



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Στρωματογραφία-Ιστορική γεωλογία

Κρυπτοζωικός Μεγααιώνας

Δρ. Ηλιόπουλος Γεώργιος

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Γεωλογίας

Σκοποί ενότητας

Σκοπός της ενότητας είναι η μελέτη του Κρυπτοζωικού Μεγααιώνα, κατά τον οποίο έγινε η δημιουργία της Γης, της Σελήνης και της πρώτης ατμόσφαιρας.



Περιεχόμενα ενότητας

Παλαιοθερμοκρασία- Πάλαιοβιογεωγραφία-
Κρυπτοζωικός Μεγααιώνας- Γη- Σελήνη- Τα
παλαιότερα πετρώματα της Γης- Ασπίδες-
Θεωρία των πλακών- Παλαιότερη επιφάνεια
ξηράς- Η πρώτη ατμόσφαιρα- Ηφαιστειακή
έκκλιση αερίων- Νερό- Σχηματισμός της
υδρόσφαιρας- Η εξέλιξη της ατμόσφαιρας-
Αρχική ανοξική ατμόσφαιρα- Αποδεικτικά
στοιχεία για την ανοξικότητα



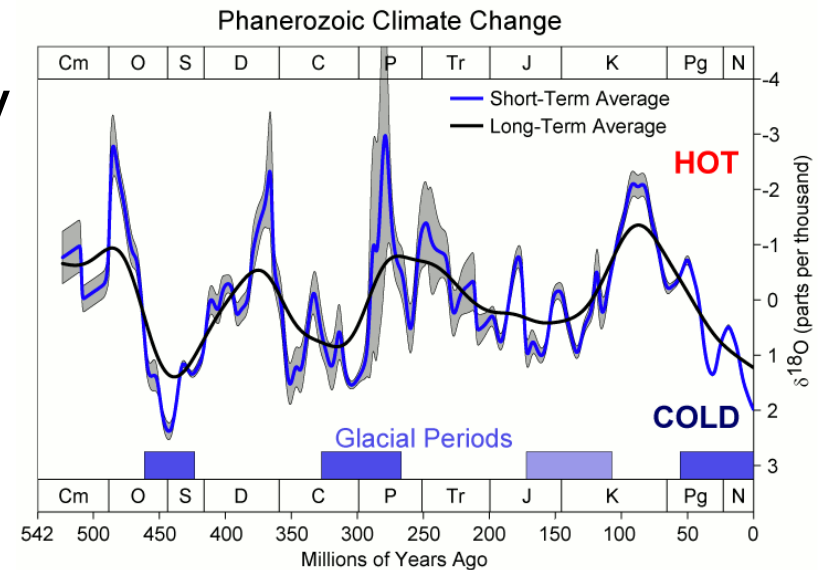
Στρωματογραφία- Ιστορική γεωλογία

Κρυπτοζωικός Μεγααιώνας



Παλιοθερμοκρασία 1

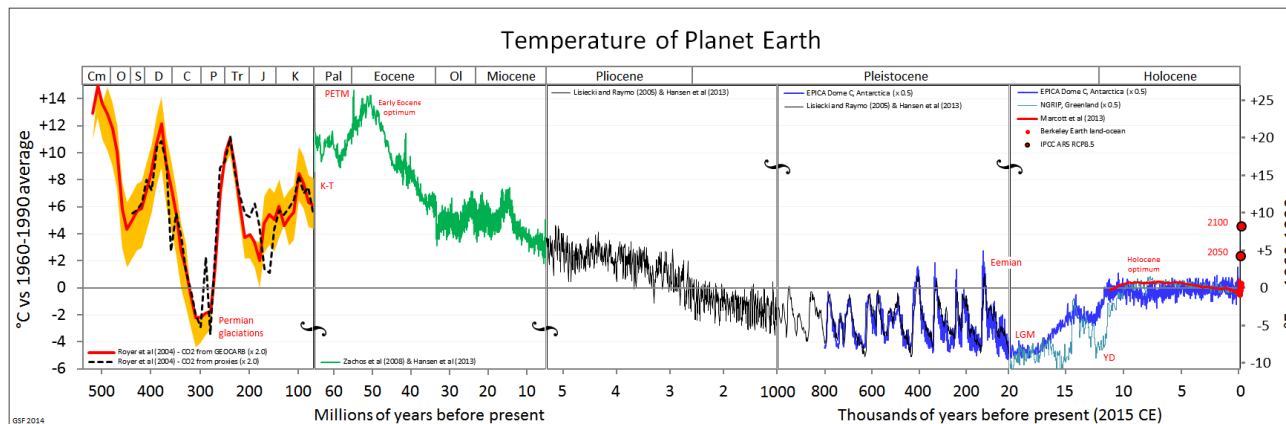
- Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες είναι το κλίμα
- Το 1946 ο Urey μελέτησε την συμπεριφορά τριών ισοτόπων του οξυγόνου O^{16} , O^{17} , O^{18} κατά την εξάτμιση του νερού
- Το πιο κοινό O^{16} εξατμιζόταν πιο εύκολα και το νερό εμπλουτιζόταν στα δύο βαρύτερα
- Σε θάλασσες και ωκεανούς μεγαλύτερη εξάτμιση και άρα εμπλουτισμός στα βαριά
- Συνεπώς οξυγονούχα ιζήματα και κελύφη ζώων μεγαλύτερη αναλογία σε βαριά



Εικ.1: Διάγραμμα μεταβολών στο O^{18} κατά τον Φανεροζωικό

Παλαιοθερμοκρασία 2

- Επίσης διαχωρισμός θαλάσσιων και λιμναίων ιζημάτων
- Η σχετική αναλογία των ισοτόπων του Ο σε ανθρακικά ιζήματα εξαρτάται από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος την εποχή απόθεσης τους
- Αρχικά εφαρμόστηκε στους δακτυλίους ανάπτυξης μπελεμνιτών του Ιουρασικού
- Στη συνέχεια κατασκευάστηκε κλίμακα παλαιοθερμοκρασιών από αναλύσεις σε κελύφη ασπόνδυλων που βασίζονται στην αναλογία O^{18}/O^{16}



Εικ.2: Αλλαγές της θερμοκρασίας από το Κάμβριο μέχρι σήμερα

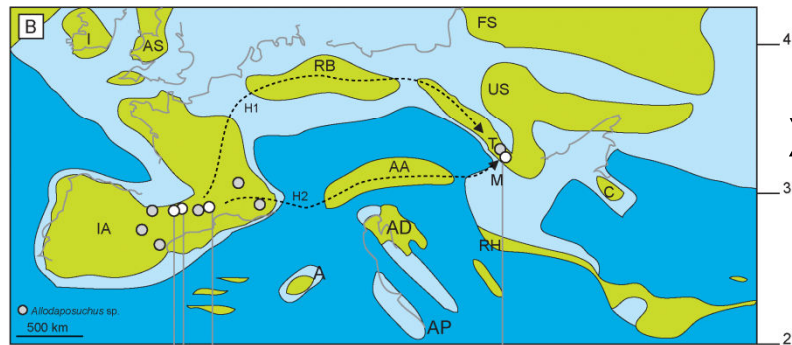
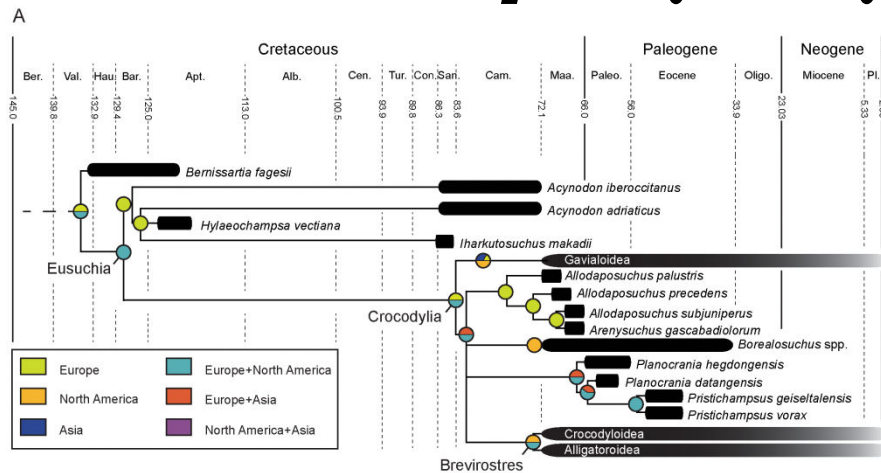


Παλαιοβιογεωγραφία 1

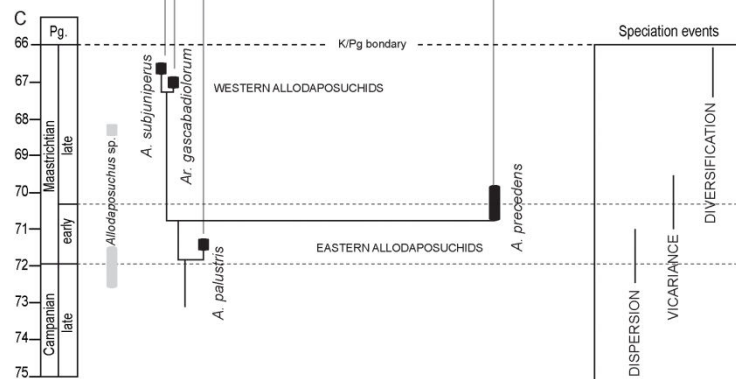
- Ασχολείται με την γεωγραφική κατανομή οργανισμών σε διάφορες περιόδους του γεωλογικού χρόνου
- τις σχέσεις επικοινωνίας ανάμεσα στις χλωρίδες και πανίδες διαφόρων περιοχών
- Η κατανομή τους επηρεάζεται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος και μορφολογία περιοχής εξάπλωσης
- Άμεση σχέση με παλαιοοικολογία, παλαιογεωγραφία
- Χωρίζεται σε παλαιοζωογεωγραφία και παλαιοφυτογεωγραφία
- Ο γήινος χώρος είναι χωρισμένος σε βιογεωγραφικές περιοχές τις βιοεπαρχίες, οι οποίες ποικίλουν και αλλάζουν μέσα στον γεωλογικό χρόνο
Χωρίζονται σε θαλάσσιες, χερσαίες και λιμναίες



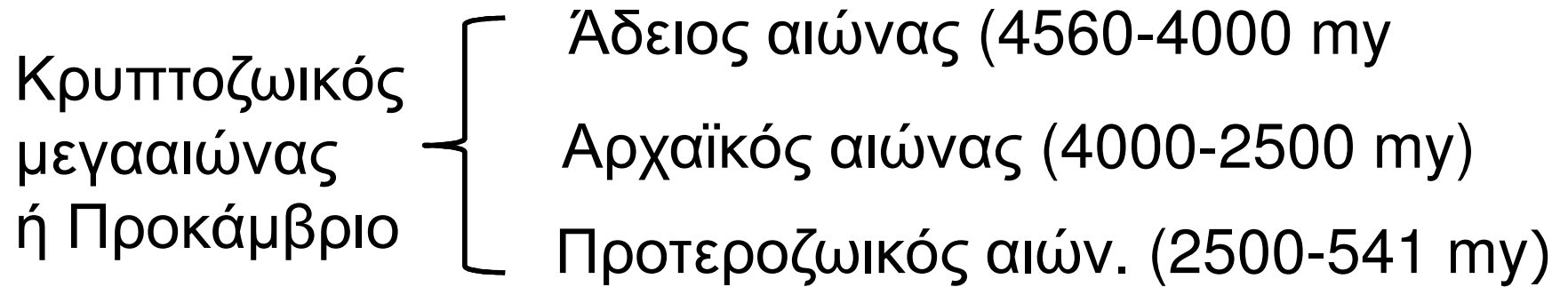
Παλαιοβιογεωγραφία 2



Εικ.3: Παλαιοβιογεωγραφικός χάρτης του είδους *Alloodaposuchus*



Κρυπτοζωικός Μεγααιώνας 4600 – 541 εκατομμύρια έτη



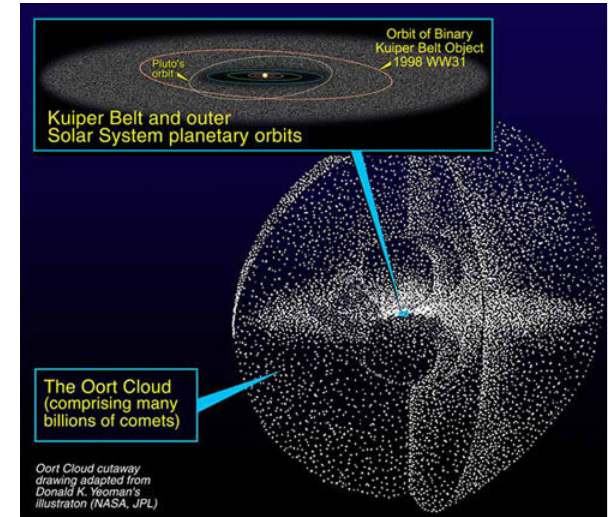
Το Προκάμβριο καλύπτει το 87% της γεωλογικής ιστορίας.

Αρχαιοζωϊκός και Προτεροζωϊκός χωρίζονται σε Κατώτερο, Μέσο, Ανώτερο



Άδειος αιώνας (4.6-4 δις έτη)

- Σχηματισμός της γης από πλανητοειδή (4560 my)
- Σχηματισμός του πυρήνα
- Συγκρούσεις με μετεωρίτες, κομήτες κτλ. Που προήλθαν από την ζώνη Kuiper και το νεφέλωμα Oort
- Η πρώτη ατμόσφαιρα, από αέρια που προήλθαν από το εσωτερικό της γης και από προσκρούσεις με κομήτες κ.α.
- Οι πρώτοι ωκεανοί μόλις η γη άρχισε να κρυώνει
- Τα πρώτα οργανικά μόρια που βρίσκονταν σε κομήτες ή μετεωρίτες μπορεί να επέζησαν στην επιφάνεια (?)



Εικ.4: Ζώνη Kuiper-Νεφέλωμα Oort



Εικ.5: Πρώτη ατμόσφαιρα



Ηλικία του ηλιακού συστήματος

Ραδιοχρονολογήσεις σεληνιακών
πετρωμάτων και μετεωριτών μας
δίνουν ηλικίες γύρω στα 4.6 δις έτη.



Γη

- Διάμετρος = ~ 13,000 km
- Οι ωκεανοί καλύπτουν 71%
- Ατμόσφαιρα = 78% N και 21% O
- Επιφανειακή θερμοκρασία -50 - +50 °C
- Μέση πυκνότητα = 5.5 g/cm³
- Επιφανειακή πυκνότητα = 2.5-3.0 g/cm³



Η δημιουργία της γης

- Δημιουργήθηκε από την επισώρευση σκόνης και μεγαλύτερων κομματιών διαφόρων διαστάσεων
- Αρχικά ομογενής, ένα μείγμα διαστημικών σκουπιδιών.
- Η «στρωμάτωση» της γης λόγω διαφοροποίησης των διαφορετικών υλικών.
- Η διαφοροποίηση το αποτέλεσμα θέρμανσης και τουλάχιστον μερικής τήξης.



Πιθανές πηγές θερμότητας

1. Θερμότητα επισώρευσης από βομβαρδισμούς
2. Θερμότητα από βαρυτική συμπίεση με την συσσώρευση υλικών.
3. Αποσύνθεση ραδιενεργών υλικών



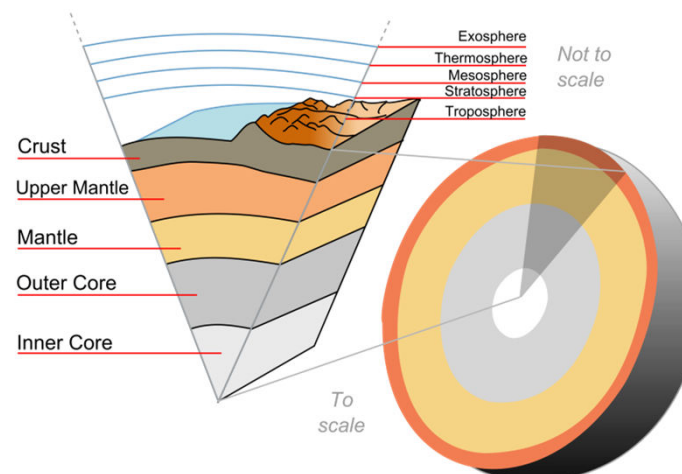
Διαφοροποίηση

- Fe και Ni βυθίζονται για να σχηματίσουν τον πυρήνα.
- Λιγότερο πυκνά υλικά σχηματίζουν τον μανδύα και τον ελαφρύτερο φλοιό.
- Η παρουσία πτητικών αερίων δείχνει ότι δεν συνέβη ολοκληρωτική τήξη
- Η γη έλιωνε μερικώς και συνέχεια από μεγάλες συγκρούσεις.



Η δομή της Γης

- Αποτελείται από φλοιό, μανδύα, πυρήνα
- Πυρήνας διάμετρο 7000 km, υγρός.
- Φλοιός το εξωτερικό στερεό περίβλημα.
- Ο μανδύας μεταξύ φλοιού και πυρήνα. Πάχος 2900 km.
- Γεωλογικά ενεργή
- Το μόνο γνωστό σώμα στο σύμπαν που έχει ζωή.



Εικ.6: Τα στρώματα της Γης



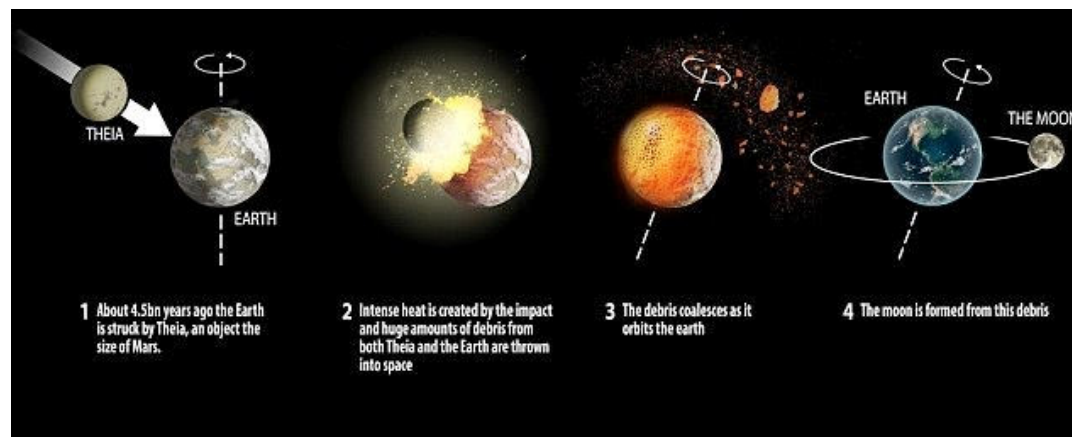
Η σελήνη

- Διάμετρος = το 1/4 της γης.
- Πυκνότητα = $\sim 3.3 \text{ g/cm}^3$ (παρόμοια με του μανδύα της γης).
- Περιστρέφεται γύρω από τον άξονα της με τον ίδιο ρυθμό που περιστρέφεται και γύρω από την γη (29.5 μέρες). Το αποτέλεσμα είναι η ίδια πλευρά να αντικρίζει πάντα την γη.
- Η απομακρυσμένη πλευρά έχει πιο πολλούς κρατήρες.
- Καθόλου ατμόσφαιρα.
- Πάγος στους πόλους.



Προέλευση της σελήνης

- Η ηλικία των σεληνιακών πετρωμάτων μεγαλύτερη από 4.2 δις έτη.
- Σύσταση παρόμοια με αυτή του μανδύα της γης με χαρακτηριστική έλλειψη μετάλλων.
- Σχηματισμός του φεγγαριού από ένα μεγάλο, μεγέθους πλανήτη σώμα που συγκρούστηκε με την γη (4400-4500 my).
- Κομμάτια από την σύγκρουση πετάχτηκαν σε τροχιά γύρω από την γη και συνενώθηκαν για να σχηματίσουν τη σελήνη.



Εικ.7: Σχηματισμός φεγγαριού

Τα παλαιότερα πετρώματα της γης 1

Δεν υπάρχουν πετρώματα στην γη που να έχουν ηλικία 4,6 δις έτη καθώς η γη είναι τεκτονικά ενεργή και τα παλαιότερα πετρώματα έχουν καταστραφεί είτε λόγω διάβρωσης είτε λόγω τεκτονικής (κύκλος των πετρωμάτων). Οι περισσότερες γνώσεις μας για την πρώιμη ιστορία της γης προέρχεται από έμμεσες πηγές, τους μετεωρίτες.

Τα παλαιότερα πετρώματα:

- Αποτελούνται από μεταμορφωμένα πετρώματα
- Ραδιοχρονολογήσεις σημαντική βοήθεια για αναγνώριση και μελέτη τους
- Έχουν σχετικά μεγάλη εξάπλωση

Αποτελούν:

1. τους πυρήνες των μεγάλων οροσειρών
2. Μεγάλες σταθερές μάζες που δεν καλύφθηκαν από ιζήματα, τις ασπίδες ή κρατονικές περιοχές



Τα παλαιότερα πετρώματα της γης 2

- Βρέθηκαν στον Καναδά.
- Η ηλικία τους 4.04 δις έτη.
- Αλλά ακόμα παλαιότεροι κόκκοι ορυκτών. Κόκκοι ζirkονίου μεγέθους άμμου σε μεταμορφωμένα ιζηματογενή πετρώματα από την Αυστραλία με ηλικία 4.4 δις έτη.
- Γνεύσιοι 3.8 δις ετών από Γροιλανδία
- Κομμάτια παλαιού φλοιού 3.9 δις ετών στην Ανταρκτική

Ασπίδες

Τα κέντρα των Ηπείρων της Γης, γνωστά ως ασπίδες (ή και γεωλογικές ασπίδες), στερεοποιήθηκαν πριν από 2.500 έως 500 εκατομμύρια χρόνια. Μερικές περιέχουν πετρώματα ηλικίας δύο δισεκατομμυρίων ετών και πλέον.

1. Βαλτική
2. Καναδική
3. Ανκάρας
4. Αιθιοπική
5. Ινδική
6. Αυστραλιανή
7. Αμαζονίου
8. Γουιάνας
9. Αραβική
10. Ανταρκτική



Θεωρία των πλακών

- Στα περίπου 4 δις έτη η γη είχε κρυώσει αρκετά για να σχηματίσει γεωλογικές πλάκες.
- Ο αρχικός βασαλτικός φλοιός ενισχύεται από γρανιτικά και ενδιάμεσα πετρώματα και έτσι σχηματίζονται οι πρώτες σταθερές μάζες, πρωτοήπειροι.
- Αυτές οι μάζες αποτέλεσαν τους πυρήνες γύρω από τους οποίους αναπτύχθηκαν οι πρώτες ήπειροι.



Η παλαιότερη επιφάνεια ξηράς

- Μία ζώνη απολιθωμένου εδάφους (παλαιοεδάφους) βρέθηκε στην Αυστραλία με ηλικία 3.46 δις έτη. Ηπειρωτικές μάζες πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.
- Πρώτες ενδείξεις για αποσάθρωση, διάβρωση, σχηματισμό εδάφους.
- Η παρουσία ορυκτών κόκκων ζιρκονίου από την Δ. Αυστραλία με ηλικία 4.4 δις έτη υποδηλώνουν αποσάθρωση ήδη σχηματισμένων πετρωμάτων και παρουσία νερού σε υγρή μορφή.



Η πρώτη ατμόσφαιρα

- Η πρώτη ατμόσφαιρα της γης δεν περιείχε ελεύθερο Οξυγόνο.
- Προήλθε από αέρια που πιθανότατα σχετίζονται με κομήτες και μετεωρίτες που κτύπησαν την γη κατά τα πρώτα στάδια σχηματισμού της.
- Από ηφαίστεια



Αέρια των κομητών

- Οι κομήτες αποτελούνται από παγωμένα αέρια, πάγο και σκόνη.
- Ο κομήτης του Halley αποτελείται από:
 - 80% πάγο (νερό)
 - Παγωμένο CO₂ (ξηρό πάγο)
 - Νέφος Η περικλείει τον κομήτη
 - Η σκόνη γύρω από τον πυρήνα περιέχει Fe, O, Si, Mg, Na, S, C.

Το νερό και τα αέρια ελευθερώθηκαν από την νέο-σχηματιζόμενη γη από την θερμότητα που προκλήθηκε από τους βομβαρδισμούς και την επισώρευση, ή από το λιώσιμο και την ηφαιστειότητα κατά την διάρκεια της διαφοροποίησης



Ηφαιστειακή έκκλιση αερίων

Τα αέρια από ηφαίστεια στην Χαβάη περιέχουν :

- 70% υδρατμούς (H_2O)
- 15% CO_2
- 5% N_2
- 5% Θείο (H_2S)
- Χλώριο (HCl)
- H
- Ar



Νερό

Το περισσότερο νερό στην επιφάνεια και την ατμόσφαιρα προήρθε από ηφαιστειότητα στο πρώτο δις έτη της Γής.

Και αυτό γιατί στα 3.8 δις έτη εμφανίζονται τα πρώτα θαλάσσια ιζηματογενή πετρώματα που υποδηλώνουν την παρουσία ωκεανών.



Σχηματισμός της υδρόσφαιρας

1. Οι υδρατμοί συμπυκνώθηκαν και έπεσαν σαν βροχή.
2. Νερό σε υγρή μορφή άρχισε να πέφτει στην γη περίπου στα 4.4 δις έτη.
3. Βρόχινο νερό συγκεντρώθηκε σε ταπεινώσεις (λεκάνες) για να σχηματίσει θάλασσες. Οι πρώτες θάλασσες αποτελούνταν απ΄ γλυκό νερό.
4. Διοξείδιο του άνθρακα και άλλα αέρια έκαναν το νερό πιο όξινο από σήμερα.
5. Τα όξινα νερά προκάλεσαν τη γρήγορη χημική αποσάθρωση των πετρωμάτων προσθέτοντας Na, Ca, K, και άλλα ιόντα στο «θαλασσινό νερό».
6. Η αλλαγή σε πιο αλκαλικό νερό πρέπει να συνέβη γρήγορα καθώς μεγάλες ποσότητες Ca, Na, and Fe εισήλθαν από υποθαλάσσια ηφαιστειότητα, εξουδετερώνοντας το όξινο νερό.



Υδρολογικός κύκλος

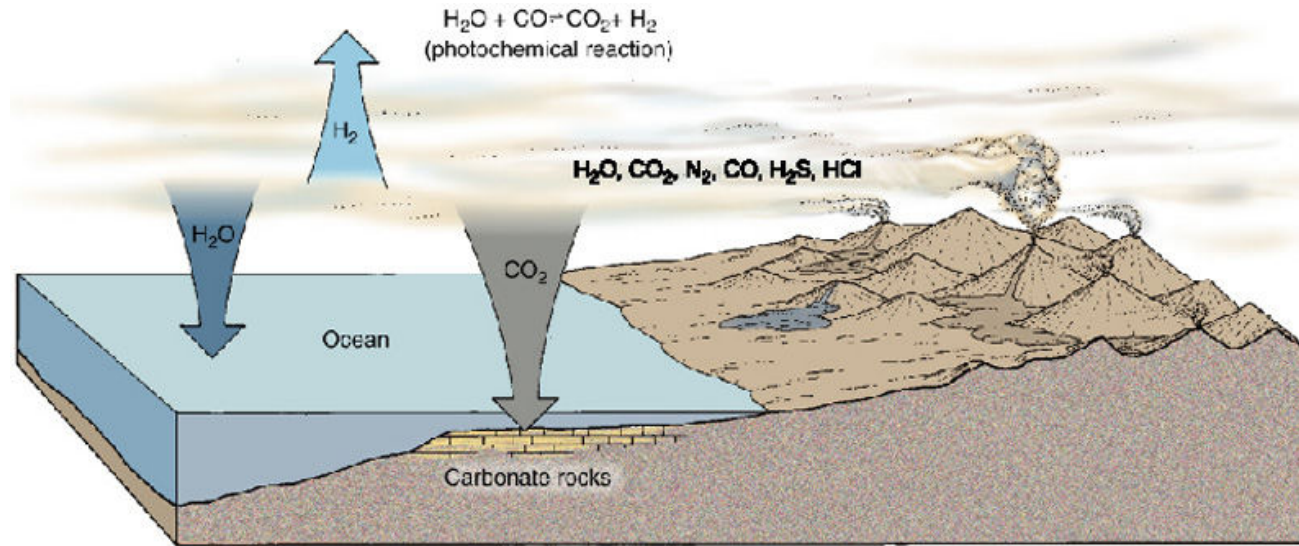
Σήμερα το νερό της γης επαναανακυκλώνεται μέσω του υδρολογικού κύκλου (εξάτμιση, βροχόπτωση).



Εικ.8: Ο κύκλος του νερού



Εξέλιξη της ατμόσφαιρας



Εικ.9: Η εξέλιξη της ατμόσφαιρας

Αέρια ελευθερώνονται από τα ηφαίστεια, συμπύκνωση υδρατμών, βροχόπτωση, συγκέντρωση νερού, φωτοχημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα, σχηματισμός ασβεστόλιθων (αργότερα όταν οι θάλασσες έγιναν λιγότερο όξινες)



Η αρχική ανοξική ατμόσφαιρα

Η αρχική ατμόσφαιρα της γης ήταν ισχυρά αναγωγική και ανοξική (έλλειψη ελεύθερου O), και αποτελούνταν από: υδρατμούς (H_2O), CO_2 , N_2 , CO, H_2S , HCl

Η σύσταση της ατμόσφαιρας θα ήταν παρόμοια με αυτή των σημερινών ηφαιστειών, με περισσότερο ίσως H και πιθανόν ίχνη μεθανίου και αμμωνίας.

Αν υπήρχε ελεύθερο O θα δεσμευόταν άμεσα από αντιδράσεις οξείδωσης μετάλλων.



Αποδεικτικά στοιχεία για την ανοξικότητα

1. Έλλειψη οξειδωμένου σιδήρου (θειούχα ορυκτά του σιδήρου, όπως σιδηροπυρίτης, που σχηματίζεται σε ανοξικό περιβάλλον)
2. Ο σιδηροπυρίτης και ο ουρανίτης σήμερα οξειδώνονται πολύ εύκολα, αλλά σε Προκάμβρια ιζηματογενή πετρώματα εντοπίζονται μη οξειδωμένοι.
3. Τα Αρχαϊκά ιζηματογενή πετρώματα συνήθως είναι μαύρα λόγω της παρουσίας άνθρακα, ο οποίος θα οξειδωνόταν αν υπήρχε O.
4. Στα Αρχαϊκά ιζηματογενή πετρώματα απουσιάζουν τα ασβεστιτικά αλλά περιέχουν πυριτόλιθους, λόγω της όξινης και πλούσιας σε CO₂ ατμόσφαιρας.



Αποδεικτικά στοιχεία για την ανοξικότητα (σχηματισμοί σιδήρου σε στρώσεις)

4. Σχηματισμοί σιδήρου σε στρώσεις. Από καθίζηση σιδήρου σε ρηχή θάλασσα. Είναι ιζηματογενείς δομές της εποχής του Προκάμβριου και αποτελούνται από εναλλασσόμενες στρώσεις πυριτικών πετρωμάτων και ορυκτών σιδήρου όπως ο μαγνητίτης (Fe_3O_4) ή ο αιματίτης (Fe_2O_3).



Εικ.10: Σχηματισμοί
σιδήρου σε στρώσεις



Επιπλέον στοιχεία

6. Οι πιο απλοί οργανισμοί σήμερα έχουν αναερόβιο μεταβολισμό, και σκοτώνονται από το O_2 . Οι πρώτοι οργανισμοί θα είχαν τον ίδιο μεταβολισμό.
7. Τα βασικά δομικά κομμάτια της ζωής δεν θα μπορούσαν να σχηματιστούν με την παρουσία O_2 .



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

- Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Ηλιόπουλος Γεώργιος.
«Στρωματογραφία-Ιστορική γεωλογία». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015.
Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: σύνδεσμο μαθήματος.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως Μη Εμπορική ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 1: <https://en.wikipedia.org/wiki/Paleoclimatology>

Εικόνα 2: <https://en.wikipedia.org/wiki/Paleoclimatology>

Εικόνα 3:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Palaeobiogeographical_history_of_Allodaposuchus.png

Εικόνα 4: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kuiper_oort.jpg

Εικόνα 5: <http://es.prehistrico.wikia.com/wiki/Archivo:Hadico.jpg>

Εικόνα 6: https://en.wikipedia.org/wiki/Planetary_differentiation

Εικόνα 7: http://andrewcatsaras.blogspot.gr/2015_02_01_archive.html

Εικόνα 8: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Water_cycle_el.jpg

Εικόνα 9:

http://onlinelibrary.wiley.com/higheredbcs/legacy/college/levin/0471697435/chap_tut/chaps/chapter08-06.html

Εικόνα 10: https://en.wikipedia.org/wiki/Banded_iron_formation

