμύρια χρόνια, άρχισαν οι γεωλόγοι να παραπονιούνται ότι οι φυσικοί το είχαν πάρει πολύ πάνω τους και κάπου θα πρέπει να έκαναν λάθος. Δεν γινόταν η περίπλοκη ιστορία της Γης που αποκαλύπτεται από τα πετρώματα να χωράει μέσα σε τόσο μικρό χρονικό διάστημα.

Και ασφαλώς έκαναν κάπου λάθος οι φυσικοί και αυτό ήταν ήδη προφανές στα τέλη του αιώνα. Το 1896 ανακαλύφθηκε η ραδιενέργεια και οι συνέπειες αυτής της ανακάλυψης σύντομα άρχισαν να ανατρέπουν συνολικά την κοσμοθεώρηση του Κέλβιν (βλ. κεφ. 11, «Η φυσική του εικοστού αιώνα»). Το 1903, ο Πιερ Κιουρί [Pierre Curie] παρατήρησε ότι τα ραδιενεργά στοιχεία εκπέμπουν θερμότητα, και τρία χρόνια αργότερα ο Λόρδος Ρέιλι [Lord Rayleigh] επεσήμανε ότι αφού τα στοιχεία αυτά βρίσκονται διάσπαρτα σε ολόκληρη τη Γη σε μικρές αλλά σημαντικές ποσότητες, θα πρέπει να παράγεται μια αξιόλογη ποσότητα θερμότητας στο εσωτερικό της. Αυτό ήταν κάτι παραπάνω από αρκε-



τό για να ανατρέψει τη θεωρία περί μείωσης της θερμοκρασίας που είχε προβλέψει ο Κέλβιν. Επιπλέον, ο ρυθμός ραδιενεργού διάσπασης ορισμένων φυσικών στοιχείων είναι τόσο βραδύς, ώστε αυτή η πηγή θερμότητας θα μπορούσε να διαρκέσει δισεκατομμύρια χρόνια. Κατά μία έννοια, ο Λάιελ δικαιώθηκε, αφού η θερμότητα της ραδιενέργειας ανάγκαζε τώρα, λίγο έως πολύ, τους γεωλόγους να προχωρήσουν σε μια τεράστια επέκταση του εύρους της χρονολογικής τους κλίμακας και καθιστούσε τις καταστροφές περιττές. Πράγματι, η νέα φυσική επέσπευσε μια κρίση στις γεωεπιστήμες, υπονομεύοντας την ιδέα ότι η ορογένεση οφείλεται στην κατάρρευση του φλοιού μιας σταδιακά συρρικνούμενης Γης. Αυτό τελικά οδήγησε στη σημερινή θεωρία της μετακίνησης των ηπείρων και των τεκτονικών πλακών (βλ. κεφ. 10, «Η μετακίνηση των ηπείρων»).

Η ραδιενέργεια πρόσφερε επίσης κάτι που ποτέ δεν διέθεταν οι γεωλόγοι, δηλαδή, έναν τρόπο μέτρησης του γεωλογικού χρόνου με απόλυτους όρους (σε αντίθεση με τη σχετική ακολουθία των σχηματισμών). Εφόσον είναι γνωστά τα προϊόντα διάσπασης κάθε ραδιενεργού στοιχείου, είναι δυνατό να συγκρίνουμε την αναλογία του αρχικού στοιχείου και του προϊόντος διάσπασής του σε ένα ορυκτό και —γνωρίζοντας το χρόνο ημιζωής (μέτρηση του ρυθμού διάσπασης)— να υπολογίσουμε την ηλικία του ορυκτού. Η πρώτη τεχνική χρησιμοποίησε τη διάσπαση του ραδίου σε μόλυβδο, αν και τελικά καθιερώθηκαν άλλες τεχνικές, όπως η μέθοδος καλίου-αργού. Μέσα σε μερικά χρόνια, πρωτοπόροι επιστήμονες της ραδιοχρονολόγησης, όπως ο Άρθουρ Χολμς [Arthur Holmes], υπολόγισαν την ηλικία της Γης σε αρκετά δισεκατομμύρια χρόνια (Lewis 2000). Τελικά, οι επιστήμονες κατέληξαν να συναινέσουν, ορίζοντας την ηλικία της Γης στα περίπου 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια — αριθμός που δεν έχει αλλάξει παρά τις πολλές επιμέρους διορθώσεις που έγιναν τον 20ό και τον 21ο αιώνα.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι γεωλόγοι έχουν συνηθίσει να ασχολούνται με χρονικές περιόδους που ξεπερνούν κάθε φαντασία. Οι νεότεροι δημιουργιστές της νεαρής Γης απορρίπτουν τα μεγέθη που προτείνονται σήμερα, τη ραδιοχρονολόγηση καθώς και όλα τα μέσα που χρησιμοποιούν οι νεότερες γεωεπιστήμες. Γι' αυτούς, όπως και για τους φυσιοδίφες του τέλους του 17ου αιώνα, η Γη έχει ηλικία μερικές μόνο χιλιάδες χρόνια και όλα τα πετρώματα που περικλείουν απολιθώματα είναι αποθέσεις κάτω από τα νερά του κατακλυσμού του Νώε. Δεν υπάρχει κάτι που να μπορούσε να δείξει με πιο εντυπωσιακό τρόπο το μέγεθος της εννοιολογικής επανάστασης που εμπεριείχαν οι προσπάθειες των επιστημόνων να δώσουν στη Γη μια ιστορία. Το πλήρες μέγεθος αυτής της επανάστασης έγινε φανερό μόνο με την εμφάνιση της ραδιοχρονολόγησης, λίγο μετά το 1900, αν και ο Λάιελ είχε καταβάλει σημαντική προσπάθεια να επεκτείνει τη γεωχρονολογική κλίμακα σε αυτή την τάξη μεγέθους κατά τη δεκαετία του 1830. Ωστόσο, κατά μία άλλη έννοια, βλέπουμε ότι το βασικό άλμα της φαντασίας είχε ήδη γίνει πριν από τις δημοσιεύσεις του Λάιελ. Οι νεπτουνιστές και οι καταστροφιστές γεωλόγοι, που δημιούργησαν τη νεότερη στρωματογραφία τις δεκαετίες γύρω στο 1800, είχαν ήδη δεχτεί μια ακολουθία γεωλογικών περιόδων του παρελθόντος που ξεπερνούσε κατά πολύ την ανθρώπινη ιστορία. Δεν πρόβαλαν την ηλικία των εκατό εκατομμυρίων ετών που υιοθέτησαν οι μεταγενέστεροι συνεχιστές του έργου τους, αλλά μάλλον καταλάβαιναν ότι το ζητούμενο ήταν κάτι που να πλησιάζει αυτή την τάξη μεγέθους. Σε αυτό



το βαθμό, είχε ήδη πάρει μορφή η νεότερη έννοια του γεωλογικού χρόνου, παρότι θα απαιτούνταν οι προσπάθειες του Λάιελ και των ατομικών φυσικών για να ολοκληρωθεί η τελική επέκταση του εύρους της χρονολογικής κλίμακας στα μεγέθη που δεχόμαστε σήμερα.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Burchfield, Joe D. 1974. *Lord Kelvin and the Age of the Earth*. Νέα Υόρκη: Science History Publications.
- Dean, Dennis R. 1992. *James Hutton and the History of Geology*. Ίθακα: Cornell University Press.
- Gillispie, Charles Coulson. 1951. *Genesis and Geology: A Study of the Relations of Scientific Thought, Natural Theology and Social Opinion in Great Britain, 1790-1850*. Ανατ., Νέα Υόρκη: Harper, 1959.
- Gould, Stephen Jay. 1987. *Time's Arrow, Time's Cycle: Myths and Metaphor in the Discovery of Geological Time*. Κέιμπριτζ Μασσ.: Harvard University Press.
- Greene, John C. 1959. *The Death of Adam: Evolution and Its Impact on Western Thought*. Έιμς: Iowa State University Press.
- Greene, Mott T. 1982. *Geology in the Nineteenth Century: Changing Views of a Changing World*. Ίθακα: Cornell University Press.
- Hallam, Anthony. 1983. *Great Geological Controversies*. Οξφόρδη: Oxford University Press.
- Hutton, James. 1795. *Theory of the Earth, with Proofs and Illustrations*. 2 τόμ. Ανατ., Κόντικος: Weldon & Wesley 1960.
- Laudan, Rachel. 1987. *From Mineralogy to Geology: The Foundation of a Science, 1650-1830*. Σικάγο: University of Chicago Press.
- Lewis, Cherry. 2000. *The Dating Game: One Man's Search for the Age of the Earth*. Κέιμπριτζ: Cambridge University Press.
- Lyell, Charles. 1830-33. *Principles of Geology: Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface by Reference to Causes now in Operation*. 3 τόμοι. Εισαγωγή Martin J. S. Rudwick. Ανατ., Σικάγο: University of Chicago Press, 1990-91.
- Oldroyd, David. 1996. *Thinking about the Earth: A History of Geological Ideas*. Λονδίνο: Athlone.
- Porter, Roy. 1977. *The Making of Geology: The Earth Sciences in Britain, 1660-1815*. Κέιμπριτζ: Cambridge University Press.
- Rappaport, Rhoda. 1997. *When Geologists Were Historians, 1665-1750*. Ίθακα: Cornell University Press.
- Roger, Jacques. 1997. *Buffon: A Life in Natural History*. Translated by S. L. Bonnefoi. Ίθακα: Cornell University Press.
- Rossi, Paolo. 1984. *The Dark Abyss of Time: The History of the Earth and the History of Nations from Hooke to Vico*. Σικάγο: University of Chicago Press.
- Rudwick, Martin J. S. 1976. *The Meaning of Fossils: Episodes in the History of Paleontology*. Νέα Υόρκη: Science History Publications.
- . 1985. *The Great Devonian Controversy: The Shaping of Scientific Knowledge among Gently Specialized Specialists*. Σικάγο: University of Chicago Press.
- Schneer, Cecil J. (επιμ.). 1969. *Toward a History of Geology*. Κέιμπριτζ Μασσ.: MIT Press.
- Secord, James A. 1986. *Controversy in Victorian Geology: The Cambrian-Silurian Debate*. Πρίνστον: Princeton University Press.
- Wilson, Leonard G. 1972. *Charles Lyell: The Years to 1841: The Revolution in Geology*. Νιου Χέιβεν: Yale University Press.