

Тема занятия:

МАГМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ РИФТОВЫХ ЗОН КОНТИНЕНТОВ

Лекция № 21

- **Две модели внутриконтинентального рифтогенеза**
 - **Эпиконтинентальные и эпиорогенные рифты**
 - **Общие особенности магматизма**
 - **Восточно-Африканские рифтовый пояс**
- Далее:*
- **Байкальская рифтовая зона**
 - **Провинция бассейнов и хребтов на Западе США**
 - **Происхождение щелочных пород**

РАСТРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ РИФТОВ



ГЛАВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МАГМАТИЗМА

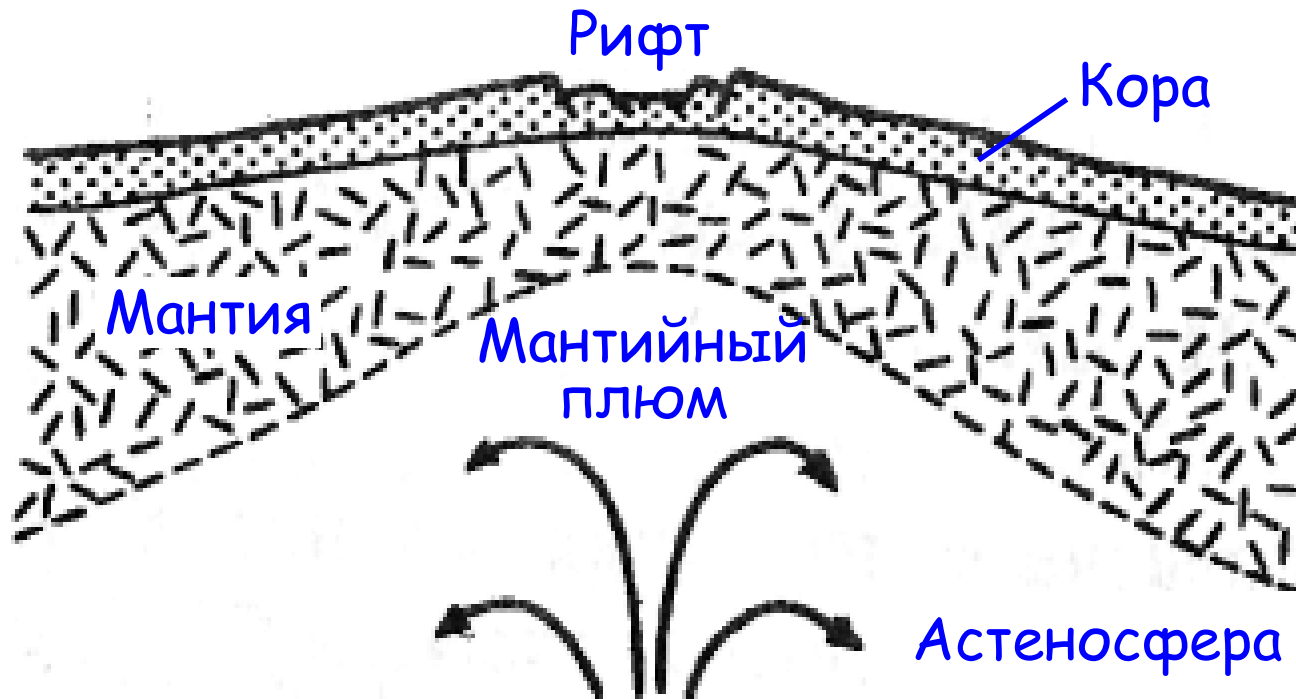
Континентальные рифты являются областями базальтового магматизма, **преимущественно субщелочного и щелочного**,

который сопровождается **значительными объемами кислых пород**

при подчиненной роли или отсутствии андезитов.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИИ И СТРОЕНИЯ

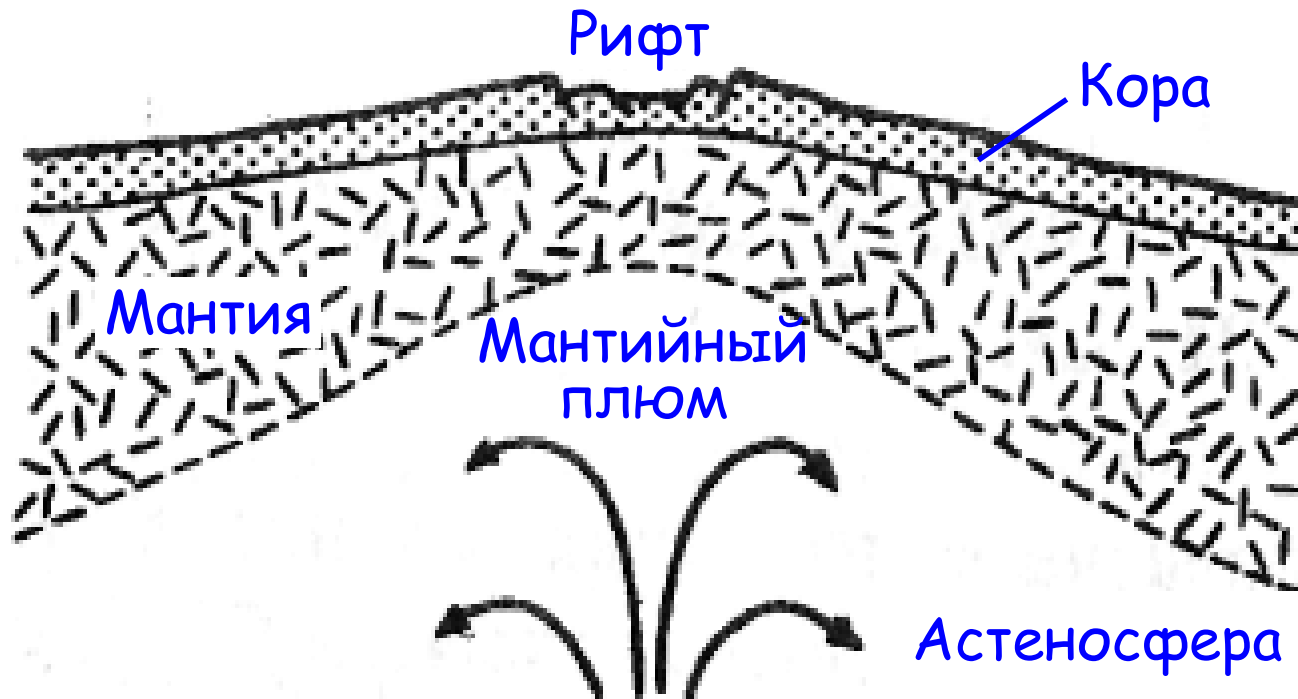
Тонкая кора, высокий тепловой поток, активный магматизм, повышенная сейсмичность, низкие скорости растяжения



Крупномасштабные гравитационные минимумы

АКТИВНАЯ МОДЕЛЬ РИФТОГЕНЕЗА

Сводное поднятие → Раскалывание коры → **Магматизм** → Образование рифтов



ПАССИВНАЯ МОДЕЛЬ РИФТОГЕНЕЗА

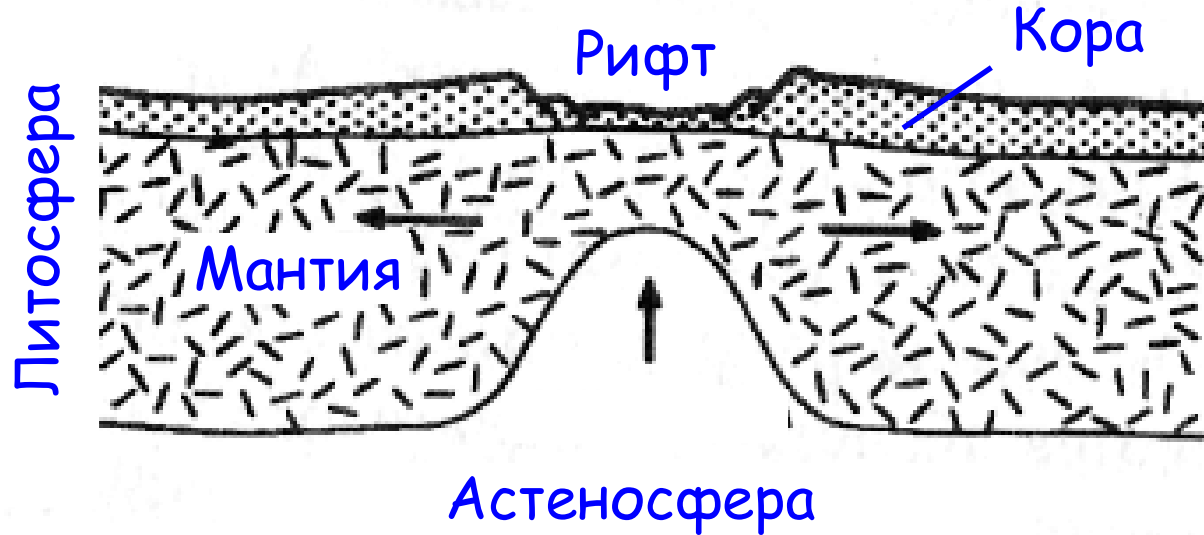
Рифтогенез



Сводовое поднятие



Магматизм



РАСТРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ РИФТОВ



ГЛАВНЫЕ ТИПЫ ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ РИФТОВ

- **Эпиконтинентальные (эпиплатформенные)** -

проявляются внутри платформ или на границах крупных континентальных блоков

Примеры: **Восточно-Африканский** и **Байкальский**

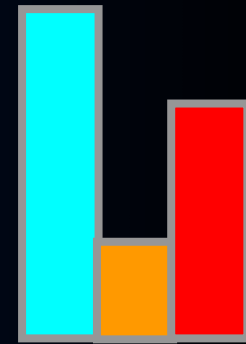
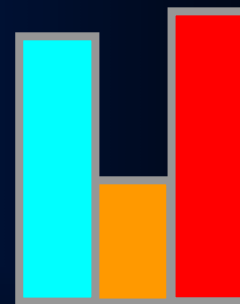
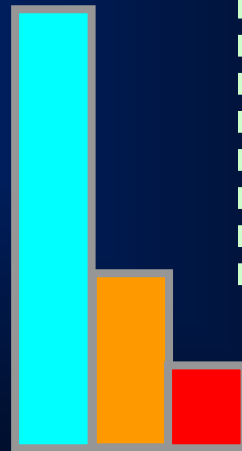
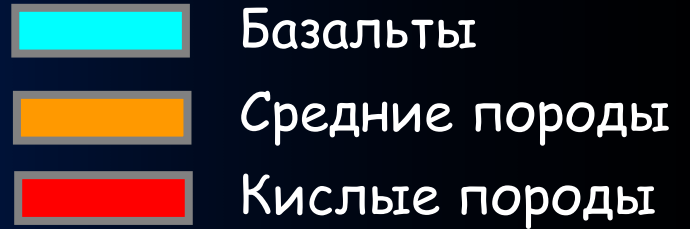
- **Эпиорогенные** -

приурочены к подвижным поясам и представляют посторогенный этап их развития.

Примеры: **Провинция Бассейнов** и **Хребтов**

НИЗКО- ВУЛКАНИЧЕСКИЕ

ВЫСОКО- ВУЛКАНИЧЕСКИЕ



Западная
ветвь
ВАРТ

Рейнский
грабен

Байкаль-
ский
рифт

Восточная
ветвь
ВАРТ

Эфиопский
рифт

Восточно-Африканский
рифтовый пояс

ЩЕЛОЧНОЙ
МАГМАТИЗМ



ДВА ТИПА ЭПИПЛАТФОРМЕННЫХ РИФТОВ

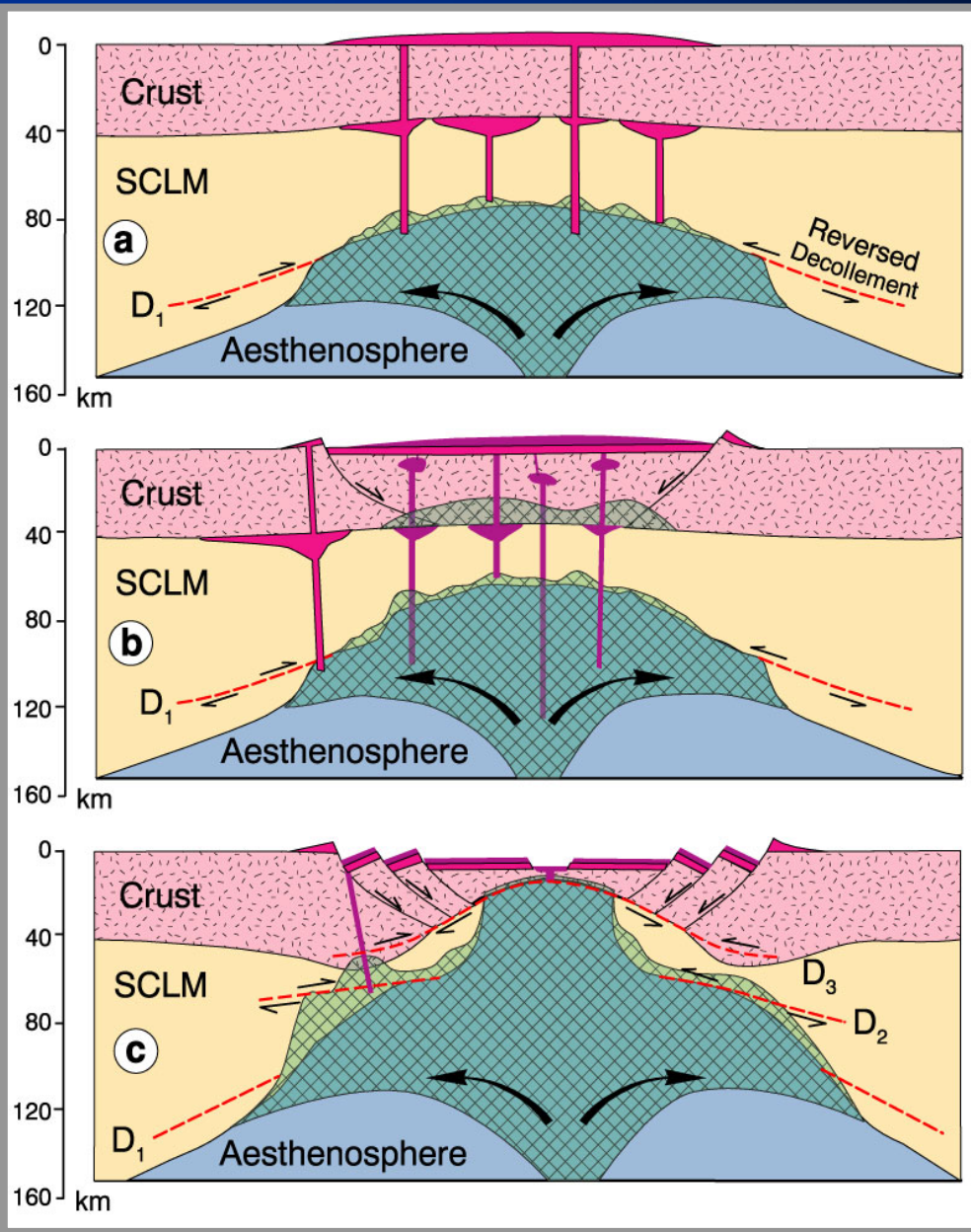
(Милановский, 1976)

- **Сводово-вулканические**
- **Щелевые**

Для сводово-вулканических рифтов (таких как Кенийский рифт Восточно-Африканской рифтовой зоны) характерен длительный рост сводового поднятия и его раскалывание,

которое сопровождается мощной и продолжительной вулканической деятельностью с преобладанием щелочного и субщелочного базальтового вулканизма.

ФОРМИРОВАНИЕ СВОДОВО-ВУЛКАНИЧЕСКИХ РИФТОВ



1. ДРИФТОВАЯ СТАДИЯ:

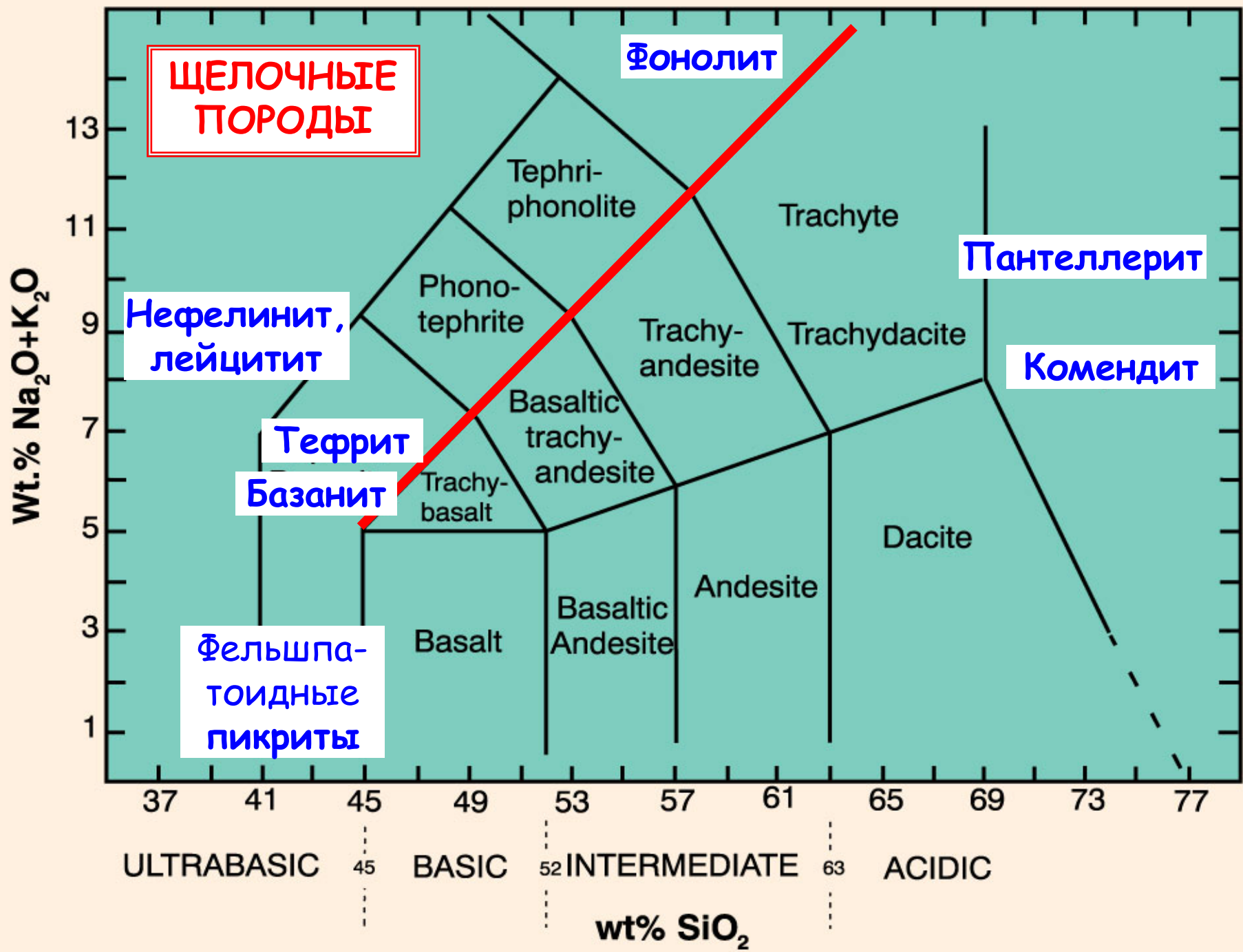
Подъем мантийного диапира в литосферу.
Образование субщелочных магм.
Трапповый (платобазальтовый) магматизм

2. РИФТОВАЯ СТАДИЯ:

Развитие рифтогенеза.
Крупные вулканические центры.
Извержения щелочных магм, нередко высоко-калиевые ультрамафиты.
Тавление коровых пород (анатексис) и **формирование кислых вулканитов.**

3. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНАЯ СТАДИЯ:

Рифтогенез с **образованием молодой океанической коры толеитового состава.**

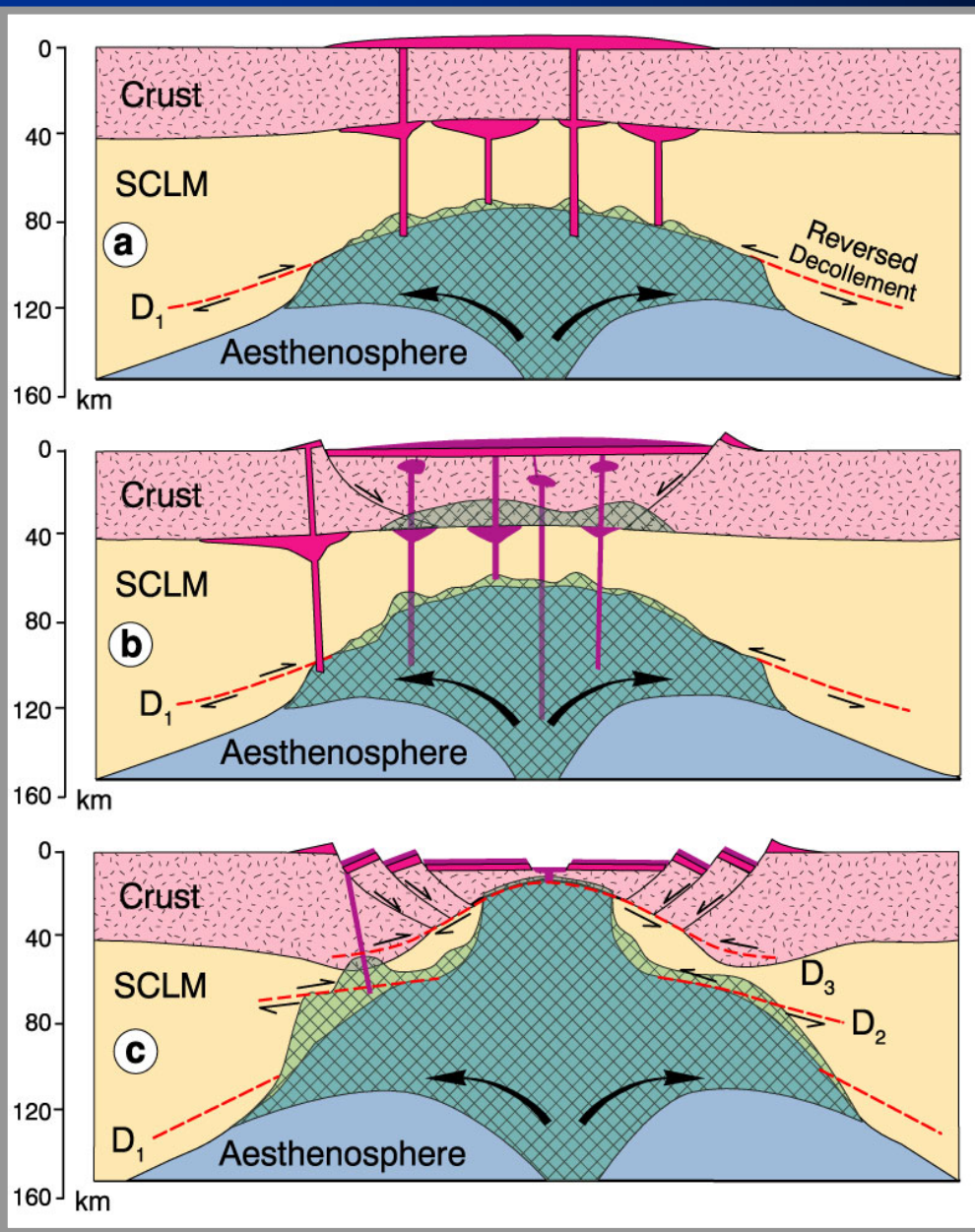


ВАЖНЕЙШИЕ ТИПЫ ЩЕЛОЧНЫХ ВУЛКАНИТОВ

1. БАЗАНИТ: Ne-содержащий базальт (иногда лейцит + Ol)
2. ТЕФРИТ: безоливиновый базанит
3. НЕФЕЛИНИТ: парагенезис Ne + Crx ± Ol
4. ЛЕЙЦИТИТ: парагенезис Lc + Crx ± Ol
5. МЕЛИЛИТИТ: парагенезис мелилит + Crx ± Ol
6. ШОШОНИТ: высоко-K базальт, включающий K-шпат ± Lc
7. ФОНОЛИТ: парагенезис щелочного полевого шпата + Ne
8. КОМЕНДИТ: щелочной риолит, $(Na_2O+K_2O)/Al_2O_3 \geq 1$
9. ПАНТЕЛЛЕРИТ: щелочной риолит, $(Na_2O+K_2O)/Al_2O_3 = 1.6-1.8$

Мелилит - изоморфная смесь акерманита ($Ca_2MgSi_2O_7$) и геленита ($Ca_2Al_2SiO_7$); кальсилит - $KAlSiO_4$

ФОРМИРОВАНИЕ СВОДОВО-ВУЛКАНИЧЕСКИХ РИФТОВ



1. ДРИФТОВАЯ СТАДИЯ:

Подъем мантийного диапира в литосферу.
Образование субщелочных магм.
Трапповый (платобазальтовый) МАГМАТИЗМ

2. РИФТОВАЯ СТАДИЯ:

Развитие рифтогенеза.
Крупные вулканические центры.
Извержения щелочных магм, нередко высоко-калиевые ультрамафиты.
Тавление коровых пород (анатексис) и **формирование кислых вулканитов.**

3. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНАЯ СТАДИЯ:

Рифтогенез с образованием молодой океанической коры толеитового состава - на примере ВАРП.

ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕЛЕВЫХ РИФТОВ

- В щелевых рифтах (Танганьикский рифт и Байкальский рифт) первичное сводовое поднятие отсутствует.
- Рифтовые грабены значительно глубже по сравнению с глубиной сводово-вулканических рифтов (до 3-4 км), а краевые поднятия уже.
- Воздымание территории рифта происходит после образования рифтовых долин, которые часто имеют асимметричное строение.
- Вулканизм здесь кратковременный и не столь интенсивный: происходит после образования рифтовой долины.
- Состав вулканических пород крайне разнообразен - от ультращелочных калиевых серий (Ньяса-Танганьикский) до субщелочных и реже толеитовых (Байкальский рифт).

О РОЛИ ИНТРУЗИВНЫХ ФОРМАЦИЙ

Среди интрузивов, сопровождающих рифтовый вулканизм, преобладают малоглубинные тела, представленные многоактными интрузивами сложного петрографического состава, с участием ультраосновных, основных и гранитоидных пород различной щелочности (габбро, сиениты, монцониты, граниты).

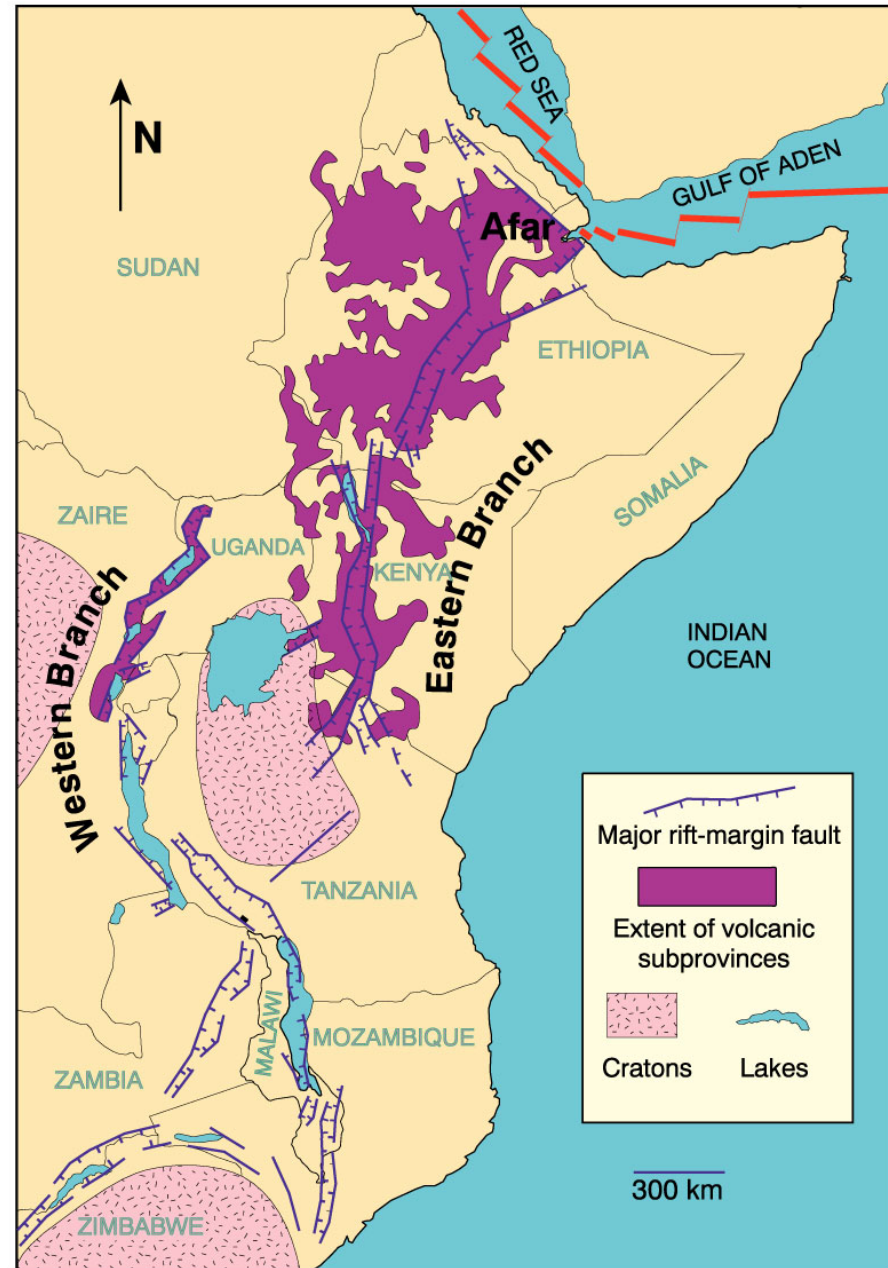
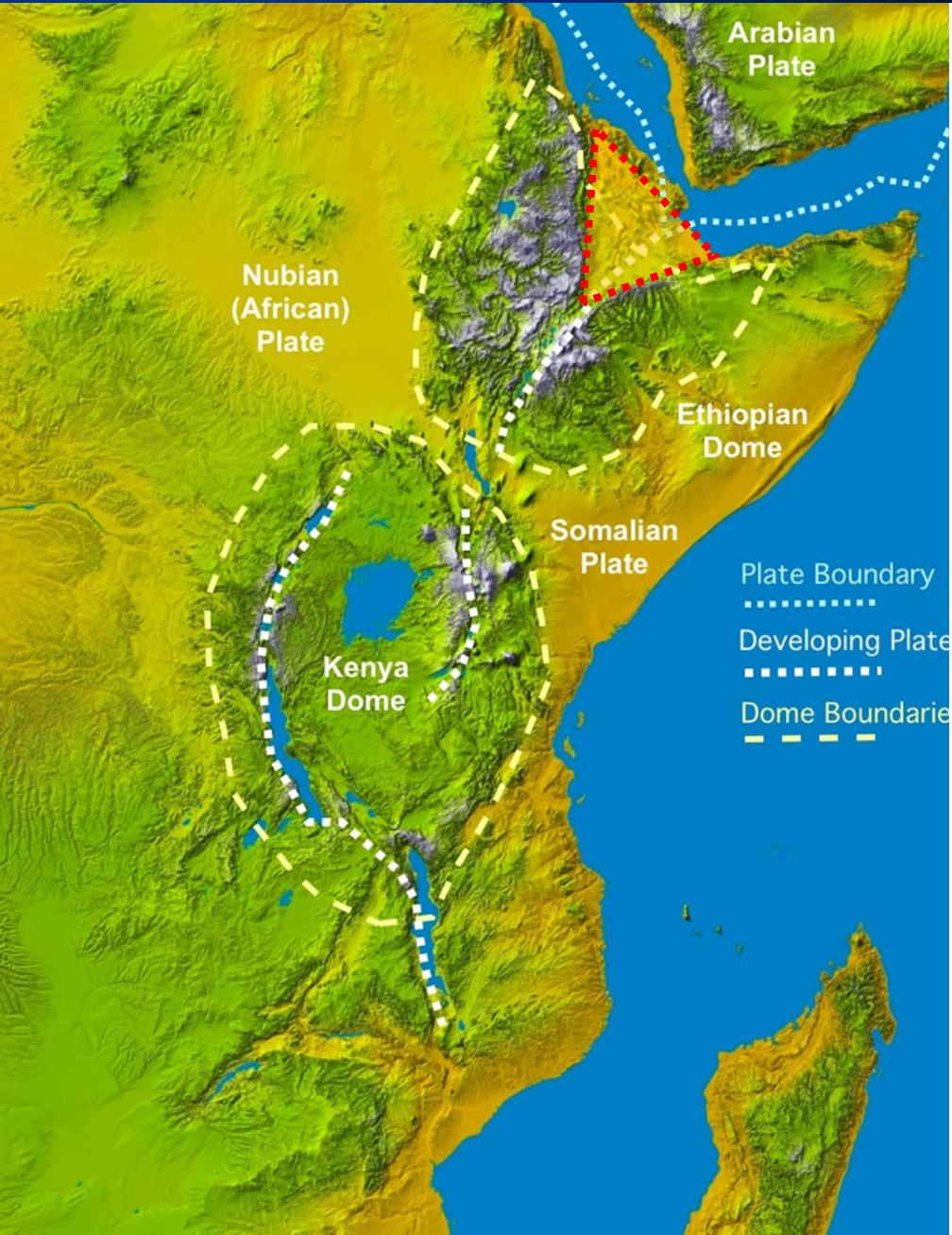
Более глубинны центральные многоактные интрузии кольцевого строения, сложенные щелочными гипербазиитами и основными породами с завершающими магматизм трубками, дайками и жилами карбонатитов.

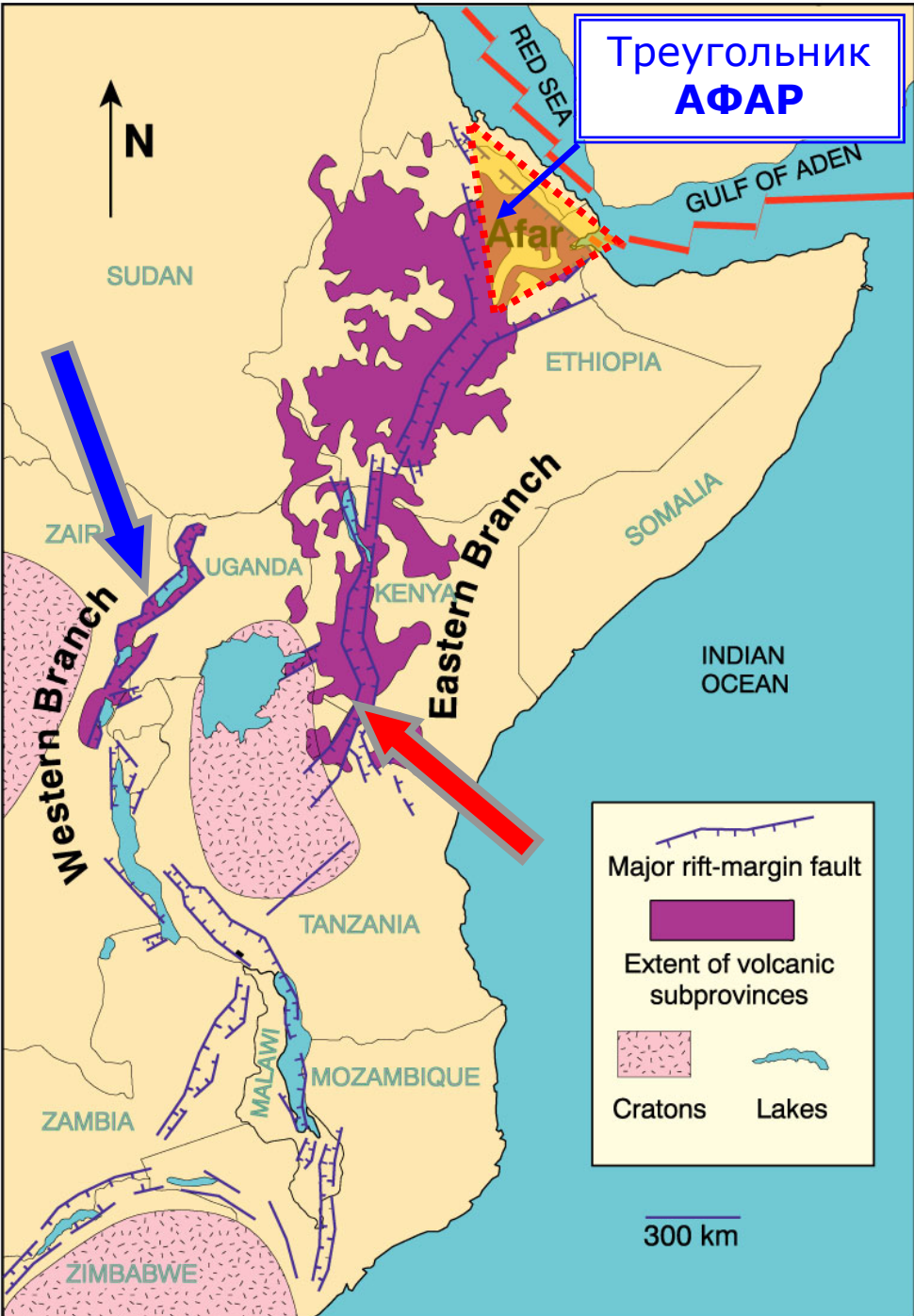
Для всех этих интрузивных тел характерны ореолы щелочных метасоматических образований.

Соотношение магматических и метасоматических процессов при становлении центральных интрузий щелочных пород является предметом широкой дискуссии.

Полагают, что эти интрузии могут представлять корни или размытые жерла вулканов центрального типа. Отсюда и поток щелочных флюидов, ответственных за метасоматоз.

ВОСТОЧНО-АФРИКАНСКИЙ РИФТОВЫЙ ПОЯС (ВАРП)





ГЛАВНЫЕ ЗОНЫ ВАРП

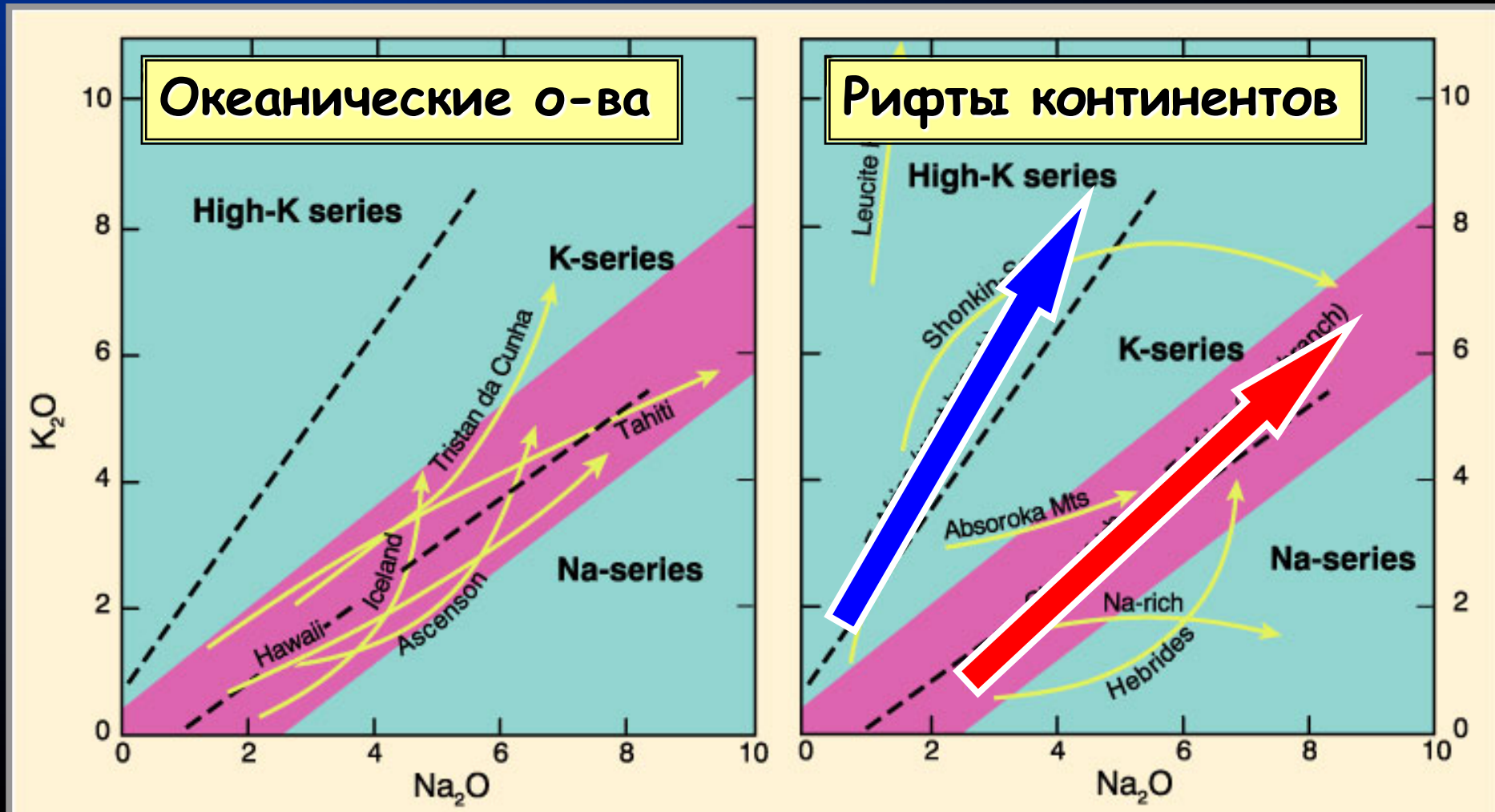
Более 6000 км !

ГЛАВНЫЕ СТРУКТУРЫ :

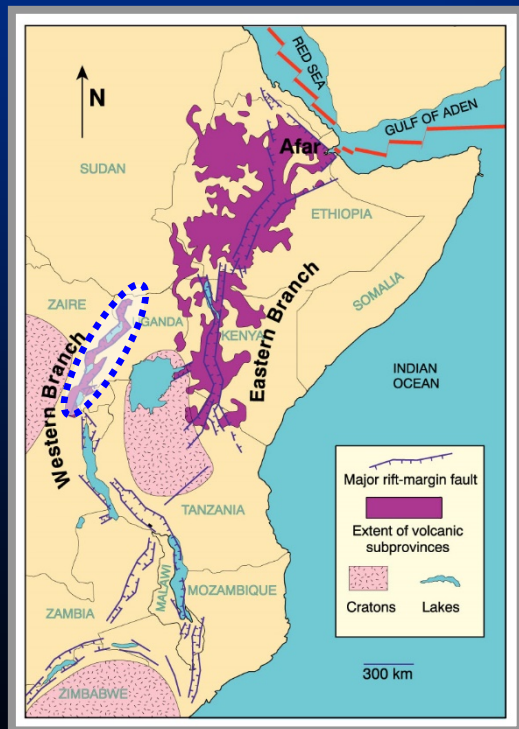
1. Ньяса-Танганьикская зона
2. Кенийский (рифт Грегори) и Эфиопский рифт
3. Треугольник Афар
4. Красноморская зона
5. Аденская зона

Толенты

СОТНОШЕНИЯ Na_2O И K_2O В ОКЕАНИЧЕСКИХ И КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ЩЕЛОЧНЫХ СЕРИЯХ



Ньяса - Танганьикская зона (западная ветвь ВАРТТ)

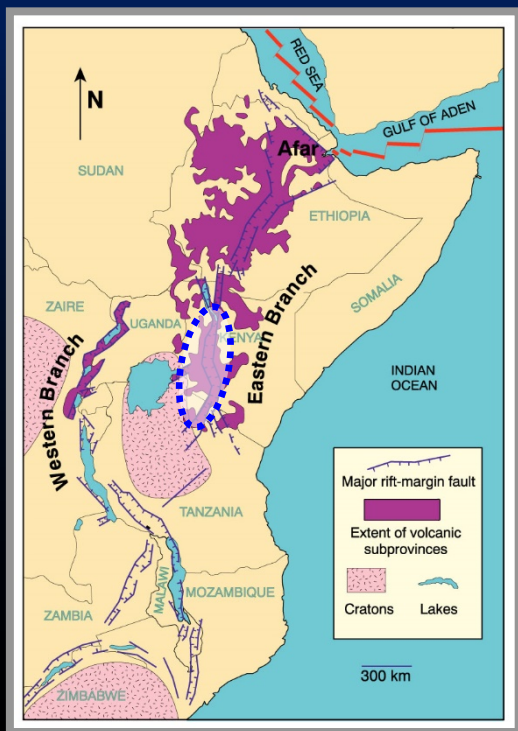


Компонент	Лейцитовый базальт, поле Бирунга	Катунгит, вулк. поле Торо-Анколе	Мафурит, вулк. поле Торо-Анколе
SiO_2	43.7	35.0	37.95
TiO_2	3.41	4.84	4.56
Al_2O_3	10.0	7.69	7.98
FeO	10.6	11.17	10.27
MnO	0.21	0.26	0.22
MgO	11.2	12.37	14.27
CaO	13.8	16.02	12.31
Na_2O	1.89	1.33	0.95
K_2O	2.90	3.54	6.33
P_2O_5	0.52	0.97	0.75

КАТУНГИТЫ - МАФУРИТЫ - УГАНДИТЫ \implies КАМАФУГИТЫ

Кенийский рифт = рифт Грегори (восточная ветвь ВАРТТ)

Компонент	Щелочной базальт	Ферробазальт	Бенморейт	Трахит
SiO ₂	47.93	47.48	58.48	63.65
TiO ₂	2.11	3.09	1.57	0.94
Al ₂ O ₃	15.01	14.31	16.16	14.12
FeO	11.65	13.27	6.21	7.83
	0.20	0.25	0.21	0.27
	6.94	5.43	2.14	0.04
	12.05	10.83	4.61	1.31
	2.69	3.07	5.53	6.34
	0.80	1.29	4.04	5.22
	0.32	0.64	0.39	0.07

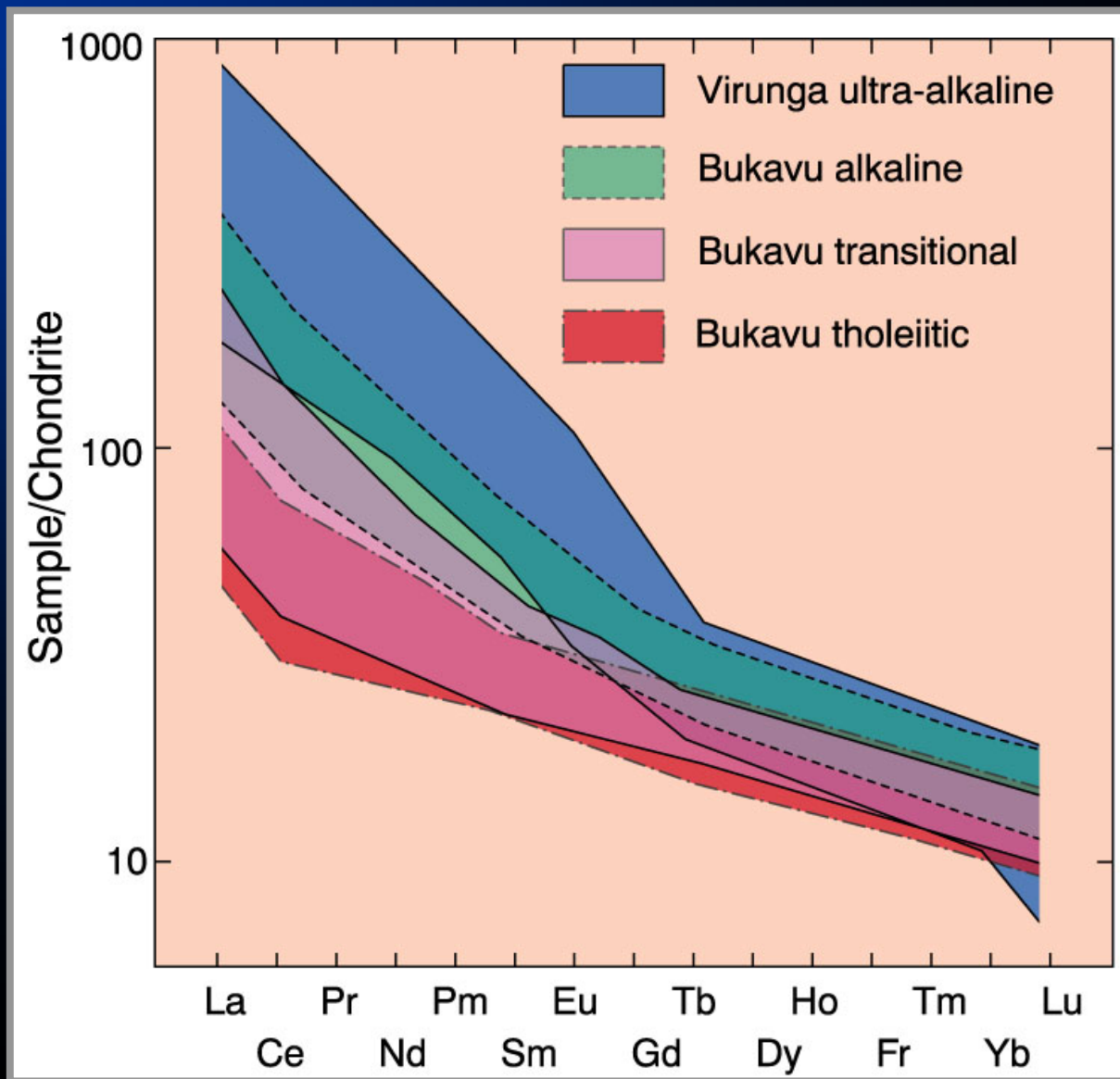


Общий объем вулканических пород от 100 до 150 тыс. км³.

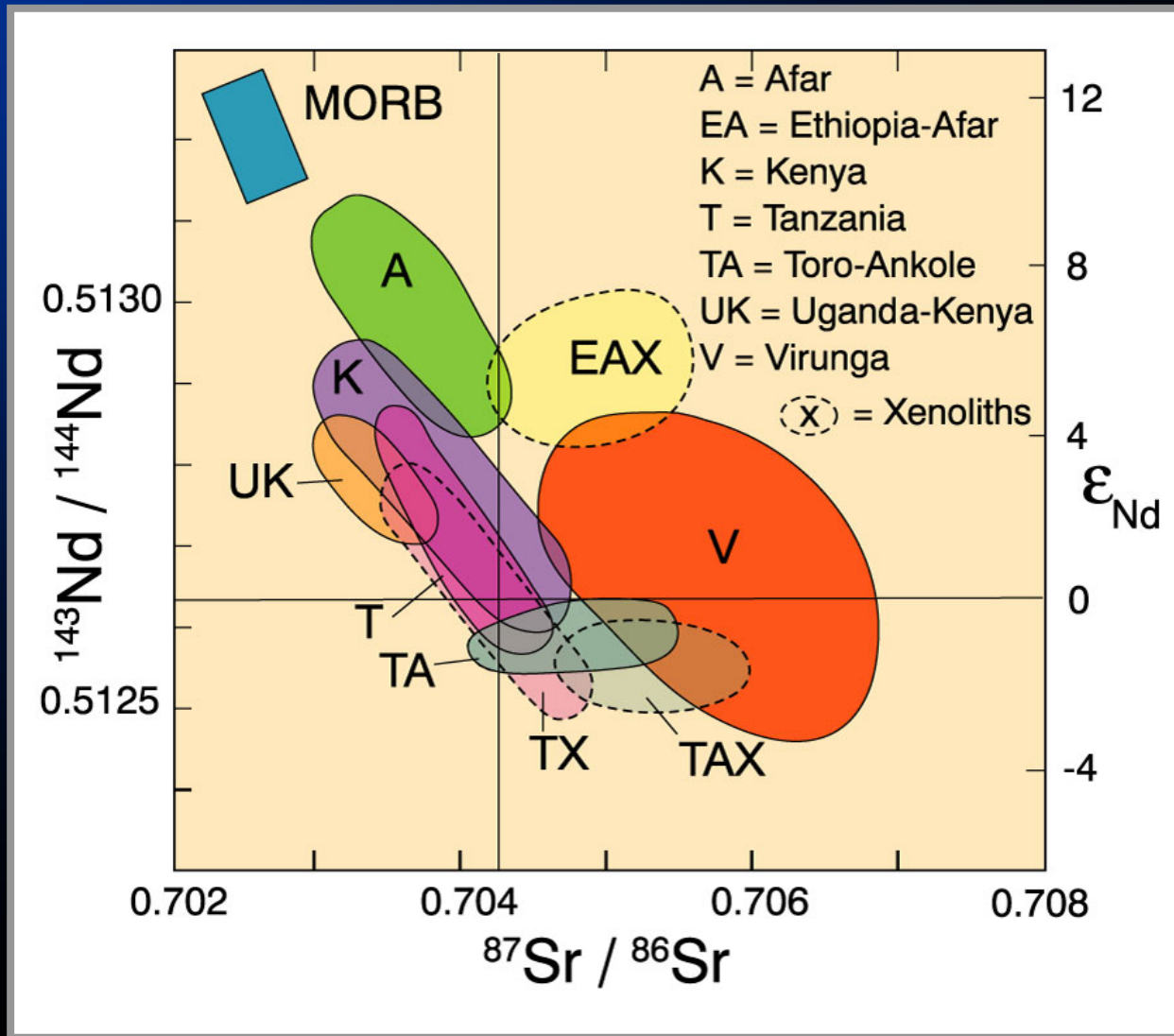
Карбонатитовые лавы в кратере Олдоиньо-Ленгаи



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ГЛАВНЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ СЕРИЯХ ВАРТ

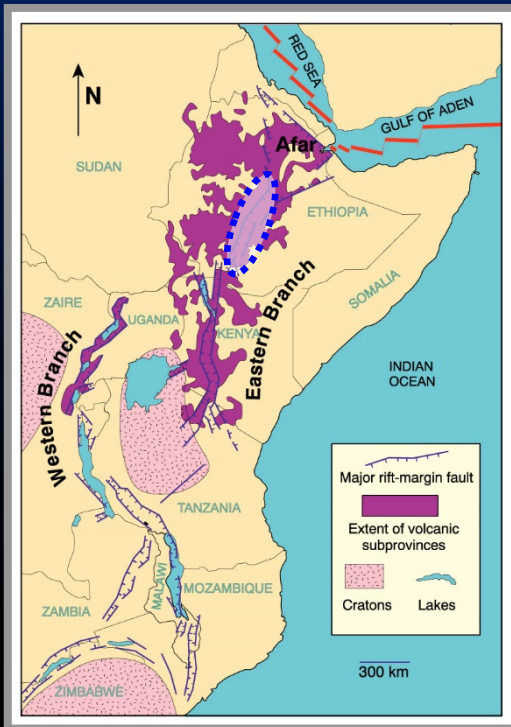


SR-ND СИСТЕМАТИКА ПОРОД ВОСТОЧНО-АФРИКАНСКОГО РИФТОВОГО ПОЯСА



Эфиопский рифт (восточная ветвь ВАРТТ)

Компонент	Базальт	Трахиандезит	Трахидацит	Комендит
SiO ₂	46.75	56.81	65.02	72.11
TiO ₂	2.30	1.76	0.36	0.38
Al ₂ O ₃	13.93	13.88	14.88	9.35
FeO	10.96	10.00	5.06	5.87
MnO	0.19	0.29	0.23	0.21
	9.75	2.13	0.04	0.01
	10.08	5.04	1.94	0.34
	2.70	5.08	5.90	5.74
	0.80	2.15	4.30	4.40
	0.35	0.72	0.09	0.01



Общий объем вулканических пород 300 тыс. км³.

Треугольник АФАР

Эволюция магматизма в этом регионе связана с процессами рифтогенеза в пределах Афро-Аравийского купола:

Миоцен (N_1)

Раскалывание купола и начало формирования рифтовых долин. Преобладают субщелочные серии, промежуточные между щелочными и толеитовыми (напр., **Аденская серия**).

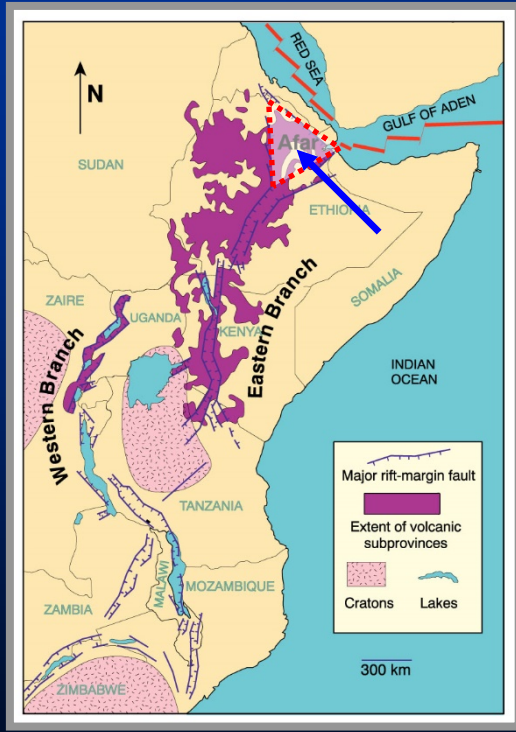
Характерны кислые породы – игнимбриты и комендиты.

Плиоцен (N_2)

Увеличивается объем базальтов: щелочно-базальтовые серии сменяются толеитовыми.

Плейстоцен (1.5 млн. лет) – наст. время

Преобладают толеитовые базальты в области формирования новой океанической коры.

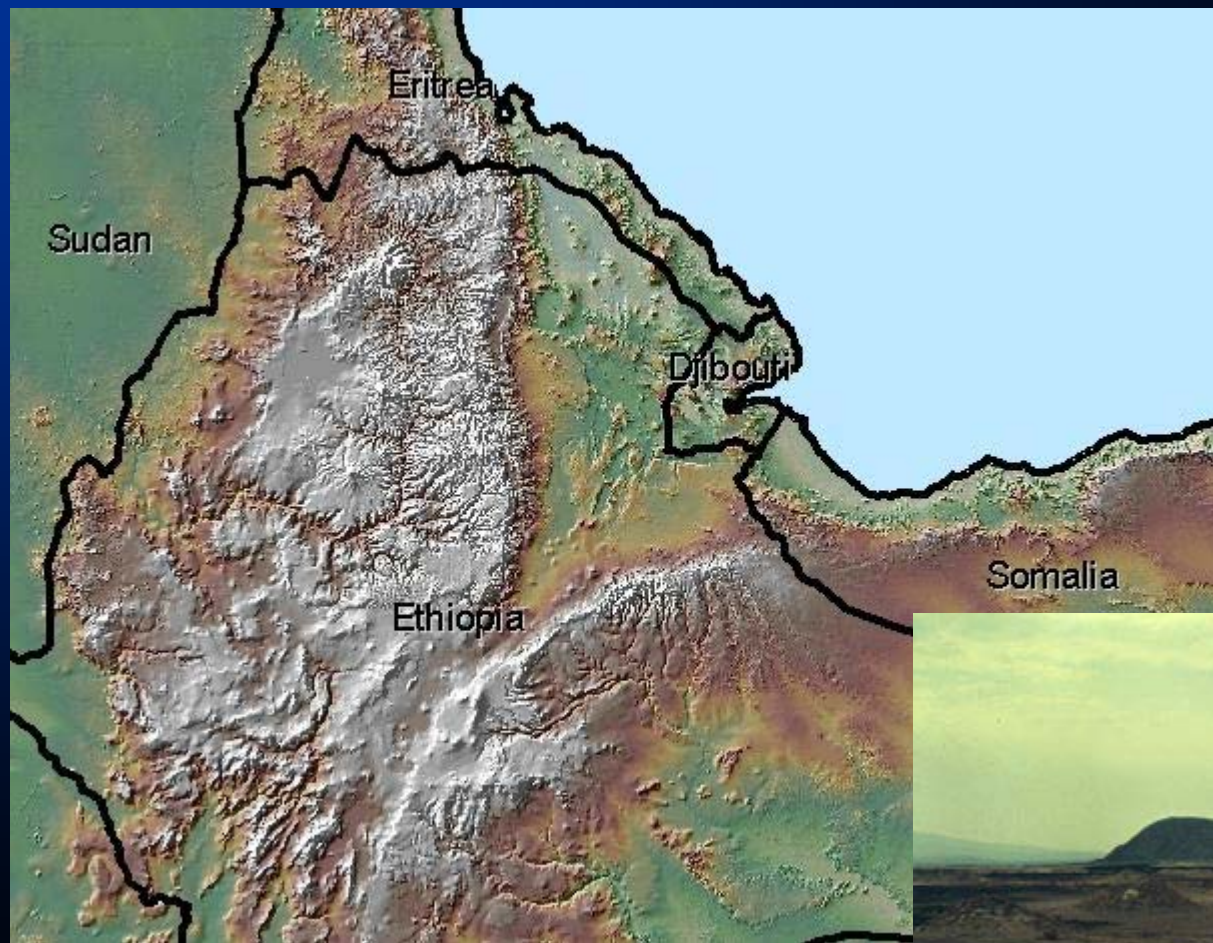


Ширина рифтовых долин:

Аденский пролив -
200 км;

Красное море - 50 км

Морфология эфиопской части треугольника Афар



Маары

Michele Maar

Photo by Charles A. Wood

Красноморско-Левантийская зона

В Красном море вулканизм приурочен к узкой осевой зоне глубиной 1.5-2 км, образовавшейся в результате раздвижения древнего континентального основания.

В рифтовой долине расположено поднятие, состоящее из одноактных вулканических построек центрального типа высотой не более 300 м.

По морфологии рифтовая зона Красного моря похожа на океаническую, где осевая зона соответствует последним актам вулканической деятельности - с ней совпадает положение нулевой магнитной аномалии.

Образование коры океанического типа продолжается здесь не более 5 млн. лет, при ширине раскрытия 40-50 км.

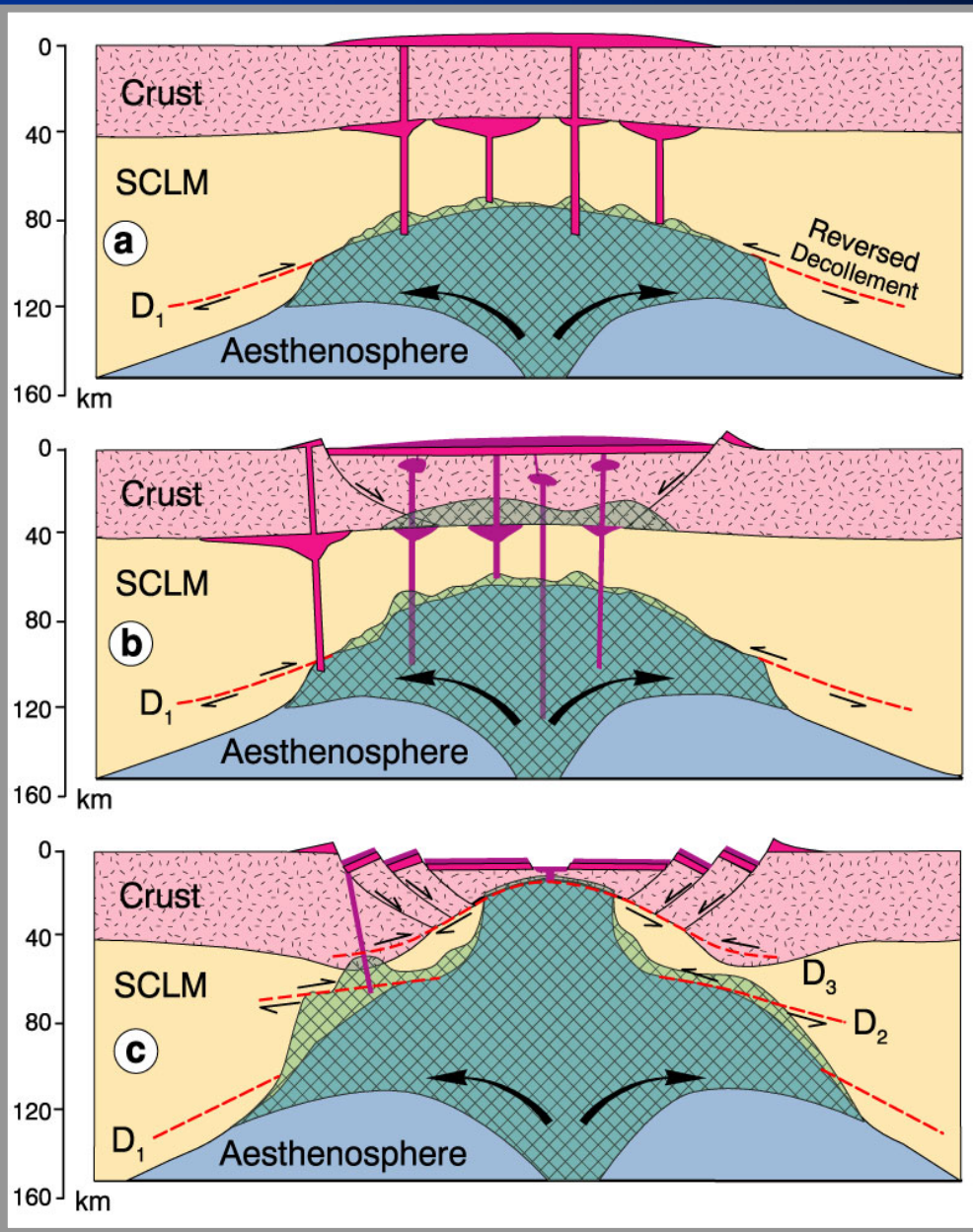
Скорость спрединга в центральной части моря варьирует от 1 до 1.5 см/год.

Аденская рифтовая зона: породы аденской свиты

Компонент	Щелочной базальт	Гавайит	Трахи-андезит	Риолит (комендит)	Толейт (КМ)
SiO ₂	46.80	46.98	59.08	69.54	50.00
TiO ₂	3.00	3.80	1.48	0.33	1.30
Al ₂ O ₃	13.71	12.88	14.70	12.77	15.31
FeO	11.94	13.75	7.80	4.62	10.50
MnO	0.17	0.27	0.17	0.17	0.20
MgO	7.75	3.42	1.43	0.13	7.95
CaO	10.28	9.23	4.05	0.62	11.62
Na ₂ O	2.54	3.42	5.37	5.48	2.50
K ₂ O	0.87	1.34	2.89	4.96	0.04
P ₂ O ₅	0.42	0.62	0.53	0.04	0.13

Субщелочные базальты и толейты по геохимическим признакам ближе к базальтам океанических островов, чем MORB.

СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ РИФТОВЫХ ЗОН ВАРТТ



1. ДОРИФТОВАЯ СТАДИЯ:

Подъем мантийного диапира в литосферу. Декомпрессионное плавление и образование щелочных расплавов. Частичное плавление субконтинентальной мантии.

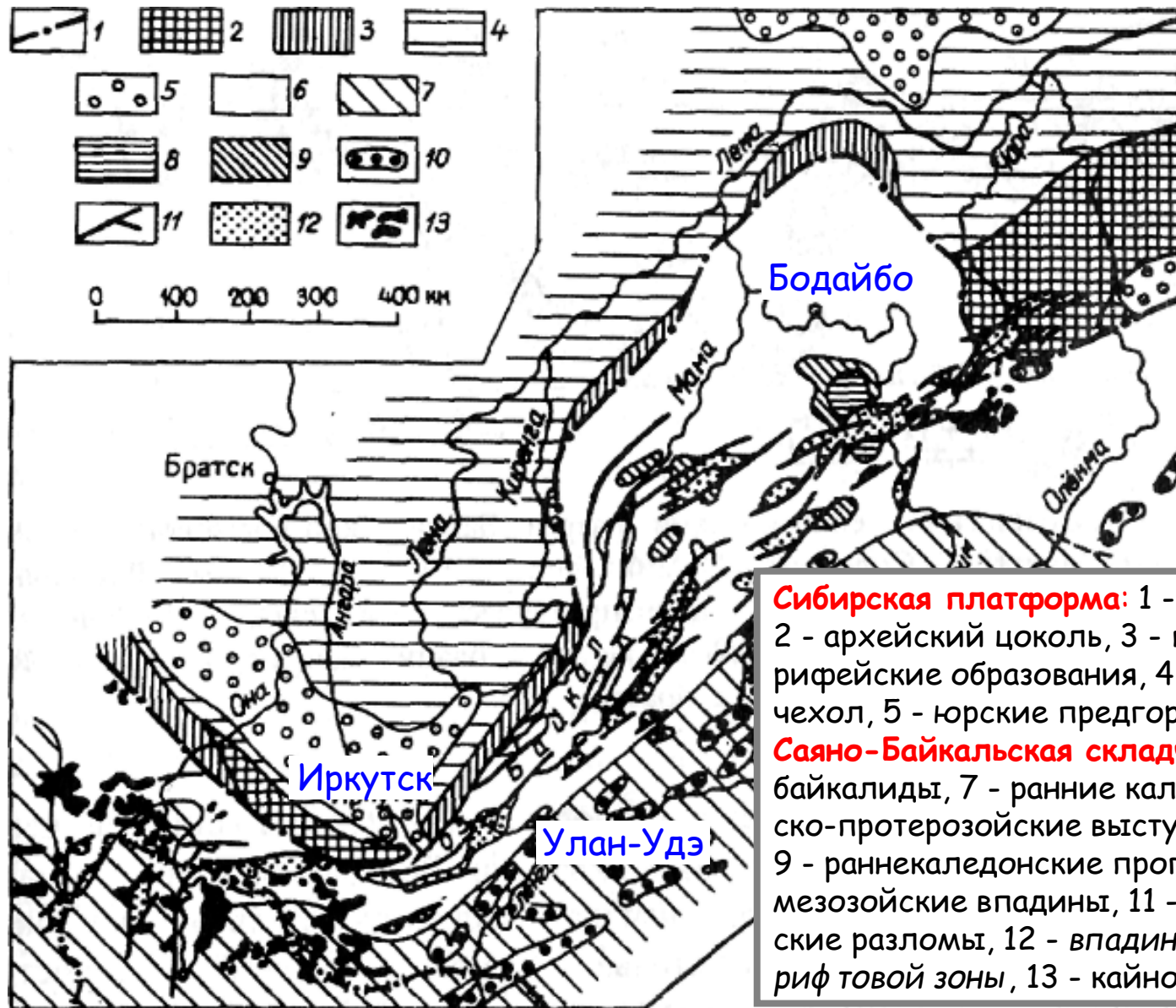
2. РИФТОВАЯ СТАДИЯ:

Развитие рифтогенеза и извержения щелочных магм. Дальнейший подъем горячей астеносферы индуцирует плавление коры (анатексис) и формирование кислых пород.

3. СТАДИЯ АФАРА:

Вещество астеносферы достигает коровых уровней. Рифтогенез с образованием молодой океанической коры толеитового состава.

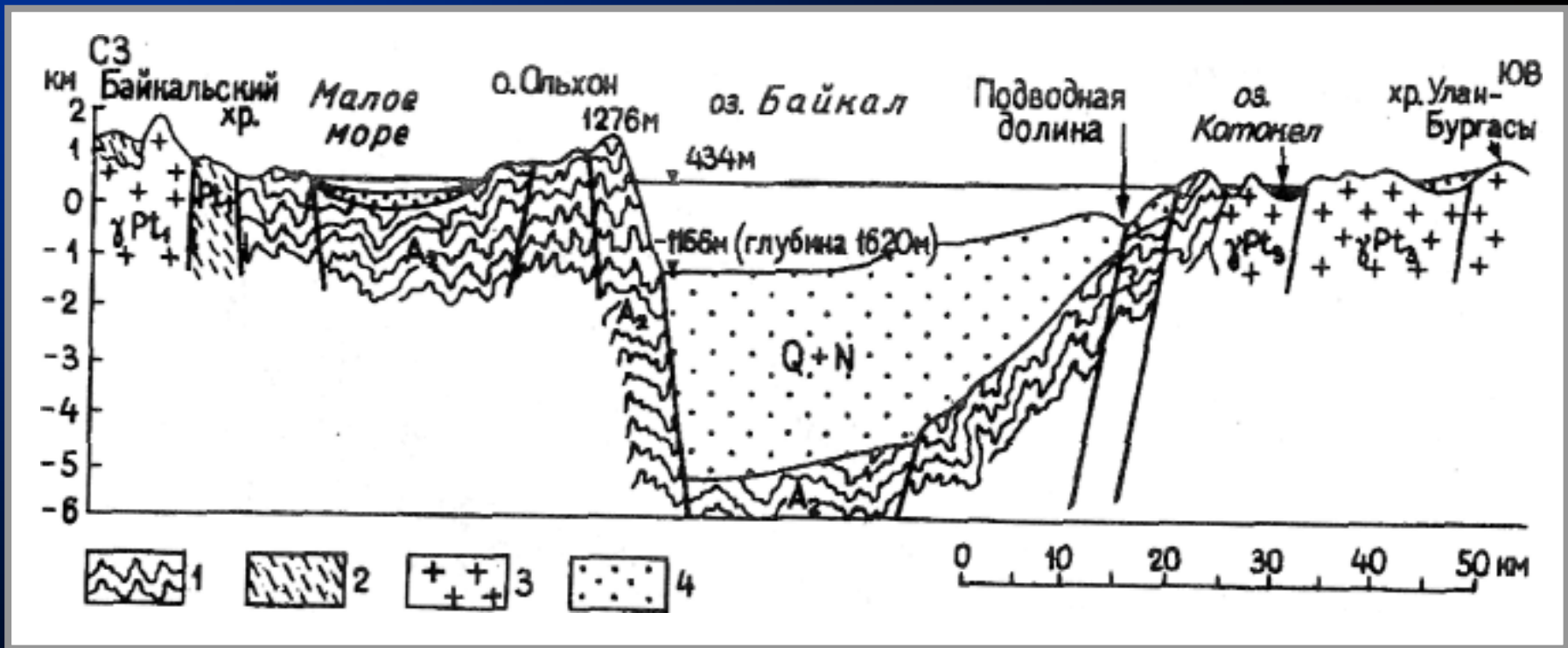
СХЕМА СТРОЕНИЯ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ



Сибирская платформа: 1 - границы платформы, 2 - архейский цоколь, 3 - протерозойско-рифейские образования, 4 - раннепалеозойский чехол, 5 - юрские предгорные прогибы.

Саяно-Байкальская складчатая область: 6 - байкалиды, 7 - ранние каледониды, 8 - архейско-протерозойские выступы внутри байкалид, 9 - раннекаледонские прогибы, 10 - поздне-мезозойские впадины, 11 - крупные кайнозойские разломы, 12 - впадины Байкальской рифтовой зоны, 13 - кайнозойские базальты

СХЕМА СТРОЕНИЯ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ



- 1 - архейский цоколь, подстилающий рифтовый пояс,
- 2 - раннепротерозойско-рифейские образования цоколя,
- 3 - позднепротерозойско-рифейские образования цоколя,
- 4 - кайнозойские впадины неоген-четвертичного возраста

Состав вулканитов Байкальской Рифтовой Зоны (БРЗ)

Оксиды	ЩБ (1)	ЩБ (2)	ЩБ (3)	Толеит (4)	Трахит (5)
SiO ₂	46.46	46.49	44.84	49.28	59.04
TiO ₂	2.39	2.18	3.03	2.18	0.38
Al ₂ O ₃	14.25	14.80	14.23	16.30	17.97
FeO	11.18	11.78	12.83	11.64	7.05
MnO	0.16	0.13	0.17	0.16	0.23
MgO	7.35	7.92	8.08	5.35	0.66
CaO	8.97	8.52	8.78	7.41	1.85
Na ₂ O	3.85	2.57	3.85	4.23	6.34
K ₂ O	2.22	1.31	1.92	2.00	5.08
P ₂ O ₅	0.66	0.51	0.35	0.63	0.34

1 - Витимское плоскогорье, потоки р. Джилинда, **2** - Хамар-Дабан, лавовая толща;

Удокан (плейстоцен-четвертичные породы): **3** - щелочные оливиновые базальты, **4** - толеитовые базальты, **5** - трахиты.

Urtite - plutonic nepheline-pyroxene (aegirine-augite) rock with over 70% nepheline and no feldspar

Ijolite - plutonic nepheline-pyroxene rock with 30-70% nepheline

Lamproite - a group of peralkaline, volatile-rich, ultrapotassic, volcanic to hypabyssal rocks. The mineralogy is variable, but most contain phenocrysts of olivine + phlogopite \pm leucite \pm K-richterite \pm clinopyroxene \pm sanidine.

Lamprophyre - a diverse group of dark, porphyritic, mafic to ultramafic hypabyssal (or occasionally volcanic), commonly highly potassic ($K > Al$) rocks. They are normally rich in alkalis, volatiles, Sr, Ba and Ti, with biotite-phlogopite and/or amphibole phenocrysts. They typically occur as shallow dikes, sills, plugs, or stocks. Table 19-7

Kimberlite - a complex group of hybrid volatile-rich (dominantly CO_2), potassic, ultramafic rocks with a fine-grained matrix and macrocrysts of olivine and several of the following: ilmenite, garnet, diopside, phlogopite, enstatite, chromite. Xenocrysts and xenoliths are also common

Group I kimberlite is typically CO_2 -rich and less potassic than Group 2 kimberlite

Group II kimberlite (orangeite) is typically H_2O -rich and has a mica-rich matrix (also with calcite, diopside, apatite)

Carbonatite - an igneous rock composed principally of carbonate (most commonly calcite, ankerite, and/or dolomite), and often with any of clinopyroxene alkalic amphibole, biotite, apatite, and magnetite. The Ca-Mg-rich carbonatites are technically not alkaline, but are commonly associated with, and thus included with, the alkaline rocks.