

ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

Γεωεπιστήμες, η εξέλιξη των ιδεών.

Ζούμε σε μια ιδιαίτερη εποχή με μεγάλα επιστημονικά άλματα και συσσώρευση γνώσης, όπου πολλές νέες επιστημονικές απόψεις διατυπώνονται σε ολόκληρο το φάσμα των φυσικών επιστημών. Οι αρχικές όμως ιδέες της ερμηνείας της φύσης βρισκόταν καλυμμένες είτε στο μύθο, είτε σε εμβρυακή μορφή στην αρχαιοελληνική σκέψη, στους διανοητές της Αναγέννησης, του Διαφωτισμού και κυρίως στους θεμελιωτές της σύγχρονης επιστήμης. Για το λόγο αυτό στη συνέχεια σκιαγραφείται μια σύντομη και περιληπτική ιστορική διαδρομή για την εξέλιξη των ιδεών στο χώρο των γεωεπιστημών.

Γη στα κείμενα της αρχαίας ελληνικής γραμματείας σήμαινε το έδαφος, το χώμα αλλά και το σύνολο, τη Γη ως πλανήτη. Το ίδιο σημαίνει και στη νεοελληνική μας γλώσσα. Αρκετές γεωλογικές έννοιες και εμβρυακές γνώσεις για τη Γη και τις λειτουργίες της έχουν την αρχή τους στους λεγόμενους προσωκρατικούς φιλοσόφους: Θαλή, Ηράκλειτο, Αναξίμανδρο, Λεύκιππο και Δημόκριτο, καθώς επίσης στον Αριστοτέλη, το Θεόφραστο, τον Επίκουρο, τον Ξενοφάνη, το Στράβωνα, τον Πλίνιο και πολλούς άλλους πρωτοπόρους της ανθρώπινης σκέψης. Η συστηματική όμως μελέτη και η αποσαφήνιση πολλών λειτουργιών της Γης ξεκίνησε ουσιαστικά στα τέλη του 18^{ου} και κυρίως κατά τον 19ο αιώνα, ενώ μια λογική αντίληψη και ενιαία άποψη για το σύνολο των γεωλογικών φαινομένων εμφανίστηκε μόλις στα μέσα του 20ου αιώνα. Ως τα παλαιότερα γνωστά βιβλία «γεωλογίας» θα μπορούσαν να θεωρηθούν το «*Περί Λίθων*» του μαθητή και συνεργάτη του Αριστοτέλη Θεόφραστου (372-287 π. Χ.), το «*Περί Γης*» του Απολλόδωρου (180 -110 π. Χ.) και τα 5 από τα 37 βιβλία της «*Φυσικής Ιστορίας - Naturalis Historia*» του Πλίνιου του πρεσβύτερου (Gaius Plinius Secundus 23-79 μ. Χ.)

Η ίδια η λέξη *Γεωλογία*, που χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Ντελούκ (Jean-André Deluc) το 1778, προκύπτει από τις ελληνικές λέξεις *γαία* ή *γέα* και *λόγος* (γνώση της γης) και χρησιμοποιείται σήμερα διεθνώς για να περιγράψει την επιστήμη που μελετά τη Γη (Geology). Η γεωλογία ψάχνει

τα ελάχιστα ίχνη, τις πληροφορίες που κρύβουν τα πετρώματα, εκμεταλλεύομενη πάντα τις δυνατότητες της τεχνολογίας. Τα ίχνη της φύσης είναι συνήθως συγκαλυμμένα, καλά κρυμμένα που ερμηνεύονται δύσκολα και η προσπάθεια ανασύνθεσης του γεωλογικού χρονικού μοιάζει με την συμπλήρωση ενός μεγάλου πάζλ, από το οποίο λείπουν τα περισσότερα κομμάτια. Μερικές φορές μάλιστα είναι ελλιπή και ανακατεμένα κομμάτια από πολλά και διαφορετικά πάζλ. Γι' αυτό συχνά όταν ανακαλύπτεται ένα νέο κομμάτι του πάζλ, όταν δηλαδή προκύψουν νέα στοιχεία, συμπληρώνεται ή αλλάζει και η ερμηνεία.

Η Βιολογία (βίος = ζωή και λόγος), η επιστήμη που μελετά το φαινόμενο της ζωής εμφανίστηκε στο προσκήνιο της ιστορίας της επιστήμης, ως ξεχωριστός κλάδος, μετά τη ραγδαία ανάπτυξη της Φυσικής, της Χημείας και της Γεωλογίας. Αναμφίβολα όμως τα θεμέλια της βιολογίας έθεσαν ο Αριστοτέλης, ο Θεόφραστος, ο Ιπποκράτης και ιδιαίτερα ο Γαληνός (2^{ος} αιώνας μ. Χ.). Ο όρος Βιολογία εμφανίστηκε στη ανατολή του 19^{ου} αιώνα, στα γραπτά του Lamarck και των Karl Burdach και G. Reinhold (1800-1802). Η ιστορική της πορεία είναι παράλληλη με εκείνη της γεωλογίας, αλλά οι μέθοδοι και τεχνικές των δύο επιστημών σταδιακά διαχωρίστηκαν και είναι εντελώς διαφορετικές σήμερα, γι' αυτό και τις διαφοροποιούν ως ανεξάρτητες επιστήμες. Και οι δύο επιστήμες μελετούν δύο πολύ σημαντικά τμήματα του αισθητού φυσικού μας κόσμου και προσπαθούν να κατανοήσουν την πολυπλοκότητα του.

Η γενικότερη ιδέα της «Φύσης» είναι θεμελιώδης στην αρχαία ελληνική φιλοσοφία. Φύση είναι αυτό που αντιλαμβανόμαστε γύρω μας, είναι ένα αδιάρρηκτο σύνολο, «...το όλον τούτο κόσμος...» κατά τον Πλάτωνα, αλλά είναι και κάτι παραπάνω από την πραγματικότητα που αντιλαμβάνονται οι αισθήσεις μας, είναι έννοια πολυσημαντη, είναι αυτό που αναζητά η φιλοσοφία και η επιστήμη πέρα από το φαινομενικό. Κεντρικό σημείο αναζήτησης της ελληνικής φιλοσοφίας παραμένει η ουσία της πραγματικότητας. «...ουσία αρχή τις και αιτία...» κατά τον Αριστοτέλη. «Φύσις αυτάρκης» σύμφωνα με τον Δημόκριτο. Η φύση ως πολύπλευρη έννοια και ουσία, περιλαμβάνει μια άλλη σημαντική διάσταση, την κίνηση και την μεταβολή, «...φύσις όθεν η κινήσις...» και το «...πρώτον κινούν...» αποφαίνεται ο Αριστοτέλης. «Η ουσία αναδέχεται τας μεταβολάς πάσας»

σύμφωνα με τους Στωϊκούς. Είναι αιώνια : «...ην αεί και έστιν και έσται πυρ αείζων» δεν δημιουργήθηκε, ήταν πάντα, είναι και θα είναι κατά τον Ηράκλειτο, «...Κόσμον τόνδε ούτε τις θεών τούτε ανθρώπων εποίησεν,.....», αφού κανείς δεν την δημιούργησε. Ο Ευριπίδης την αποκαλεί «*αθάνατη φύση*». Είναι «...*Άφθαρευς και μακαρία φύσις...*» κατά τον Επίκουρο. Τέλος, η φύση είναι ολότητα. Όλα τα φυσικά πράγματα και φαινόμενα νοούνται ως σύνολο, σε όλες τις αποχρώσεις της ελληνικής φιλοσοφίας, είτε συμφωνούν μεταξύ τους είτε είναι διαμετρικά αντίθετες και ανταγωνιστικές. Όλα τα όντα, γεγονότα και φαινόμενα που διέπουν τις σχέσεις τους είναι στενά συνδεδεμένα, αλληλοεξαρτώμενα και αλληλοεπηραζόμενα, είναι μια αδιάρρηκτη ενότητα. «*Έν πάντα είναι...*» κατά τον Ηράκλειτο, ο οποίος πρώτος από τους φυσικούς φιλοσόφους συλλαμβάνει την έννοια της **Ενότητας** και της **Ολότητας**. Γενικά, στο ξεκίνημα της η φιλοσοφία με τους Ίωνες και ειδικότερα με το Θαλή ξεκινά με την υπόθεση της θεμελιώδους ενότητας όλων των υλικών πραγμάτων, η οποία βρίσκεται πέρα από τη φαινομενική τους ανομοιότητα. «*Τίποτα δεν υπερβαίνει την υπέρτατη φύση*».

«*Η φύση και η διδαχή παραπλήσιον εστί. Και γαρ η διδαχή μεταρυσμοι τον άνθρωπο, μεταρυσμούσα φυσιοποιεί*» κατά το Δημόκριτο, δηλαδή η φύση και η μάθηση (με το λόγο) μοιάζουν μεταξύ τους, γιατί η μάθηση μεταμορφώνει τον άνθρωπο, όπως και η ίδια η φύση μεταμορφώνεται συνεχώς, και μεταμορφώνοντας τον άνθρωπο του δημιουργεί μια δεύτερη φύση.

Η ανάγκη δημιουργεί τα πάντα, «*Πάντα τε κατ' ανάγκη γίνεσθαι, της δίνης αιτίας ούσης της γενέσεως πάντων, ην ανάγκην λέγει*» πίστευε ο Δημόκριτος σύμφωνα με το Διογένη το Λαέρτιο, όλα συντελούνται στη φύση με αναγκαίο τρόπο και η αιτία όλων των πραγμάτων είναι η δίνη που ονομάζεται *ανάγκη*. Στη σύνδεση με το πρόβλημα της αναγκαιότητας και αιτιότητας ο Δημόκριτος τόνισε με έμφαση και έναν άλλο σημαντικό παράγοντα που συμβάλλει στις αλλαγές της φύσης, το *τυχαίο*, όχι φυσικά με την έννοια του αναίτιου, αλλά με εκείνην της έλλειψης σκοπιμότητας. Τύχη και αναγκαιότητα κινούν τα φαινόμενα αυτού του κόσμου κατά το Δημόκριτο.

Θεωρούμε την αρχαιοελληνική φιλοσοφία ως τον σπόρο της μετέπειτα φιλοσοφικής και επιστημονικής σκέψης, το εκπληκτικό όμως είναι ότι πολλές φορές περιέχει τελικά και συνοπτικά συμπεράσματα, στα οποία φτάνουμε με

τα σύγχρονα επιστημονικά δεδομένα. Οι μεγάλες, πρωταρχικές και θεμελιώδεις ιδέες της ελληνικής φιλοσοφίας για την αισθητότητα της φύσης και της διαφορετικής διεισδυτικότητας της γνώσης (=λόγος) μέσα από αυτήν, της αιωνιότητας, κινητικότητας, μεταβλητότητας, ολότητας και γενικά της φυσιοκρατικής αντίληψης, συνεχίζουν να απασχολούν και να προβληματίζουν την σύγχρονη σκέψη. Η συμβολή της σύγχρονης επιστήμης στον αντίστοιχο προβληματισμό είναι σημαντική και ουσιαστική. Η Γη στο σύνολο της είναι το άμεσο σε μας μεγάλο κομμάτι της φύσης, που θα επιχειρήσουμε να προσεγγίσουμε στο κύκλο των ίδιων προβληματισμών με τα διαχρονικά και πρόσφατα επιστημονικά συμπεράσματα γι' αυτήν.

Η μελέτη και ερμηνεία της φύσης έγινε διαχρονικά μέσα από το μύθο, τη θρησκευτική αντίληψη, τη φιλοσοφία, τη δογματική ενιαία μετα-αριστοτελική «επιστήμη» και την κατακερματισμένη σε κλάδους και εξειδικεύσεις σύγχρονη επιστήμη. Η πορεία αυτή περιλάμβανε συγκρούσεις, ρήξεις, απώλειες αλλά και σημαντικά κέρδη. Η μαγεία του μύθου χάθηκε στα μονοπάτια της ορθολογικότερης αναζήτησης της φιλοσοφίας. Ήταν όμως μια απαραίτητη ρήξη για να μπορέσει να ελευθερωθεί και να προχωρήσει η ανθρώπινη σκέψη. Η ολιστική αντίληψη της φιλοσοφίας για τη φύση χάθηκε επίσης στη βικτωριανή κατακερματισμένη επιστήμη του 19^{ου} αιώνα στην αρχή με το χωρισμό σε βασικές επιστήμες σπουδής της φύσης, όπως Κοσμογραφία, Φυσική, Χημεία, Γεωλογία και Βιολογία και σχεδόν εξαφανίστηκε στην τεχνοκρατική αντίληψη της εξειδίκευσης και υπερεξειδίκευσης του 20^{ου} αιώνα. Η επιστήμη ξεπέρασε τη φιλοσοφία με τη λογική πείραμα-απόδειξη,. Στα πρώτα όμως βήματα της σύγχρονης επιστήμης συμβάδιζε με τη φιλοσοφία και ήταν πολύ συνηθισμένα τα επιστημονικά συγγράμματα με τίτλους «Φυσική Φιλοσοφία», όπως για παράδειγμα οι «Φιλοσοφικές Ερωτήσεις» του Νεύτωνα («*Questiones Philosophicae*» -1664), η «*Institutiones Philosophiae Experimentalis*» του φυσικομαθηματικού Βολφ (Christian Wolf 1675-1754), η «*Philosophia Botanica*» (1747) του Κάρολου Λινναίου και η «*Philosophie Zoologique*» (1809) του Λαμάρκ.

Από το σημερινό επιστημονικό κόσμο των θετικών επιστημών (Sciences) και κυρίως των τεχνοκρατών, φαίνεται να έχει εξοστρακισθεί η λέξη «φιλοσοφία». Όσοι όμως προσπαθούν με την εξειδικευμένη έρευνα τους να εμβαθύνουν στην ουσία της φύσης, μοιραία κινούνται σε φιλοσοφικούς

χώρους. Το 1926 ο μεγάλος φυσικός Χάιζενμπεργκ (Werner Karl Heisenberg 1901-1975) αναρωτιόταν ότι «...είναι απορίας άξιο πόσο συχνά αναδύονται μπροστά μας ιδέες από την κλασική φιλοσοφία, ακόμη και αν μελετάμε κβαντομηχανική». Ο ίδιος καταπιάστηκε με φιλοσοφικά προβλήματα από τη σκοπιά της μικροφυσικής και ιδιαίτερα με το μεγάλο πρόβλημα της κλασικής φιλοσοφίας του μέρους και του όλου.

Ήταν και είναι απαραίτητη η επιστημονική εξειδίκευση για την κατανόηση της φύσης, κυρίως για να υπηρετήσει την τεχνολογία και τις οικονομικές και κοινωνικές ανάγκες, αλλά εξίσου αναγκαία είναι η φιλοσοφική ολιστική αντίληψη για την ουσιαστική αναζήτηση της φύσης των πραγμάτων. Το πρόβλημα, αν η μελέτη της φύσης είναι αυτοσκοπός ή στοχεύει στην πρακτική χρησιμότητα, τέθηκε επίσης νωρίς και αποτέλεσε αντικείμενο διχογνωμιών.

Τη Γη τη μελετά στη λεπτομέρειά της η σύγχρονη επιστήμη για περισσότερο από 200 χρόνια, αλλά μόλις πρόσφατα δόθηκε η δυνατότητα να τη δούμε από το διάστημα συνολικά χωρίς τις λεπτομέρειες της. Αυτό μας έκανε να ξανασκεφτούμε και με τα νέα επιστημονικά δεδομένα πλέον να την επανεκτιμήσουμε ως σύνολο, παραλείποντας τις λεπτομέρειες. Η ομορφιά του συνόλου είναι η ουσία της επιστήμης, της τέχνης και της φιλοσοφίας.

Τα σημερινά επίπεδα της γνώσης, του όγκου των πληροφοριών, τα μεγάλα βάθη των επιστημονικών εξειδικεύσεων δεν επιτρέπουν σε κανένα εγκέφαλο, όσο ευφυής και αν είναι, να συνθέσει τις επιμέρους γνώσεις, να ξεχωρίσει τις αντιφάσεις τους και να απορρίψει τις πλάνες τους. Στις σημερινές συνθήκες η επιστημονική γνώση διπλασιάζεται κάθε χρόνο. Βρισκόμαστε χρονικά στο ξεκίνημα της ηλεκτρονικής επανάστασης, της πληροφορικής. Σήμερα, ίσως περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη «στιγμή» της ιστορικής μας εξέλιξης, αντιλαμβανόμαστε ότι μέσα από την αυξανόμενη γνώση μας, σε πλάτος και βάθος, κατανοούμε ότι διαθέτουμε μάλλον περιορισμένη αντίληψη των πραγμάτων και φαινομένων. Ξανανακαλύπτουμε το σωκρατικό «εν οίδα ότι ουδέν οίδα», όχι με την κατά λέξη στενή μετάφραση του «... τίποτα δεν γνωρίζω...», αλλά με την ευρύτερη έννοια ότι με την αποκτηθείσα γνώση κατανοούμε καλύτερα την άγνοια μας για πολλά πράγματα, την μικρότητα μας, τα όρια και τις δυνατότητές μας. Αντίστοιχη σκέψη διατύπωσε ο Δημόκριτος, όταν εξέφραζε την άποψη, ότι την

πραγματικότητα δεν την γνωρίζουμε, γιατί η αλήθεια είναι βαθειά κρυμμένη, «ετη δε ουδέν ιδμεν, εν βυθώ γαρ η αλήθεια» και άρα δύσκολα προσεγγίζεται. Ανάλογη είναι η σοφή φράση του Πολωνού Αστρονόμου Κοπέρνικου (Nikolaus Copernicus 1473-1543): «*To know that we know what we know, and to know that we do not know what we do not know, that is true knowledge*», δηλαδή το να αντιλαμβανόμαστε αυτό που γνωρίζουμε, καθώς επίσης να έχουμε ακριβή αντίληψη ότι δεν γνωρίζουμε αυτό που δεν γνωρίζουμε, αυτό είναι πραγματική γνώση. Πιο ποιητικά ο γιατρός, φιλόσοφος και γεωλόγος του 17ου αιώνα Στένο (N. Steno 1638-1686) σημειώνει «*Beautiful is what we see, more beautiful is what we understand, most beautiful is what we do not comprehend*», ωραίο (όμορφο, θαυμάσιο) είναι κάτι που βλέπουμε, πιο ωραίο είναι εκείνο που καταλαβαίνουμε, ενώ πολύ πιο ωραίο είναι εκείνο που δεν κατανοούμε.

Το ξεκίνημα των Γεωεπιστημών

Η ιστορική διαδρομή της Γεωλογίας, Γεωγραφίας και της Βιολογίας, που συστηματικά μελετούν τη Φύση και ειδικότερα τη Γη, τη Ζωή και την πολυπλοκότητα τους, ήταν αρχικά κοινή.

Η γεωλογία και γενικότερα οι επιστήμες της Γης έχουν τις ρίζες τους στις συσσωρευμένες εμπειρικές γνώσεις εκμετάλλευσης πρώτων υλών από το υπέδαφος, από τη νεολιθική και την εποχή του χαλκού ακόμη. Οι ανάγκες για δομικά πετρώματα, ορυκτά, μεταλλεύματα και πρώτες ύλες γενικά ήταν αυτές που ώθησαν τον άνθρωπο, από τη λίθινη εποχή μέχρι και σήμερα, να διερευνήσει το γήινο φλοιό πάνω στον οποίο ζει. Άλλωστε η ανάπτυξη όλων των πρώιμων πολιτισμών στηρίχθηκε στην κατοχή, στη γνώση αναζήτησης, εξόρυξης και επεξεργασίας μεταλλευτικών πρώτων υλών όπως οψιδιανού (γνωστού και ως οψιανού), είδος ηφαιστειακού γυαλιού για την κατασκευή εργαλείων, χαλκού και των διάφορων μιγμάτων του, ορείχαλκου, σιδήρου, χρυσού. Στην εποχή του Χαλκού (ή Ορείχαλκου) οι άνθρωποι έμαθαν να χρησιμοποιούν το σχετικά εύπλαστο αυτό υλικό, το ασήμι και το χρυσό, που τα έβρισκαν ως αυτοφυή μέταλλα ή κυρίως ως μεταλλεύματα κρυμμένα μέσα στη γη. Επίσης αναζητούσαν και χρησιμοποιούσαν πολύτιμους και ημιπολύτιμους λίθους. Οι «γεωλογικές» και μεταλλοτεχνικές

γνώσεις και τεχνικές από την εποχή του χαλκού τουλάχιστον, κατά κανόνα εμπειρικές και προφορικά μεταδιδόμενες, θα πρέπει να ήταν λεπτομερείς, αρκετά εξειδικευμένες και πολύ σημαντικές, που δυστυχώς όμως δεν καταγράφηκαν και δεν διαθέτουμε σήμερα στοιχεία για να τις εκτιμήσουμε.

Πολύ σημαντικό ιστορικό, τεχνικό και οικονομικό γεγονός ήταν η ανακάλυψη του τρόπου κατασκευής ορείχαλκου ως κράμα χαλκού και κασσίτερου. Οι σύγχρονες μελέτες για μεταλλεία, όπως για παράδειγμα το Λαύριο της κλασικής και ελληνοιστικής αρχαιότητας, δείχνουν υψηλό βαθμό γνώσεων «κοιτασματολογίας» και τεχνικής εξορύξεων. Γνωρίζουμε ότι ήδη κατά την πρώτη χιλιετία π. Χ. υπήρχαν ειδικοί «πετρογνώστες», ενώ ο Πλάτων αναφέρεται στους *λιθολόγους*.

Γενικευμένες γνώσεις και απόψεις για γεωμορφολογικά, γεωλογικά φαινόμενα και σεισμούς βρίσκουμε διάσπαρτες στην ελληνική γραμματεία, από τον Όμηρο, τον Ησίοδο και τον ιστορικό Ηρόδοτο (Ηρόδοτος ο Αλικαρνασσεύς 485-425 π.Χ.). Εντυπωσιακή είναι η περιγραφή από τον Ηρόδοτο της γεωμορφολογικής δομής της Θεσσαλίας με ενδιαφέροντα γεωλογικά στοιχεία: «... την δε Θεσσαλίην λόγος εστί το παλαιόν είναι λίμνην...» αναφερόμενος σε έγκυρη προφορική μετάδοση γνώσης, «τους ποταμούς τούτους... ρέοντας δε ποιέειν την Θεσσαλίην πάσαν πέλαγος...» (τα ποτάμια έκαναν την Θεσσαλία λίμνη). Ιδιαίτερα σημαντική είναι η εξήγηση που δίνει για τη διάνοιξη της κοιλάδας των Τεμπών και τη διέξοδο του Πηνειού ποταμού προς το Αιγαίο, ότι είναι έργο του σεισμικών γεγονότων «... . δι' ου ρέει ο Πηνειός.. εστι γάρ σεισμού έργον, ως εμοί εφάινετο είναι, η διάστασις των ορέων». Στη δημιουργία των Τεμπών με «ρήγματα» και σεισμούς αναφέρεται και ο Στράβωνας πολύ αργότερα (1^{ος} αιώνας μ. Χ.). Η περιγραφή αυτή, αν και πολύ γενική, βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με τα σύγχρονα γεωλογικά συμπεράσματα για την εξέλιξη της Θεσσαλίας και ιδιαίτερα για τις τεκτονικές-σεισμικές διεργασίες της διάνοιξης της κοιλάδας των Τεμπών. Η φράση μάλιστα του Ηρόδοτου «... μου φαίνεται ότι η διάνοιξη (και ανύψωση) των βουνών είναι έργο σεισμού...» επαναδιατυπώνεται σχεδόν παρόμοια 2.400 χρόνια αργότερα από ένα συστηματικό μελετητή της γεωμορφολογίας και γεωλογίας της περιοχής Γιούτα (Utah) των Η.Π.Α., του Γκίλμπερτ (Grove K. Gilbert 1843-1918) μόλις τη δεκαετία του 1890 και εξειδικεύεται αργότερα

(1928) με τον όρο *τεκτονικό πρανές*, δηλαδή το τμήμα της πλαγιάς ενός βουνού που δημιουργείται από αλληπάλληλους σεισμούς.

Ο Ηρόδοτος μίλησε και για τη σταδιακή απόθεση ιζηματογενών υλικών στο δέλτα του Νείλου, όπου εμφατικά τονίζει ότι αυτή η διαδικασία γίνεται σε πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα, χιλιάδων χρόνων. Από πολλούς γεωλόγους ερευνητές και ιστορικούς της επιστήμης, οι παρατηρήσεις, η περιγραφή και κυρίως η ερμηνεία του φαινομένου της δημιουργίας των Δέλτα των ποταμών από τον Ηρόδοτο, θεωρούνται από τις πρώτες διεθνώς έγκυρες γεωλογικές αναφορές.

Ο πρώτος γνωστός ποιητής και φιλόσοφος που με μεθοδικότητα και εντυπωσιακές γεωλογικές παρατηρήσεις εξάγει συμπεράσματα για τα γεωλογικά στρώματα, τον τρόπο δημιουργίας τους και την εξέλιξή τους είναι ο Ξενοφάνης ο Κολοφώνιος (570-475 π. Χ.). Η άποψη του Ξενοφάνη ότι περιοχές της ξηράς ήταν κάποτε θάλασσα «... ο δε Ξενοφάνης μίξιν της γης προς την θάλασσαν γίνεσθαι δοκεί και τω χρόνω υπό του υγρού λύεσθαι...» είναι επιστημονικά τεκμηριωμένη σήμερα. Γι' αυτή του την άποψη είχε αποδείξεις «... φάσκων τοιαύτας έχειν αποδείξεις..» από Σικελία, Μάλτα και Πάρο : «... και εν Συρακούσαις δε εν τοις λατομίαις λέγει ευρήσθαι τύπον ιχθύος και φυκων...», στα λατομεία των Συρακουσών βρίσκουν ψάρια και φύκη, «... εν δε Πάρω τόπον δάφνης εν τω βάθει του λίθου..», ενώ στην Πάρο βρίσκονται φύλα δάφνης βαθιά μέσα στις πέτρες. Στη συνέχεια περιγράφει απλά την απολίθωση, την εναλλαγή θάλασσας ξηράς και την επαναλαμβανόμενη γεωλογική διαδικασία «... και ταύτην πασι τοις κόσμιοις γίνεσθαι καταβολήν (μεταβολή)...». Περιγράφει επίσης τα σπήλαια, την κατείσδυση του νερού, τον τρόπο σπηλαιογένεσης, αλλά ταυτόχρονα θέτει όρια στην ανθρώπινη γνώση τονίζοντας ότι κανένας άνθρωπος δεν γνωρίζει πλήρως ούτε θα μάθει την φύση των θεϊκών πραγμάτων, διότι σε καθένα από τα πράγματα και στο σύμπαν υπάρχει η φαινομενικότητα.

Ο στοχασμός του Ξενοφάνη ανάβρυζε μέσα από τα ποιήματά του και ο θεός του ήταν «ο πόνος του νου» στην προσπάθεια να κατανοήσει το φυσικό κόσμο και να συλλάβει τις αρχές της λειτουργίας του. Έτσι ένας ποιητής από τον Κολοφώνα της Ιωνίας, που έζησε κυρίως στη Μεγάλη Ελλάδα (Σικελία), συμπεριέλαβε στα ποιήματα και τις ραψωδίες τους τις πιο εύστοχες

γεωλογικές παρατηρήσεις, όσες τουλάχιστον διασώζονται και γνωρίζουμε και δεν διαχώρισε την αγάπη του για τα γεωλογικά φαινόμενα από την ποίηση.

Αν και στον Πλάτωνα (428/27-348/47 π. Χ.) δεν μπορούμε να αποδώσουμε σαφείς περιγραφές και εξηγήσεις για τα φυσικά φαινόμενα, γιατί ασχολήθηκε κυρίως με άλλες περιοχές της ανθρώπινης σκέψης, παρ' όλα αυτά στο διάλογό του «Κριτίας», αναφερόμενος στην ιστορία της Αττικής, μεταξύ άλλων γράφει: «*Το μέρος της Ακρόπολης δεν ήταν τότε όπως τώρα. Κάποτε έτυχε να πέσει, νύχτα, ασυνήθιστα δυνατή βροχή, που έγδαρε ολόγυρα το χώμα και την άφησε γυμνή. Έγιναν ακόμα σεισμοί και έπεσε κι άλλη ασυνήθιστη βροχή...*». Δηλαδή μια στοιχειώδης προσέγγιση της τεκτονικής διεργασίας, όπως θα λέγαμε σήμερα και της διάβρωσης των πετρωμάτων. Ο πιο συστηματικός μελετητής γεωλογικών φαινομένων αναδεικνύεται ο καταγόμενος από την Αμάσεια του Πόντου γεωγράφος Στράβωνας (64/63 π.Χ. - 23; μ.Χ.). Δεν πρέπει να ξεχνάμε και τον μαθηματικό Ερατοσθένη και το υψηλό επίπεδο της αλεξανδρινής επιστήμης, που κατόρθωσε με εντυπωσιακή ακρίβεια να μετρήσει τις διαστάσεις της Γης.

Αργότερα, διάσπαρτες γεωλογικές παρατηρήσεις και γνώσεις βρίσκονται στις συστηματικές παρατηρήσεις φυσιολατρών, παρατηρητών και συλλεκτών πετρωμάτων και ορυκτών και κυρίως στους διανοητές της μετά την Αναγέννηση εποχής. Σημαντικοί σταθμοί πρωτοποριακής σκέψης αποτελούν οι απόψεις μερικών διανοητών, ερευνητών και ανήσυχων ανθρώπων. Στη συνέχεια γίνεται προσπάθεια να επισημανθούν και να τονιστούν ορισμένες από αυτές τις απόψεις, που συνέβαλαν στην κατανόηση του γεωλογικού κόσμου. Ο φημισμένος Ιταλός καλλιτέχνης και εφευρέτης Leonardo da Vinci (1452-1519) για παράδειγμα, παρατηρώντας υπολείμματα θαλάσσιων οργανισμών ακόμα και πάνω στα βουνά καταγράφει στα σημειωματάρια του ότι «*πάνω από τις πεδιάδες της Ιταλίας όπου σήμερα πετούνε σμήνη πουλιών, κολυμπούσαν κάποτε κοπάδια από ψάρια*». Έκανε δηλαδή τη σωστή εκτίμηση, όπως και ο Ξενοφάνης ο Κολοφώνιος στη Σικελία τον 6^ο π. Χ. αιώνα, ότι οι περιοχές εκείνες της στεριάς της Τοσκάνης αποτελούσαν κάποτε τμήμα του βυθού της θάλασσας. Ήταν επίσης αυτός ο μεγάλος ιδιοφυής διανοητής, που συνειδητοποίησε ότι η Γη πρέπει να έχει μια μεγάλη ιστορία, να αποτελεί μια ενότητα και να έχει μια ζωντάνια. Ο Γερμανός φυσιοδίφης γνωστός με το όνομα Αγκρίκολα (Agricola 1494-1555) υπήρξε

από τους πρώτους που θεμελίωσαν την παρατήρηση, αποφεύγοντας τις θεωρητικές αναζητήσεις. Στο έργο του «Περί μεταλλειολογίας» ταξινομεί συστηματικά τα ορυκτά με βάση τις ιδιότητές τους και περιγράφει μεθόδους εξόρυξης μεταλλευμάτων. Ταξινόμησε δηλαδή για πρακτικούς κυρίως λόγους τα πετρώματα και ορυκτά, κατά τη φεουδαρχική εποχή της Ευρώπης, κατά την οποία αυξήθηκε η ζήτηση για δομικά και διακοσμητικά υλικά για κατασκευή και διακόσμηση παλατιών, ναών και μεγάρων και ιδιαίτερα πολύτιμων λίθων. Πέρα από την πρακτική ταξινόμηση προχώρησε και σε βαθύτερες σκέψεις ερμηνείας για τη δημιουργία των φλεβικών μεταλλευμάτων από τα διαλυμένα άλατα των υπόγειων νερών, των «χυμών της γης» όπως πολλές φορές διατύπωνε στα γραπτά του.

Γιατί από το τέλος της αρχαιότητας μέχρι την αναγέννηση δεν είχαμε ουσιαστικά αντίστοιχους προβληματισμούς για τη φύση; Είναι πραγματικά ένα πρόβλημα που εξετάζεται στο πλαίσιο της ιστορίας και της κοινωνιολογίας. Η απάντηση ίσως να βρίσκεται στον τρόπο παραγωγής και στο πρότυπο διαβίωσης, που κυριαρχούσε στην Ευρώπη. Ένας κατά βάση αγροτικός τρόπος ζωής, χωρίς ουσιαστικές αλλαγές, σχεδόν αμετάβλητος για πολλές εκατονταετίες, με τις παγιωμένες ιδεολογίες του, τις ιεραρχίες του και το αυστηρό θρησκευτικό πλαίσιο, που δεν επέτρεπε αμφισβητήσεις.

Η περίοδος της Αναγέννησης στην Ευρώπη υπήρξε μια λαμπρή εποχή μεγάλων εξερευνήσεων, οικονομικής άνθησης, κοινωνικών, πολιτικών και πνευματικών αλλαγών. Όλα αυτά μαζί άλλαξαν δραματικά τις αντιλήψεις για τον κόσμο και ιδιαίτερα για τη Γη και δημιούργησαν μια νέα πραγματικότητα. Εκτός από το κυρίαρχο στοιχείο του κέρδους και της αποικιοκρατικής πολιτικής των Ευρωπαίων, οι εξερευνήσεις έφεραν πλήθος νέων στοιχείων για άλλους λαούς, φυτά, ζώα, πετρώματα, κλίματα. Το 1550 ο Ολλανδός Γκεράντος Μερκάτορ (G. Mercator) επινόησε μια νέα μέθοδο για την απεικόνιση της καμπύλης επιφάνειας της Γης σε επίπεδο χάρτη, τη γνωστή μας σήμερα *μερκατορική προβολή*. Κατέστη δυνατή μ' αυτό τον τρόπο η πλήρης απεικόνιση της επιφάνειας του πλανήτη μας για πρώτη φορά. Στη συνέχεια πολλοί άλλοι επινόησαν διάφορες προβολές απεικόνισης της επιφάνειας της Γης και νέες τεχνικές χαρτογράφησης. Αυτό που είναι σήμερα κτήμα όλων μας, ο παγκόσμιος χάρτης, που υπάρχει σε κάθε σχολείο, και τον θεωρούμε αυτονόητο, υπήρξε μια μεγάλη συλλογική ανακάλυψη και ένα

τεράστιο βήμα για την αντίληψη του κόσμου μας, αν και το αρχικό κίνητρο ήταν η διευκόλυνση των υπερπόντιων ταξιδιών, ναυτικών, εμπόρων, τυχοδιωκτών και στρατιωτικών. Την ίδια εποχή ήταν που ο Πολωνός εφημέριος και παθιασμένος αστρονόμος Κοπέρνικος (N. Copernicus 1473-1543) επανέφερε την αρχική ιδέα του Αρίσταρχου του Σάμιου και με τους ακριβέστερους υπολογισμούς του, καθιέρωσε μια άλλη μεγάλη επιστημονική επανάσταση, το ηλιοκεντρικό σύστημα. Η συνέχεια γράφτηκε από το Γαλιλαίο (G. Galileo 1564-1642), το Νεύτωνα (Isaac Newton 1643-1727) και χιλιάδες άλλους επιστήμονες.

Ο μεγάλος Γάλλος φιλόσοφος και μαθηματικός Καρτέσιος (René Descartes, 1586-1650) θεωρούσε ότι η Γη, που στα αρχικά στάδια ήταν σε ρευστή κατάσταση, στη συνέχεια ψύχθηκε με συνέπεια τη δημιουργία ενός ενιαίου φλοιού, ο οποίος έτσι εγκλώβισε νερό και αέρα στο εσωτερικό του. Λόγω των μεγάλων αυτών κενών και του βάρους του, ο φλοιός σε πολλά σημεία έσπασε με αποτέλεσμα να βυθιστούν μεγάλα κομμάτια του και το νερό να βγει στην επιφάνεια σχηματίζοντας ωκεανούς. Τις απόψεις του αυτές ο Καρτέσιος δεν τόλμησε να τις δημοσιεύσει από φόβο προς την επίσημη θέση της Εκκλησίας και τις θρησκευτικές αντιλήψεις για τη γένεση και τη δημιουργία του κόσμου. Συνέχεια αυτών των απόψεων υπήρξε, η «*Θεωρία του εσωτερικού πυρός*» του 17^{ου} αιώνα, του αιδεσιμότατου Κίρχερ (Athanasius Kircher 1601-1680), που διατυπώθηκε στο έργο του «*Ο Υπεδάφιος Κόσμος*» (Mundus Subteteraneus). Ο Kircher μελετώντας μια έκρηξη του Βεζούβιου, διατύπωσε την άποψη για τις θερμές περιοχές του εσωτερικού του πλανήτη και πρότεινε τις διεξόδους του εσωτερικού πυρός προς την επιφάνεια από τα ηφαίστεια καθώς και τη συνεχή μεταβολή στην επιφάνεια του πλανήτη μας με το χρόνο.

Παράλληλα με τις αντιλήψεις που πήγαζαν από την πολύ στενή ερμηνεία των ιερών βιβλίων, αναπτύσσονταν «ορθολογικότερες θεωρίες» στο πλαίσιο της θρησκείας, όπως για παράδειγμα εκείνη του Ιρλανδού αρχιεπισκόπου Τζέιμς Άσερ, (James Ussher, 17^{ος} αιώνας), ο οποίος άθροισε προσεχτικά τις ηλικίες όλων των ανθρώπων που αναφέρονται στην Παλαιά Διαθήκη και ανακοίνωσε το 1650 ότι ο κατακλυσμός του Νώε συνέβη 2349 χρόνια πριν από τη γέννηση του Χριστού, ενώ η πρώτη μέρα της δημιουργίας ήταν μόλις το 4004 π. Χ. Περίπου την ίδια εποχή πολλοί επιστήμονες,

ανήσυχια πνεύματα, αμφισβητούσαν τις επίσημες αντιλήψεις της Εκκλησίας για την ερμηνεία του κόσμου, έστω και αν ήταν «ανανεωμένες». Ο Άγγλος φυσικός, για παράδειγμα, Ρόμπερτ Χουκ (Robert Hooke 1635-1703), μελετούσε τις αργές μεταβολές των πετρωμάτων, τη μετατροπή τους από ένα είδος στο άλλο, τις χημικές μεταβολές των ορυκτών και πρότεινε το λεγόμενο πετρολογικό κύκλο, χωρίς να εισάγει την υπόθεση του κατακλυσμού. Η απλή αυτή θεωρία ήταν πολύ ριζοσπαστική για την εποχή της και όπως συμβαίνει με πολλές πρωτοποριακές απόψεις αγνοήθηκε για πολλά χρόνια, ενώ σήμερα αποτελεί θεμελιώδη αντίληψη, σχεδόν αυτονόητη, για το μετασχηματισμό των πετρωμάτων και τον αέναο διαχρονικό κύκλο τους. Επίσης ο ίδιος παρατήρησε ότι οι σεισμοί ανυψώνουν τμήματα της ξηράς και θεώρησε σωστά ότι αυτή ήταν μία από τις αιτίες δημιουργίας των βουνών.

Στην επιστημονική-φιλοσοφική σκέψη του 18^{ου} αιώνα κυριαρχούσε η αντίληψη «του εσωτερικού πυρός», ότι δηλ. στο εσωτερικό της γήινης σφαίρας βρίσκεται ένας μεγάλος πυρακτωμένος ρευστός πυρήνας και ότι ο φλοιός προήλθε από σταδιακή ψύξη της γήινης σφαίρας. Τέτοιες ιδέες βρίσκουμε στο Γερμανό φιλόσοφο, θεμελιωτή του καθαρού λόγου, Εμμανουήλ Κάντ (Immanuel Kant 1724-1804), στο Γάλλο μαθηματικό και αστρονόμο Πιέρ Σιμόν Λαπλάς (Pierre Simon Laplace 1749-1827) και άλλους. Απόψεις για τις οποίες πολύ αργότερα άρχισαν να διατυπώνονται σοβαρές αντιρρήσεις, όπως εκείνη του Ρώσου ακαδημαϊκού ορυκτολόγου και θεμελιωτή της γεωχημείας Β. Ι. Βερνάντσκι (Vladimir Ivanovich Vernadsky 1863-1945). Ο τελευταίος μαζί με τον Αυστριακό γεωλόγο Έντουαρντ Σουές (Eduard Suess 1831-1914) είναι αυτοί που όρισαν την πιο σημαντική αλλά ιδιαίτερα ασαφή γεώσφαιρα, τη *βιόσφαιρα*, δηλαδή την περιοχή της Γης όπου αναπτύσσεται και εξελίσσεται η ζωή. Το «γεωπερίβλημα» βιόσφαιρα εκτείνεται από τον ανώτατο φλοιό μέχρι την κατώτερη ατμόσφαιρα και περιλαμβάνει ολόκληρη την υδρόσφαιρα, με την ξεχωριστή σημασία της, γιατί η ύλη βρίσκεται και στις τρεις καταστάσεις της, υγρή, στερεή, αέρια. Μέσα σ' αυτό το γεωγραφικό περιβάλλον αναπτύσσονται συνθήκες κατάλληλες για τη ζωή. Η βιόσφαιρα είναι μια μοναδική, ιδιαίτερα περιορισμένη ζώνη, ενός μοναδικού πλανήτη. Όλες οι άλλες περιοχές (γεώσφαιρες του πλανήτη) είναι εξαιρετικά δυσμενείς για τη ζωή, ήταν και παραμένουν αβιοτικές.

Στη Φλωρεντία και στην αυλή των Μεδίκων του 17ου αιώνα, όπου καλλιεργούνταν η τέχνη, η φιλοσοφία και οι επιστήμες, ένας Δανός ο Niels Stensen, γιατρός του Δούκα Φερδινάνδου ΙΙ, γνωστός ως Στένο (Nicolaus Steno, 1638-1686), αποδείχθηκε χαρισματικός ερασιτέχνης γεωλόγος, όταν παρατηρώντας τα στρώματα του εδάφους της Τοσκάνης πείσθηκε ότι από την αρχική απόθεση των υλικών της διάβρωσης (ιζημάτων) σχηματίζονται σταδιακά τα ιζηματογενή πετρώματα, ακολουθώντας μια αλληλουχία οριζόντιων στρωμάτων από το παλαιότερο στο βάθος, προς το νεότερο. Η προσεκτική μελέτη των ιζηματογενών πετρωμάτων μπορεί να αποκαλύπτει την αλληλουχία των γεωιστορικών συμβάντων, προσθέτοντας έτσι την έννοια της ιστορικότητας σε μια φυσική επιστήμη (Ιστορική Γεωλογία). Ο Στένο προσπάθησε και έδωσε ακόμη και στοιχειώδεις εξηγήσεις για τον τρόπο που η αρχική αυτή οριζόντια διάταξη των στρωμάτων μετατρέπεται στο σημερινό ανάγλυφο της επιφάνειας της Γης. Με τέτοιες απλές παρατηρήσεις «προφανών» φαινομένων, με απλούς συλλογισμούς, και εμβρυακούς τρόπους έρευνας τέθηκαν μερικές από τις θεμελιώδεις αρχές της γεωλογικής επιστήμης, που ανέτρεπαν προηγούμενες αυθαίρετες αντιλήψεις, όπως για παράδειγμα ότι όλα τα γεωλογικά στρώματα είναι κατακόρυφα, λόγω της βαρυτικής έλξης! Ο Στένο, ως ανατόμος και «γεωλόγος» έβλεπε αναλογίες στη δομή και λειτουργία του ανθρώπινου σώματος και της Γης και ήταν αυτός που διατύπωσε τις πρώτες σκέψεις για τη ζωντανή Γη. Σήμερα θεωρείται από τους θεμελιωτές της επιστήμης της γεωλογίας.

Πρωτοπόρος σε αυθεντικές και θεμελιώδεις γεωλογικές σκέψεις, ο Nikolaus Steno, σχεδίασε και ανέλυσε τις πρώτες γεωλογικές τομές στην Τοσκάνη και διατύπωσε δύο πολύ βασικές αρχές της στρωματογραφίας, την *αρχή της οριζοντιότητας*, σύμφωνα με την οποία τα ιζηματογενή πετρώματα αποτίθενται οριζόντια και την *αρχή της υπέρθεσης*, δηλαδή τα νεότερα στρώματα αποτίθενται πάνω από τα παλιότερα. Δύο πολύ βασικές αρχές, σχεδόν αυτονόητες σήμερα, προέκυψαν από τη λεπτομερή μελέτη των γεωλογικών στρωμάτων στα περίχωρα της Φλωρεντίας. Έβαλαν μια τάξη στη σύγχυση και το χάος που επικρατούσε μέχρι τότε για τον τρόπο τοποθέτησης των στρωμάτων των πετρωμάτων και άνοιξε νέους δρόμους για την ταξινόμησή τους και κυρίως για το συσχετισμό τους από θέση σε θέση. Στα συμπεράσματα αυτά έφτασε ο Steno συγκριτικά, χρησιμοποιώντας τις βαθιές

του γνώσεις ανατομίας. Σήμερα, αντίστοιχους συσχετισμούς μεταξύ της δομής των φυτών και των γεωσφαιρών επιχειρεί ο εκφραστής της θεωρίας της Γαίας Lovelock, στο τελευταίο του βιβλίο, «Γαία, ιατρική για έναν άρρωστο πλανήτη (*Gaia, medicine for an ailing planet*)».

Αδιαμφισβήτητα οι σκέψεις και το έργο αυτών των διανοητών προετοίμασαν το δρόμο για τη διαμόρφωση και την ανάπτυξη της επιστήμης της Γεωλογίας στο τέλος του 18^{ου} αιώνα. Πάντοτε υπήρχαν παρατηρητικοί φυσιολάτρες που έβλεπαν μέσα σε ορισμένα πετρώματα τα λιθοποιημένα υπολείμματα οργανισμών, αυτά που ονομάζουμε σήμερα *απολιθώματα*, που είχαν μεγάλες ομοιότητες, αλλά και διαφορές, με τα ζώα και τα φυτά που ζούν σήμερα. Συστηματικές όμως και σε επιστημονική βάση παρατηρήσεις και μετρήσεις άρχισαν ουσιαστικά από το μεγάλο Γάλλο φυσιοδίφη και ζωολόγο Κυβιέ, (George Cuvier 1769-1832). Ο Cuvier αναγνώρισε την αληθινή φύση αυτών των μορφωμάτων. Με το έργο του είχε σημαντική συμβολή στην Παλαιοντολογία, ουσιαστικά τη θεμελίωσε ως επιστήμη και εξέφρασε ολοκληρωμένη άποψη για την εξαφάνιση ειδών και την «εξέλιξη», συνδέοντας την όμως με μεγάλα καταστροφικά γεγονότα. Επιστήμονες όπως ο Cuvier, κατά τους 18^ο και 19^ο αιώνες, κινούμενοι μέσα στο φιλοσοφικό πνεύμα της εποχής τους και κάτω από στενές θρησκευτικές και μυθολογικές αντιλήψεις, δεν αντιλήφθηκαν τον ιδιαίτερα αργό τρόπο των γήινων μεταβολών και της εξέλιξης και καθιέρωσαν ουσιαστικά την άποψη του καταστροφισμού. Πολλοί από αυτούς αντέδρασαν αργότερα σθεναρά στις απόψεις του Δαρβίνου. Αλλά ακόμη και σήμερα αντίστοιχες απόψεις βρίσκουν έδαφος αποδοχής και είτε δεν μπορούν τις συνεχείς μεταβολές της εξέλιξης είτε ξαναγουρίζουν σε καταστροφικές θεωρίες .

Ο μεγάλος Σουηδός φυσιοδίφης Κάρολος Λινναίος (Carolus Linnaeus ή Carl Linne 1707-1778) ήταν εκείνος που τοποθέτησε έναν ακόμη σημαντικό θεμελιώδη λίθο στο οικοδόμημα των φυσικών επιστημών. Ο μεγάλος ερευνητής έβαλε μια τάξη στο χάος του ζωικού κόσμου, με τη συστηματική ταξινόμηση σε είδη, γένη, οικογένειες, τάξεις στο έργο του «*Systema Naturae*». Μ' αυτό τον τρόπο έθεσε τις σχέσεις συγγένειας μεταξύ των οργανισμών, χωρίς βέβαια ο ίδιος να τις αποδέχεται. Κάτω από τις θρησκευτικές και φιλοσοφικές αντιλήψεις της εποχής του δεν μπορούσε να

κάνει ένα ακόμη μεγαλύτερο βήμα, αν και έφτασε πολύ κοντά και να δεχθεί αυτό που προέκυπτε από την ταξινόμηση του, δηλαδή τη σταδιακή μεταβολή (εξέλιξη) των οργανισμών. Περιορίστηκε στο να θεωρεί όλους τους οργανισμούς αυθύπαρκτα δημιουργήματα. Ο Λινναίος προσπάθησε να ταξινομήσει και τα ορυκτά, όχι όμως με την ίδια επιτυχία, όπως τα ζώα.

Ένας νομικός και γιατρός, αριστοκράτης της προεπαναστατικής εποχής του 1789, ο Μπουφόν (Georges-Louis Buffon 1707-1788), άνοιξε επαναστατικά μονοπάτια σκέψης για τους επερχόμενους διανοητές με τις αμφισβητήσεις του για τη μικρή ηλικία των 4-6.000 χρόνων της Γης και τη σταθερότητα των οργανισμών. Μίλησε για 75.000 χρόνια των γεωλογικών διεργασιών στο έργο του «Οι εποχές της Φύσεως». Δημοσίευσε ένα ολοκληρωμένο για την εποχή του βιβλίο για τα γεωλογικά φαινόμενα με τίτλο «Θεωρία της Γης» (Theorie de la Terre 1749). Ήταν ένας επαναστάτης στο χώρο της διάνοησης πριν τους μεγάλους κοινωνικούς, πολιτικούς και επιστημονικούς κλυδωνισμούς του 19^{ου} αιώνα. Περίπου την ίδια εποχή και άλλοι επιστήμονες όπως ο Ρώσος φυσικομαθηματικός Λομονοσόφ (M. V. Lomonossov 1711-1765) και ο Γερμανός φιλόσοφος Καντ (E. Kant 1724-1804) με το έργο τους συνέβαλαν στην ανάπτυξη της γεωλογικής γνώσης. Ο Καντ τόνισε ότι η Γη και ολόκληρο το Ηλιακό σύστημα έχουν τη δική τους εξελικτική ιστορία. Ο Lomonossov πολύ νωρίς απέρριπτε την εξαρχής δημιουργία και αμεταβλητότητα των πάντων και θεωρούσε ότι αποφασιστικό ρόλο για το σχηματισμό της όψης της Γης, παίζουν οι εσωτερικές γεωλογικές διεργασίες. Έγραψε για τα «στρώματα της γης», εργάστηκε σε θέματα της διατήρησης ύλης και ενέργειας, ενώ διακαής πόθος και προσπάθεια του ήταν να διατυπώσει τον «καθολικό νόμο της φύσης», ένας στόχος που παραμένει ανέφικτος μέχρι σήμερα.

Δύο μεγάλες θεωρίες στη γεωλογία και αντικρουόμενες σχολές που δημιουργήθηκαν το 18^ο και κυρίως 19^ο αιώνα και έχουν τις ρίζες τους στη διαμάχη της αρχαιότητας, είναι οι θεωρίες του Πλουτωνισμού και του Νεππουνισμού. Πυρ ή ύδωρ είναι το κυρίαρχο στοιχείο του κόσμου; Πώς σχηματίστηκαν τόσα πολλά είδη ορυκτών και πετρωμάτων; Ο πλουτωνισμός (από τον Πλούτωνα, θεό του κάτω κόσμου) δεχόταν σαν κύρια δύναμη διαμόρφωσης του γήινου φλοιού και της δημιουργίας των πετρωμάτων, τις εσωτερικές διεργασίες (εσωτερικόν πυρ), ενώ ο νεππουνισμός ή

ποσειδωνισμός, όπως θα τον μεταφράζαμε στα ελληνικά (από το Neptunus=Ποσειδώνας, θεός του υγρού στοιχείου) υπερτόνιζε το «υδάτινο όν» του εσωτερικού της Γης, τις εξωτερικές διεργασίες, τη διάβρωση και καταστροφή των πετρωμάτων, την απόθεση των υλικών διάβρωσης και τη διαμόρφωση της γήινης επιφάνειας. Ο ιδρυτής και κύριος εκπρόσωπος του νεπτουνισμού ο Γερμανός Αβραάμ Βέρνερ (A. Werner 1750-1817) θεωρούσε ότι όλα τα πετρώματα σχηματίστηκαν, ως αποτέλεσμα αποθέσεων ιζημάτων, στον αρχικό παγκόσμιο ωκεανό. Οι δύο σχολές, που κυριάρχησαν στο επιστημονικό στερέωμα για πολλά χρόνια, συνέβαλαν ουσιαστικά στην βασική έρευνα, στην προσπάθειά τους να αποδείξουν αλλά και να υποστηρίξουν τις απόψεις τους. Προσέφεραν τα μέγιστα στην επιστήμη και την κατανόηση της δημιουργίας των πετρωμάτων, με συμμετοχή τόσο στη επιστημονική αλήθεια όσο και στο λάθος. Έφτασαν σε απίστευτες αντιπαραθέσεις, ακρότητες και επιστημονικά αντιδεοντολογικές ενέργειες. Το τελικό αποτέλεσμα όμως της έντονης διαμάχης και του ανταγωνισμού ήταν να παραχθεί πολύτιμη γνώση, ώστε να κατανοηθούν και οι δύο μορφές πετρωμάτων και οι διεργασίες δημιουργίας τους, τόσο αυτά που δημιουργούνται στο εσωτερικό της Γης, από το θερμό μάγμα και ονομάζονται σήμερα *πλουτώνια πετρώματα*, όσο και εκείνα που δημιουργούνται μέσα στο νερό, τα *ιζηματογενή πετρώματα*.

Ο γνωστός Αμερικανός εφευρέτης Βενιαμίν Φραγκλίνος (Benjamin Franklin) το 1782 εξέφραζε τη ριζοσπαστική για την εποχή του άποψη, ότι ο φλοιός της Γης μοιάζει με ένα κέλυφος που επιπλέει πάνω σ' ένα ρευστό εσωτερικό. Οι βίαιες κινήσεις που αναπτύσσονται στο ρευστό, σπάζουν το φλοιό σε κομμάτια, τα οποία στη συνέχεια μετακινούνται και ανακατεύονται.

Ένας καθηγητής της Γεωλογίας στο Πανεπιστήμιο του Yale, ο Ντάνα (James Dana 1813-1895), εξέφρασε αργότερα ακόμη πιο ολοκληρωμένα τη θεωρία της σταδιακής ψύξης της Γης, που με τη συστολή της συρρικνώνει το φλοιό σχηματίζοντας τις διάφορες γεωλογικές μορφές και φαινόμενα, όπως είναι η δημιουργία των βουνών. Την παρομοίασε με την επιφάνεια ενός πορτοκαλιού που ξεραίνεται σταδιακά. Η θεωρία αυτή έγινε πολύ δημοφιλής την εποχή εκείνη και ένας πιστός υποστηρικτής της, ο Αυστριακός καθηγητής Σουές (Eduard Suess 1831-1914), την επέκτεινε μιλώντας για την ύπαρξη δύο σταθερών υπερ-ηπείρων, που τις ονόμασε *Ατλαντίδα* και *Γκοντβάνα*, που χωρίζονταν από ωκεανούς. Στη συνέχεια θεώρησε ότι οι ήπειροι αυτές ήταν

τέσσερις. Για να εξηγήσει την παρουσία απολιθωμάτων ίδιων οργανισμών σ' αυτές θεώρησε ότι συνδέονταν με γέφυρες ξηράς, οι οποίες επέτρεπαν τη μετακίνηση πληθυσμών ίδιων ειδών. Ο Suess με τη σταδιακή ψύξη και συρρίκνωση του φλοιού της Γης, πίστευε ότι έσπαζαν και καταβυθίζονταν οι γέφυρες ξηράς μεταξύ των ηπείρων που επέτρεπαν την επικοινωνία των οργανισμών. Οι μεγάλες οριζόντιες μετακινήσεις ηπείρων ήταν αδιανόητες για τη εποχή εκείνη, γι' αυτό εισάγονταν αναγκαστικά τέτοιες αυθαίρετες υποθέσεις για να ερμηνευτούν οι παρατηρήσεις. Αυτές οι θεωρίες όμως ήταν πολύ βολικές για να ερμηνεύσουν και την καταβύθιση της Ατλαντίδας, ένα θέμα που από εκείνη την εποχή πήρε πολύ μεγάλες διαστάσεις, κέντρισε την φαντασία και συνεχίζει να απασχολεί την επιστήμη σήμερα, την παραεπιστήμη, την επιστημονική φαντασία και να δημιουργεί νέους μύθους.

Οι απόψεις αυτές μπορεί σήμερα να φαίνονται σχετικά απλοϊκές, θα πρέπει όμως να πάρουμε υπόψη τα λίγα δεδομένα που διέθεταν εκείνοι που προβληματίζονταν για τα γεωλογικά φαινόμενα και τις επικρατούσες αντιλήψεις της εποχής, όπως η άποψη ότι ο φλοιός της Γης αποτελούνταν από ακίνητες και σταθερές γενικά ηπείρους, που άλλαζαν σε έκταση μόνο όταν αποσυρόταν η θάλασσα, ή ανυψωνόταν και καταβυθιζόταν, λόγω διάβρωσης και απόθεσης αντίστοιχα. Σημαντικό επίσης είναι ότι οι μεγάλοι αυτοί επιστήμονες εξακολουθούσαν να θεωρούν τη φύση ενιαία και προσπαθούσαν να ασχοληθούν με όλα τα φυσικά αντικείμενα, ανόργανα και οργανικά, γεωλογικά ή βιολογικά όπως διαχωρίστηκαν πλήρως αργότερα

Η συστηματική και λεπτομερής δουλειά του Λινναίου πάνω στα ανατομικά χαρακτηριστικά των οργανισμών οδήγησε τον λαμπρό αυτό επιστήμονα στη αποδοχή της σταθερότητας των ειδών, ότι δηλαδή τα είδη όλων των ζωικών οργανισμών δεν άλλαξαν από τότε που δημιουργήθηκαν. Στην προσπάθειά του όμως να ερμηνεύσει τα καταφανώς διαφορετικά ανατομικά χαρακτηριστικά των απολιθωμένων οργανισμών από τους σημερινούς, εισήγαγε την υπόθεση των μαζικών καταστροφών. Θεώρησε δηλαδή ότι τα απολιθώματα αντιπροσωπεύουν οργανισμούς διαφορετικούς από τους σημερινούς, τους οποίους εξαφάνιζαν ολοκληρωτικά κατά καιρούς μεγάλα καταστροφικά γεγονότα παγκόσμιας κλίμακας.

Η ριζοσπαστική Γαλλική Επανάσταση του 1789 δεν ανέτρεψε μόνο βασιλείς, φεουδαρχικές δομές και το πολιτικό σύστημα, διαπέρασε ολόκληρη την κοινωνική δομή και επηρέασε σημαντικά την επιστημονική σκέψη. Ο πρωτοπόρος Γάλλος φυσιοδίφης Λαμάρκ (Jean-Baptiste de Monet Lamarck 1744-1829) ζήτησε από την Εθνοσυνέλευση και πέτυχε να καταργηθούν οι αξιοπερίεργες βασιλικές φυσιογνωστικές συλλογές με τα ασύνδετα μεταξύ τους ευρήματα, τα παράξενα ζωικά υπολείμματα από όλο τον κόσμο, τα πετρώματα και τα φυτά που χρησιμεύουν μόνο για τον εντυπωσιασμό της φεουδαρχικής τάξης. Κατόρθωσε ώστε να ταξινομηθούν ή να αντικατασταθούν με συστηματικές συλλογές φυτών, ζώων, ορυκτών και πετρωμάτων που θα υπηρετούν την επιστήμη, θα αποσκοπούν στην πρόοδο της και θα μορφώνουν όλο το λαό. Στα χρόνια των μεγάλων επαναστατικών συγκρούσεων γεννήθηκαν λοιπόν τα σύγχρονα Εθνικά Μουσεία Φυσικής Ιστορίας. Πρωτοπόρος ο Lamarck άρχισε τους συστηματικούς συσχετισμούς απολιθωμένων και ζωντανών οργανισμών, μελετώντας τις πρώτες φυσιογνωστικές συλλογές της Γαλλίας. Δεν άργησε να φτάσει στα πρώτα ριζοσπαστικά επιστημονικά συμπεράσματα για τη διαχρονική μεταβλητότητα των οργανισμών με μηχανισμό την κληρονομηση των επίκτητων χαρακτηριστικών. Η πρώτη επιστημονικά τεκμηριωμένη εξελικτική θεωρία του είναι γνωστή σήμερα ως *λαμαρκισμός*. Ο Lamarck όμως, κινούμενος στο παραχώδες πνεύμα της εποχής του με τις συχνές κοινωνικές αλλαγές, ονειρεύτηκε δύο βασικές κατευθύνσεις της επιστημονικής γνώσης, το λαϊκό χαρακτήρα και την ενότητα της επιστήμης και αγωνίστηκε γι' αυτά. Στο τέλος του 18^{ου} αιώνα είχε συσσωρευτεί αρκετή γνώση στις επιστήμες, όπως στη φυσική, χημεία και ιατρική. Ήταν όμως πνιγμένη σε σχολαστική λεπτομέρεια. Ο Lamarck διείδε ότι ο λαβύρινθος των λεπτομερειών και ο κατακερματισμός των γνώσεων αποξένωσε τους πολλούς από την επιστημονική γνώση και δημιούργησε τους λίγους ειδικούς. Έτσι στα έργα του ανέπτυξε ενοποιημένες απόψεις για τις φυσικές, χημικές, γεωλογικές, βιολογικές και κλιματικές διεργασίες. Στο σύγγραμμά του «Υδρογεωλογία» (Hydrogeologie, 1802) αναφέρεται στον πρώτο παγκόσμιο ωκεανό, τον κύκλο του νερού, τις φυσικές καταστροφές, στο ρόλο των απολιθωμάτων για την ταξινόμηση των ιζηματογενών πετρωμάτων, τις κλιματικές αλλαγές και χρησιμοποιεί για πρώτη φορά τον όρο «βιολογία». Η υδρογεωλογία του Lamarck δεν ήταν ένα

πρόδρομο τεχνικό βιβλίο για την κίνηση του υπόγειου νερού, όπως είναι τα σημερινά. Αντίθετα, ήταν ένα βιβλίο ευρύτερων γνώσεων και απόψεων για το σύνολο των γεωλογικών φαινομένων με φιλοσοφικές προεκτάσεις. Άλλωστε ο ίδιος, όπως διαφαίνεται από το έργο του ήταν υπέρμαχος της ενότητας της επιστήμης. Οι εξελικτικές του απόψεις δεν βρήκαν μεγάλη ανταπόκριση ούτε στον επιστημονικό κόσμο, όπου επικρατούσαν οι ιδέες του Cuvier για σταθερότητα των ειδών, ούτε στην επαναστατικά μεταβαλλόμενη κοινωνία της Ευρώπης. Η μεγάλη τομή θα γινόταν 50 χρόνια αργότερα με το Δαρβίνο.

Όσο μεγάλη αυθεντία κι αν ήταν ο Cuvier, όσο κι αν οι ιδέες του κυριαρχούσαν στην επιστήμη των αρχών του 19^{ου} αιώνα, οι ιδέες της εξέλιξης των ειδών, όπως και της εξέλιξης της ίδιας της Γης, άρχισαν να κάνουν την εμφάνισή τους, σε εμβρυακή μορφή στην αρχή, στις επίσης μεταβαλλόμενες και εξελισσόμενες κοινωνίες της Αγγλίας όπως και της Γαλλίας. Ένας Γάλλος καθηγητής ζωολογίας και ανατομίας, ο Ζοφρουά Σαιντ-Ιλαίρ (Geoffroy Saint-Hilaire, 1772-1894), φίλος και συνεργάτης του Cuvier, γύρω στα 1830 έρχεται σε πλήρη ρήξη μαζί του, με ομηρικές γραπτές και προφορικές αντιπαραθέσεις στη γαλλική Ακαδημία και εκφράζει σοβαρές αμφιβολίες για το αμετάβλητο των ειδών. Υποστήριξε με σαφήνεια την άποψη ότι τα είδη δεν είναι παρά προϊόντα εξέλιξης. Έγινε μ' αυτό τον τρόπο ο πρόδρομος της θεωρίας της εξέλιξης.

Η θεμελίωση της σύγχρονης γεωεπιστημονικής σκέψης

Εκείνος όμως που αργότερα θεωρήθηκε από πολλούς ως ο ιδρυτής της σύγχρονης γεωλογικής σκέψης και της σταδιακής μεταβλητότητας ήταν ο Σκοτσέζος γιατρός και φυσιοδίφης Χάπτον (James Hutton, 1726-1797). Ο Hutton κατανόησε νωρίς ότι οι θαλάσσιοι απολιθωμένοι οργανισμοί, που βρίσκονται σήμερα στα βουνά, δεν αποτέθηκαν εκεί από τις πλημμύρες, όπως πιστευόταν μέχρι τότε, αλλά ότι είχαν θαφτεί στα ιζήματα της θάλασσας και ανυψώθηκαν μαζί με τα βουνά. Αντιλήφθηκε επίσης τη σημαντική διαδικασία της διάβρωσης των πετρωμάτων και πίστευε ότι αν δρούσαν μόνο τέτοιες δυνάμεις, η Γη θα ισοπεδωνόταν σταδιακά και θα γινόταν απόλυτα ομαλή. Αλλά, ως ο κύριος εκφραστής του πλουτωνισμού, αναζήτησε και τις αντίρροπες δυνάμεις που διαμορφώνουν τον πλανήτη, όπως είναι η

θερμότητα του εσωτερικού, η οποία ευθύνεται για τη δημιουργία των πετρωμάτων, των ηπείρων και των βουνών, όπως υποστήριζε.

Ο Hutton ήταν ίσως ο πρώτος που συνέλαβε με εντυπωσιακό τρόπο το ασύλληπτο μέγεθος του γεωλογικού χρόνου. *«Όταν οι επιστήμονες προσπαθούν ν' ανακαλύψουν την ιστορία του πλανήτη, φτάνουν σε μια περίοδο πέρα από την οποία δεν μπορούν πλέον να δουν τίποτα. Αυτό δεν σημαίνει με κανένα τρόπο ότι έφτασαν στην αρχή του χρόνου, αλλά ότι απλώς και μόνο εξάντλησαν τα όρια της δυνατότητας του ανθρώπου να κατανοήσει το χρόνο»*, έγραφε στο βιβλίο που δημοσίευσε ο βιογράφος του John Playfair με τίτλο *«Απεικονίσεις της Θεωρίας της Γης σύμφωνα με τον Hutton»*. Ο Hutton πίστευε ότι πέρα από τις φυσικές δυνάμεις (π.χ. βαρύτητα, θερμότητα), οι οποίες δρουν ομοιόμορφα και με τον ίδιο τρόπο σε όλη τη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου, δεν υπάρχει τίποτα το μεταφυσικό ή εξωπραγματικό που να διαμορφώνει συνεχώς τον πλανήτη. Οι διεργασίες, οι οποίες δρουν στον πλανήτη, όπως τις γνωρίζουμε σήμερα: μαγματισμός, ηφαιστειότητα, διάβρωση, ιζηματογένεση, τεκτονική, μεταμόρφωση, ήταν οι ίδιες που επενεργούσαν και στο παρελθόν. Αλλά παρ' όλη τη μεγάλη συμβολή του Hutton στη διαμόρφωση των γεωλογικών ιδεών, τα πολυσέλιδα και δυσνόητα βιβλία του με το γενικό τίτλο *«Μια θεωρία της Γης, με αποδείξεις και επεξηγήσεις»* δεν διαβάστηκαν παρά από λίγους φίλους του, οι οποίοι ανέλαβαν να εκλαϊκεύουν το έργο του μετά το θάνατό του.

Εκείνο που έχει καταγραφεί στην ιστορία της επιστήμης ως ένα από τα πλέον οξυδερκή παραδείγματα γεωλογικής παρατήρησης και ανάλυσης, είναι του άλλου γιατρού και θεμελιωτή του ομοιομορφισμού, του James Hutton. Αξίζει να διατρέξουμε ένα παράδειγμα της παρατήρησης και της σκέψης του Hutton, ως ένα πρώτο απλό μάθημα γεωλογίας για μη ειδικούς από ένα γιατρό. Ο φυσιοδίφης, διανοητής που αφουγκραζόταν τα γεωλογικά φαινόμενα με την ιατρική του παιδεία, στα 1787 στάθηκε σε μια γεωλογική εμφάνιση στο Siccar Point της επαρχίας Berwickshire, στα σύνορα της πατρίδας του Σκωτίας με την Αγγλία, όπου προβληματίστηκε ιδιαίτερα. Τη γεωλογική αυτή εμφάνιση στη χαράδρα του Siccar Point, χωρίς κανένα οικονομικό ενδιαφέρον, πολλοί την είδαν πριν από το Hutton και μετά από αυτόν περισσότεροι. Κανείς, εκτός από αυτόν δεν διανοήθηκε να στοχαστεί

τόσο βαθιά πάνω σε κάτι τόσο απλό, όπως περίπου έκανε ο Νεύτωνας για την πτώση του μήλου. Απλές σκέψεις για απλά πράγματα, όπως αντίστοιχος προβληματισμός για το απλό και η περιέργεια για το «αυτονόητο» χαρακτήριζε πάντα τη σκέψη των ελλήνων φιλοσόφων. Στους αιώνες της ανάπτυξης της νέας επιστήμης η απλή αυτή περιέργεια για την ερμηνεία απλών και «προφανών» φαινομένων μεταλαμπαδεύτηκε από την αρχαιοελληνική φιλοσοφία στη σκέψη της δυτικής κουλτούρας.

Ο Hutton παρατήρησε δύο σειρές στρωμάτων, μια κατώτερη της οποίας τα στρώματα ήταν σχεδόν κατακόρυφα, σαν βιβλία σε ράφια βιβλιοθήκης. Η ανώτερη είχε στρώματα σχεδόν οριζόντια. Μεταξύ τους οι δύο σειρές διαχωρίζονταν από μια ανώμαλη επιφάνεια με μικρές και μεγάλες κροκάλες και χαλίκια. Η πρώτη σκέψη του παρατηρητικού γιατρού ήταν ότι για να δημιουργηθούν αυτά τα στρώματα έπρεπε να έχει περάσει πάρα πολύς χρόνος. Αναλογίστηκε το χρόνο που χρειαζόταν για να διαβρωθεί η βάση του βουνού, με ιδιαίτερα αργούς ρυθμούς, να αποθεθούν τα χαλαρά ιζήματα, να πετρώσουν και να διαβρωθούν πάλι από το νερό και τον αέρα και να παρουσιάζονται έτσι μπροστά μας σήμερα. Δεν σταμάτησε όμως στην παραπάνω παρατήρηση, καθώς επεξέτεινε τη σκέψη του και στο ρυθμό διάβρωσης. Μετακινήθηκε λίγο παραπέρα στο Αδριάνειο τείχος των Ρωμαίων, που χτίστηκε το 2^ο μ. Χ. αιώνα για να εμποδίζει τους Κέλτες ώστε να επιτίθενται στην τότε ρωμαϊκή επαρχία της Αγγλίας. Εκτός από τα γκρεμισμένα τμήματά του και τις μετακινημένες πέτρες από ανθρώπινο χέρι, προσπάθησε να εκτιμήσει το βαθμό διάβρωσης των δομικών υλικών του τείχους, που ήταν ίδια με τα πετρώματα της τομής του, στα 1500 χρόνια που πέρασαν από την κατασκευή του. Η εκτίμησή του ήταν ότι η διάβρωσή τους ήταν μηδαμινή. Συνεπώς η αποικοδόμηση τεραστίων όγκων βουνού με τη διαδικασία της διάβρωσης, η μεταφορά τους με το νερό και η απόθεσή τους για να ξανασχηματίσουν στρώματα πετρωμάτων χρειαζόταν πάρα πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Δεν γνώριζε πόσο, αλλά έγραφε για την «άβυσσο του χρόνου» στο σημειωματάριό του. Από την εμπάθυνση της σκέψης του, με απλές παρατηρήσεις, πάνω σε μια πολύ συνηθισμένη εμφάνιση πετρωμάτων σε μια φυσική τομή του εδάφους, προέκυψαν πολλά και ενδιαφέροντα συμπεράσματα από ένα προικισμένο, παρατηρητικό και ανήσυχο πνεύμα: όπως το μεγάλο χρονικό βάθος των γεωλογικών διεργασιών, ο αργός ρυθμός

διάβρωσης, ο διαφορετικός τρόπος σχηματισμού των στρωμάτων της κατώτερης σειράς. Επίσης η σκέψη του διείσδυσε ακόμη περισσότερο, στις δυνάμεις της Γης που «άρπαξαν» τα στρώματα από την οριζόντια θέση τους και τα τοποθέτησαν κατακόρυφα, όπως με τα χέρια μας ανασηκώνουμε πολλές φορές τα πεσμένα βιβλία στο ράφι της βιβλιοθήκης μας. Τέλος εκτιμήθηκε ο «νεκρός» χρόνος που μεσολάβησε από την ανύψωση της κάτω σειράς μέχρι τη δημιουργία της ανώτερης. Σήμερα ονομάζεται κενό ιζηματογένεσης.

Τα απλό αυτό γεωλογικό παράδειγμα μιας αλληλουχίας σκέψεων είναι κατάλληλο για διδασκαλία πρωτοετών φοιτητών γεωλογίας. Επεκτείνεται και συμπληρώνεται με μια ακόμη μεγαλύτερη σειρά παρατηρήσεων, σκέψεων και συμπερασμάτων για το είδος των ιζημάτων, το μέγεθος των κόκκων τους, τη διαστρωμάτωσή τους, τη φορά ροής του νερού που τα μετέφερε, τις κλιματικές συνθήκες σχηματισμού των, την στρωματογραφική και τεκτονική σημασία της ασυμφωνίας μεταξύ τους. Ήταν ένα παιδίεμα του νου για να βγουν οι ανεξάντλητες εκείνες πληροφορίες που κλείνουν ερμητικά μέσα τους τα πετρώματα μιας «ασήμαντης», με τα καθημερινά μας κριτήρια, γεωλογικής εμφάνισης. Το παράδειγμα αυτό της παρακολούθησης της συλλογιστικής του Hutton, που είναι ανάλογο με τρόπο σκέψης ενός σύγχρονου γεωλόγου όταν πραγματοποιεί τις υπαίθριες παρατηρήσεις του, ίσως δείχνει και στον μη ειδικό την πορεία και τον τρόπο της επιστημονικής γεωλογικής αναζήτησης για την ερμηνεία δομών και διεργασιών του γήινου φλοιού. Έτσι έμπαιναν οι βάσεις και οι απλές αρχές της γεωλογικής επιστήμης, αυτές που ονομάστηκαν αργότερα ομοιομορφισμός (Uniformitarianism), ακτουαλισμός (actualism) και βαθμιαία αλλαγή (gradualism). **Ως ομοιομορφισμό εννοούμε ότι οι μεταβολές που συμβαίνουν στη Γη γίνονται αργά, σταθερά και ομοιόμορφα και ότι συνέβαινε στο παρελθόν, μπορεί να εξηγηθεί με αρχές και φυσικούς νόμους που ισχύουν και σήμερα.** Αυτό απέτέλεσε μια σημαντική και καθοριστική τομή σε σχέση με τις μεταφυσικές αντιλήψεις του παρελθόντος και θεμελίωσε τη γεωλογική σκέψη και γενικά τη διαχρονική μελέτη της φύσης.

Την ίδια άποψη περί ομοιόμορφης και σταδιακής εξελικτικής πορείας της Γης και της ζωής πάνω σ' αυτήν εξέφρασε, διαφωνώντας με τον Cuvier και τους οπαδούς του, με σαφή επιστημονικό τρόπο πλέον, ο Λάιελ (Sir

Charles Lyell 1797-1875), σύγχρονος και φίλος του Δαρβίνου, ο οποίος απέδειξε ότι η εξέλιξη αυτή είναι μια πολύ αργή διαδικασία, που ο άνθρωπος δεν μπορεί να παρακολουθήσει στη διάρκεια της σύντομης ζωής του.

Τα γεωλογικά στοιχεία του Lyell δεν του επέτρεπαν να δεχθεί τις μεγάλης κλίμακας καταστροφές στη Γη που εκμηδενίζανε τη ζωή. Ο καταστροφισμός γι' αυτόν ήταν μια απλοϊκή ερμηνεία των γεωλογικών αλλαγών του παρελθόντος. Χαρακτηριστικά έγραφε: *«Η γεωλογία είναι μια γοητευτική αλλά και πολύ δύσκολη μελέτη, γιατί πρέπει να ασχολείται κανείς με τις λεπτομέρειες του σχηματισμού της επιφάνειας της Γης. Η προσεκτική όμως εξερεύνηση των πετρωμάτων μας οδηγεί βήμα προς βήμα σε νέους δρόμους. Θεμέλιο γι' αυτή τη μελέτη θα πρέπει πάντα να είναι η ακριβής παρατήρηση των συνθηκών και δυνάμεων που συνεχίζουν να επιδρούν πάνω στη Γη και να τη διαμορφώνουν. Η όψη της Γης συνεχώς μεταβάλλεται, όχι όμως παντού με τον ίδιο τρόπο και τον ίδιο ρυθμό. Άλλες δυνάμεις δουλεύουν σ' ένα τόπο και άλλες σε άλλον. Τα ιζηματογενή πετρώματα παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές από τόπο σε τόπο. Η φύση των διάφορων ηφαιστειογενών πετρωμάτων είναι διαφορετική, το χώμα που παράγεται από την αποσύνθεση των πετρωμάτων έχει διαφορετική σύσταση, αλλά οι δυνάμεις που από την αρχή μέχρι σήμερα προκαλέσανε τη θαυμαστή και αδιάκοπη αλλαγή της φύσης, την καταστροφή της επιφάνειας της Γης και το ξαναφτιάξιμό της, είναι πάντα οι ίδιες. Οι διαδικασίες αυτές χρειάζονται πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα και έτσι πρέπει να αποδώσουμε στον πλανήτη μας μια πολύ μεγάλη ηλικία»*. Λέξεις και φράσεις από ένα κατά τα άλλα συντηρητικό καθηγητή της αγγλικής κοινωνίας, που έσπαζαν το φράγμα της θρησκευτικής αντίληψης για τη μικρή ηλικία της Γης και της σταθερότητας των πάντων και ξεκινούσαν μια θεμελιώδη επανάσταση στην επιστήμη και την κοινωνία. Ο πατέρας της γεωλογικής σκέψης Lyell, επηρέασε με το έργο του και την προσωπικότητα του σημαντικά τον Δαρβίνο, του έδωσε ουσιαστικά το κλειδί που χρειαζόταν για να κατανοήσει την εξέλιξη των ειδών.

Ο Lyell με το έργο του ήταν αυτός που ολοκλήρωσε και διατύπωσε την πολύ θεμελιώδη αρχή των γεωεπιστημών, τον *ομοιομορφισμό ή ακτουαλισμό*. Δηλαδή, τη διαχρονική ομοιομορφία των φυσικών νόμων (αναλλοίωτοι φυσικοί νόμοι με το πέρασμα του χρόνου) και τη διαρκή βαθμιαία αργή γεωλογική αλλαγή σε ένα πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Σήμερα οι φυσικοί

τονίζουν ότι οι νόμοι που διέπουν ολόκληρο το σύμπαν άρχισαν από τα πρώτα δευτερόλεπτα αμέσως μετά τη μεγάλη έκρηξη. Με το βιβλίο του «**Αρχές της Γεωλογίας**» (Principles of Geology, 1830/33) ο Lyell καθιερώθηκε ως ο θεμελιωτής της σύγχρονης γεωλογίας και της καθαρής επιστημονικής σκέψης στο χώρο των γεωεπιστημών. Ο Lyell θεμελίωσε στοιχειωδώς πρώτα την έννοια της εξέλιξης της Γης, πάνω στην οποία στηρίχθηκε αργότερα η θεωρία της εξέλιξης της ζωής. Αυτός επίσης έμελε να ανακοινώσει το 1858, ως μέλος της Εταιρίας Λινναίου του Λονδίνου, την πρώτη εργασία του φίλου του Δαρβίνου για την εξέλιξη των ειδών, μαζί με εκείνη του Γουάλας (Alfred Wallace 1823-1913). Ο Δαρβίνος μάλιστα, έγραφε στις σημειώσεις του ότι η μεγάλη αξία του βιβλίου του Lyell έγκειται στο ότι άλλαξε τον τρόπο σκέψης των ανθρώπων.

Στην εποχή μας, όταν μιλάμε για εξέλιξη το μυαλό μας πηγαίνει αυτόματα στο Δαρβίνο. Η εξελικτική θεωρία, ως σύνολο ιδεών, εξελίχθηκε με τη σειρά της τόσο πριν το Δαρβίνο, όσο και κυρίως μετά από αυτόν. Έχει και αυτή την ιστορία της. Η εξέλιξη εμπεριέχει την έννοια της μεταβλητότητας και είναι αντίθετη στην αντίληψη της στασιμότητας, σταθερότητα και αμεταβλητότητας του κόσμου που πίστευε ο άνθρωπος από την αρχή της ιστορίας του. Ως κοινωνία όμως εξακολουθούμε να μην κατανοούμε ουσιαστικά τη βιολογική εξέλιξη, παρότι στις δυτικές κοινωνίες τουλάχιστον αποτελεί βασικό κομμάτι της εκπαίδευσής. Η σύγχρονη επιστημονική έρευνα είναι θεμελιωμένη ουσιαστικά στην εξελικτική βιολογία. Επιστημονικά και εκλαϊκευμένα άρθρα μας ενημερώνουν συνεχώς, ενώ ιδεολογικές, πολιτικές και θρησκευτικές διαμάχες ανακύπτουν συχνά. Η βιολογική εξέλιξη, άμεσα συνδεδεμένη με την εξελικτική πορεία αυτού του πλανήτη, είναι μια ιδιαίτερα αργή διαδικασία που συμβαίνει σε πολύ μεγάλο βάθος χρόνου, πολύ πέρα από το χρόνο των αισθήσεων και εμπειριών μας. Υπάρχουν πολλοί και σοβαροί λόγοι για την υστέρηση κατανόησης της πολύ αργής και σταδιακής μεταβολής, με πρώτο και σπουδαιότερο τη δομή αυτού του ίδιου του εγκεφάλου μας. Είμαστε και εμείς εξελικτικά πλασμένοι για να επιβιώνουμε ως άτομα στο δύσκολο αυτό κόσμο. Ο εγκέφαλός μας διαμορφώθηκε για να βρίσκει καλύτερους τρόπους για το κυνήγι, την καλλιέργεια της γης, την κατασκευή και το χειρισμό εργαλείων, την επικράτηση στην ομάδα, την αναζήτηση συντρόφου, το ζευγάρι και την ανατροφή των απογόνων.

Διαμορφώθηκε δομικά και λειτουργικά για έναν άνθρωπο που είναι αναγκασμένος να ζει σε ένα περιβάλλον τριών διαστάσεων και να αντιλαμβάνεται τα αντικείμενα μεσαίου μεγέθους γύρω του. Επίσης να διακρίνει την αλληλουχία των γεγονότων μέσα στο χρόνο, αλλά για πάρα πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Αυτές και πολλές άλλες ιδιότητες του εγκεφάλου κυριάρχησαν στο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα της ύπαρξης του ανθρώπινου είδους και το βοήθησαν να επιβιώσει και να αναπτυχθεί. Ταυτόχρονα όμως πολλές από αυτές τις εγκεφαλικές λειτουργίες ώθησαν τον άνθρωπο να αρχίσει να σκέφτεται, να αντιλαμβάνεται τον μικρόκοσμο και το μακρόκοσμο, αφηρημένες έννοιες και τη μεγάλη διάσταση του χρόνου. Ο εγκέφαλός μας όμως εξακολουθεί να είναι συντηρητικά δομημένος ώστε να δέχεται και να χρησιμοποιεί νέες πληροφορίες και ιδέες μόνο όταν είναι προσαρμοσμένες στα σχήματα που διαθέτει, στο κοσμοείδωλο που πρόλαβε και παγίωσε. Χρειάζεται μεγάλη τόλμη και υπερβατικότητα για να μπορέσει να τροποποιήσει το κοσμοείδωλο του, το «μοντέλο» του, την «πίστη» του για να μπορέσει να δεχθεί το διαφορετικό και να το ενστερνισθεί. Αν και ως κοινωνία περάσαμε στην επιστημονική εποχή, σε ένα διαφορετικό υλικό και πνευματικό κόσμο, καλύπτοντας πολλές από τις προηγούμενες «πρωτόγονες» ανάγκες μας, δεν ξεπεράσαμε ακόμη νοοτροπίες, πίστεις, αγκυλώσεις και ιδεολογίες του παρελθόντος, γιατί και οι κοινωνικές μας αλλαγές είναι εξίσου αργές.

Σύμφωνα με τον ουκρανικής καταγωγής Αμερικανό καθηγητή βιολογίας Ντομπζιάνσκι (Theodosius Dobzhansky 1900-1975) *«τίποτα στη βιολογία δεν έχει νόημα παρά μόνο υπό το φως της εξέλιξης»*. Μπορούμε να επεκτείνουμε τη σκέψη του Dobzhansky ότι τίποτα στη γεωλογία και γενικά στις επιστήμες που μελετούν φαινόμενα με το στοιχείο της ιστορικότητας και χρονικής αλλαγής - κοινωνικά, ιστορικά, οικονομικά, αστρονομικά - δεν έχει νόημα παρά μόνο στο πλαίσιο της εξέλιξης, δηλαδή της συνεχούς μεταβολής με την πάροδο του χρόνου. Δεν υπάρχει επιστήμη ή άλλη ανθρώπινη δραστηριότητα που να μην έχει επηρεασθεί από τις ιδέες της εξέλιξης.

Ως βιολογική εξέλιξη εννοούμε τη μακροχρόνια και πολύπλοκη διαδικασία της μεταβολής όλων ανεξαρτήτως των οργανισμών, μια συνεχή αλλαγή μέσω μικρών συσσωρευτικών τροποποιήσεων. Πολλές μικρές αλλαγές στα γεωλογικά συστήματα μέσα σε μεγάλο χρονικό διάστημα καθορίζουν την γεωλογική εξέλιξη του πλανήτη Γη. Η εξέλιξη είναι μια

μεταβολή μέσα στο χρόνο και ως τέτοια μεταβολή, άρρηκτα δεμένη και αλληλένδετη με τη βιολογική είναι η αλλαγή του περιβάλλοντος και γενικά η εξέλιξη της ίδιας της Γης. Επίσης, σε μεγαδιάσταση συνδέεται με την εξέλιξη του Σύμπαντος, ενώ σε ανθρώπινους όρους η μεταβολή με το χρόνο αναφέρεται στις καθημερινές και διαχρονικές αλλαγές των ίδιων των οργανισμών, των κοινωνιών, των οικονομικών δομών, των εθνών και των γλωσσών μας. Τα πάντα σ' αυτό το Σύμπαν μεταβάλλονται με το χρόνο. Η ατομική μας ανάπτυξη, με απλά λόγια η ανθρώπινη ιστορία, η ιστορία της ζωής, της Γης και του Σύμπαντος είναι μια συνεχής διαχρονική αλλαγή, είναι εξέλιξη.

Αν τη βιολογική εξέλιξη, μετά από 150 χρόνια συνεχούς επιστημονικής και φιλοσοφικής αναζήτησης, που καθιερώθηκε ως βάση της ραγδαία αναπτυσσόμενης βιολογικής επιστήμης, δεν την κατανοούμε ως κοινωνία ακόμη, τότε την άλλη μεγάλη συνιστώσα της εξέλιξης και της διαρκούς μεταβολής της Γης την αγνοούμε επίσης.

Ο μεγάλος σταθμός στην ιστορία της επιστήμης είναι αναμφισβήτητη η διατύπωση της *«Θεωρίας της Εξέλιξης των Ειδών»*, που διατυπώθηκε συστηματικά και ολοκληρωτικά από τον Κάρολο Δαρβίνο (Charles Darwin 1809-1882). Το μεγάλο αυτό άλμα συνέβη στη ραγδαία αναπτυσσόμενη και μεταβαλλόμενη κοινωνία της Βρετανίας όταν οι επαναστατικές ιδέες της επιστήμης, παράλληλα με εκείνες της πολιτικής και της οικονομίας, διέτρεχαν ολόκληρη την Ευρώπη. Όταν η αποικιοκρατική επέκταση των ευρωπαϊκών δυνάμεων και των ποντοπόρων ταξιδιών πρόσφεραν μεγάλο πλούτο γνώσεων για τη φύση και έδιναν ώθηση στις φυσιοδιφικές επιστήμες. Όταν οι ριζοσπαστικές ιδέες του Lamarck, του Lyell, του Grant επηρέαζαν τα ανήσυχα μυαλά της εποχής. Όταν κάποιες εμβρυακές ιδέες για την εξέλιξη υπήρχαν στον Έρασμο Δαρβίνο, παππού του Καρόλου, στο έργο του *Ζωονομία* (Zoonomia) ή κάποιες πιο ολοκληρωμένες απόψεις του βοτανολόγου Μάθιου (Patrick Matthew 1790-1874) και κυρίως του Αλβέρτου Γουάλας (Albert Wallace 1823-1913) πλησίαζαν καλύτερα την έννοια της εξέλιξης. Παράλληλα άρχισαν να αναπτύσσονται επιστημονικές αναλύσεις για τα κοινωνικά και οικονομικά φαινόμενα της εποχής, όπως για παράδειγμα των Άνταμ Σμιθ (Adam Smith 1723-1790) και Τόμας Μάλθους (Tomas Malthus 1766-1834) και αργότερα του Κάρολου Μαρξ (Karl Marx 1818-1883), όπως διατυπώνονταν

στο «Κεφάλαιο», που εκδόθηκε για πρώτη φορά το 1847, ενώ η πρώτη επανέκδοσή του αφιερώθηκε στον Δαρβίνο.

Ανάμεσα στις άμεσες επιδράσεις στη σκέψη του πατέρα της εξελικτικής θεωρίας έχει σημασία να αναφερθούν εκείνες σύγχρονών του επιστημόνων, όπως του βοτανολόγου Τζον Χένσλοου (John Henslow), ιδιαίτερα του μεγάλου Γερμανού γεωγράφου Φον Χούμπολτ (Alexander von Humbolt) με το μνημειώδες έργο του «Κόσμος» (Cosmos), του γεωλόγου Άνταμ Σέτζγουικ (Adam Sedgwick) και πάνω απ' όλα του πατέρα της σύγχρονης γεωλογίας Λάιελ (Ch. Lyell) και του οικονομολόγου-φιλοσόφου Μάλθους (Tomas Malthus).

Ο Δαρβίνος βρήκε πιο γερές επιστημονικές βάσεις, για να στηρίξει τη θεωρία του απ' ότι ο Lamarck και οι προηγούμενοι επιστήμονες που αντιλαμβάνονταν τη συνεχή μεταβολή των ειδών, αλλά δεν μπορούσαν να την τεκμηριώσουν. Βρήκε επίσης το επιστημονικό και κοινωνικό περιβάλλον στην Αγγλία και την Ευρώπη του 19^{ου} αιώνα περισσότερο προετοιμασμένο να δεχθεί τις καινούριες ιδέες, παρά τις δυσκολίες που αντιμετώπισε. Ήταν μια εποχή ραγδαίων κοινωνικών αλλαγών και επιστημονικών ανακαλύψεων σε όλους τους τομείς. Ας μην ξεχνάμε ότι τα βιβλία του Δαρβίνου «Καταγωγή των Ειδών» (Origin of Species, 1859) και «Καταγωγή του Ανθρώπου» (Origin of Man, 1871) είχαν τεράστια εκδοτική επιτυχία σε όλα τα κοινωνικά στρώματα, ήταν τα ευπώλητα (best sellers) της εποχής. Διαμόρφωσαν πολλούς ένθερμους υποστηρικτές των απόψεών του, αρκετούς άλλους προβλημάτισαν και, όπως συμβαίνει πάντα στην ανθρώπινη ιστορία, δημιούργησαν και πολλούς πολέμιους. Μεγάλη επίσης εκδοτική επιτυχία είχε και το βιβλίο «Αρχές της Γεωλογίας» του Lyell που προηγήθηκε της καταγωγής των ειδών και επανεκδόθηκε έξι φορές από το 1831 μέχρι το 1842, όπως και εκείνο ενός ανώνυμου συγγραφέα με τίτλο «Οργανικά λείψανα ενός παρελθόντος κόσμου». Το τελευταίο πιθανολογείται ότι γράφτηκε από το γιατρό, παλαιοντολόγο και ένθερμο σοσιαλιστή James Parkinson, που μελέτησε (1817) τη νόσο στην οποία έδωσε και το όνομά του (νόσος πάρκινσον). Εκείνο που δεν είναι γνωστό είναι ότι και ο Lyell δημοσίευσε σε ηλικία 66 ετών, το 1863, βιβλίο με τίτλο «Αρχαιότητα του Ανθρώπου», όπου ενστερνιζόταν απόψεις του Δαρβίνου, έδινε έμφαση στη γεωλογική διάσταση της ανθρώπινης εξέλιξης και φυσικά δεν διαχώριζε τη γεωλογία από τη

βιολογία. Ο Lyell τόνιζε ότι η λογική τον οδήγησε στις απόψεις του για τη μεταβλητότητα και όχι τα συναισθήματα ή η φαντασία του. Μια θαρραλέα στάση ενός μεγάλου επιστήμονα, που ξεπερνά το στενό πνεύμα της εποχής του και τους εσωτερικούς ενδοιασμούς του και σε προχωρημένη ηλικία αναθεώρησε πολλές από τις προηγούμενες απόψεις του.

Πριν από τη δημοσίευση της καταγωγής των ειδών ο Δαρβίνος ήταν γνωστός στον επιστημονικό κόσμο ως φυσιοδίφης και γεωλόγος. Ιδιαίτερη σημασία έχει να τονιστεί η παιδεία του στη γεωλογία. Τα πρώτα μαθήματα γεωλογίας τα διδάχθηκε στη Βόρεια Ουαλία από τον καθηγητή γεωλογίας Sedgwick το 1832 σε ηλικία 22 ετών λίγο πριν αναχωρήσει για το μεγάλο και καθοριστικό του ταξίδι με το πλοίο Beagle (1831-1836). Την ιδιότητα του γεωλόγου την τόνιζε πάντα ο ίδιος. Στις πρώτες σημειώσεις του ταξιδιωτικού ημερολογίου του ο Δαρβίνος γράφει: «*Η γεωλογία με απασχολεί περισσότερο από κάθε τι άλλο*». Χαρακτηριστικό επίσης είναι ότι οι πρώτες δημοσιεύσεις του ταξιδιού του αναφέρονται στη γεωλογία με το γενικό τίτλο «*Γεωλογία του ταξιδιού με το Beagle*». Επίσης πρωτοδημοσίευσε μελέτη για τη γεωλογική δομή των κοραλλιογενών υφάλων και γεωλογικές παρατηρήσεις για τα ηφαιστειογενή νησιά το 1842. Τις περισσότερες ανακοινώσεις και δημοσιεύσεις μέχρι το 1859 τις έκανε στη φημισμένη Γεωλογική Εταιρία του Λονδίνου. Φιλοδοξούσε μάλιστα να δημιουργήσει μια «απλή» και κατανοητή γεωλογία. Οι προβληματισμοί και τα συμπεράσματα για τον έμβιο κόσμο ήρθαν ως συνέχεια των γεωλογικών ενδιαφερόντων του. Άλλωστε, οι δύο μεγάλες προσεγγίσεις της φύσης όπως τις γνωρίζουμε σήμερα, γεωλογία και βιολογία, δεν ήταν δύο ξεχωριστά κομμάτια στη σκέψη του θεωρητικού της εξέλιξης, γιατί τα θεωρούσε αλληλένδετα τόσο αυτός, όσο και η επιστημονική σκέψη του 19^{ου} αιώνα.

Ο πατέρας της εξελικτικής θεωρίας των ειδών έγινε πρώτα γνωστός στους επιστημονικούς κύκλους της Αγγλίας ως γεωλόγος από την πετυχημένη εξήγηση για τη δημιουργία και ανάπτυξη των κοραλλιογενών υφάλων, που λέγονται *ατόλες*, με την εργασία του για τη «*Δομή και την Κατανομή των Κοραλλιογενών Υφάλων*» («*The structure and distribution of Coral Reefs*» 1842). Τα κοράλλια ως ζωντανοί οργανισμοί αναπτύσσονται λίγο πιο κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, γύρω από έναν αβαθή ύφαλο, στον οποίο με την αργή γεωλογική καταβύθιση οι αλληπάλληλες θανατοκοινωνίες τους

δημιουργούν εδάφη, λίγα μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Αυτή ήταν η πρώτη σημαντική γεωλογική ερμηνεία του Δαρβίνου, η οποία ισχύει μέχρι σήμερα. Ουσιαστικά ο Δαρβίνος στις πρώτες του επιστημονικές αναζητήσεις καταπιάστηκε με ένα θέμα Βιογεωλογίας, όπως αυτό των κοραλλιογενών νησιών. Ασχολήθηκε επίσης με τα ηφαιστειογενή νησιά με επιτυχία («Volcanic Islands» 1844). Γνωστές είναι και οι παρατηρήσεις του για τους γεωλογικούς χάρτες της νότιας Αμερικής, τους οποίους συμπλήρωσε (Geological Observations on South America-1846). Τέλος, το μεγάλο του φυσικό εργαστήριο τα ωκεάνια νησιά Γκαλαπάγκος τα ερμήνευσε πρώτα γεωλογικά, ως ηφαιστειακά βασαλτικά δημιουργήματα, γεωλογικά νεότερα και απομονωμένα από την κοντινότερη ήπειρο. Μετά τα προσέγγισε ως απομονωμένους βιότοπους.

Το κλειδί όμως στη σύλληψη και ανάπτυξη των ιδεών της σταδιακής μεταβολής των βιολογικών ειδών βρίσκεται στην κατανόηση των αργών γεωλογικών διαδικασιών, την ομοιομορφία του φυσικού νόμου και τη μεγάλη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου, στοιχεία τα οποία κατανόησε ο Δαρβίνος ως γεωλόγος με τη διαρκή συνεργασία κυρίως του δάσκαλου, φίλου και συνεργάτη του καθηγητή γεωλογίας Charles Lyell. Οι γεωλογικές γνώσεις του Δαρβίνου αποτέλεσαν το βασικό εκείνο συντελεστή στην ανάπτυξη της σκέψης του για να πραγματοποιηθεί μια από τις μεγαλύτερες επιστημονικές ανακαλύψεις των νεότερων χρόνων. Η στοιχειώδης παλαιοντολογία της εποχής του, έδειχνε ότι το χρονικό διάστημα το οποίο ήταν απαραίτητο για το σχηματισμό των γεωλογικών στρωμάτων, μέσα στα οποία βρίσκονταν τα απολιθώματα, ήταν απείρως μεγαλύτερο από αυτό που επέβαλαν οι καθιερωμένες αντιλήψεις της εποχής. Η στιγμή ήταν ώριμη για να πραγματοποιηθεί η σύλληψη της διαρκούς εξέλιξης.

Όσον αφορά τον πυρήνα της θεωρίας του, ο Δαρβίνος αρχικά πίστευε ότι τα είδη ήταν πληθυσμοί που αποτελούνταν από άτομα τα οποία μπορούσαν να ποικίλλουν από γενεά σε γενεά. Έπειτα περιέγραφε το συνεχές «αγώνα για τη ζωή» στη φύση: τα ζώα δεν πρέπει να αντιμετωπίζουν μόνο τους ανταγωνιστές τους, αλλά πρέπει να αντιστέκονται στις κακές καιρικές συνθήκες, τη ζέστη, την ξηρασία, σε κάθε αλλαγή του περιβάλλοντος. Η γεωλογία ήδη είχε δρομολογήσει την έρευνα για τις συνεχείς αλλαγές των γεωπεριβαλλόντων. Έτσι, εισήγαγε την κεντρική ιδέα της θεωρίας του για τη

φυσική επιλογή, βασιζόμενος σε μια σύγκριση με την τεχνητή επιλογή. Η φύση παράγει νέα είδη επιλέγοντας άτομα, ανάμεσα από πληθυσμούς προϋπαρχόντων ειδών. Τα άτομα εκείνα που υπέστησαν ευνοϊκές μεταβολές επέζησαν και πολλαπλασιάστηκαν, συγκρότησαν ομάδες και πληθυσμούς που αυξήθηκαν, ενώ εκείνα που υπέστησαν δυσμενείς μεταβολές σταδιακά συρρικνώθηκαν και τελικά εξέλιπταν. Σήμερα γνωρίζουμε ότι οι μικρές αλλαγές στα άτομα με τη μορφή μεταλλάξεων εμφανίζονται τυχαία, διατηρούνται από γενιά σε γενιά μόνο όταν είναι χρήσιμες, δηλαδή στην εξέλιξη ξαναεμφανίζεται η δημοκρίτεια τύχη και αναγκαιότητα. Αν υποθέσουμε ότι ο μηχανισμός αυτός της επιλογής λειτούργησε επί χιλιάδες γενεές, τότε, από τη συσσώρευση μικρών μεταβολών, δημιουργούνται νέοι πληθυσμοί, δηλαδή νέα είδη.

Ο Δαρβίνος δεχόταν την ύπαρξη και μερικών άλλων εξελικτικών διαδικασιών, όπως η σεξουαλική επιλογή, η χρησιμοποίηση ή η αδράνεια των οργάνων, οι τυχαίες αλλαγές και αποκαλούσε την εξέλιξη «διαδοχή με τροποποίηση». Κατά τη γνώμη του όμως, η φυσική επιλογή διαδραμάτιζε το σημαντικότερο ρόλο. Η αλήθεια είναι, όπως άλλωστε αναγνώριζε και ο ίδιος, ότι η θεωρία αυτή αν και αποτελούσε ένα αδιαμφισβήτητο γεγονός δεν μπορούσε να «αποδειχτεί» άμεσα. Μια συχνά διατυπωμένη ένσταση, ανάμεσα σε άλλες, ήταν πως κανείς ποτέ δεν είχε δει ένα είδος να μεταλλάσσεται σε άλλο. Είχε δίκιο όταν έλεγε ότι οι εξηγήσεις του για την εξέλιξη των ειδών καθιστούσαν κατανοητές ένα πλήθος παρατηρήσεων βοτανολόγων, ζωολόγων, παλαιοντολόγων, εμβρυολόγων και άλλων επιστημόνων. Αρκετοί επιστήμονες αμφισβήτησαν την καινούρια θεωρία. Σε λίγα χρόνια όμως, η θεωρία αυτή κατόρθωσε να επιβληθεί και να γίνει αποδεκτή παγκόσμια ως βάση περαιτέρω επιστημονικής έρευνας. Οι επιπτώσεις της νέας θεωρίας ήταν επίσης βαθιές στις κοινωνικές αντιλήψεις της εποχής του, αλλά εξακολουθούν να είναι μέχρι και σήμερα. Η βιολογική έρευνα, επειδή ακριβώς μας αγγίζει ως ανθρώπινες οντότητες, προκαλεί συνεχώς σοβαρά ιδεολογικά προβλήματα.

Είναι για παράδειγμα αλήθεια ότι το εξελικτικό μοντέλο τόνιζε στην αρχή περισσότερο τον ανταγωνισμό. Η πιο σύγχρονη έκφρασή του όμως προβάλλει εντονότερα την αλληλεξάρτηση, τη συνεργασία και τη συμβίωση. Συμπληρώθηκε επίσης με τη γενετική. Η εξέλιξη των οργανισμών όπως και των γήινων συστημάτων με την εξέλιξη των οποίων συμβαδίζει, είναι αργές

διαδικασίες, με μεγάλες περιόδους αργών μεταβολών. Φάσεις «γρήγορων» αλλαγών με εξελικτικά άλματα είναι πιο σπάνιες και εναλλάσσονται με τις «ήρεμες» περιόδους εξέλιξης. **Οι μικρές αλλά διαρκείς αλλαγές στη Βιολογία και στη Γεωλογία είναι σημαντικότερες και με τη ροή του χρόνου τεκμηριώνουν τις μεγάλες αλλαγές**, που τελικά βλέπουμε.

Ο Νεοδαρβινισμός, δηλαδή η σύνθεση Δαρβινισμού και Γενετικής, ενσωμάτωσε τα νέα συμπεράσματα της κληρονομικότητας. Η σύγχρονη γενετική απάντησε σε πολλά ερωτήματα του μηχανισμού της εξέλιξης και η «*θεωρία της συμβίωσης*» ήρθε να προσθέσει πολλά νέα στοιχεία για την πορεία της αλλαγής των ειδών. Η συμβίωση διαφορετικών οργανισμών είναι το σύστημα μέσα στο οποίο μέλη διαφορετικών ειδών ζουν σε φυσική επαφή και σχέση. Σχεδόν όλα τα είδη αυτού του πλανήτη χωρίς τη συμβίωση με άλλα είδη, τις περισσότερες φορές πολύ διαφορετικά, δεν θα μπορούσαν να επιβιώσουν. Ο ανθρώπινος οργανισμός, για παράδειγμα, χωρίς τα δισεκατομμύρια των βακτηρίων, με τα οποία συμβιώνει, δεν θα μπορούσε να λειτουργήσει και να επιζήσει. Κατά τις ριζοσπαστικές απόψεις των Αμερικανών βιολόγων Ιβάν Γουάλιν (Ivan Wallin) και Λιν Μαργκούλις (Lynn Margulis), μέσω της συμβίωσης προκύπτουν νέα είδη. Η *συμβιογένεση*, ένας εξελικτικός όρος κατά την Margulis, αναφέρεται στη δημιουργία νέων ιστών, οργάνων, οργανισμών ή ακόμη και ειδών, μέσω της εδραίωσης της μακροχρόνιας μόνιμης συμβίωσης. Για παράδειγμα τα μιτοχόνδρια, οι μικροσκοπικές δομές των κυττάρων τόσο των ζώων όσο και των φυτών, σύμφωνα με αυτή την άποψη, υπήρξαν στο παρελθόν μικρόβια που σε κάποια «στιγμή» της εξελικτικής τους ιστορίας ενσωματώθηκαν στα κύτταρα αυτά. Τότε, πέρα από τους ξεχωριστούς αποκλίνοντες κλάδους της εξέλιξης των ειδών στο δαρβινικό δένδρο, θα πρέπει να έχουμε και τις συγκλίσεις κλάδων με τις συγχωνεύσεις ειδών. Οι ιδέες αυτές μπορεί να αποτελέσουν μια άλλη διάσταση της βιολογικής εξέλιξης. Ένας άλλος εντυπωσιακός και διαφορετικός δρόμος έρευνας για την πορεία της βιολογικής εξέλιξης ανοίγεται στους βιολόγους, η *συμβιογένεση*, πέραν εκείνου του ανταγωνισμού και της φυσικής επιλογής, με βιοκοινωνιολογικές προεκτάσεις. Η συνύπαρξη, συμβίωση, συνεργασία και αλληλοβοήθεια για την επιβίωση δεν λείπουν από την εξελικτική πορεία των ζωικών οργανισμών και την κοινωνική οργάνωση ως σημαντικές συνιστώσες.

Παρ' όλες τις αποδείξεις της εξέλιξης των ειδών με τις μεγάλες προόδους της παλαιοντολογίας και της γενετικής, πρωταρχικά ερωτήματα της θεωρίας της εξέλιξης εξακολουθούν να υφίστανται, όπως για παράδειγμα πώς είναι δυνατό μια διαδικασία τόσο αργή, συνεχής και σταδιακή να παράγει απόλυτα διακριτές μονάδες, όπως τα είδη; Ένας παλαιοντολόγος, μελετώντας τα είδη διαχρονικά, θα δυσκολευόταν πολύ να βρει πού αρχίζουν τα όρια του είδους, του υποείδους και τη σύνδεσή του με τα άλλα είδη. Στην καλύτερη περίπτωση θα σχεδίαζε την εξελικτική γραμμή πληθυσμών με ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά, που όσο πιο βαθιά εισχωρεί στο χρόνο γίνεται και περισσότερο ασαφής, ώστε να μην ξεχωρίζει με τις αντίστοιχες εξελικτικές γραμμές άλλων «ειδών». Θα έφτανε δηλαδή σε ένα σημείο όπου δύο είδη δεν θα διέφεραν.

Είναι δυνατόν να ποσοτικοποιηθούν και να περιγραφούν με μαθηματικό τρόπο οι εξελικτικές παράμετροι; Πόσο μεγάλα ή μικρά είναι τα μεταλλακτικά βήματα; Εξακολουθεί να θεωρείται η φυσική επιλογή ως ο κύριος μηχανισμός της εξέλιξης; Αυτά είναι μερικά από τα προβλήματα που απασχολούν τη σύγχρονη βιολογική επιστήμη.

Η μεγάλη βιολογική επανάσταση που συνοψίζεται σχεδόν στ' όνομα του Δαρβίνου, δεν περιορίστηκε μόνο στον έμβιο κόσμο, στα φυτά και στα ζώα, άγγιξε και τον ίδιο τον άνθρωπο. Αυτό ήταν κυρίως πού έφερε τη μεγάλη ιδεολογική, θρησκευτική και κοινωνική αναστάτωση. Διαφορετικά, θα ήταν μια αποδεκτή σε στενό επιστημονικό κύκλο θεωρία, όπως πολλές άλλες άγνωστες μας θεωρίες και δεν θα απασχολούσε το ευρύτερο κοινό με ιδεολογικές και πολιτικές προεκτάσεις. Έθιξε όμως και τον άνθρωπο, τον περιόρισε ξαφνικά στην πραγματική του θέση. Τον ξεγύμνωσε από όλα εκείνα τα εγκεφαλικά του ιδεολογήματα για την ανωτερότητα και τη μοναδικότητα του. Αυτή η μεγάλη επιστημονική αλλαγή απέδειξε πως κάθε μέρος ενός φυτού ή ενός ζώου υπήρχε σ' έναν πολύ μακρινό και πολύ διαφορετικό πρόγονο αυτού ειδικά του φυτού ή εκείνου ειδικά του ζώου. Αυτή η επανάσταση γκρέμισε τον Άνθρωπο απ' το φανταστικό του θρόνο, που ο ίδιος είχε φτιάξει και είχε τοποθετήσει τον εαυτό του ως κέντρο του κόσμου, δίνοντας του έτσι ένα μάθημα ταπεινοφροσύνης, αλλά ταυτόχρονα και ένα μάθημα φιλοδοξίας, δείχνοντάς του πως αν και η καταγωγή του είναι «ταπεινή», οι δυνατότητες του αντίθετα είναι πολύ μεγάλες για να συμβιώσει

δημιουργικά σ' αυτόν τον μοναδικό πλανήτη, συμμετέχοντας στις διεργασίες του, αφού πρώτα τις κατανοήσει.

Η σύγχρονη επιστήμη

Μετά τις ριζοσπαστικές αλλαγές του 19^{ου} αιώνα στην επιστήμη και την κοινωνία, η βιολογία και η γεωλογία ακολούθησαν ανεξάρτητες, αν και σε γενικές γραμμές παράλληλες, πορείες. Οι μηχανισμοί λειτουργίας και εξέλιξης της Γης και των έμβιων όντων φαίνεται ότι είναι τελείως διαφορετικοί, γι' αυτό η γεωλογία και η βιολογία θα συνεχίσουν να πορεύονται για πολύ ακόμα ως ανεξάρτητες επιστήμες, χρησιμοποιώντας διαφορετικές μεθόδους έρευνας. Η βιολογία, όταν ξεπέρασε τη φυσιογνωστική και περιγραφική προσέγγιση φυτών και ζώων, στράφηκε στη μελέτη του κυττάρου, μονάδα της ζωής, ως κατεξοχήν βιοχημικού εργαστηρίου. Από την ανάπτυξη της κυτταρικής θεωρίας (Rudolf Virchow 1821-1902), την κατάρριψη της αυτογένεσης με το δόγμα του Παστέρ (Louis Pasteur 1822-1895), «*η ζωή προέρχεται από ζωή*», έφτασε σε έναν άλλο μεγάλο σταθμό της, τους νόμους της κληρονομικότητας (Gregor Mendel 1822-1884, Hygo de Vries 1848-1935, Carl Correns 1864-1933) και τη θεμελίωση της Γενετικής. Μετά την ανακάλυψη των δύο θεμελιωδών μακρομορίων RNA και DNA, κυρίως της δομής του πολύπλοκου και ουσιαστικού μορίου της ζωής DNA από τους J. Watson και F. Crick το 1953, την κατανόηση του πολύπλοκου μηχανισμού της γονιδιακής αποκωδικοποίησης από τους Francois Jacob και Jacques Monod, με την παράλληλη ανάπτυξη της Μοριακής Βιολογίας η επιστήμη της βιολογίας εισέρχεται στη πιο μοντέρνα φάση της. Ουσιαστικά μπαίνει στον τομέα της Εφαρμοσμένης Γενετικής και Βιοτεχνολογίας, με όλες τις προοπτικές, τα επιτεύγματα και τα προβλήματα, για τα οποία γινόμαστε καθημερινά μάρτυρες και κοινωνοί.

Η αυτοοργάνωση της ύλης σε τέτοιο βαθμό ώστε να λειτουργεί, να αναπαράγεται και να εξελίσσεται, δηλαδή να ζει, είναι ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο φαινόμενο, που απασχολούσε, απασχολεί και θα απασχολεί την ανθρώπινη σκέψη πέρα από την επιστημονική και τη φιλοσοφική του διάσταση. Από ότι ξέρουμε μέχρι σήμερα και με τον τρόπο που το γνωρίζουμε, το φαινόμενο ζωή είναι μοναδικό στη Γη. Οι αστροφυσικοί μας

μιλούν ότι πιθανώς να είναι αρκετά σπάνιο φαινόμενα και στο σύμπαν. Η ζωή όπως την γνωρίζουμε εδώ στη Γη είναι προνόμιο του πλανήτη μας, είναι αναπόσπαστο κομμάτι του, είναι ένα μ' αυτόν, είναι φαινόμενο της γήινης διαδικασίας. Η ζωή είναι γεωλογικό φαινόμενο και δεν μπορούμε να τη βλέπουμε πλέον αποσπασματικά και ξέχωρα από τον πλανήτη που την παράγει, την αναπαράγει και τη συντηρεί.

Στην ίδια χρονική περίοδο η γεωλογία καταπιάστηκε με τα δικά της προβλήματα, τα προβλήματα της εξέλιξης του γήινου φλοιού, τη δημιουργία και αποικοδόμηση των βουνών, τον τρόπο δημιουργίας των κοιτασμάτων και την ανακάλυψή τους, την αναζήτηση νέων πρώτων υλών. Ανάμεσα στα θεωρητικά ζητήματα, που για χρόνια απασχολούσαν φυσιοδίφες και γεωλόγους, σημαντική θέση κατείχε το πρόβλημα της ορογένεσης, δηλαδή του τρόπου της δημιουργίας των βουνών, σε συνδυασμό με την καταγωγή των ηπείρων και των ωκεανών. Για τη μελέτη των βουνών έγιναν μεγάλα άλματα ακόμη από το 19^ο αιώνα. Οι Αμερικανοί γεωλόγοι για παράδειγμα, Χώλ και Ντάνα (J. Hall 1811-1898 και J. Dana 1813-1895) μελέτησαν παλιές μεγάλες λεκάνες και αύλακες, δηλαδή κοιλοότητες του φλοιού, που γέμισαν με μεγάλο πάχος ιζημάτων. Οι δύο αυτοί ερευνητές απέδειξαν ότι στη θέση των μεγάλων κοιλοτήτων εμφανίζονται με την πάροδο του χρόνου οροσειρές. Σημαντικός σταθμός στη γεωλογική έρευνα στάθηκε η ανακάλυψη και εκμετάλλευση κοιτασμάτων πετρελαίου στη Βόρεια Αμερική από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα και όπως συνέβη με τη μελέτη των γαιανθράκων και όλων των μεταλλευτικών υλικών, η γεωλογία έγινε μια κατεξοχήν εφαρμοσμένη επιστήμη. Οι απόψεις για τις γήινες αύλακες εξελίχθηκαν σε μία από τις πιο βασικές θεωρίες της Γεωλογίας, τη «θεωρία του γεωσυγκλίνου», η οποία προσπαθούσε να ερμηνεύσει ολόκληρο το γεωλογικό κύκλο, από τη δημιουργία της λεκάνης, το γεωσύγκλινο, που δεχόταν τα ιζήματα (ιζηματογένεση), το μαγματισμό και τη μεταμόρφωση, μέχρι την ορογένεση, δηλαδή τη δημιουργία βουνών. Η θεωρία αυτή κυριάρχησε για περισσότερο από 100 χρόνια και συμπληρώθηκε ή καλύτερα αντικαταστάθηκε από τη «Θεωρία των Λιθοσφαιρικών Πλακών» στο τέλος της δεκαετίας του 1960.

Ειδικότερα, γεωσύγκλινο θεωρείται ένα εκτεταμένο και επίμηκες βύθισμα, λεκάνη ή αύλακα, του φλοιού της Γης, πλάτους μερικών εκατοντάδων χιλιομέτρων, το οποίο γεμίζει με ιζήματα κατά πολύ παχύτερα

από τα ιζήματα γειτονικών περιοχών αντίστοιχης ηλικίας και σταδιακά βυθίζεται με το βάρος τους. Η διαδικασία αυτή αντιστρέφεται όταν πλευρικές δυνάμεις του φλοιού συμπιέζουν τα συσσωρευμένα ιζήματα και τα άλλα πετρώματα, που σταδιακά εισχώρησαν στο γεωσύγκλινο και τελικά τα ανυψώνουν. Όλες οι οροσειρές του πλανήτη, σύγχρονες και παλιότερες, πιστεύεται ότι προήλθαν από συμπίεση και πτύχωση των ιζημάτων των γεωσυγκλίνων και των άλλων πετρωμάτων που τα συνόδευσαν, όπως για παράδειγμα μαγματικές διεισδύσεις γρανιτών και ηφαιστειακές εκχύσεις. Τα γεωσύγκλινα βρίσκονται στα περιθώρια των ηπείρων, κοντά σε ωκεάνιους πυθμένες ή μεταξύ μεγάλων ηπειρωτικών κομματιών. Λειτουργούν μεγάλο διάστημα σαν «θαλάσσιοι τάφροι» και δέχονται ιζήματα από τις ηπειρωτικές περιοχές. Κινούνται σε μια μονόδρομη διεύθυνση, είτε καθοδικά κατά τη διάρκεια της φόρτισης, είτε ανοδικά κατά τη διάρκεια της ορογένεσης. Στη φάση της ορογένεσης η ανύψωση των βουνών έχει υπολογισθεί ότι κυμαίνεται κατά μέσο όρο από λίγα χιλιοστά το χρόνο μέχρι και ένα εκατοστό, ενώ ανυψώσεις ή καταβυθίσεις άλλων ηπειρωτικών περιοχών είναι πολύ μικρότερες των 0,01 έως 0,4 εκατοστά το χρόνο.

Η θεωρία του γεωσυγκλίνου και όλη η προσπάθεια του τέλους του 19^{ου} αιώνα, της ηρωικής εποχής της γεωλογίας, επικεντρώθηκε στην ερμηνεία της δημιουργίας των βουνών, τη λεγόμενη *ορογένεση*. Είναι πολύ μεγάλος ο αριθμός των επιστημονικών εργασιών και συγγραμμάτων που προσπαθούσαν να δώσουν ερμηνείες για το μηχανισμό της εξέλιξης των οροσειρών από τότε που αποτελούσαν βυθό βαθιών θαλασσών, μέχρι που ανυψώθηκαν σε μερικές χιλιάδες μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και μέχρι την οριστική διάβρωση και ισοπέδωσή τους.

Στη συνέχεια, η γεωλογία στον 20^ο αιώνα έκανε άλματα, τόσο στο θεωρητικό όσο και στο εφαρμοσμένο πεδίο, μέσα στις καινούργιες επιστημονικές και παραγωγικές συνθήκες που διαμορφώθηκαν. Ουσιαστικά ο αιώνας ξεκίνησε με μια επιστημονική επανάσταση, εκείνη του Αυστριακού μετεωρολόγου και γεωφυσικού Βέγκενερ (Alfred Wegener 1880-1930). Ο Wegener, με τη «Θεωρία της απομάκρυνσης των ηπείρων» (1910), πρότεινε ουσιαστικά την οριζόντια μετακίνηση των ηπείρων και μάλιστα σε μεγάλες αποστάσεις μέσα στο πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα του γεωλογικού χρόνου. Μια σημαντική παρατήρηση και ένα σημαντικό τμήμα της θεωρίας του

αφορούσε την απόκλιση της αμερικανικής ηπείρου από την ευρωπαϊκή και την Αφρική, η οποία άρχισε από το Μεσοζωικό αιώνα, πριν δηλαδή από 200 εκατομμύρια χρόνια. Η απόκλιση αυτή δημιούργησε τον Ατλαντικό ωκεανό και εξηγούσε την εκπληκτική ομοιότητα των ακτών και κυρίως τη γεωλογική συνέχεια των γεωλογικών στρωμάτων των δύο ηπειρωτικών περιοχών. Η επαναστατική αυτή άποψη, που συνοψίζεται στη φράση «...και όμως οι ήπειροι κινούνται...», με τις πολλές υποθέσεις, αρκετές ενδείξεις και ελάχιστες έως καθόλου αποδείξεις, έφερε τον επιστήμονα που την διατύπωσε σε αντίθεση με την γεωλογική ορθοδοξία της εποχής του και σε μια από τις πλέον υπερβολικές επιστημονικές συγκρούσεις. Ο ίδιος ο Wegener, διαισθανόμενος ότι δεν διέθετε τα ισχυρά εκείνα επιχειρήματα και ότι κινούνταν έξω από την περιοχή της ειδικότητας του και κυρίως δεν έβρισκε διεπιστημονικό χώρο στα στενά όρια των επιστημονικών ειδικοτήτων, στη τελευταία έκδοση του βιβλίου του «*Η προέλευση των Ηπείρων και των Ωκεανών*» το 1929 απευθύνεται σε γεωλόγους, γεωφυσικούς, γεωδαίτες, παλαιοντολόγους, ζωο- και φυτο-γεωγράφους να προσκομίσουν αποδείξεις. Τους καλούσε να δουν πέρα από τα πλαίσια των ειδικοτήτων τους, πολύ ευρύτερα για να μπορέσουν να κατανοήσουν τη εξέλιξη αυτού του πλανήτη, με μια διεπιστημονική συμβολή. Κάτι που σήμερα φαίνεται αυτονόητο, στην εποχή του ξεκινήματος της εξειδίκευσης ήταν λάθος επιλογή ή όπως συχνά συμβαίνει στην ιστορία της επιστήμης και των κοινωνικών ιδεών, ήταν άκαιρα πρόδρομη η άποψη και η πρότασή του. Τα επιχειρήματα του Wegener ήταν διεπιστημονικά και δυστυχώς ποιοτικά και όχι ποσοτικά, όπως ήταν η παράδοση του 19^{ου} αιώνα. Δύο πράγματα ασυγχώρητα για την εποχή του, τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, όταν γεννιόνταν και περιχαράκωνονταν οι εξειδικεύσεις και το πνεύμα της εποχής διαμορφωνόταν με την μαθηματικοποίηση και ποσοτικοποίηση των παρατηρήσεων, όπως έδειχναν οι άλλες φυσικές επιστήμες, Φυσική και Χημεία, με τα μεγάλα επιστημονικά επιτεύγματα και άλματα τους. Δεν ήταν εποχή κατάλληλη για διεπιστημονικές αναζητήσεις. Οι ειδικεύσεις οριοθετήθηκαν και έγιναν σταδιακά υπερεξειδικεύσεις. Οι ειδικοί δεν συγχώρησαν ένα Μετεωρολόγο, τον Wegener, να διατυπώνει γεωφυσικές ερμηνείες για το γήινο φλοιό. Επίσης δεν τον συγχώρεσαν, γιατί δεν διέθετε σαφή ποσοτικά αποδεικτικά στοιχεία, που να στηρίζονται στο επίπεδο της Μηχανικής και της ραγδαία αναπτυσσόμενης Σεισμολογίας και

Φυσικής του εσωτερικού της Γης, για να υποστηρίξουν τη νέα ριζοσπαστική υπόθεση. Ο Wegener έκανε αναμφίβολα και πολλά λάθη. Έτσι, ο πρώτος ενθουσιασμός έσβησε, για να ξεχαστεί για 40 περίπου χρόνια. Η υπόθεση του όμως αποδείχθηκε εξαιρετικά γόνιμη.

Η μετά το 2^ο παγκόσμιο πόλεμο τεχνολογία, η συσσώρευση των γεωλογικών και σεισμολογικών γνώσεων σε παγκόσμια κλίμακα και κυρίως η μελέτη της, σχεδόν άγνωστης μέχρι τότε, θαλάσσιας γεωλογίας και η κατανόηση σε μεγάλο βαθμό της εξέλιξης και λειτουργίας των ωκεανών, ολοκλήρωσαν την επιστημονική επανάσταση με τη *Θεωρία των Λιθοσφαιρικών Πλακών*. Προηγήθηκε ως πρόδρομος η «*Θεωρία της Διεύρυνσης των Ωκεανών*», η οποία άνοιξε τον δρόμο στη νέα θεωρία και σχεδόν απορροφήθηκε από αυτήν, με τις ιδέες του Βρετανού Χόλμς (Arthur Holmes 1890-1965), για τα ρεύματα θερμικής μεταφοράς του μανδύα (1929 και 1931) και του Αμερικανού Χες (Harry Hess 1906-1969), για τη δομή και ηλικία του ωκεάνιου φλοιού. Αντίθετα ο Καναδός γεωλόγος L. Morney, που κατέληξε σε παρόμοια συμπεράσματα ατύχησε, γιατί τα μεγάλα γεωφυσικά περιοδικά σε ένα πνεύμα επιστημονικού συντηρητισμού, αρνήθηκαν να δημοσιεύσουν το πραγματικά πολύ σημαντικό άρθρο του, όπως εκτιμήθηκε αργότερα. Η θεωρία συμπληρώθηκε το 1963 με παλαιομαγνητικές κυρίως μετρήσεις από τους Βιν και Μάθιους (F.J.Vine 1939-1988 και D.H. Matthews το 1931-1997) και από τον Ουίλσον (J.T. Wilson) το 1965. Οι πρώτες όμως απόψεις του Καναδού Wilson, που έθεταν τις βάσεις αυτής της θεωρίας και που διατυπώθηκαν στις αρχές του 1960, πάλι αμφισβητήθηκαν. Τελικά, όρος *απομάκρυνση των ηπείρων* εγκαταλείφτηκε και αντικαταστάθηκε από τις «*Τεκτονικές Πλάκες*», που για πρώτη φορά τις ονόμασε έτσι ο Αμερικανός γεωφυσικός Μόργκαν το 1967 (W. J. Morgan), ενώ σχεδόν ταυτόχρονα κατέληγαν σε παρόμοιες ιδέες οι Μακένζι (D. Mckenzie), Πάρκερ (R. Parker), Λε Πισόν (X. Le Pichon), Ίζαακς, Όλιβερ και Σάικς (Issaks, Oliver, Sykes). Η πρωτοπορία των νέων ιδεών και η διατύπωση νέων θεωριών περνούσε σταδιακά από τη γηραιά ήπειρο στη βορειοαμερικανική, ιδιαίτερα μετά την ανακάλυψη του πετρελαίου και τη θεμελίωση του πλέον εφαρμοσμένου κλάδου της γεωλογίας, και μετά την σταδιακή ανάπτυξη της οικονομικής, στρατιωτικής και επιστημονικής υπερδύναμης, από τον πρώτο και κυρίως μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο.

Η θεωρία των Λιθοσφαιρικών ή Τεκτονικών Πλακών είναι η συμπύκνωση και διαλεύκανση όλων των προηγούμενων γεωλογικών γνώσεων, παιδί της σύγχρονης τεχνολογίας (σεισμολογικής, εφαρμοσμένης γεωφυσικής, δορυφορικής, ωκεανογραφικής, γεωτρητικής.....) επίτευγμα της σύγχρονης αμερικανικής επιστημονικής σκέψης και νοοτροπίας.

Η γέννηση της νέας θεωρίας, του νέου «παραδείγματος» στις γεωεπιστήμες ήταν το αποτέλεσμα της συσσώρευσης επιστημονικής γνώσης και «της ανάγκης» της κοινωνίας, στο πλαίσιο του ψυχρού πολέμου και του μεταπολεμικού στρατιωτικού ανταγωνισμού. Η ανάπτυξη και ο εκσυγχρονισμός του παγκόσμιου δικτύου σειсмоγράφων, κυρίως από τις Η.Π.Α. στις αρχές της δεκαετίας του '60, για την παρακολούθηση των πυρηνικών δοκιμών της Σοβιετικής Ένωσης, έδωσε ένα θαυμαστό πλούτο δεδομένων και νέων σεισμολογικών στοιχείων. Τα στοιχεία αυτά «εκμεταλλεύτηκαν» νέοι επιστήμονες για να εφαρμόσουν καινούργιες ιδέες και να διατυπώσουν την νέα θεωρία. Η μεγάλη χρηματοδότηση με στρατιωτικό κίνητρο, είχε σαν αποτέλεσμα το μεγάλο επιστημονικό άλμα και την προώθηση της βασικής έρευνας. Κάτι ανάλογο συνέβη σε πολλούς άλλους κλάδους της επιστήμης, όπως για παράδειγμα στη μετεωρολογία, που χρωστά μεγάλο μέρος της ανάπτυξης της, στο γεγονός ότι απετέλεσε ουσιαστικό και σημαντικό εργαλείο στις στρατιωτικές επιχειρήσεις. Σήμερα σε καιρό ειρήνης, κίνητρο και αφορμή χρηματοδότησης για την περαιτέρω προώθηση της σεισμογεωλογικής έρευνας αποτελούν οι μεγάλες σεισμικές καταστροφές. Ποτέ όμως η χρηματοδότηση αυτή δεν είναι ανάλογη με την χωρίς φειδώ παρεχόμενη για στρατιωτικούς σκοπούς υποστήριξη της βασικής και εφαρμοσμένης έρευνας. Μερικά από τα καλύτερα εργαλεία που διαθέτουμε σήμερα για τη μελέτη της γήινης επιφάνειας είναι οι δορυφορικές εικόνες, προϊόντα στρατιωτικής έρευνας και χρήσης επίσης.

Η δεκαετία του 1970 ξεκίνησε με τη νέα αυτή ενοποιητική θεωρία και με μια έκρηξη στην έρευνα των γεωεπιστημών και επανάσταση στη γεωλογική επιστημονική γνώση. Όπως κάθε αλλαγή, έτσι και αυτή δεν απέφυγε τις αμφισβητήσεις. Ακόμη και οι ίδιοι οι δημιουργοί της αναγκάστηκαν να αναθεωρήσουν τις παλαιότερες απόψεις και ορισμένοι, προς τιμήν τους, απολογήθηκαν δημόσια, όπως ένας από τους θεμελιωτές της νέας θεωρίας, ο Wilson, που έγραφε ότι «είναι δύσκολο στους περισσότερους από εμάς να

αποδεχθούμε ότι πολλά από αυτά που γράψαμε (πριν από τη θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών) και διδάξαμε ήταν λανθασμένα!»! Τέτοιες ενέργειες δείχνουν το μεγαλείο της επιστήμης και το θάρρος των πραγματικών επιστημόνων. Οι παλιές θεωρίες όμως έχουν την ικανότητα να αντιστέκονται. Αρκετοί γεωεπιστήμονες δεν υιοθέτησαν από την αρχή τη νέα ριζοσπαστική θεωρία, ενώ άλλοι έγιναν πολέμιοι της, όπως ο Αμερικανός καθηγητής γεωλογίας Η. Jeggreys (1970) και ο διάσημος Ρώσος ακαδημαϊκός Belousov, ο οποίος μέχρι σχεδόν το θάνατό του στα μέσα της δεκαετίας του 1980, εμπόδιζε πεισματικά τη διάδοση της νέας θεωρίας στη Σοβιετική Ένωση.

Η θεωρία των Τεκτονικών Πλακών άλλαξε ριζικά τον τρόπο σκέψης των γεωλόγων. Για πρώτη φορά τα γεωλογικά φαινόμενα απέκτησαν παγκοσμιότητα και σφαιρικότητα. Για πρώτη φορά επίσης η νέα καλπάζουσα διαστημική τεχνολογία έδωσε τη δυνατότητα στο ανθρώπινο μάτι να δει και να μελετήσει από μακριά το σφαιρικό αυτό πλανήτη ως σύνολο. Μια εντελώς νέα εποχή ξεκινούσε.

Η οικονομική και κοινωνική βάση της επιστήμης

Σκοπός της γρήγορης αυτής ιστορικής αναδρομής δεν ήταν να περιγραφεί αναλυτικά η εξέλιξη των επιστημών της Γης. Απλά παρατέθηκαν επιλεκτικά μερικοί σημαντικοί σταθμοί και απόψεις ερευνητών, για να καταδειχθεί η βήμα προς βήμα οικοδόμηση της επιστημονικής σκέψης για την ερμηνεία γεωλογικών κυρίως φαινομένων. Το κεφάλαιο αυτό επιδιώκει να δείξει την εντυπωσιακή ανάπτυξη της ανθρώπινης επιστημονικής σκέψης, στις επίσης μεταβαλλόμενες συνθήκες της κοινωνίας. Προσπαθεί να δείξει τη σταδιακή, μακρά και δαιδαλώδη πορεία της αναζήτησης ερμηνειών για τα φαινόμενα του κόσμου, ενός κόσμου κινητικού, πολύπλοκου, μεταβαλλόμενου και διαρκώς εξελισσόμενου, που ήταν κλεισμένος σε ιδεολογικές θέσεις και απόψεις μιας μοναδικής δημιουργίας και σταθερότητας. Εδώ, τονίζονται η κλασική αρχαιότητα και κυρίως το όριο των 18^{ου}-19^{ου} αιώνων, που αποτελεί το μεγάλο σταθμό της ανάπτυξης της σύγχρονης επιστήμης. Το όριο αυτό χωρίζει πλέον την ανθρώπινη ιστορία σε δύο περιόδους την προ- και την μετα-επιστημονική εποχές. Στην πρώτη περίοδο ο άνθρωπος ζούσε σε έναν κόσμο, όπου το περιβάλλον είχε διαμορφώσει το είδος του, όπου αυτός και οι

αισθήσεις του προσαρμόσθηκαν και με τις εμπειρίες του προσπαθούσε να καταλάβει και να ερμηνεύσει τον κόσμο μέσα στον οποίο ζούσε. Στη δεύτερη περίοδο μπήκε σε μια εντελώς διαφορετική εποχή, όπου κυριαρχεί η διανόηση, η επιστήμη και η τεχνολογία. Έχει πλέον δυνάμεις, ως κοινωνικό σύνολο, πέρα από τις συμβατικές ανθρώπινες διαστάσεις. Για την νέα αυτή κατάσταση δεν ήταν προετοιμασμένος και ως κοινωνία δεν μπορεί να προσαρμοσθεί ακόμη.

Η επανεξέταση της ιστορικής πορείας της επιστήμης, δεν είναι μόνο μια νοσταλγία για τις μεγάλες της στιγμές και πρωτοπόρες συλλήψεις. Μια αναδρομή συνεισφέρει κυρίως στην κατανόηση του επιστημονικού επιπέδου της σύγχρονης εποχής. Από την αναψηλάφηση της ιστορίας της επιστήμης μπορούμε να αντλήσουμε συμπεράσματα για σύγχρονα προβλήματα, να βρούμε παραδείγματα, που μπορούν να επανεξεταστούν με το σημερινό επίπεδο των γνώσεων και γενικά να διακρίνουμε μορφές αξιών και τρόπους σκέψης χρήσιμους για το σήμερα και το αύριο. Σχολιάζοντας το παρελθόν κατανοούμε καλύτερα το παρόν και σχεδιάζουμε το μέλλον. Η ιστορία γενικά, μυθοποιημένη ή όχι, επενεργεί στο παρόν.

Το κεφάλαιο αυτό δεν ήταν ένας σύντομος απολογισμός των γεωεπιστημών. Προσπάθησε να αποκλίνει ελαφρά από την απλή παράθεση επιστημονικών επιτευγμάτων ασύνδετων από το κοινωνικό και οικονομικό περιβάλλον μέσα από το οποίο αναδύθηκαν. Μια πραγματική ιστορική ανάλυση της πορείας των επιστημών πρέπει να καταπιάνεται πρώτα με τις κοινωνικοοικονομικές συνθήκες και το ιδεολογικό πλαίσιο που δημιούργησαν αυτά τα επιτεύγματα. Να αναλύει την ανάγκη και τη σκοπιμότητα που γέννησαν θρησκευτικά δόγματα, επιστημονικά πρότυπα και θεωρίες. Διαφορετικά, η ιστορική διαδρομή της επιστήμης είναι ελλιπής, ασύνδετη με την κοινωνική πραγματικότητα και ίσως παραπλανητική. Επίσης η παράθεση μόνο των ονομάτων, των απόψεων και των επιτευγμάτων των σημαντικότερων επιστημόνων δεν βοηθάει την πλήρη κατανόηση των διεργασιών της οικοδόμησης της επιστήμης. Ποιος δημιούργησε το οικονομικό πλεόνασμα για να δημιουργηθούν σχολές και εργαστήρια, ώστε να μπορέσουν κάποιοι να αφοσιωθούν στην έρευνά τους; Πια οικονομική και κοινωνική ανάγκη τα δημιούργησε; Πώς και από ποιους επηρεάστηκαν οι προβεβλημένοι επιστήμονες και γιατί; Πόσοι άλλοι αφανείς μελετητές

συνεισέφεραν στο οικοδόμημα της επιστήμης, και σε ποιο βαθμό το επηρέασαν; Ποια τεχνολογικά μέσα διέθετε η εποχή τους για τα πειράματα τους και πόσοι εργάτες κρύβονται πίσω από το μεγάλο οικοδόμημα της τεχνολογίας κάθε εποχής; Ποια δίψα κέρδους έστειλε τους λίγους φυσιοδίφες, γεωγράφους μαζί με τα καράβια των εντυπωσιακών ανακαλύψεων και αποικιακών κατακτήσεων; Οι μεγάλοι αυτοί επιστήμονες δεν στηρίχθηκαν στη δουλειά και επίπονη εργασία αφανών συνεργατών, βοηθών, καθηγητών που τους μόρφωσαν, γονέων που τους στήριζαν, υπηρετών που τους φρόντιζαν, αντιπάλων που με την καλόπιστη ή κακόπιστη κριτική τους βοηθούσαν, κοινωνίες και αντιλήψεις που τους περιόριζαν και τους καταπίεζαν ή επαναστατικές περίοδοι που τους απελευθέρωναν; Πόση δουλειά αφανών επιστημόνων, πόσες μικρές αλλαγές δεν επέδρασαν και δεν βοήθησαν μέχρι να γεννηθεί μια καινούργια θεωρία και να διατυπωθεί μια πρωτότυπη άποψη;

Οι προβεβλημένοι επιστήμονες, που συνήθως μόνο αυτούς αναφέρουμε στην εξιστόρηση της επιστήμης, αποτελούν τις κορυφές των πυραμίδων του επιστημονικού οικοδομήματος. Το παράδειγμα του Δαρβίνου είναι τυπικό, του ανθρώπου που παρουσίασε την πιο συστηματική και ολοκληρωμένη εργασία για την εξέλιξη. Βρήκε ένα στέρεο οικονομικό, κοινωνικό και επιστημονικό υπόβαθρο και ώριμες συνθήκες, για να λειτουργήσει η δική του ευφυΐα, εργατικότητα και μεθοδικότητα. Όμως χωρίς τη στήριξη και προτροπή του Lyell, δεν θα τολμούσε να κάνει την πρώτη ανακοίνωση. Χωρίς το πρώτο βήμα του Γουάλας, ο οποίος έστειλε στην επιστημονική εταιρεία του Λονδίνου (1858) την πρώτη ανακοίνωση και πρωτοπόρα εργασία για την εξέλιξη των ειδών, ίσως καθυστέρουσε να διατυπώσει τις απόψεις του ή δεν θα τολμούσε ποτέ να τις δημοσιοποιήσει. Χωρίς την παράλληλη ανάπτυξη της γεωλογίας από τον Lyell και τον Hutton η θεωρία του θα ήταν ελλιπέστατη. Τα πρώτα σπέρματα των ιδεών της εξέλιξης από τον παππού του Έρασμο σαφώς του έδωσαν το πρώτο στέρεο σκαλί για να πατήσει, η μαχητικότητα του Hilaire και οι αντίθετες απόψεις του Cuvier ή οι λαθεμένες απόψεις του Λινναίου ήταν η μεγάλη πρόκληση γι' αυτόν. Τέλος, η ιστορική περίοδος με τα ποντοπόρα πλοία των μεγάλων εξερευνήσεων της πρώτης ναυτικής δύναμης του κόσμου, της Μεγάλης Βρετανίας, και η τύχη κυριολεκτικά να συμμετάσχει σε μια μακροχρόνια επιστημονική αποστολή με το πλοίο Beagle, του έδωσαν τη δυνατότητα να κάνει συστηματικές

παρατηρήσεις σε όλο τον κόσμο, διαφορετικά θα παρέμενε ένας απλός και άγνωστος εφημέριος στην ενορία του.

Ο 21ος αιώνας, ως συνέχεια δύο επίσης σημαντικών αιώνων επιστημονικής έκρηξης γνώσεων και ριζοσπαστικών κοινωνικών αλλαγών, του 19ου και 20ου, έχει να αντιμετωπίσει πλανητικών διαστάσεων προκλήσεις για το σύνολο πλέον του οικοπλανήτη μας, που σχετίζονται για μερικούς με τη Φύση, για άλλους με τον Άνθρωπο και τις δραστηριότητές του, αλλά ουσιαστικά με την αλληλεπίδραση Ανθρώπου-Φύσης. Ο παράγοντας Άνθρωπος και η επίδρασή του στη Γη είναι μια συνεχής, καίρια και με γεωμετρική πρόοδο αυξανόμενη διαδικασία. Η φύση, κομμάτι της οποίας αποτελούν η Γη και η Ζωή είναι από τα πιο σύνθετα συστήματα, που γνωρίζουμε. Οι επεμβάσεις σ' αυτό το ιδιαίτερα πολύπλοκο και εύθραυστο γήινο σύστημα προϋποθέτουν καλή γνώση των λειτουργιών του στο σύνολο του, καθώς και των υποσυστημάτων του. Το σημερινό επίπεδο των γνώσεών μας φαίνεται πολύ εντυπωσιακό σε σχέση με εκείνο του παρελθόντος, ικανοποιητικό για το είδος των επεμβάσεων που επιχειρούνται, αλλά εξακολουθεί να παραμένει ανεπαρκές για τις προκλήσεις που διαφαίνονται μπροστά μας. Το μέλλον, δεν είναι ούτε ιδιαίτερα αισιόδοξο, ούτε τελείως απαισιόδοξο. Ο 21ος αιώνας θα αποτιμήσει τα συναρπαστικά κατορθώματα των επιστημών και όλων των εξειδικεύσεων τους, είναι όμως υποχρεωμένος να κατανοήσει και να αναπτύξει την ολιστική αντίληψη για τον Πλανήτη μας και για τη Φύση γενικότερα.