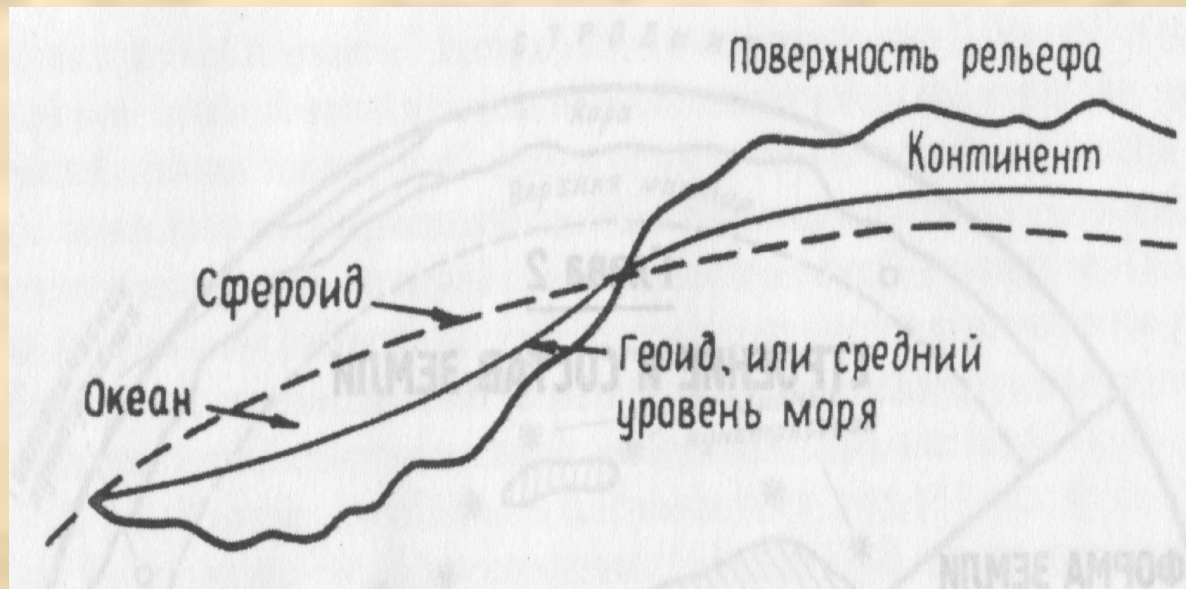




<http://www.astrogalaxy.ru/foto/001/foto0447.JPG>

Вид Земли с Луны



Соотношение поверхностей рельефа, эллипсоида вращения и геоида, по [9]

(поверхность геоида совпадает с уровнем Мир.океана, а в пределах континентов везде перпендикулярна направлению отвесной линии, положение которой зависит от распределения масс в Земле)

Рис. 2.1. Форма Земли

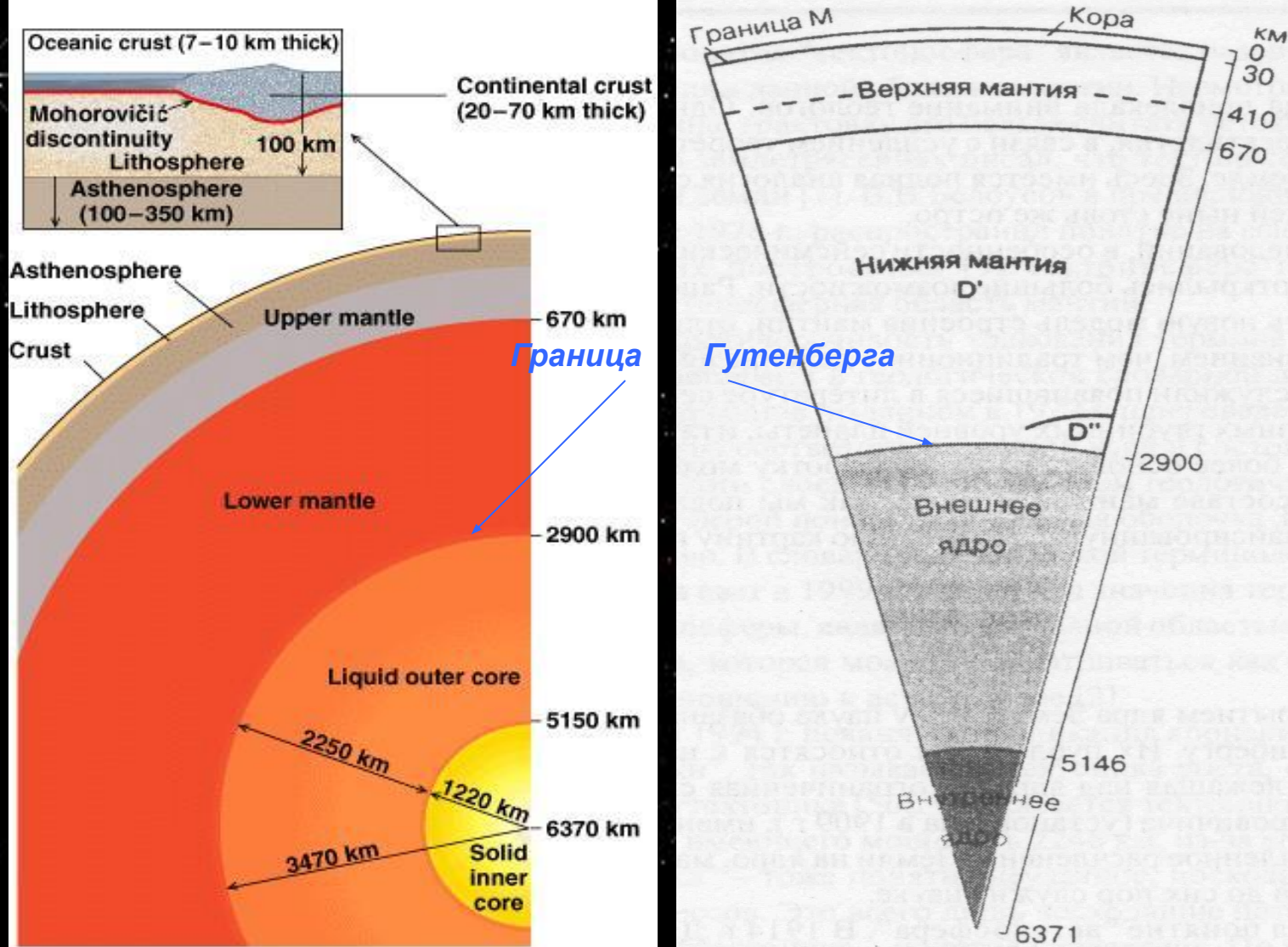


http://www.math.montana.edu/~nmp/materials/ess/geosphere/expert/activities/planet_earth/globespin.gif

**Современная Земля сжата на 21 км
вдоль оси своего вращения**

- Радиус полярный – 6357 км;
- Радиус экваториальный – 6378 км
(в плоскости экватора наибольший и наименьший радиусы отличаются на 213 м);
- Степень сжатия планеты
 $((R_{\text{экв}} - R_{\text{пол}}) / R_{\text{экв}}) = 1/298$
- Масса – $5,98 \cdot 10^{27}$ г;
- Объем – $1,08 \cdot 10^{27}$ см³;
- Плотность – 5,52 г/см³;
- Площадь – 510 млн. км².

Рис. 2.3. Основные параметры Земли (эллипсоида вращения)



Традиционная схема глубинного строения,
[20]

Подразделение мантии и ядра на отдельные оболочки обусловлено наличием дополнительных сейсмических границ

Рис. 2.4. Внутреннее строение Земли

Глубина, км	Геосферы Земли	Глубина, км		Оболочки Земли		Температура, °C	Давление, кбар	Плотность г/см³	Масса %	Объем в %	Агрегатное состояние вещества	Состав вещества	
									от массы и объема Земли			Минеральный	Химический (%)
0-33	Земная кора	0-33		Земная кора		400-1000	1,5-10	2,8 (средняя)	0,5	0,9	твердое	Вещество широко распространенных осадочных, магматических, метаморфических пород	O-47; Si-26; Al-8; Fe-6; Ca-6; Mg-3; Na-2; K-1; остальные - <1.
33-2900	Мантия	33-670	33-410	Верхняя мантия	Верхняя мантия	1450-1600	125-150	3,3 ↓ 5,7	67,6	82,8	участками частично расплавлен.	Соответствует веществу магматитов ультраосновного состава, уплотнение в-ва связано с его фазовыми и полиморфными переходами, при этом хим. состав неизменный или возможно некоторое увеличение содержания Fe с глубиной. В верхней мантии – минералы группы силикатов. в нижней – силикаты и окислы.	O-44; Si-21; Mg-23; Fe-7; Ca-2; Al-2; Na-0,3; K-0,1; остальные - <0,6
			410-670		Переходная зона, слой Голицына	твердое							
		670-2900	670-2600	Нижняя мантия	Слой D'	1850-2130	230-250				твердое		
			2600-2900		Слой D''	участками частично расплавлен.							
2900-6371	Ядро	2900-5150	2900-4980	Внешнее ядро	Внешнее ядро	2500-4000	1340-1400	9,5 ↓ 14,4	31,9	16,3	жидкое	Железо (преобладающий компонент) и никель (второстепен. компонент) с примесью какого-то лёгкого компонента, в качестве которого рассматривают кислород, серу, водород, кремний	Железо – 90 %, никель – 10 %
			4980-5150		Промежуточная оболочка	жидкое + твердое							
		5150-6371		Внутреннее ядро		3500-5000	3150-3300				3600-5100		

Примечание. Максимальная величина глубины – 6371 км – представляет радиус Земли при её форме в виде шара; в графах “Температура” и “Давление” приведены, по данным разных источников, предельные значения соответствующих параметров, которые характеризуют термобарические условия на границах оболочек (самые нижние значения соответствуют центру планеты, давление в 1 бар равно 0,987 Атм или 10⁵ Па); химический состав вещества земной коры – по А. Б. Ронову и А. А. Ярошевскому [25]; хим. состав современной мантии соответствует её пиролитовой модели [23].

Оболочки Земли очень часто обозначают буквенными индексами, соответствующими начальной части латинского алфавита (впервые это предложил австралийский сейсмолог Буллен): земная кора – А, верхняя часть верхней мантии – В, слой Голицына (иногда его именуют средней мантией) – С, нижняя мантия – D, внешнее ядро – Е, промежуточная оболочка – F, внутреннее ядро – G.

Рис. 2.5. Характеристика оболочек Земли

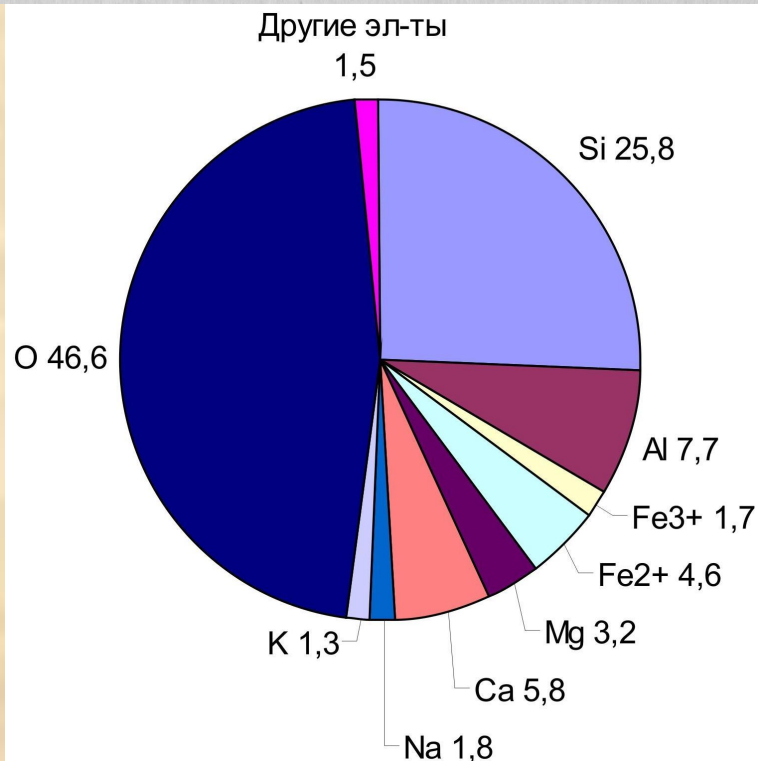
Минералы	По Г. Бергу	По А. Ферсману
Плагиоклаз	40,2	55
Ортоклаз	17,7	
Мета- и ортосиликаты	16,3	15
Кварц и его разновидности	12,6	12
Вода в свободном и поглощенном виде	—	9
Магнетит и гематит	3,7	3,0
Слюды	3,3	3,0
Кальцит	1,5	1,5
Глины (глинистые минералы)	1,0	1,5
Лимонит и гидрогётит	0,3	0,3
Доломит	0,1	0,1
Акцессорные минералы:		
изверженных пород*	2,5	—
осадочных пород**	0,5	—
Фосфаты	—	0,75
Сульфиды	—	0,3
Хлориды	—	0,3
Фториды	—	0,2

* Пирит, халькопирит, апатит, гранат, титанит, циркон.

** Пирит, пиролюзит, гранат, апатит, циркон.

Порода	Распространенность, % общего объема земной коры	Масса, п.10 ²⁴ , г
Пески и песчаные породы	1,83	0,43
Глины, глинистые сланцы, кремнистые породы	4,48	1,14
Карбонаты	2,79	0,71
Соленосные отложения	0,09	0,02
Гранитоиды, гранитогнейсы, кислые эффузивы и их метаморфические эквиваленты	20,86	5,68
Габбро, базальты и их метаморфические эквиваленты	50,34	15,00
Дуниты, перидотиты, серпентиниты	0,07	0,02
Сиениты, нефелиновые сиениты	0,04	0,01
Метапесчаники	1,73	0,47
Парагнейсы и кристаллические сланцы	16,91	4,74
Метаморфизованные карбонатные породы	0,69	0,18
Железистые породы	0,17	0,06
С у м а	100,00	28,46

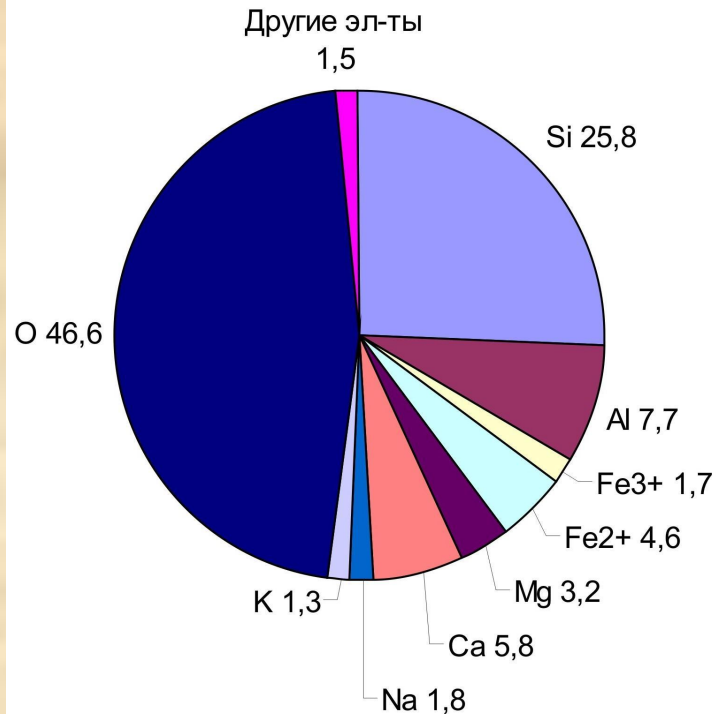
Примечание. Оценка распространенности и массы ультраосновных пород в земной коре, несомненно, занижена, поскольку пока нет возможности количественно учесть роль этих пород в строении нижних горизонтов коры континентов и океанов.



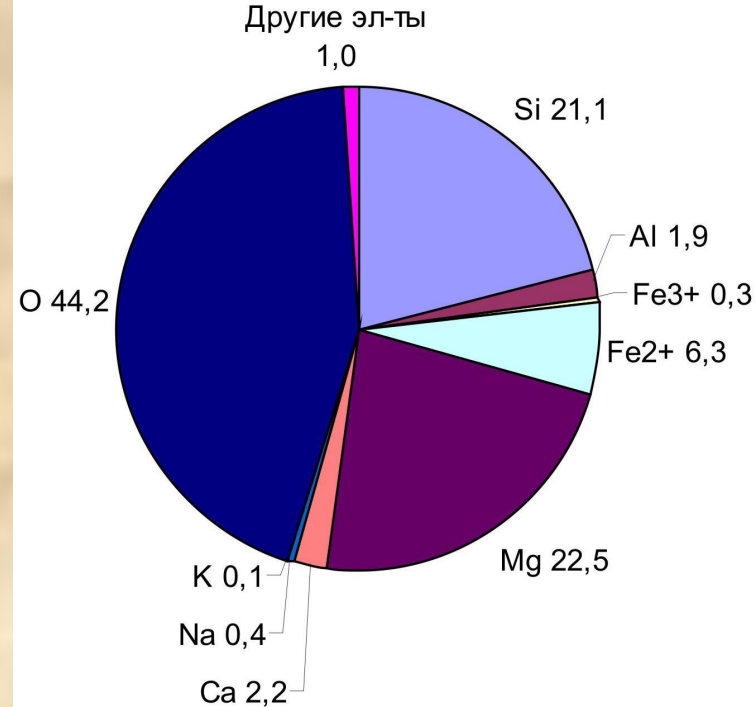
Петрографический и химический составы – по данным А.Б. Ронова и А.А. Ярошевского

Резкое преобладание в составе коры кислорода и кремния обуславливает преобладающее распространение в ней минералов класса силикатов

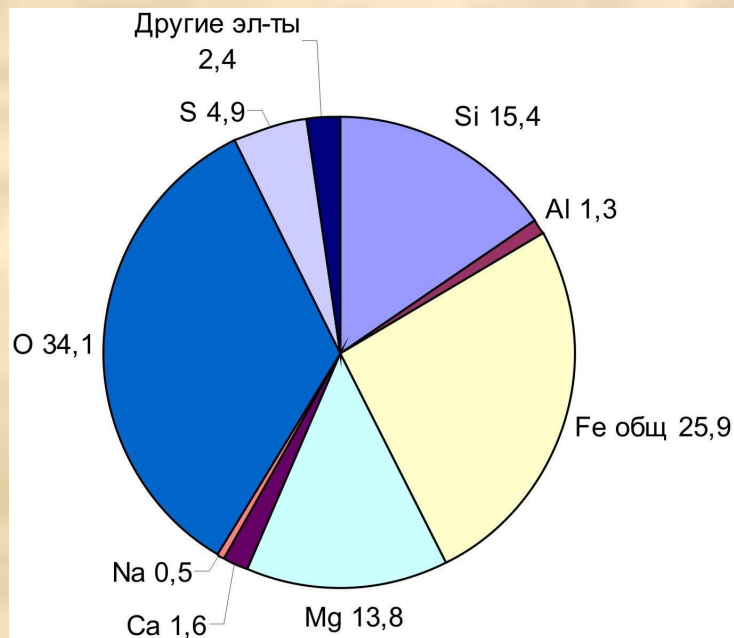
Рис. 2.7. Минеральный и химический (в %) состав земной коры, [25]



Состав коры, по [25]

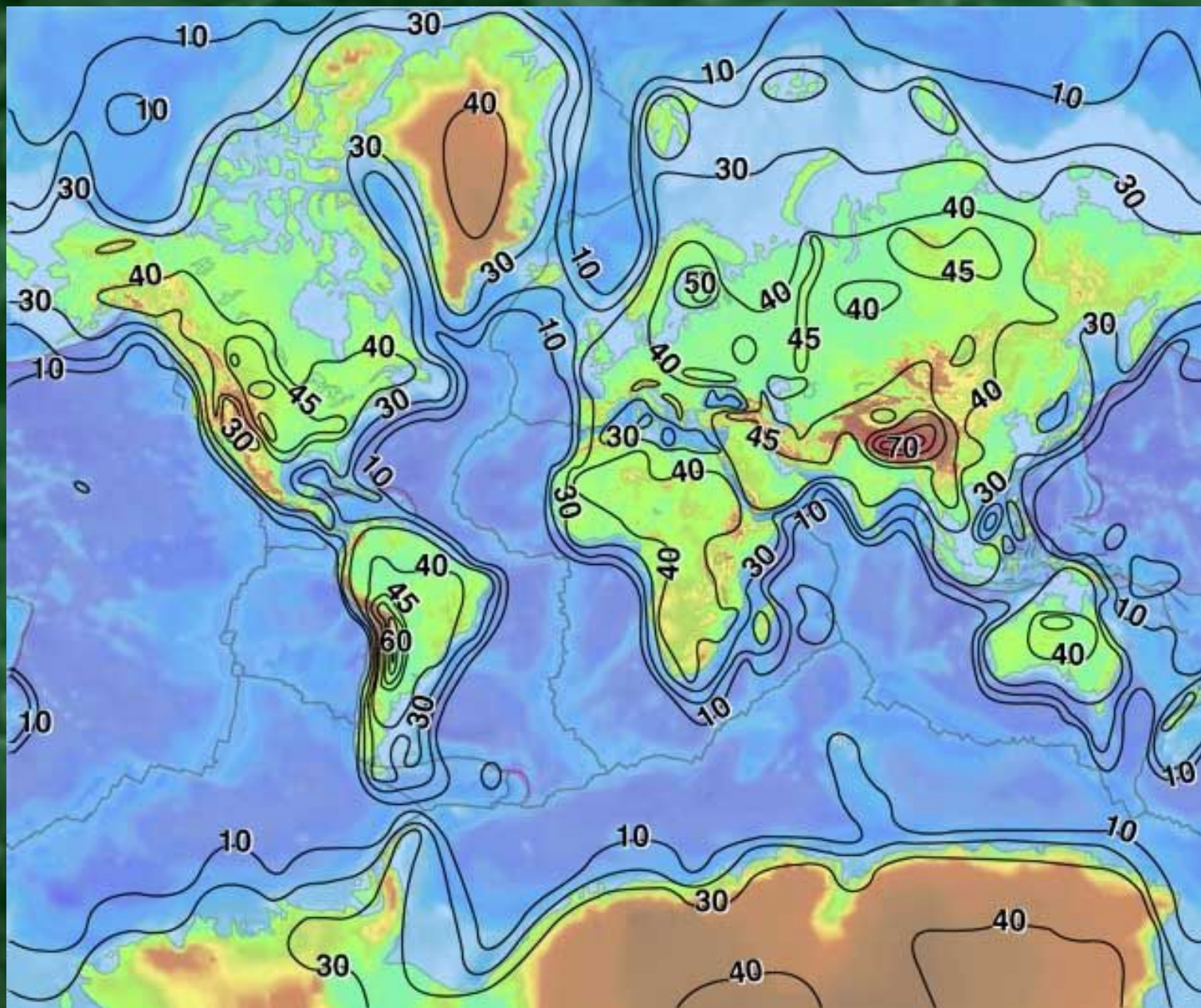


**Состав современной мантии по
пиrolитовой модели А. Е. Рингвуда [23]**



Состав углистых хондритов, по [24]

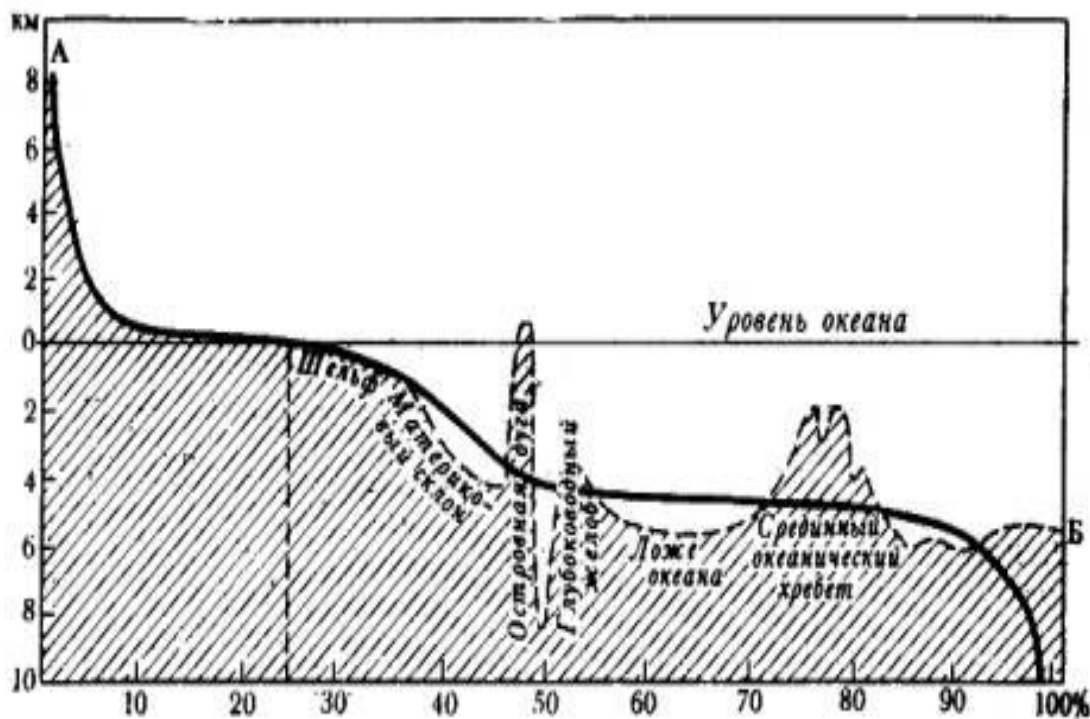
**Рис. 2.8. Сравнение хим. состава
коры с составом мантийного и
метеоритного вещества**



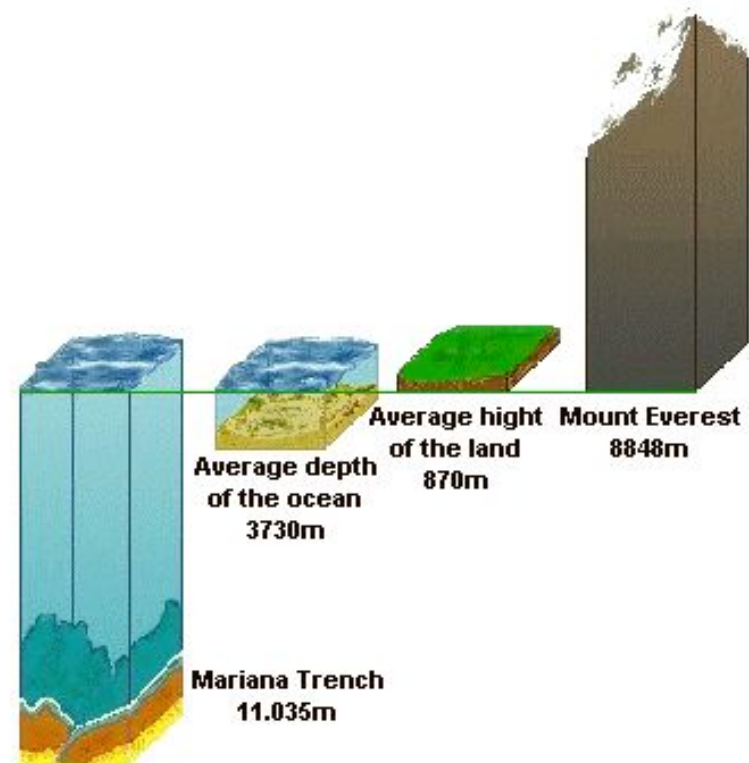
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ca/Topo.jpg>

Карта наглядно отражает различие континентов и океанов по мощности коры

Рис. 2.9. Карта мощностей (км) земной коры



http://www.bsu.ru/content/hecadem/turunhaev_av/cl_353/files/mzip_249_5694/tema2.1.jpg



Гипсографическая кривая (А) и обобщенный профиль дна океана (Б) <http://www.earlham.edu/~rhoteru/depth&heightscale.gif>

Крайние и преобладающие высотные уровни поверхности твёрдой Земли

Гипсографическая кривая наглядно отражает два основных гипсометрических уровня земной поверхности: материковый (со средним высотным уровнем 870 м) и ложа Мирового океана (со средним высотным уровнем -3730 м)

Рис. 2.10. Гипсографическая кривая

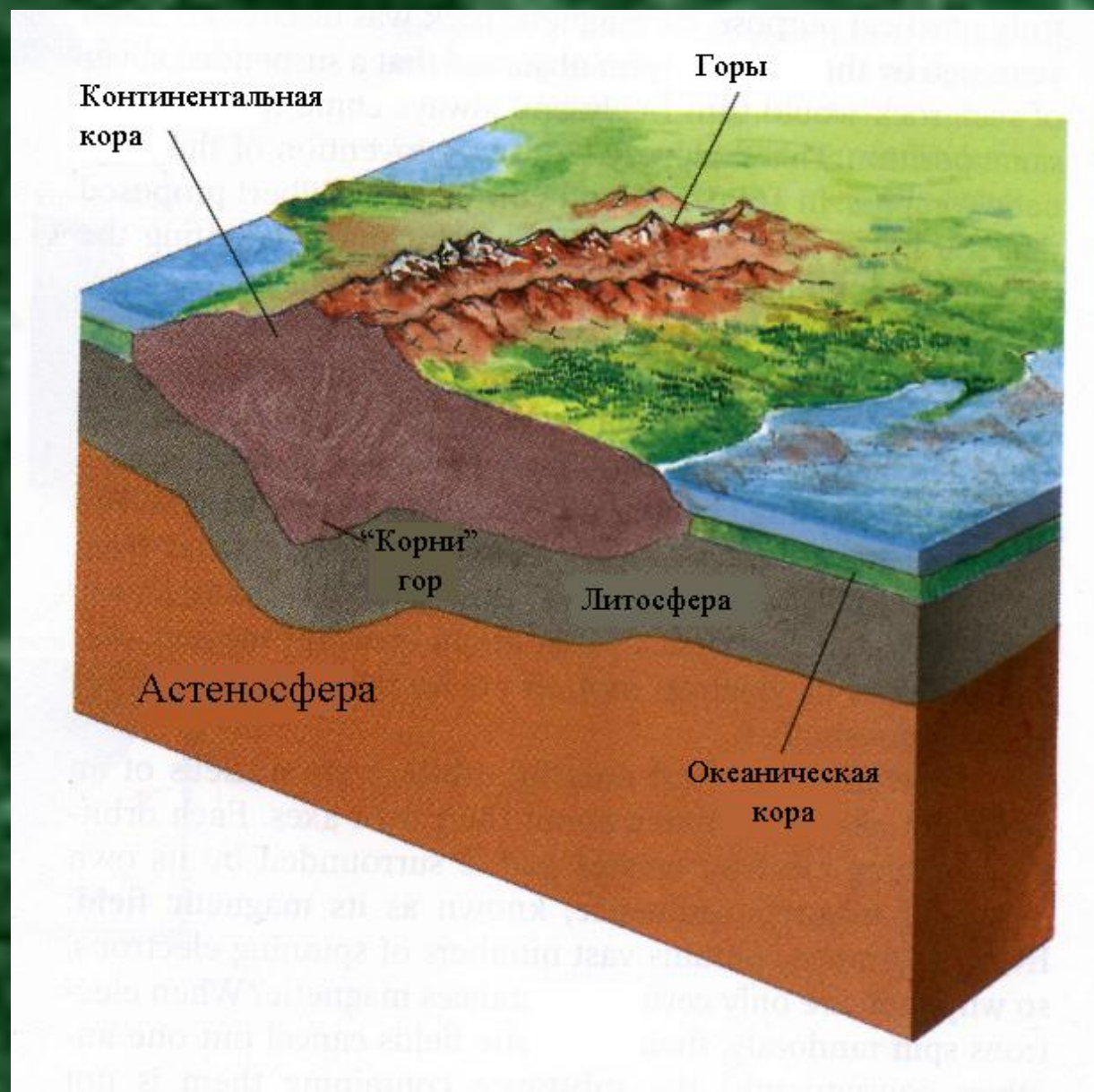
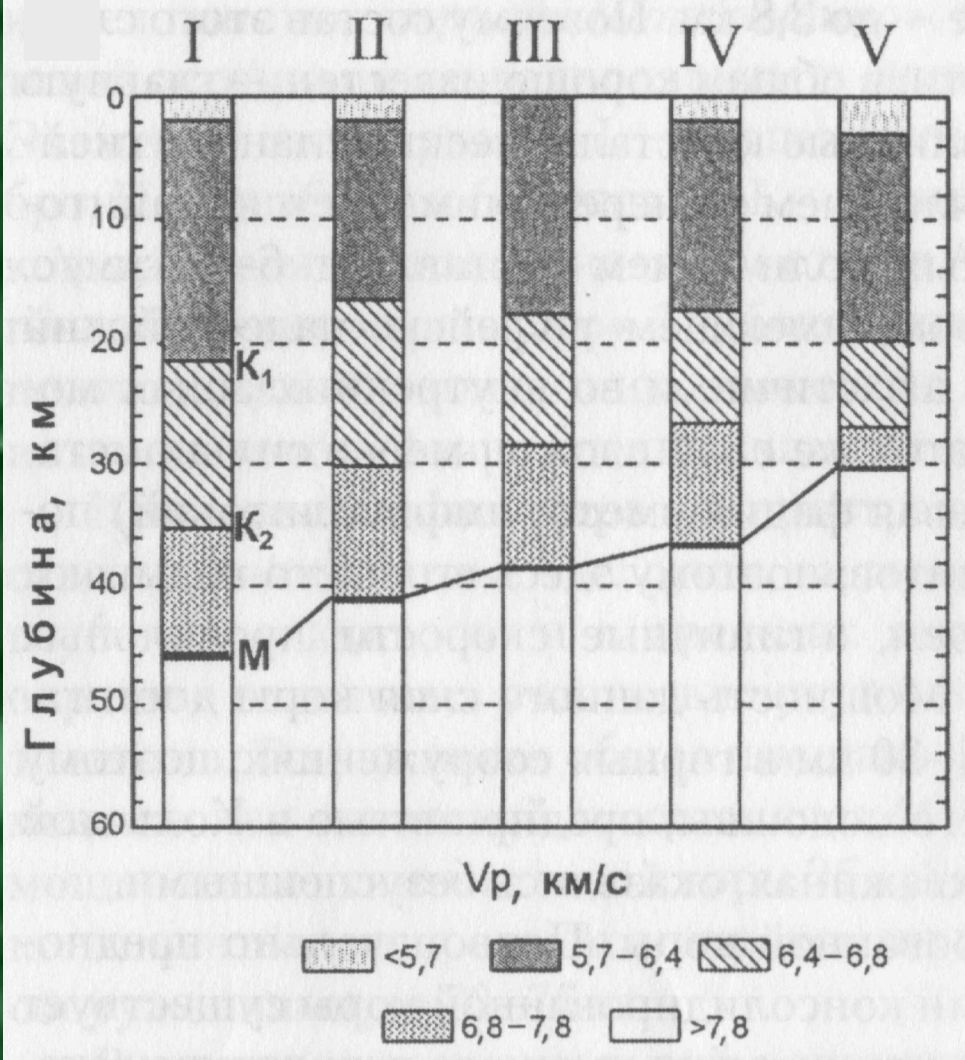


Рис. 2.11. Характер изменения мощности континентальной коры

№ слоёв	Наименование слоёв	Мощность, км	Скорость продольн. волн, км/с	Состав вещества	Возраст вещества
1	Осадочный	$\frac{0-25}{3}$	До 5,0	Различные осадочные породы иногда с покровами и силлами магматитов преимущественно основного состава	PR ₂ – Q (до 1,7 млрд. лет)
2	Гранитный (гранито-гнейсовый, гранитно-метаморфический)	$\frac{8(10)-35}{15-20}$	5,0-6,5	Гранитоиды, кристаллические сланцы, гнейсы, амфиболиты (метаморфические породы зеленосланцевой и амфиболитовой фаций, состав вещества – в основном по данным прямых наблюдений)	AR-Q
3	Базальтовый (гранулит-базитовый)	$\frac{8(10)-40}{15-20}$	6,5-7,4 (иногда до 7,7-7,8)	Магматические и метаморфические (амфиболитовая и гранулитовая фации) породы преимущественно основного состава (состав вещества – в основном по геофизическим и экспериментальным, т.е. косвенным, данным)	AR-Q

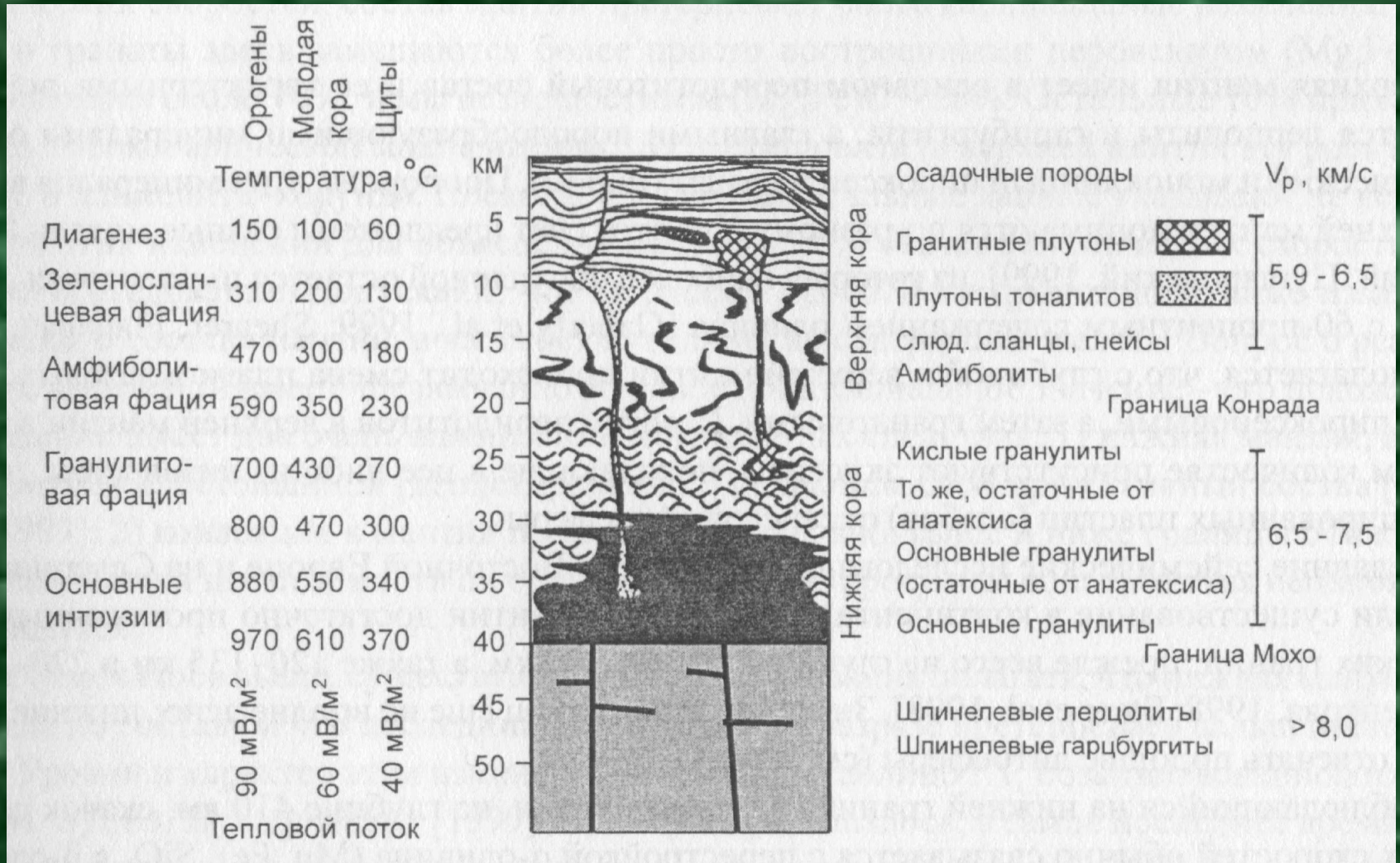
Примечание. Гранитный и базальтовый слои совместно называют консолидированной корой; граница между этими слоями – поверхность Конрада; в графе “Мощность” в числителе – предельные значения, в знаменателе – средние; при высокой (до 20-25 км) мощности осадочного слоя он подстилается материалом, скоростные свойства которого отвечают базальтовому слою, поэтому такую кору иногда относят к палеоокеанской; отнесение вещества со скоростями продольных волн 7,4-7,8 км/с к земной коре зачастую спорно, т.к. подобные скорости характерны и для разуплотненной (аномальной) мантии.

Рис. 2.12. Строение, состав и скоростные характеристики континентальной коры



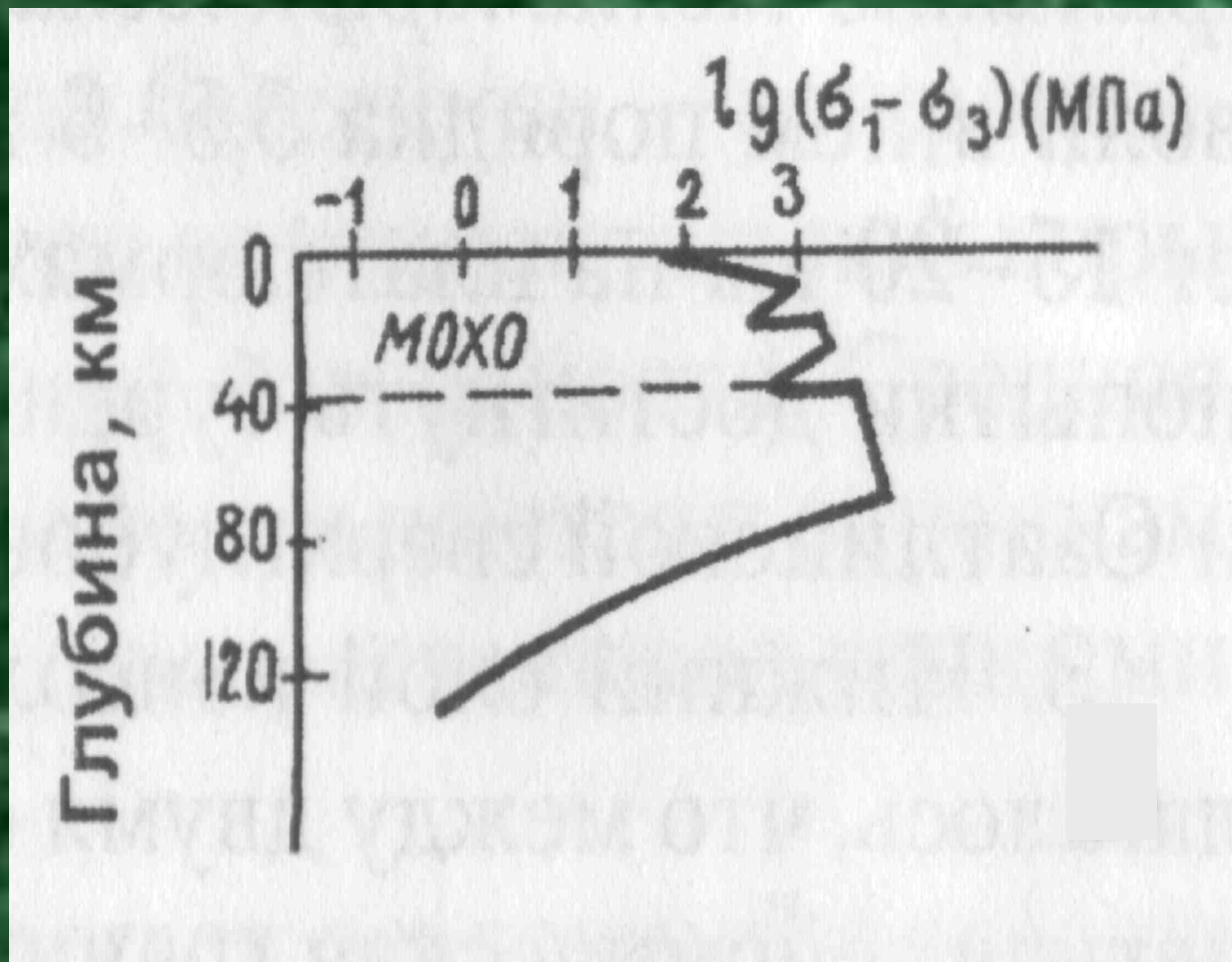
I–V – типы структур: I – орогены, II – древние платформы, III – островные (энсиалические) дуги, IV – континентальные рифты, V – растянутая континентальная кора; K_1 и K_2 – поверхности Конрада, M – поверхность Мохо; V_p – скорости продольных волн

Рис. 2.13. Четырёхслойные сейсмические разрезы континентальной коры по Н.И. Кристинсену и В.Д. Мунею, 1995 [34]



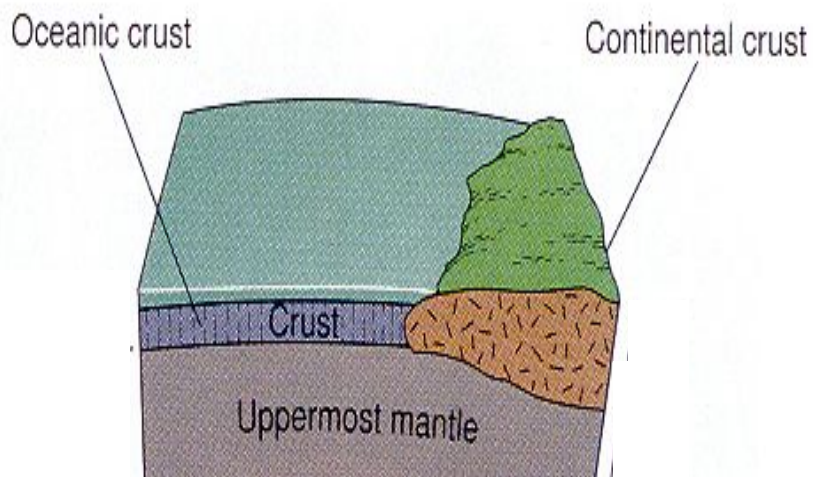
На рисунке отражены изменения с глубиной – вещественного состава, скоростей продольных волн, температур для трёх основных типов тектонических структур, а также отмечено положение сейсмических границ, метаморфических фаций, приведены величины тепловых потоков

Рис. 2.14. Схематический профиль континентальной коры по Ведыполю, 1995 [14]

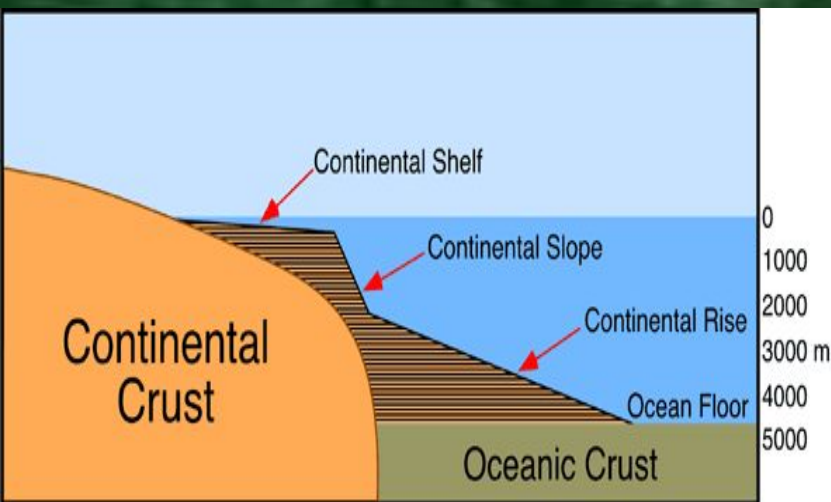


Два минимума прочности континентальной коры приходятся на основания гранитного и базальтового слоёв, резкое уменьшение этого параметра с глубинного уровня ~80 км приходится на астеносферный слой

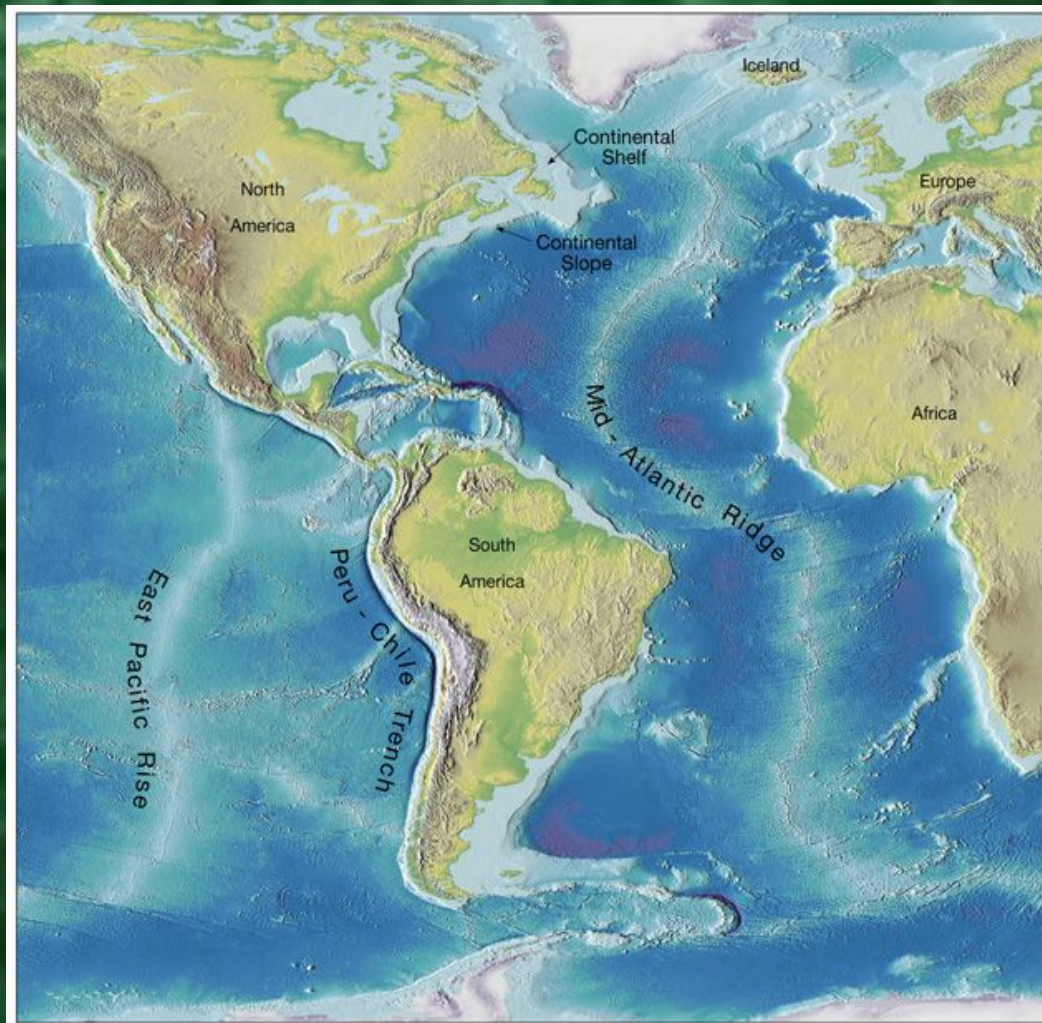
Рис. 2.15. Профиль обобщенной прочности континентальной литосферы, по Л. И. Лобковскому, 1990 [34]



<http://www.eas.yorku.ca/veo/earth/image/1-3-01.JPG>



http://www.eoearth.org/media/draft/8/88/Continental_margin_diagram.gif

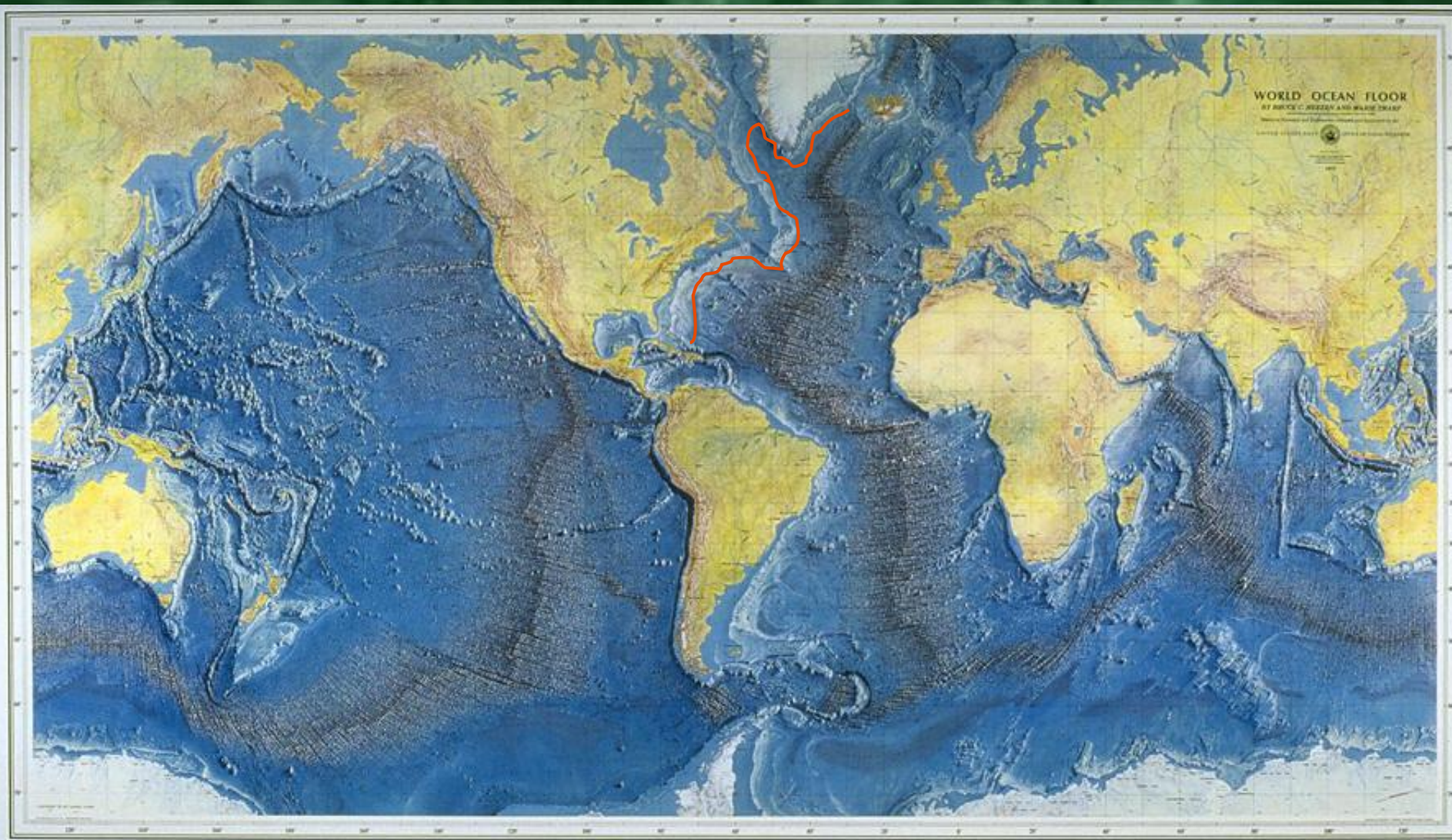


http://hays.outcrop.org/images/lutge8e/Chapter_01/Text_Images/F01_13.JPG

Положение границы двух типов коры

Шельф и континентальный склон по
окраинам Атлантики

Рис. 2.17. Область сочленения континентальной коры с океанской



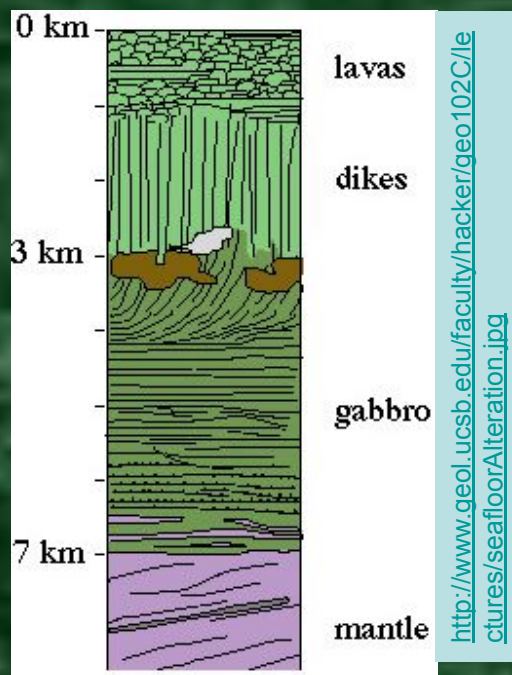
http://www.columbia.edu/cu/news/06/08/images/HeezenTharp_900.jpg

Граница проведена по подножью континентального склона (линия красного цвета)

Рис. 2.18. Положение границы двух основных типов коры по восточному побережью Северо-Американского континента

№ слоёв	Наименование слоёв	Мощность, км	Скорость продольн. волн, км/с	Состав вещества	Возраст вещества
1	Осадочный	$\frac{0-15}{0,6}$	До 2,5	Разнообразные осадки с различной степенью уплотнения, в основании часто – металлоносные осадки	J ₂ – Q (до 170 млн. лет)
2	Базальтовый	$\frac{1-15}{1,5-2,5}$	4,5-5,5	Покровы базальтов, в нижней части с дайками долеритов (комплекс параллельных даек или дайковый комплекс)	J ₂ – Q (до 170 млн. лет)
3	Габбро-серпентинитовый (третий слой, океанический слой)	$\frac{0-7}{4-5}$	6,0-7,5	В верхней части – габбро, в нижней – “полосчатый” (расслоенный) комплекс, представленный чередованием габбро с ультраосновными породами (лерцолитами, пироксенитами) часто серпентинизированными	J ₂ – Q (до 170 млн. лет)

Примечание. В графе “Мощность” в числителе – предельные значения, в знаменателе – преобладающие.

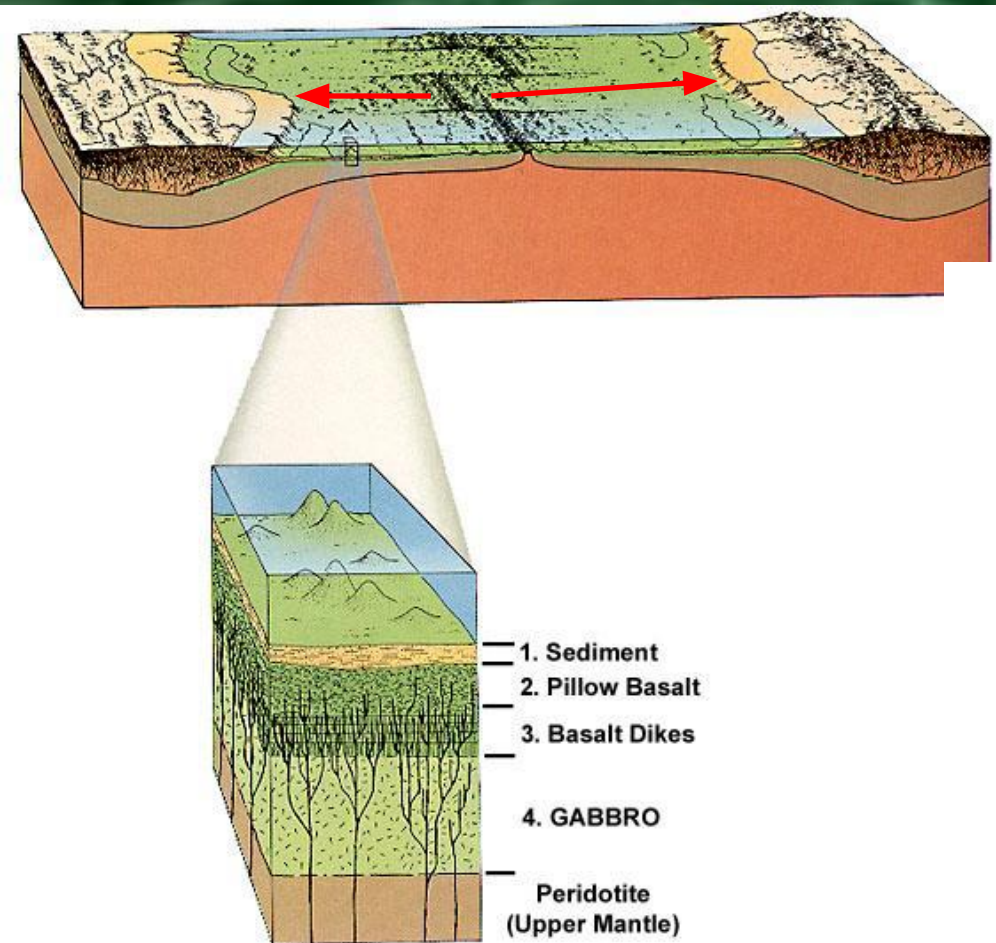


Базальты с подушечной отдельностью (пиллоу лавы) второго слоя



Fe-Mn конкреции основания первого слоя

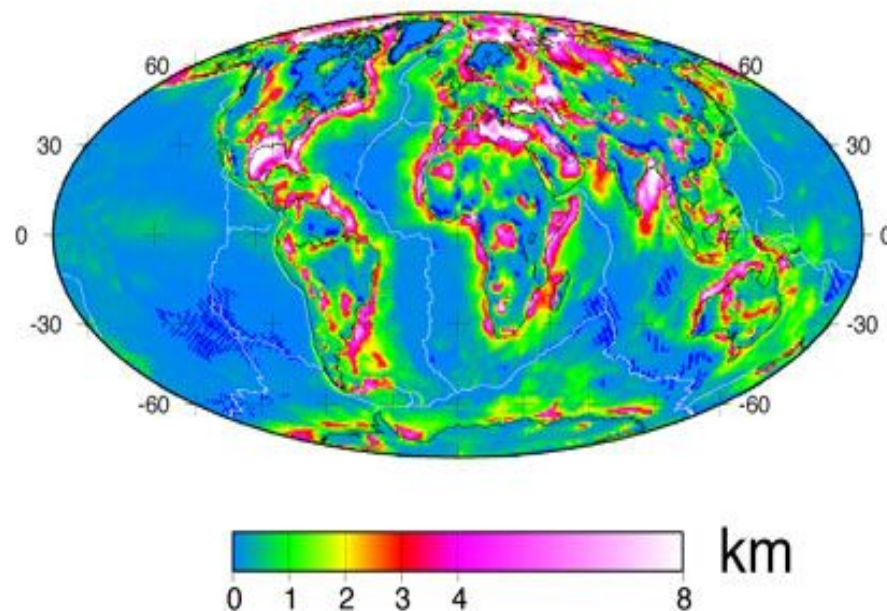
Рис. 2.19. Строение океанского типа земной коры



http://www.indiana.edu/~g105lab/images/gaia_chapter_13/ocean_crust.jpg

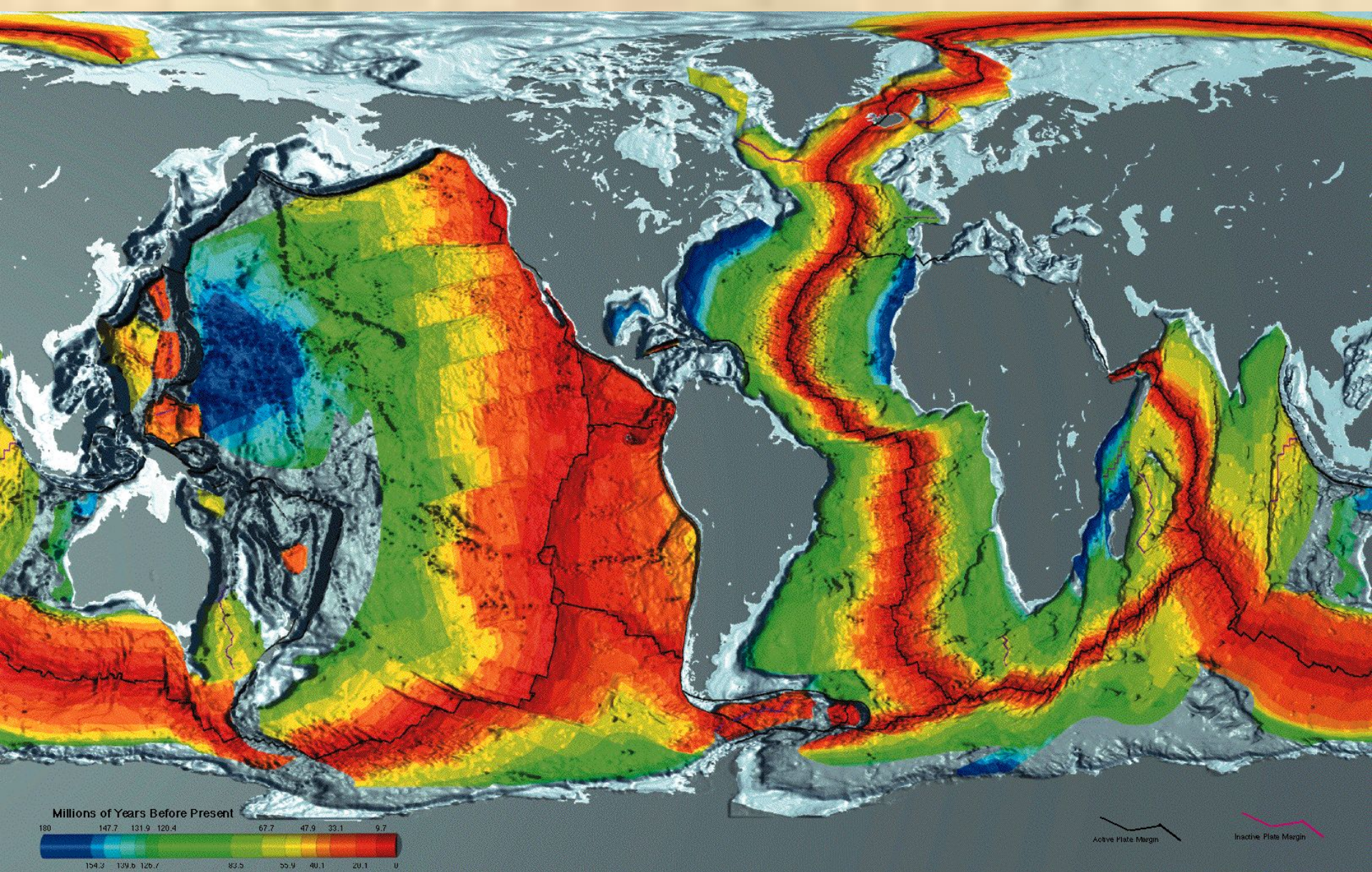
Направления увеличения мощности осадочного слоя (красные стрелки на верхнем рисунке)

Sediment Thickness



<http://kalahari.geology.gla.ac.uk/~rod/research/graphics/globasedthk.jpg>

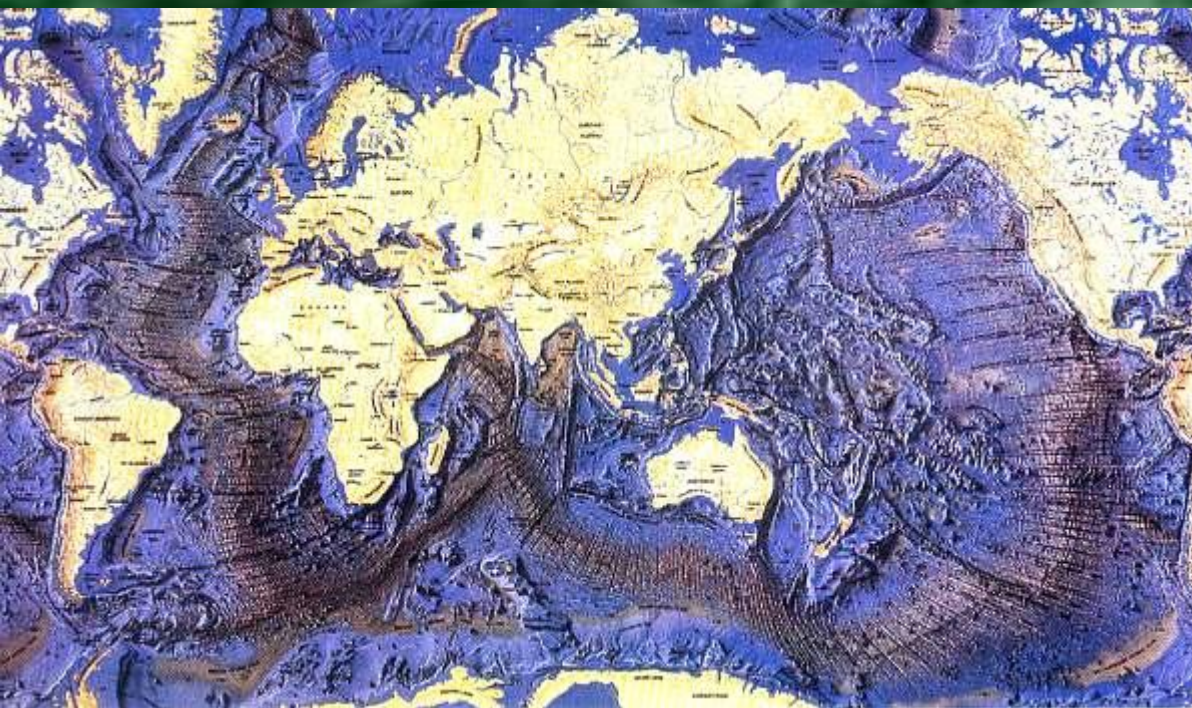
Рис. 2.20. Изменение мощности осадочного слоя океанской коры



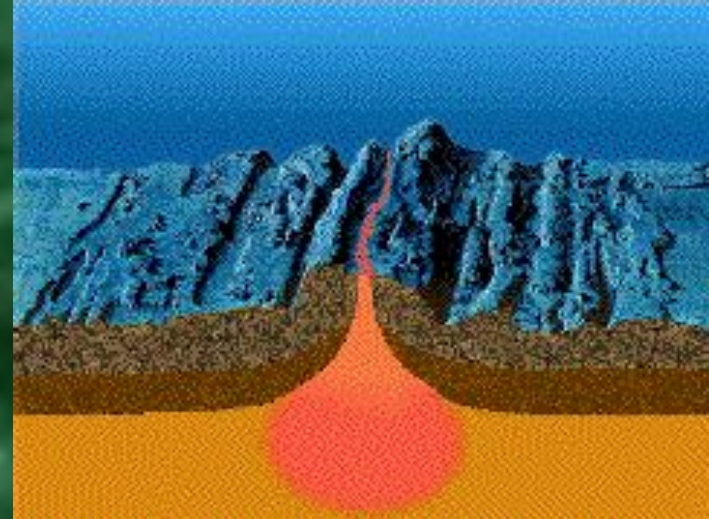
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/44/Earth_seafloor_crust_age_1996.gif

Рис. 2.22. Возраст коры океанского типа

Расположение срединно-океанских хребтов



<http://www.seafriends.org.nz/niue/seafloor.jpg>



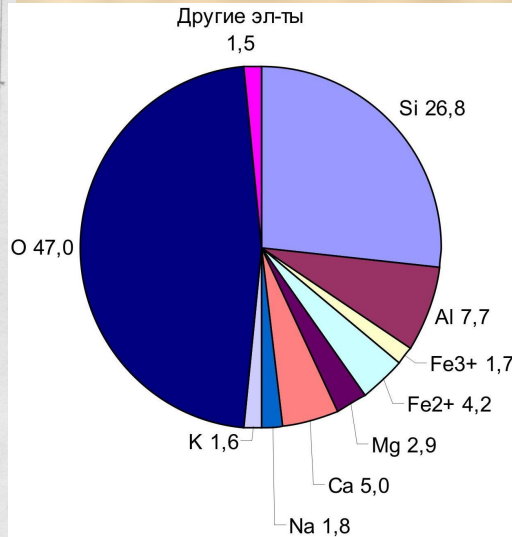
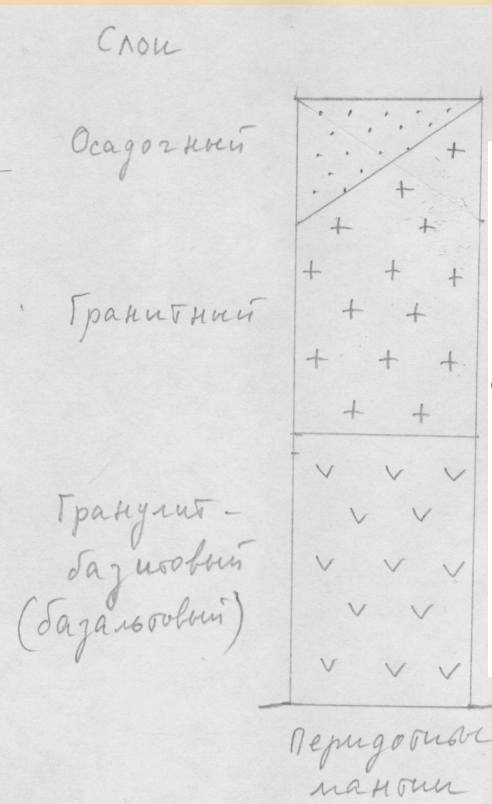
<http://wiki.web.ru/images/thumb/3/32/A48.gif/200px-A48.gif>

Происходит за счет
кристаллизации
мантийных расплавов
базальтового состава
в срединно-океанских
хребтах

Рис. 2.23. Формирование современной океанской коры

Континентальная кора

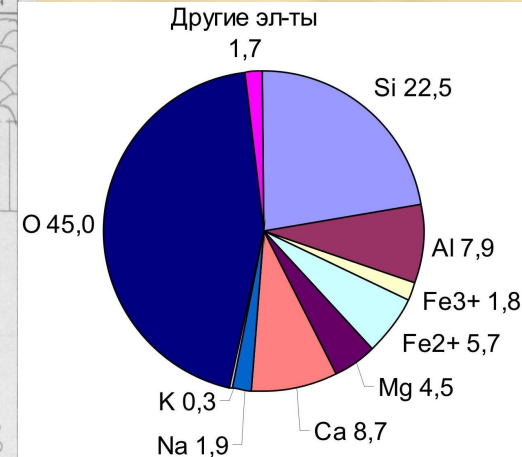
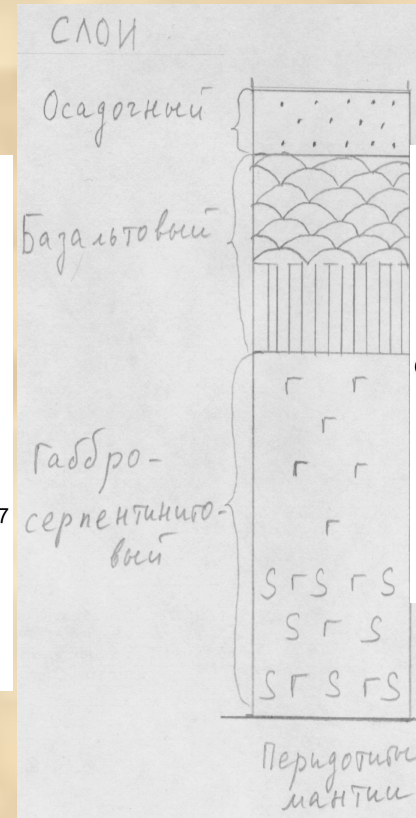
Океанская кора



Средняя мощность – 35-40 км

Масса – $18,1 \cdot 10^{24}$ г

Площадь развития – 41 % земной поверхности



Средняя мощность – 6-7 км

Масса – $6,1 \cdot 10^{24}$ г

Площадь развития – 56 % земной поверхности

Химический состав и масса континентальной и океанской коры – по А. Б. Ронову и А. А. Ярошевскому [25], площадь распространения – по В. Е. Хаину [34]

Рис. 2.24. Различия двух основных типов земной коры