



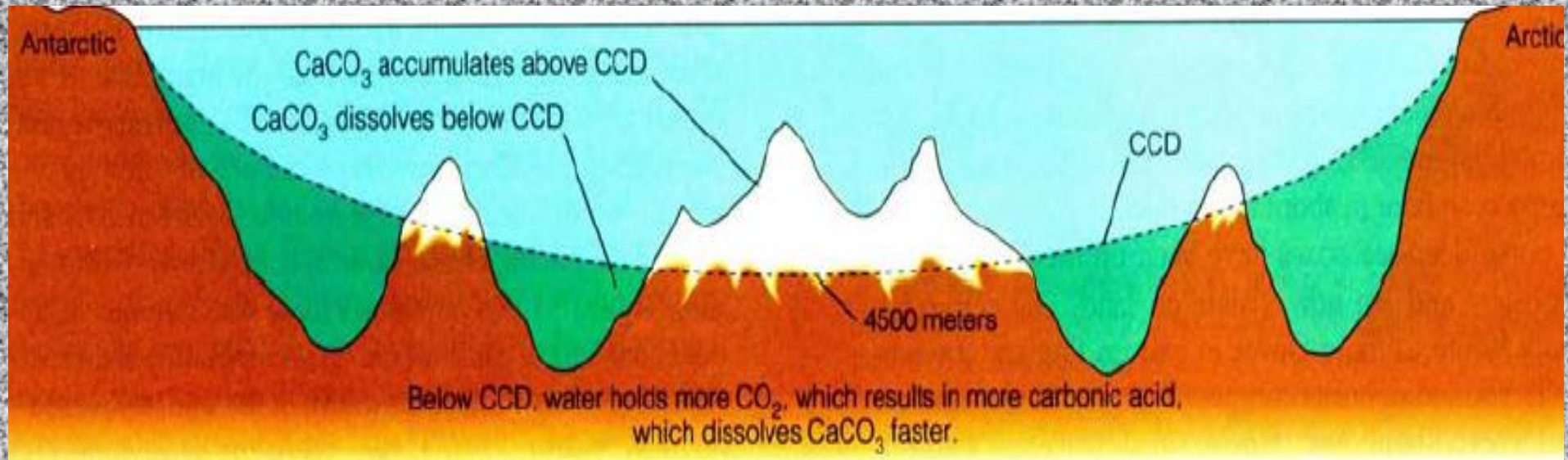
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

# Χημική Ωκεανογραφία

Ενότητα 1: Θαλάσσια ιζήματα (Β' μέρος)

Εμμανουήλ Δασενάκης  
Σχολή Θετικών Επιστημών  
Τμήμα Χημείας

If water were removed from the ocean, the ocean floor would look like snow-capped mountains. The “snow line”, the level below which there is no calcium carbonate preserved in the sediment is called the Calcite Compensation Depth (CCD). At the CCD, the rate of  $\text{CaCO}_3$  input equals the rate of dissolution. Below the CCD is where the red/brown clay (and in places, silica) accumulates.



The solubility product,  $K_{sp}$  ' in seawater depends on pressure, salinity, and temperature.  $K_{sp}$  ' has been determined in the laboratory five times over a period of 20 years (at one atmosphere, 25°C and S = 35):

SOURCE	$K'_{sp, calcite}$ (moles kg <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup> X 10 <sup>7</sup>	$K'_{sp aragonite,}$
MacIntire (19965)	4.57 ( ±0.36)	
Ingle et al.(1973)	4.50 ( ±0.10)	
Plath et al.(1980)	4.70 ( ±0.10)	
Morse et al. (1980)	4.36 ( ±0.20)	6.65 ( ±0.12)
Mucci (1983)	4.30 ( ±0.20)	6.65 ( ±0.12)
Mean	4.50 ( ±0.17)	6.65 ( ±0.12)

Salinity Dependence of  $K_{sp}$ ': The apparent solubility product increases about 3% per 1 salinity unit increase. Since salinity changes in the deep sea are typically much less than this, this is insignificant.

Pressure Dependence of  $K_{sp}$ ': The effect of pressure is the most important environmental variable affecting the solubility product of  $\text{CaCO}_3$ .  $K_{sp}$ ' increases with increasing pressure. Thermodynamically, the pressure effect is related to the partial molar volumes of  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  and  $\text{CaCO}_3$ . Like free energies, the partial molar change for the reaction is calculated from the sum of the products minus the sum of the reactants:

$$\Delta V_r = V_{\text{Ca}} + V_{\text{CO}_3} - V_{\text{CaCO}_3}$$

The  $\Delta V_r$  for calcite is negative meaning that the volume occupied by  $\text{CaCO}_3$  is greater than the combined volume of  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{CO}_3^{2-}$  in solution and  $\text{CaCO}_3$  becomes more soluble with depth.

### Pressure and temperature effects on solubility

Temperature °C	Pressure, atm*	Saturation [CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ] (10 <sup>-6</sup> mole/kg)	
		Calcite	Aragonite
24	1	46	66
2	1	48	69
2	250	71	101
2	500	106	152

\* a pressure of 100 atm  $\approx$  1000 meters water depth

Temperature Dependence of  $K_{sp}$ ': CaCO<sub>3</sub> is an unusual mineral in that it is more soluble at lower temperatures ( $K_{sp}$ ' increases with decreasing temperature); the effect is only about 4% over a temperature range of 20°C. Since the temperature range in the deep sea is only a few degrees, this is not important.

carbonate ion concentration  
 $[\text{CO}_3^{2-}]$  ( $\text{mol m}^{-3}$ )

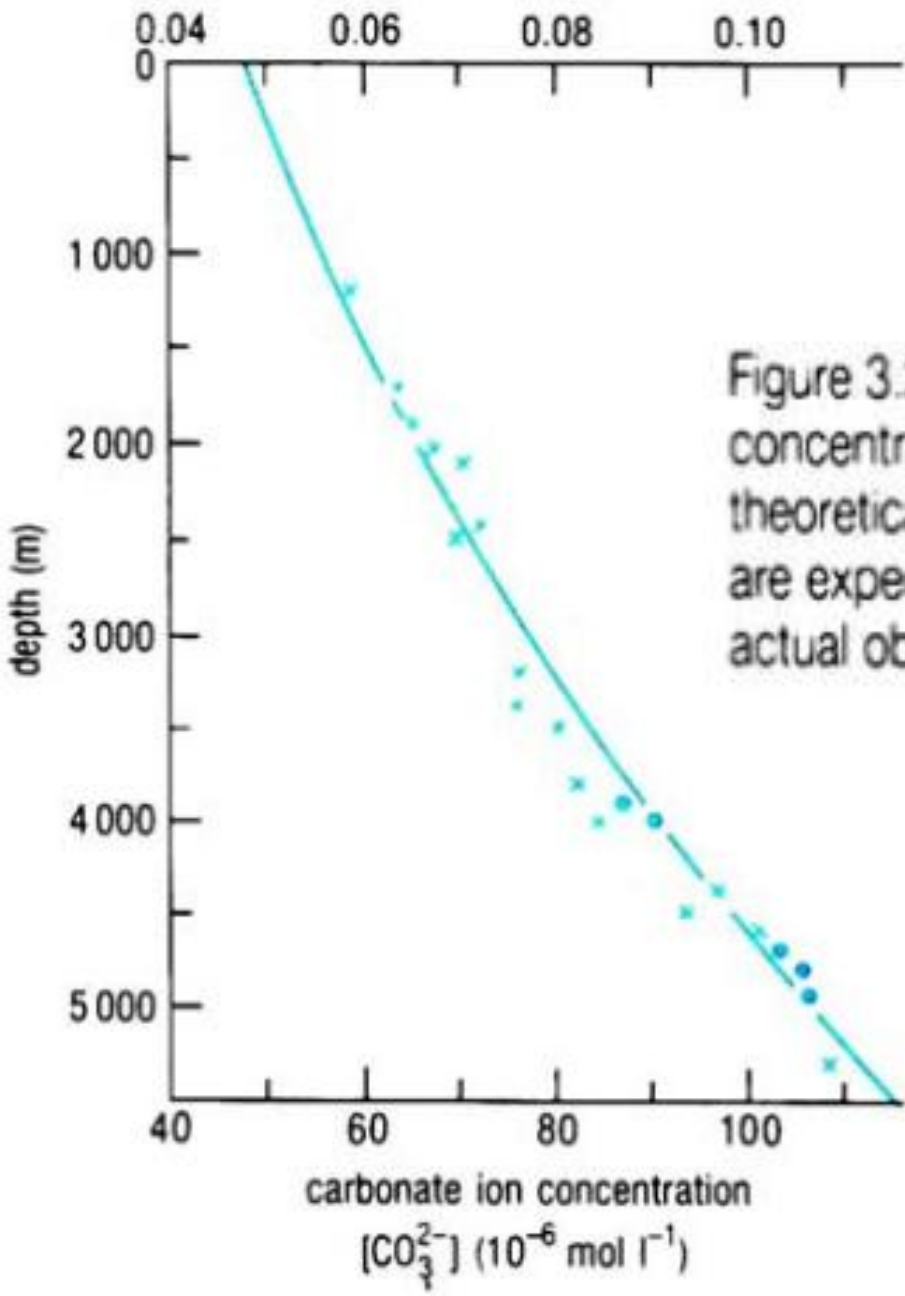
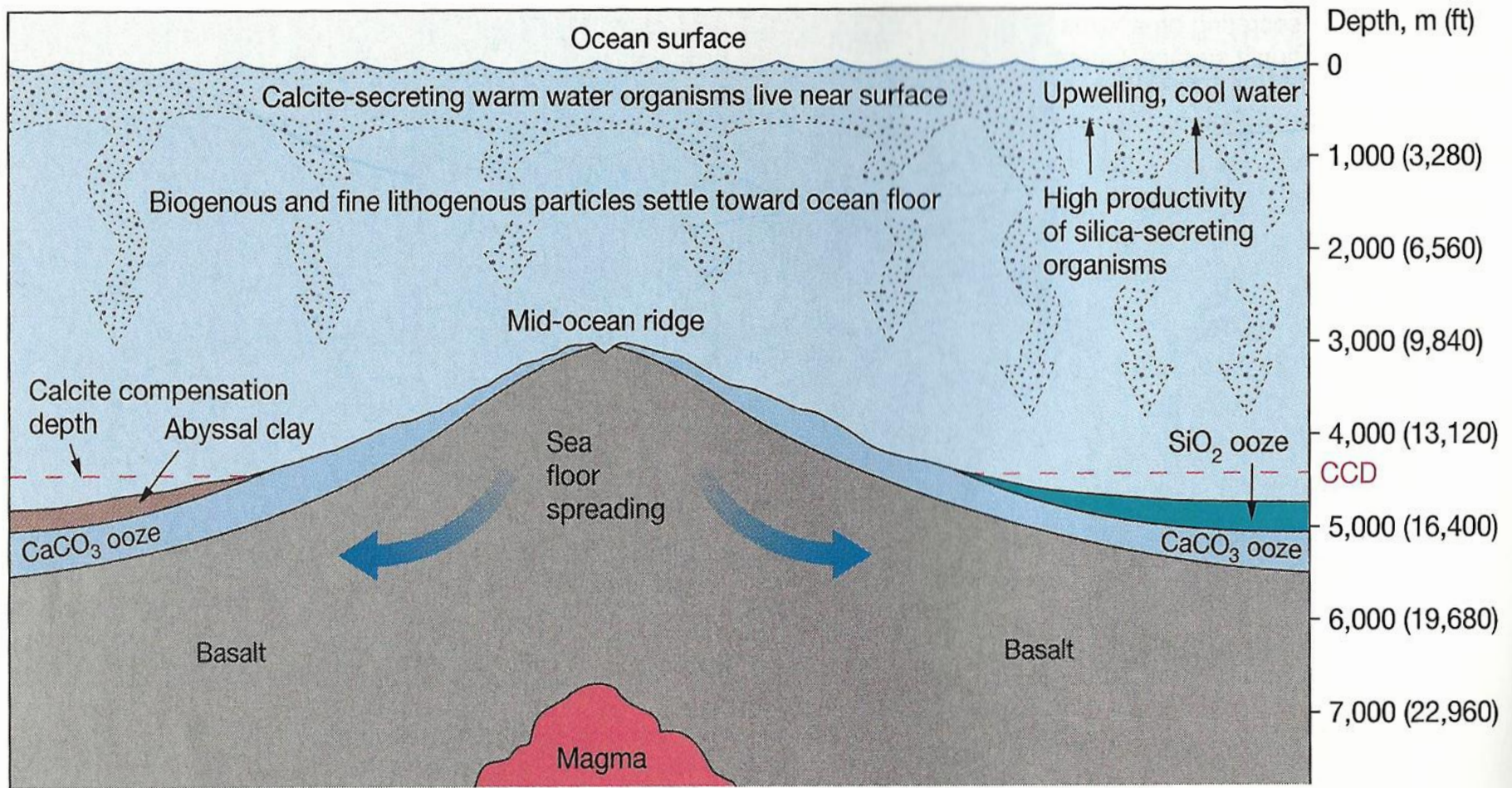
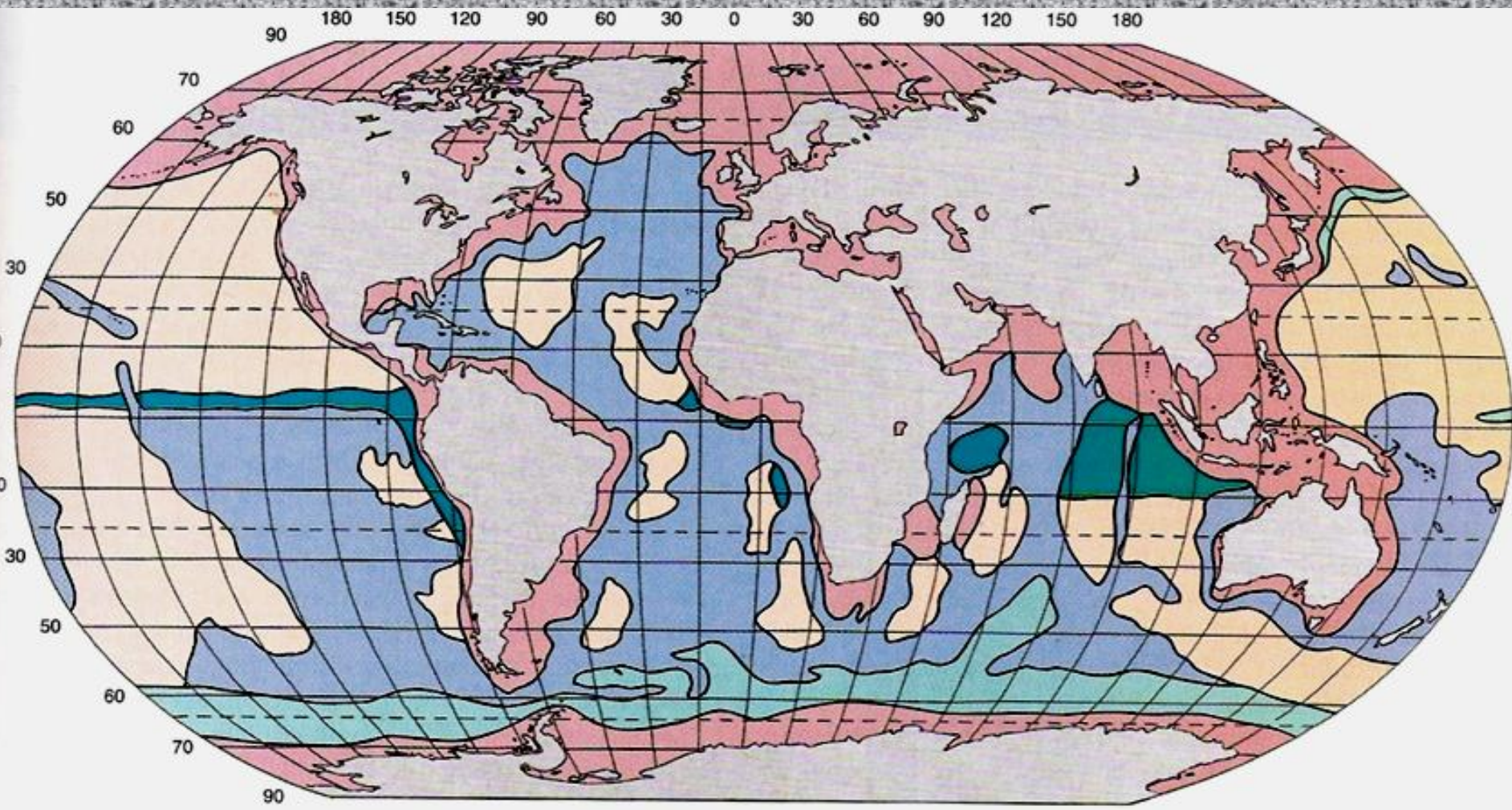


Figure 3.2 The saturation curve of  $\text{CO}_3^{2-}$  concentration versus depth for calcite,  $\text{CaCO}_3$ . The theoretical relationship is given by the solid line; crosses are experimentally determined points; dots represent actual observations of calcite dissolution in the oceans.



**Sea floor spreading and sediment accumulation.** Relationships among carbonate compensation depth, the mid-ocean ridge, sea floor spreading, productivity, and destruction that allow calcareous ooze to be preserved below the CCD.



**Neritic**  
Continental



— Pelagic —

Abyssal  
clay



Calcareous  
ooze

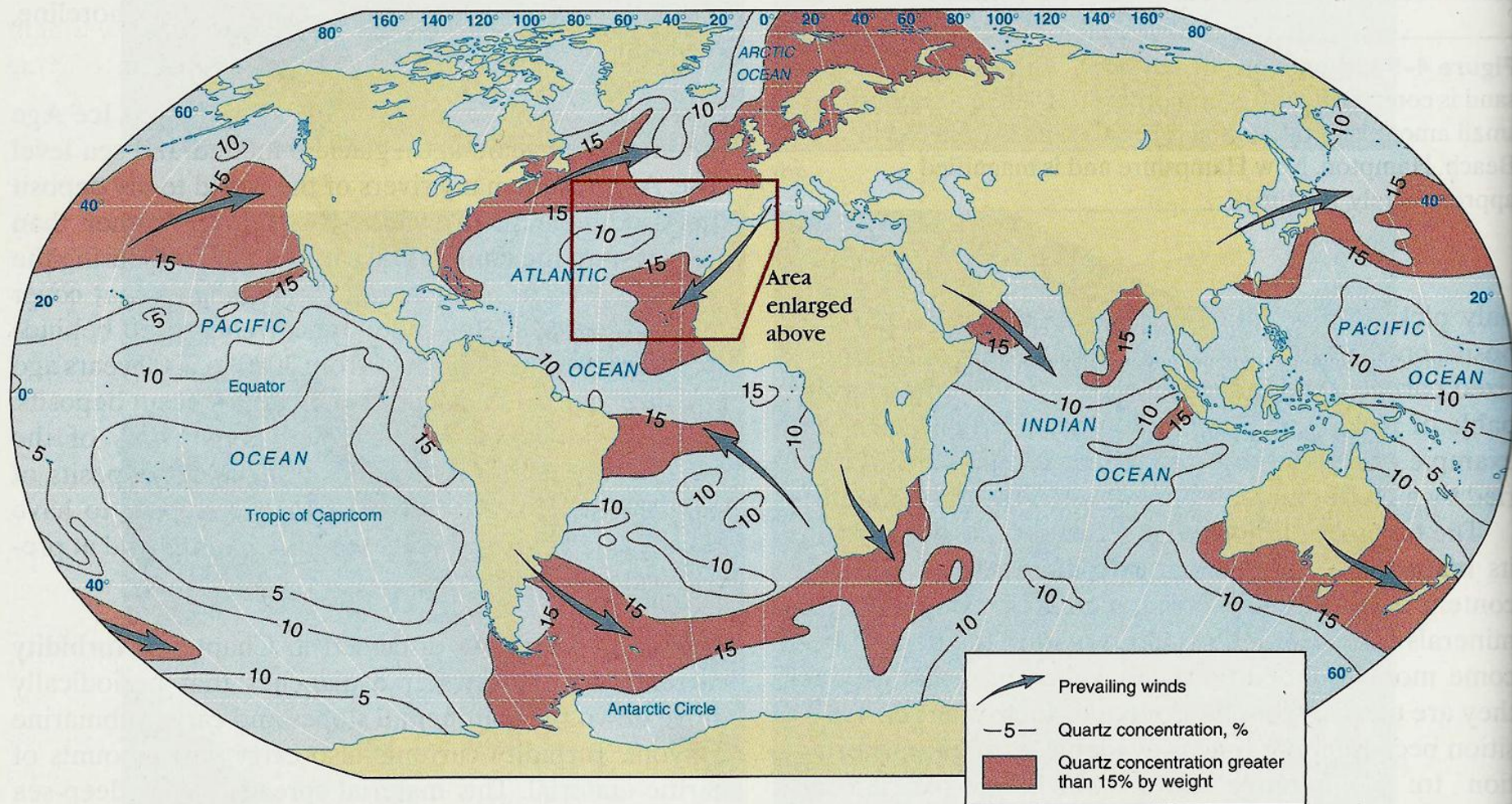


Siliceous ooze  
Diatom Radiolarian

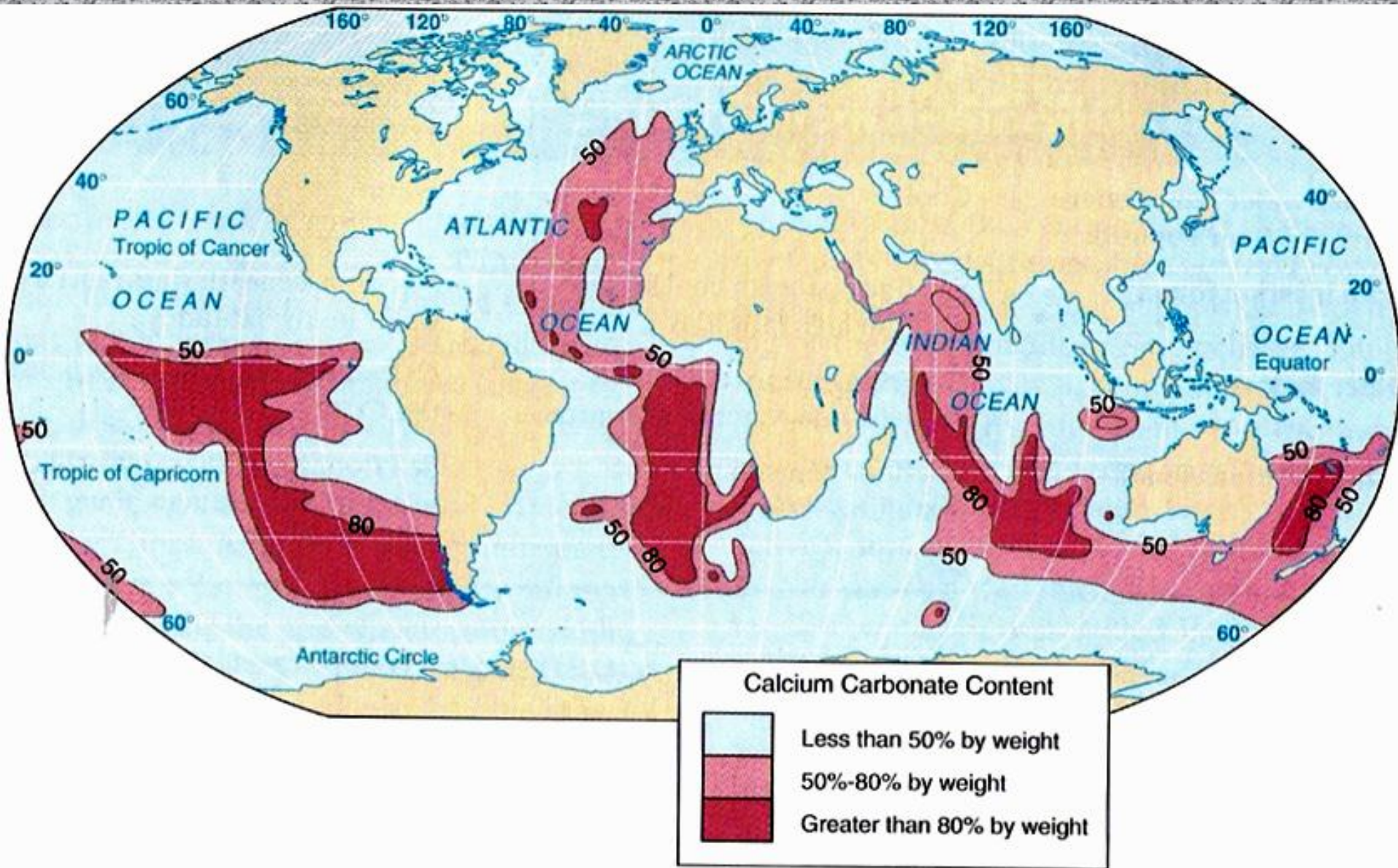


**Distribution of neritic and pelagic sediments.**

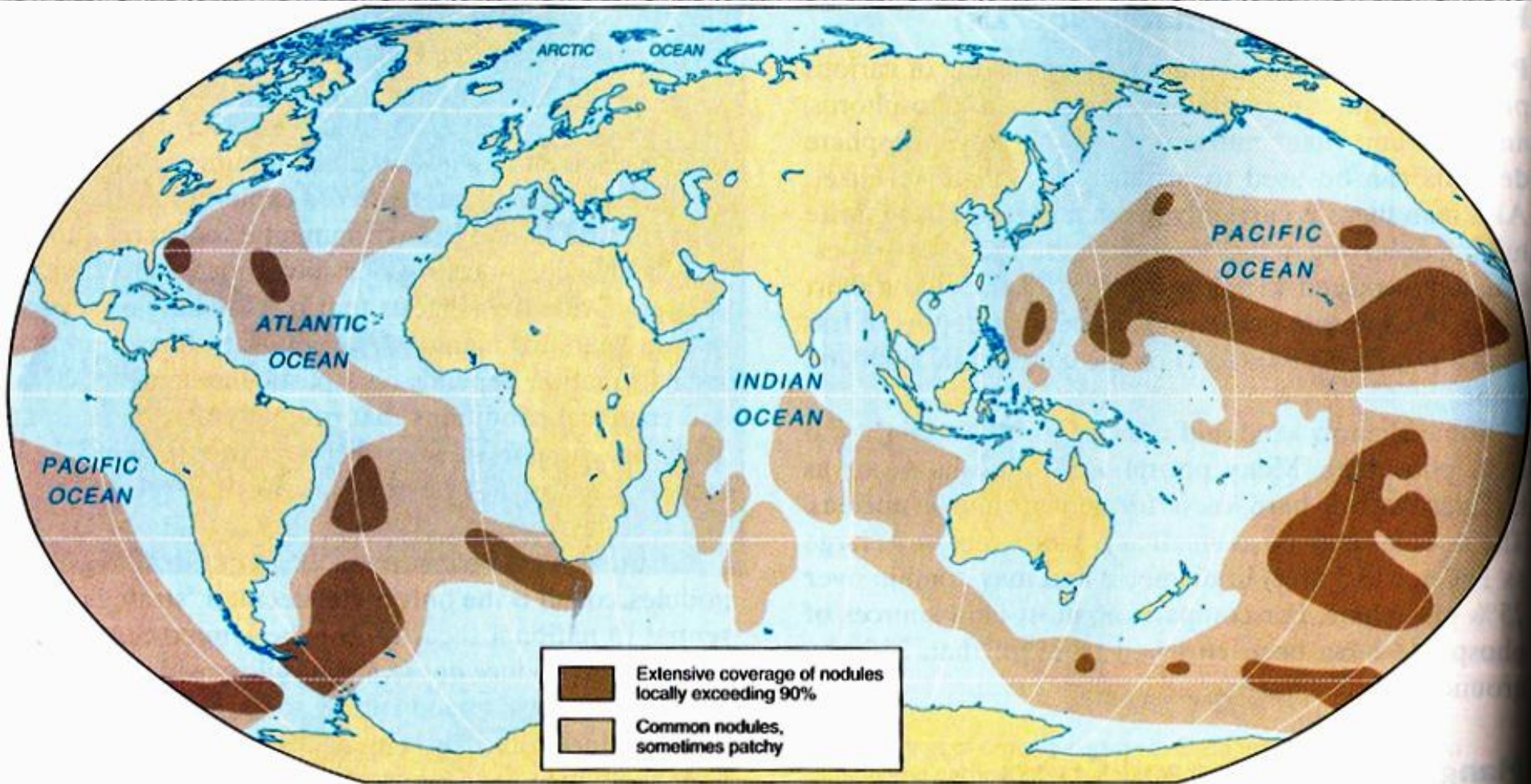




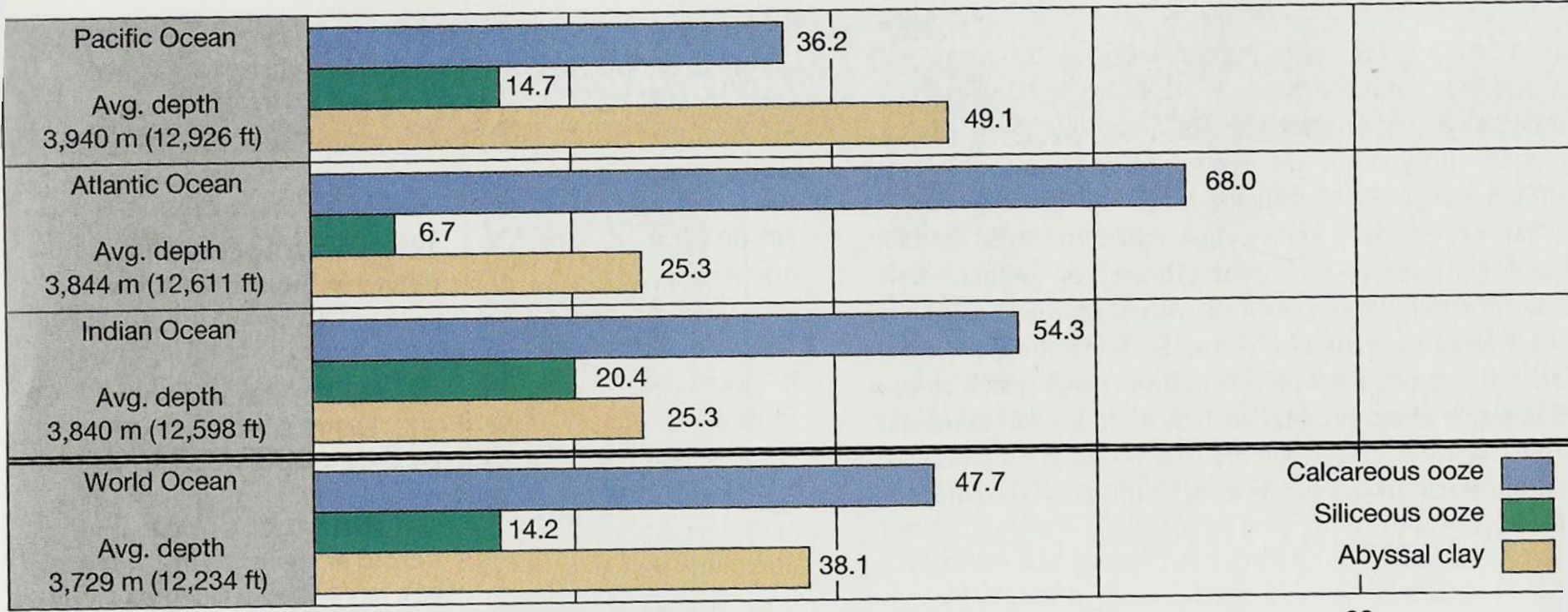
**Lithogenous quartz in surface sediments of the world's oceans.** High amounts of microscopic lithogenous quartz in deep-sea sediment match prevailing winds from land (*arrows*). SeaStar SeaWiFS satellite photo (*inset*) on February 26, 2000, shows a Sahara dust storm off the northwest coast of Africa that has spread out for 1000 miles (1600 kilometers) across the Atlantic Ocean.



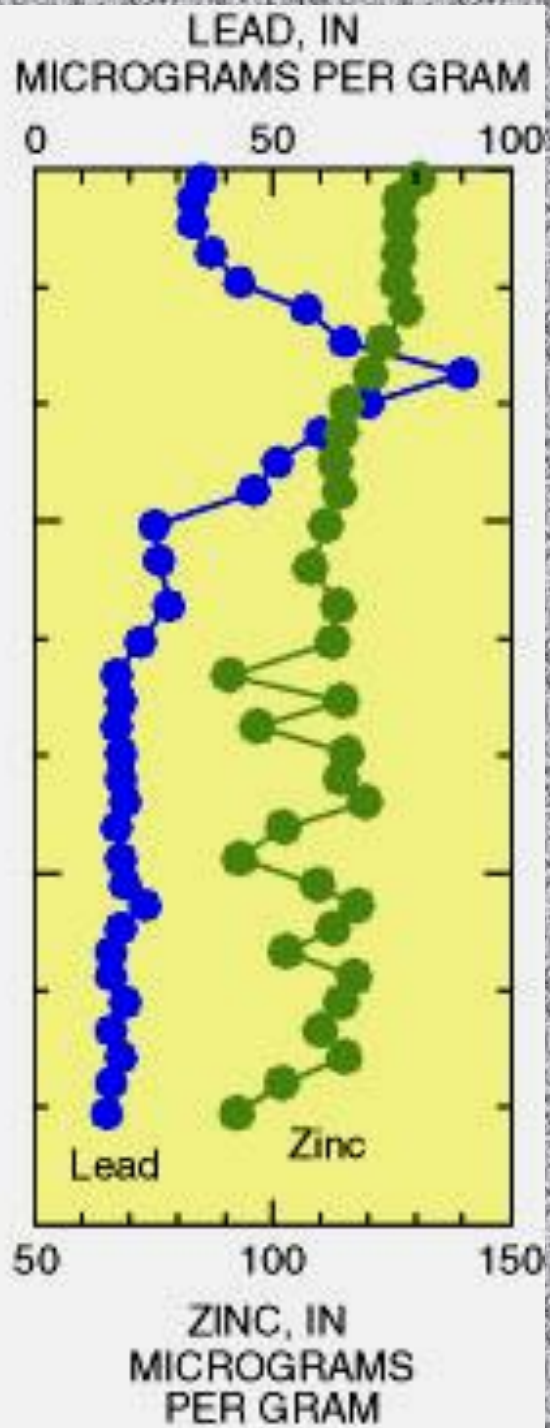
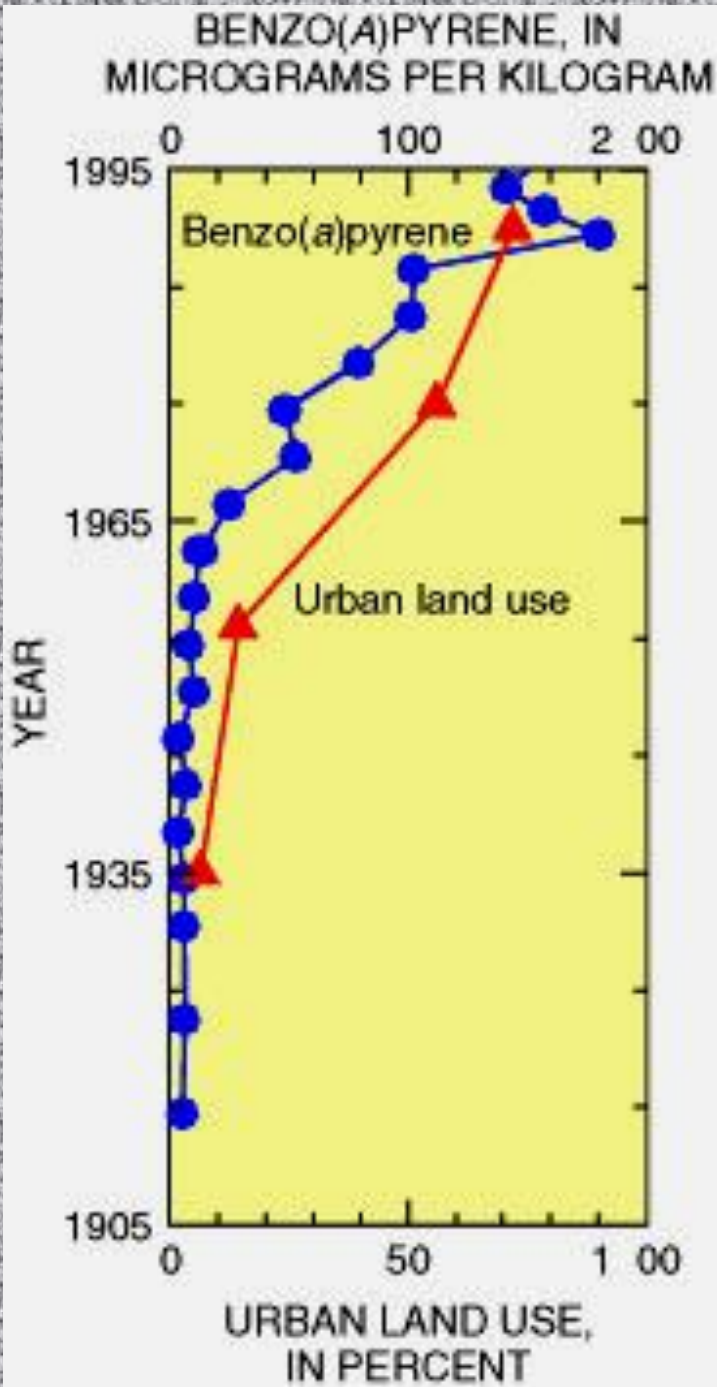
**Distribution of calcium carbonate in modern surface sediments.** High percentages of calcareous ooze closely follow the mid-ocean ridge, which is above the CCD.



**Distribution of manganese nodules on the sea floor.**



Percentage of deep-ocean floor covered by pelagic sediment types



## Summary of Dating Techniques

Method	Feasible Dating Range (years)	Types of Material Datable
$C^{14}$	0–40,000	carbon-bearing materials— shells, organic matter
$Si^{32}$	0–2,000	diatom- and radiolarian-rich deposits
$Pa^{231}$	0–120,000	deep-sea sediments, manganese nodules, corals
$Th^{230}$	0–40,000	deep-sea sediments, manganese nodules, corals
K-Ar	60,000 and older	volcanic materials
FISSION TRACKS	older than several hundred thousand years	volcanic materials
$Be^{10}$	up to 10 million	manganese nodules
MAGNETIC STRATIGRAPHY	0–4.5 million	deep-sea sediments
BASED ON K-Ar		
MAGNETIC STRATIGRAPHY—		
EXTENDED CHRONOLOGY	4.5–150 million	deep-sea sediments

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- K. Turekian : Oceans
- H.V.Thurman, A.P.Trujillo: Essentials of Oceanography
- M.Grant Gross: Oceanography, A view of the earth
- P.Weyl : Oceanography
- Α.Θεοδώρου : Ωκεανογραφία
- Σ.Λεοντάρης : Εισαγωγή στην Ωκεανογραφία
- Δ.Ζαφειρόπουλος : Ο Γαλάζιος Πλανήτης

Τέλος



# 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.



Σημειώματα

# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση διαθέσιμη εδώ <http://eclass.uoa.gr/courses/CHEM162/>



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Μιχαήλ Σκούλλος, Εμμανουήλ Δασενάκης 2015. Μιχαήλ Σκούλλος, Εμμανουήλ Δασενάκης. «Χημική Ωκεανογραφία. Ενότητα 1: Θαλάσσια ιζήματα (Β' μέρος)». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/NOC83/>



# 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.



# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/3)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

## **Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες**

Εικόνα 1: Formation and Distribution. Copyrighted.

[http://ocean.stanford.edu/courses/bomc/chem/lecture\\_14.pdf](http://ocean.stanford.edu/courses/bomc/chem/lecture_14.pdf)

Εικόνα 2: Diagramme carbonate ion concentration. Copyrighted.

[http://ocean.stanford.edu/courses/bomc/chem/lecture\\_14.pdf](http://ocean.stanford.edu/courses/bomc/chem/lecture_14.pdf)

Εικόνα 3: Sea floor spreading and sediment accumulation. Copyrighted.

Εικόνα 4: Distribution of neritic and pelagic sediments. Copyrighted.

[http://www.iupui.edu/~g115/assets/mod06/sed\\_distribution\\_sm.jpg](http://www.iupui.edu/~g115/assets/mod06/sed_distribution_sm.jpg)

Εικόνα 5: Wind-derived quartz in ocean sediments. Copyrighted.

[http://home.hiroshima-u.ac.jp/er/Resources\(2\)/Image1933.gif](http://home.hiroshima-u.ac.jp/er/Resources(2)/Image1933.gif)



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/3)

Εικόνα 6: Distribution of calcium carbonate in modern surface sediments.

Copyrighted. <http://image.slidesharecdn.com/oceansediments-121120053930-phpapp01/95/ocean-sediments-32-638.jpg?cb=1353390077>

Εικόνα 7: Distribution of manganese nodules on the sea floor. Copyrighted.

Εικόνα 8: Percentage of deep ocean floor coverage by pelagic sediments types. Copyrighted.

Εικόνα 9: Graphs showing PAH, lead, and zinc concentrations in sediment core. Copyrighted. [http://pubs.usgs.gov/circ/circ1171/images/core\\_graph2.jpg](http://pubs.usgs.gov/circ/circ1171/images/core_graph2.jpg)





# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/3)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

## Πίνακες

Πίνακας 1: Copyrighted.

[http://ocean.stanford.edu/courses/bomc/chem/lecture\\_14.pdf](http://ocean.stanford.edu/courses/bomc/chem/lecture_14.pdf)

Πίνακας 2: Pressure and temperature effects on solubility. Copyrighted.

[http://ocean.stanford.edu/courses/bomc/chem/lecture\\_14.pdf](http://ocean.stanford.edu/courses/bomc/chem/lecture_14.pdf)

Πίνακας 3: Summary of dating techniques. Copyrighted.

