

Η πρώιμη Γη

Άρθρο, Μάρτιος 2006

Ένα παράδοξο σχετικά με τους πλανήτες είναι ότι πρέπει να έχουν σχηματιστεί σε εκείνες τις ζώνες του ηλιακού συστήματος, όπου έτεινε να συγκεντρωθεί η μάζα: δηλαδή εκεί όπου πολλά αστρονομικά σώματα αλληλεπίδρασαν και συγκρούστηκαν. Καθώς οι πρωτοπλανήτες σχηματίστηκαν, οι συγκρούσεις μεταξύ τους έγιναν πιο ενεργητικές. Ειδικότερα, κάθε σύγκρουση παρήγαγε πολλή θερμότητα. Γι αυτό και στα τελευταία στάδια του πλανητικού σχηματισμού πρέπει να έχουν παραχθεί καυτοί πλανήτες, πιθανώς με λείες επιφάνειες.



Βεβαίως η Γη (και το φεγγάρι) φαίνονται να σχηματίστηκαν όταν χτυπήθηκε η πρωτο-γη από ένα σώμα στο μέγεθος του Άρη. Η Γη διαμορφώθηκε με μια κλίση στον άξονά της, και με ένα φεγγάρι σε κοντινή τροχιά γύρω από αυτήν. Η χημική σύνθεση του φεγγαριού δείχνει ότι σχηματίστηκε κατά ένα μεγάλο μέρος από τα συντρίμια που ανατινάχτηκαν από τα εξωτερικά στρώματα της γης σε αυτήν την σύγκρουση. Εκείνη δε η σύγκρουση ήταν αρκετά ισχυρή ώστε να ατμοποιήσει ένα μεγάλο μέρος της

Γης.

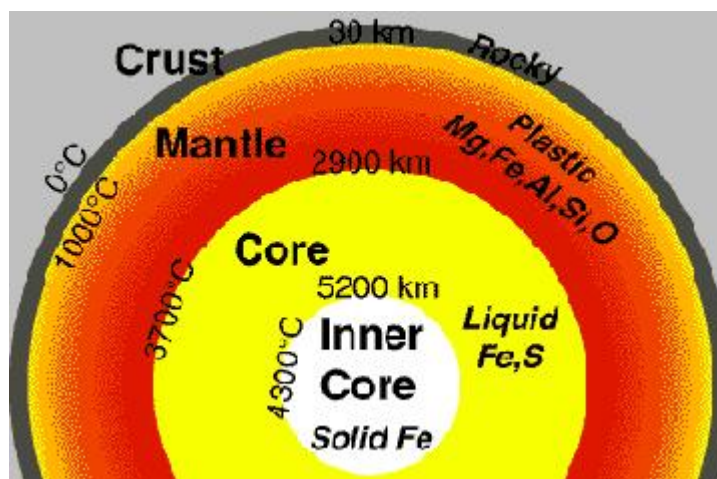
Έτσι η Γη όταν γεννήθηκε ήταν καυτή, ενώ ψύχθηκε αργότερα μετά από κάποιο χρόνο. Θα ήταν σημαντικό να υποθέσει κάποιος, ή να υπολογίσει, πόσο καιρό χρειάστηκε η Γη για να ψυχθεί. Πότε η γη ψύχθηκε στο σημείο όπου μπόρεσε να σχηματιστεί η ζωή, ή να φθάσει σε αυτή σύμφωνα με μερικούς άλλους;

Ένα σενάριο είναι το εξής: τα άλλα είναι πιθανά, φυσικά, επειδή έχουμε λίγο στοιχείο και γι αυτό πρέπει να χρησιμοποιήσουμε υπολογιστικά μοντέλα όπως και χημικούς και φυσικούς υπολογισμούς, και και οι δύο αυτοί μέθοδοι απαιτούν υποθέσεις με διάφορους βαθμούς εμπιστοσύνης.

Πρώτα, η Γη ήταν καυτή, και ο πρώιμος φαίνεται να ήταν μάλλον ψυχρός, παράγοντας ίσως το 70% της σημερινής ακτινοβολίας. Η γήινη ατμόσφαιρα ελεγχόταν από τη θερμότητα που προερχόταν από τη γήινη επιφάνεια.

Αυτή η πρώιμη ατμόσφαιρα θα ήταν ατμοποιημένοι βράχοι αμέσως μετά από τη γιγαντιαία σύγκρουση, αλλά αυτός ο ατμός συμπυκνώθηκε γρήγορα σε ορυκτά σταγονίδια και κρυστάλλους. Έτσι θα είχε πέσει πίσω στην αναβράζουσα λειωμένη πλανητική επιφάνεια. Βέβαια αυτό κράτησε μερικές χιλιάδες χρόνια (πολύ γρήγορα για ένα γεωλογικό χρονικό διάστημα). Όμως, ισχυρά ρεύματα μεταφοράς στη λειωμένη γη θα είχαν μεταφέρει όχι μόνο τους λειωμένους βράχους αλλά και θερμότητα στην επιφάνεια, όπου ένα μεγάλο μέρος από αυτήν θα χανόταν υπό μορφή ακτινοβολίας έξω στο διάστημα. Καθώς αυτή η ισχυρή μεταφορά ανάδευσε τη Γη, τα πυκνότερα στοιχεία και ενώσεις, ιδιαίτερα ο στερεός και υγρός σίδηρος, θα είχε βυθιστεί βαθιά ώστε να ξεκινήσει η διαμόρφωση του πυρήνα. Μόλις σχηματίστηκε ο πυρήνας, η εκ μεταφοράς ζώνη βαθμιαία έγινε πιο στενή και σχηματίστηκε ο γήινος μανδύας (δεν υπήρξε τότε κανένας φλοιός ακόμα).

Στο σημείο που έπεφταν τα τμήματα του λειωμένου βράχου, η θερμοκρασία της γήινης επιφάνειας και της ατμόσφαιρας θα ήταν ίσως και 1800°C, ενώ τα ατμοσφαιρικά αέρια θα περιείχαν κυρίως διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμούς. Μόλις δε ψύχθηκε ο ωκεανός του μάγματος της πλανητικής επιφάνειας, άρχισε να σχηματίζεται μια λεπτή, καυτή κρούστα - ο μετέπειτα



φλοιός. Οι υπολογισμοί δείχνουν ότι μερικές μόνο εκατοντάδες χρόνια θα ήταν αρκετά για να γίνει ολόκληρη η επιφάνεια "στερεά". Στερεά επιφάνεια σημαίνει ότι ο νέος φλοιός 'σφράγισε' το λειωμένο εσωτερικό της γης, εκτός από εκεί όπου υπήρχαν πολλές ηφαιστειακές διέξοδοι και βαθιοί κρατήρες δημιουργημένοι από αστεροειδείς. Έτσι επέτρεψαν στη λάβα σε αυτά τα σημεία να φθάσει στην επιφάνεια. Από εδώ και στο εξής, δεν θα μεταφερόταν πλέον θερμότητα από τη μεγάλη μάζα της λειωμένης γης άμεσα στην επιφάνεια, αλλά μόνο μέχρι το κάτω σημείο του λεπτού φλοιού. Η ηλιακή ακτινοβολία και η ίδια η ατμόσφαιρα άρχισαν τώρα να διαδραματίζουν έναν πολύ μεγαλύτερο ρόλο στην εξέλιξη της γήινης επιφάνειας.

Στην πυκνή πρώιμη ατμόσφαιρα κυριαρχούσε το γνωστό αέριο του θερμοκηπίου, το διοξείδιο του άνθρακα μαζί με τους υδρατμούς και αυτή παγίδεψε την ακτινοβολία του πρώιμου ήλιου, ενώ ο στερεός φλοιός ακτινοβόλησε την ηφαιστειακή θερμότητα από το εσωτερικό. Η θερμότητα του γήινου φλοιού μεταφέρθηκε προς τα πάνω μέσω της παχιάς ατμόσφαιρας οπότε και ακτινοβολήθηκε προς το διάστημα, έτσι ώστε η γη συνέχισε να ψύχεται σχετικά γρήγορα πρώτα, κατόπιν πιο αργά μόλις ο φλοιός ψύχθηκε και έγινε πυκνός. Παραδόξως, όσο περισσότερο τα αέρια του θερμοκηπίου θέρμαναν την ατμόσφαιρα, τόσο γρηγορότερα θερμότητα ακτινοβόλησε προς το διάστημα.

Η πυκνή ατμόσφαιρα μπορεί να ήταν 25 φορές πυκνότερη από τη σημερινή, και σε μια θερμοκρασία άνω των 200°C. Εντούτοις, σε εκείνες τις θερμοκρασίες και τις πιέσεις, είναι δυνατό να διαμορφωθεί υγρό νερό (το νερό σε αυτές τις θερμοκρασίες υπάρχει σήμερα, βαθιά μέσα τους ωκεανούς, στις μεσοωκεάνιες ράχες). Έτσι τελικά,, ίσως μετά από μερικά εκατομμύριο χρόνια, το εσωτερικό της γης είχε χάσει αρκετή θερμότητα που η συμβολή της στην ατμόσφαιρα μειώθηκε κατά πολύ. Καθώς η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας έπεσε ίσως και 250°, άρχισαν οι υδρατμοί να γίνονται βροχή μεταφέροντας έτσι το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας διαλυμένο πάνω στον φλοιό. Με αυτό τον τρόπο το καυτό υγρό νερό γέμισε τις χαμηλές θέσεις στο φλοιό δημιουργώντας ρηχές, ελαφρώς όξινες θάλασσες.

Καθώς τότε επικρατούσε μεγάλη ηφαιστειακή δράση στους πυθμένες της πρώιμης θάλασσας, και υπήρχαν τεράστιες συγκρούσεις με αστεροειδείς, θα είχαν γίνει δραματικές χημικές αντιδράσεις μεταξύ του καυτών βράχων και του νερού. Το νάτριο και το χλώριο θα είχαν συμπυκνωθεί αρκετά νωρίς έξω από την ατμόσφαιρα, και έτσι ο πρώιμος ωκεανός θα ήταν αλμυρός, ίσως υπερβολικά αλμυρός (μια καυτή άλμη) αυξάνοντας το πεδίο των αντιδράσεων ανάμεσα στους βράχους και το νερό. Ξέρουμε

από τις υποβρύχιες διεξόδους στις σημερινές μεσοωκεάνειες ράχες πόσο εντυπωσιακές μπορεί να είναι εκείνες οι χημικές αντιδράσεις, και να σχηματίζονται έντονα καταθέσεις πλούσιες σε ορυκτά όλων των ειδών. Τα υψηλά επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα στο νερό και την ατμόσφαιρα επίσης θα είχαν βοηθήσει το σχηματισμό των μεταλλευμάτων του ανθρακικού άλατος.

Η γη θα μπορούσε να έχει περάσει σε αυτή την κατάσταση πολλές δεκάδες ή και εκατοντάδες εκατομμυρίων ετών, με μια πυκνή ατμόσφαιρα θερμοκηπίου και καυτούς αλμυρούς ωκεανούς (πάρα πολύ καυτούς φυσικά για την ανάπτυξη της ζωής). Ακόμα κι έτσι, με μια επιφάνεια θερμοκρασίας άνω των 200°C, ήταν αναπόφευκτο ότι η γη κάποτε θα συνέχιζε να ψύχεται. Καθώς η κατάσταση αυτή συνεχιζόταν, μια άλλη γεωλογική διαδικασία μπήκε στο παιχνίδι: η καταβύθιση, η διαδικασία κατά την οποία οι βράχοι του γήινου φλοιού βυθίζονται στο μανδύα.

Μόλις η γήινη επιφάνεια ψύχθηκε, ο φλοιός που είχε αλληλεπιδράσει με το νερό έγινε τώρα αρκετά πυκνός για να βυθιστεί πίσω στο εσωτερικό, μεταφέροντας στο εσωτερικό νέο σύνολο υδροθερμικών μεταλλευμάτων της επιφάνειας για ανακύκλωση. Άρχισαν εν συνεχεία άλλα μεταλλεύματα έφτασαν πάλι στην επιφάνεια από χαμηλά.

Η εξέλιξη της ζωής στην πρώιμη Γη

Αλλά το σημαντικότερο ίσως είναι ότι οι βυθισμένοι βράχοι του γήινου φλοιού θα είχαν μεταφέρει μαζί τους το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό, που είχαν συσσωρευτεί πάνω τους στην επιφάνεια. Αυτή η διαδικασία, που



αποθήκευσε αυτά τα "αέρια" στο μανδύα για εκατομμύρια χρόνια, ακόμα συνεχίζεται, φυσικά, αλλά ήδη είναι σε μια "σταθερή κατάσταση", με άφθονη ποσότητα υδρατμών και διοξειδίου του άνθρακα να εκρήγνυνται έξω από τα ηφαίστεια. Στην πρόωρη γη, εντούτοις, αυτή η διαδικασία ήταν που απομάκρυνε την πυκνή πρώιμη ατμόσφαιρα της γης και το φαινόμενο του θερμοκηπίου της. Αντιθέτως, στην Αφροδίτη, η οποία δεν ψύχθηκε ποτέ τόσο πολύ ώστε να έχει υγρό νερό, αυτή η διαδικασία ποτέ δεν συνέβη. Ενώ στον Άρη και το φεγγάρι, τα αέρια από αυτά τα μικρότερα αστρονομικά αντικείμενα χάθηκαν στο διάστημα, προτού να μπορέσουν να αποθηκευτούν στο μανδύα.

Η διαδικασία αυτή συνεχίστηκε έως ότου η θερμοκρασία της γήινης επιφάνειας ήταν συγκρίσιμη με τη σημερινή θερμοκρασία του Ισημερινού, περίπου 30°C. Το εσωτερικό της Γης τότε ήταν καυτότερο από το σημερινό, και θα παρέμενε έτσι για πολύ καιρό, αλλά η μόνωση του φλοιού (και του μανδύα) γρήγορα έφερε μια ροή θερμότητας μέσω του φλοιού σε συγκριτικά πιο χαμηλά επίπεδα.

Εάν όλο αυτό το σενάριο είναι αληθινό, τότε η Γη θα είχε γίνει γρήγορα (με γεωλογικούς όρους) ιδανικός τόπος για να φιλοξενήσει τη ζωή, με μεγάλους και ίσως

ρηχούς ωκεανούς, θερμοκρασίες σαν και αυτές που έχουμε σήμερα, και με διαδικασίες διάβρωσης που δρουν μεταξύ της ατμόσφαιρας, το νερό και τους βράχους με σκοπό να απελευθερώσουν πολλές διαφορετικές χημικές ενώσεις.

Το ζήτημα είναι πόσο γρήγορα η γη έφθασε σε μια θερμοκρασία τέτοια, κατά την οποία ήταν σε θέση να υπάρξει ωή. Οι υπολογισμοί προτείνουν ότι μόλις άρχισε ο φλοιός να ανακυκλώνει τα αέρια του θερμοκηπίου στο εσωτερικό, ξεκίνησε ένα πολύ γρήγορο φαινόμενο ψύξης και έτσι η γη ψύχθηκε πολύ γρήγορα, από μια θερμοκρασία πάνω των 200°C στην θερμοκρασία των 30° περίπου, τη θερμοκρασία του σημερινού Ισημερινού. Ο χρόνος που ήθελε η Γη να φτάσει τους 100°C θα ήταν το πολύ-πολύ λίγα εκατομμύρια χρόνια, πιθανώς και ένα εκατομμύριο χρόνια περίπου, και ενδεχομένως πολύ λιγότερο από αυτό το διάστημα.

Υπάρχει μια σημαντική συνέπεια εδώ: Η γη δεν πέρασε πολύ χρόνο σε ένα καθεστώς τέτοιας θερμοκρασίας στην οποία αναπτύσσονται σήμερα τα θερμόφιλα βακτηρίδια. Τα θερμόφιλα βακτηρίδια φαίνονται να είναι πολύ "πρωτόγονα" σε πολλά διαγράμματα της βακτηριακής εξέλιξης, και υπάρχουν προτάσεις και σενάρια για την προέλευση της ζωής σε μέρη της Γης, κάτω από καυτές συνθήκες ίσως ακόμη και στις βαθιές υποθαλάσσιες θερμές διεξόδους. Αλλά εδώ το σενάριο που συζητήθηκε φαίνεται να δείχνει μια πρώιμη γη που έφθασε στις κανονικές συνθήκες σχεδόν μόλις έφθασε στην ικανότητα να φιλοξενήσει ζωή.

Περίληψη ενός άρθρου του γεωφυσικού Norm Sleep