

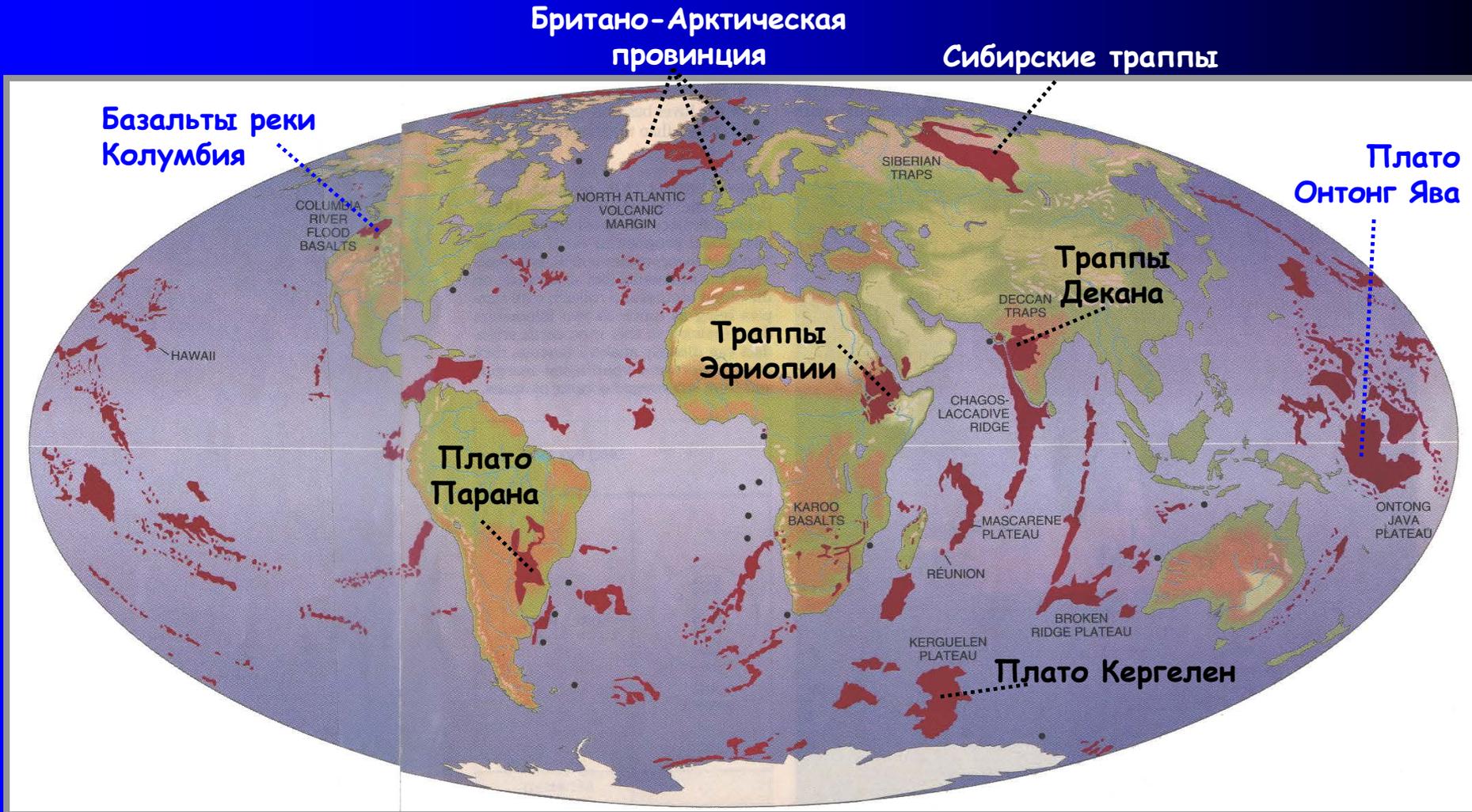
Тема занятия:

**ФОРМАЦИИ ПЛАТОБАЗАЛЬТОВ ЗЕМЛИ
или
"Large Igneous Provinces" - LIPs**

Лекция № 17

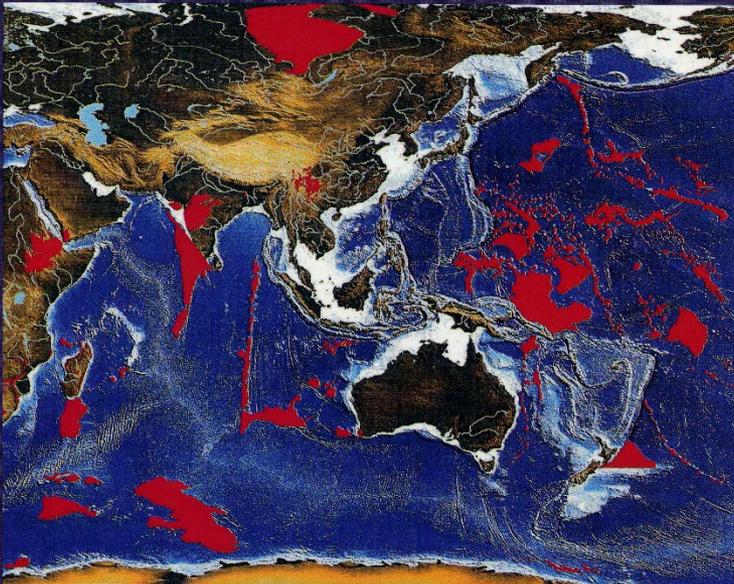
**ОКЕАНИЧЕСКИЕ ПЛАТО И
КОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ ТРАПТЫ**

РАСТРЕДЕЛЕНИЕ ГОРЯЧИХ ТОЧЕК И КРУПНЕЙШИХ ПЛАТОБАЗАЛЬТОВЫХ ФОРМАЦИЙ



ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ КРУПНЫХ ПЛАТОБАЗАЛЬТОВЫХ ПРОВИНЦИЙ (LIPs)

Large Igneous Provinces Continental, Oceanic, and Planetary Flood Volcanism



John J. Mahoney
Millard F. Coffin
Editors

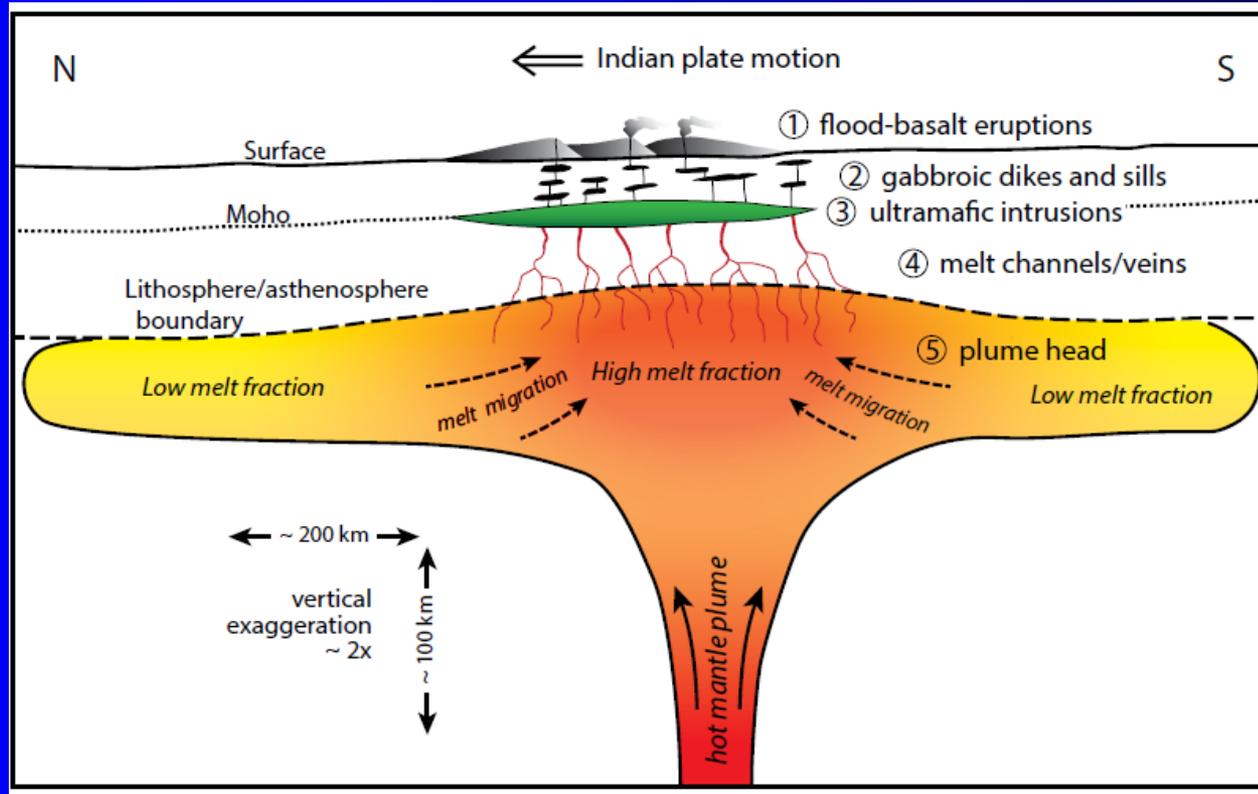
1. Океанические плато и некоторые окраины континентов являются подводными аналогами континентальных трапповых формаций.
2. Все эти провинции характеризуют крупнейшие события магматизма в мезозойско-кайнозойской истории Земли.
3. Признание определяющей роли крупных мантийных плюмов в зарождении и эволюции плато-базальтовых магм.
4. Значение провинций платобазальтов как важного фактора утолщения и роста континентальной коры.

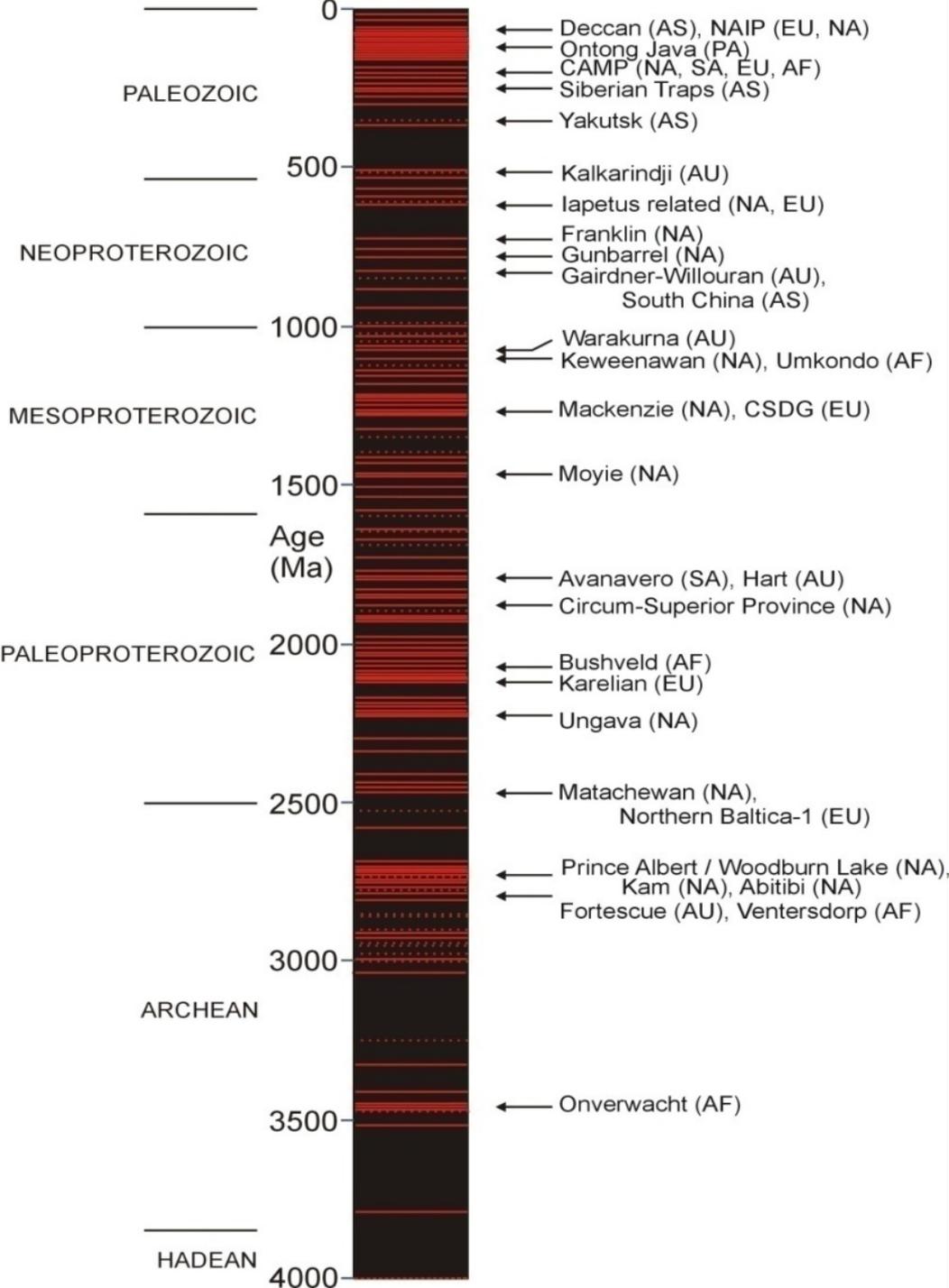
ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ LIPS

эффузивные: покровные базальты (*flood basalts*);

интрузивные: дайки, силлы и расслоенные комплексы

мантийно-коровые: магматические камеры на границе коры и мантии, т.н. "magmatic underplate"





Записи LIPs в геологической истории Земли

Средняя частота образования -
одна за 20-30 миллионов лет

Роль LIPs в эволюции Земли

Связь с вымиранием фауны

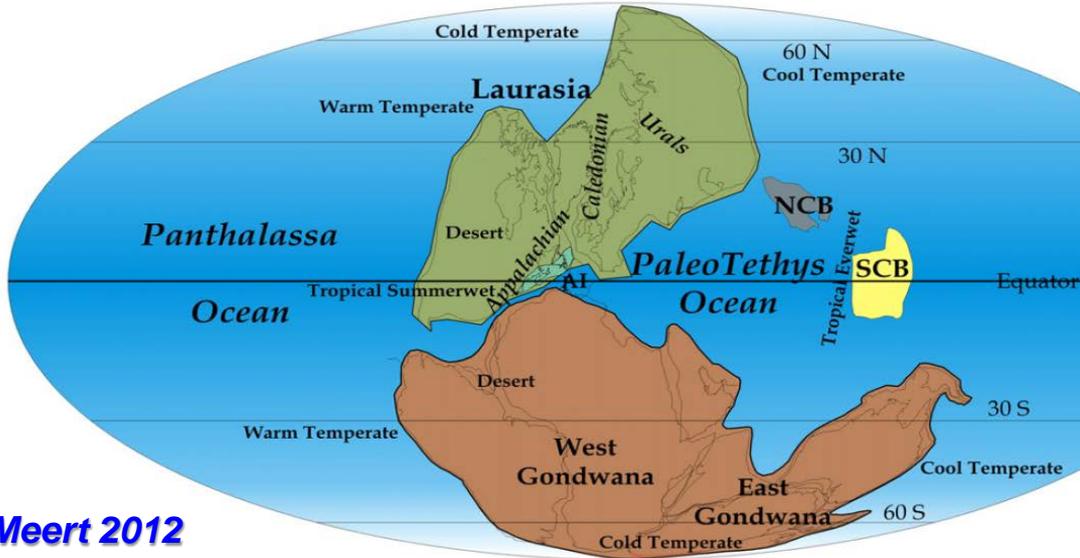
Связь с региональными поднятиями – *т.н. сводами*

Причина рифтогенеза и раскола материков

Связь с месторождениями (магматическими и гидротермальными), *возможно – с нефтегазовыми*

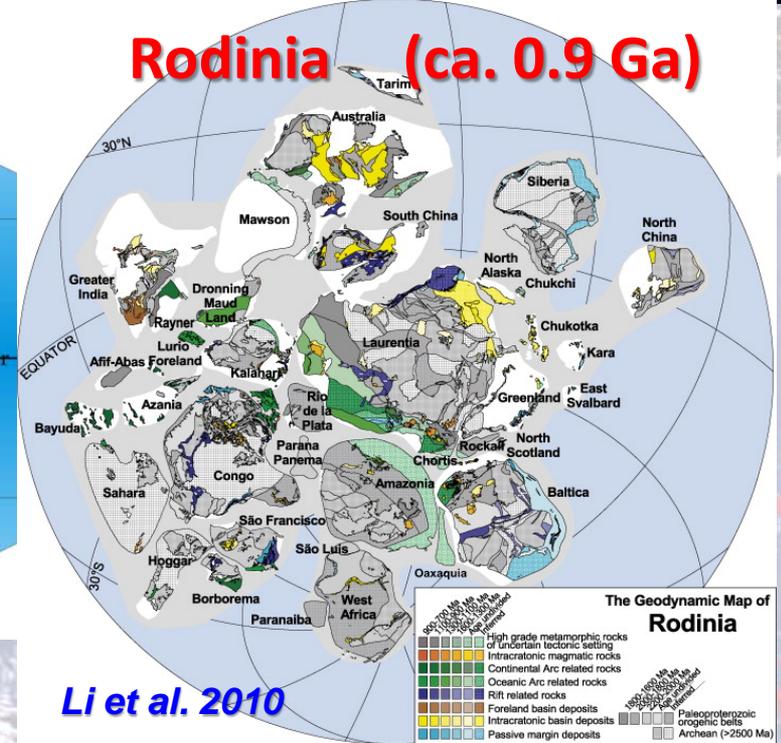
Планетарные и Архейские аналогии

Pangaea (~260 Ma)



Meert 2012

Rodinia (ca. 0.9 Ga)



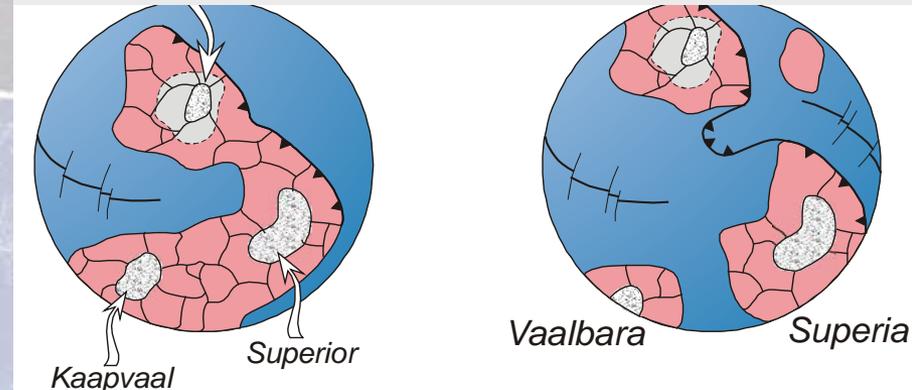
Li et al. 2010

Nuna/Columbia (ca. 1.7 Ga)



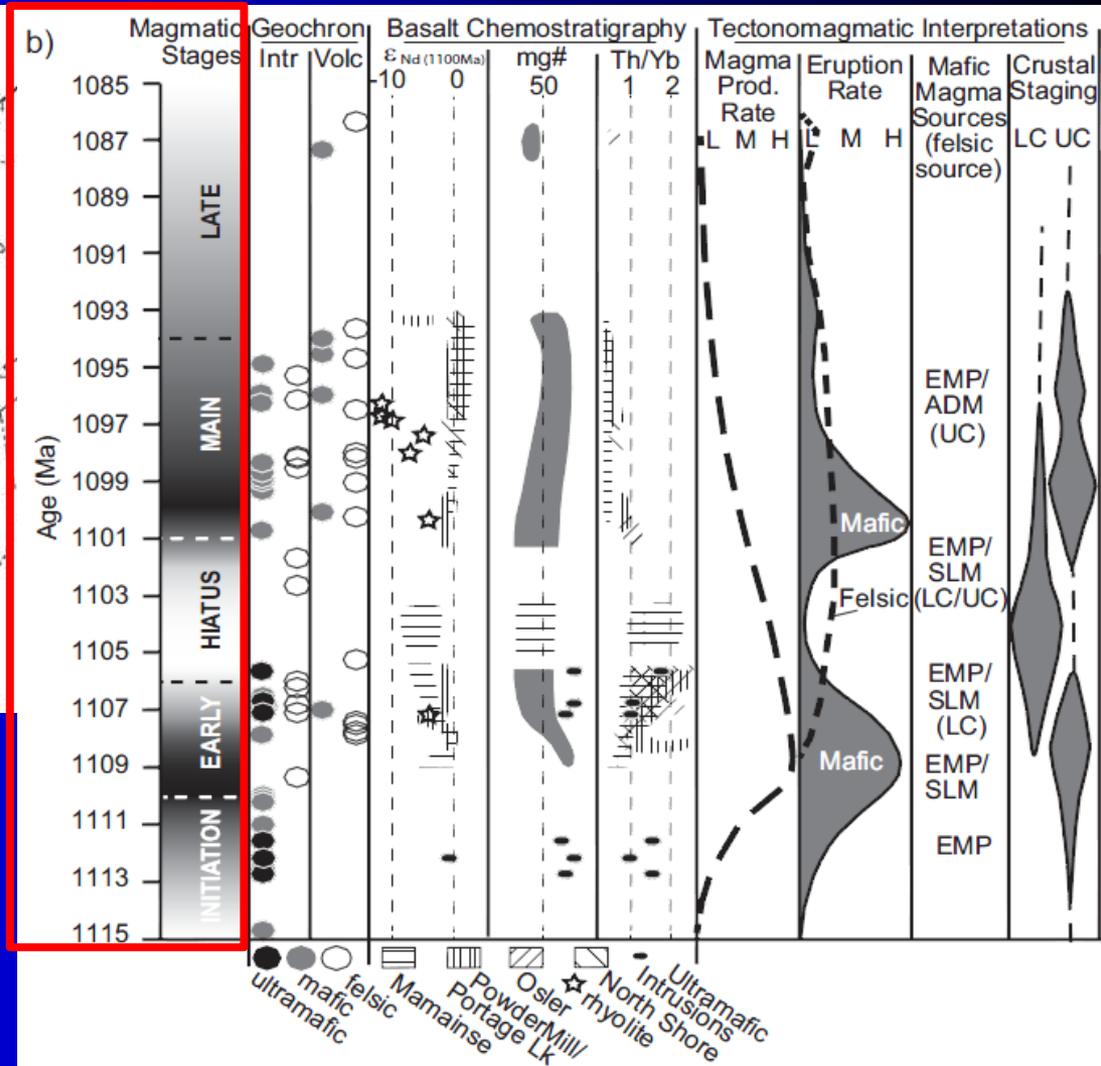
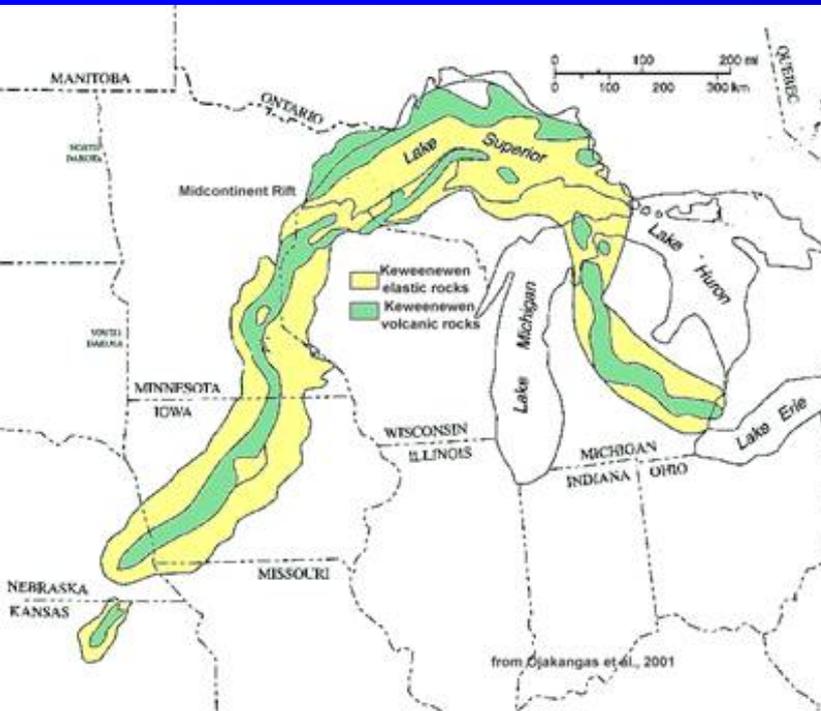
Zhang et al. 2012

Late Archean



Bleeker 2003

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ LIPS: некоторые – десятки млн. лет



Провинция SUPERIOR

(область Великих озер):

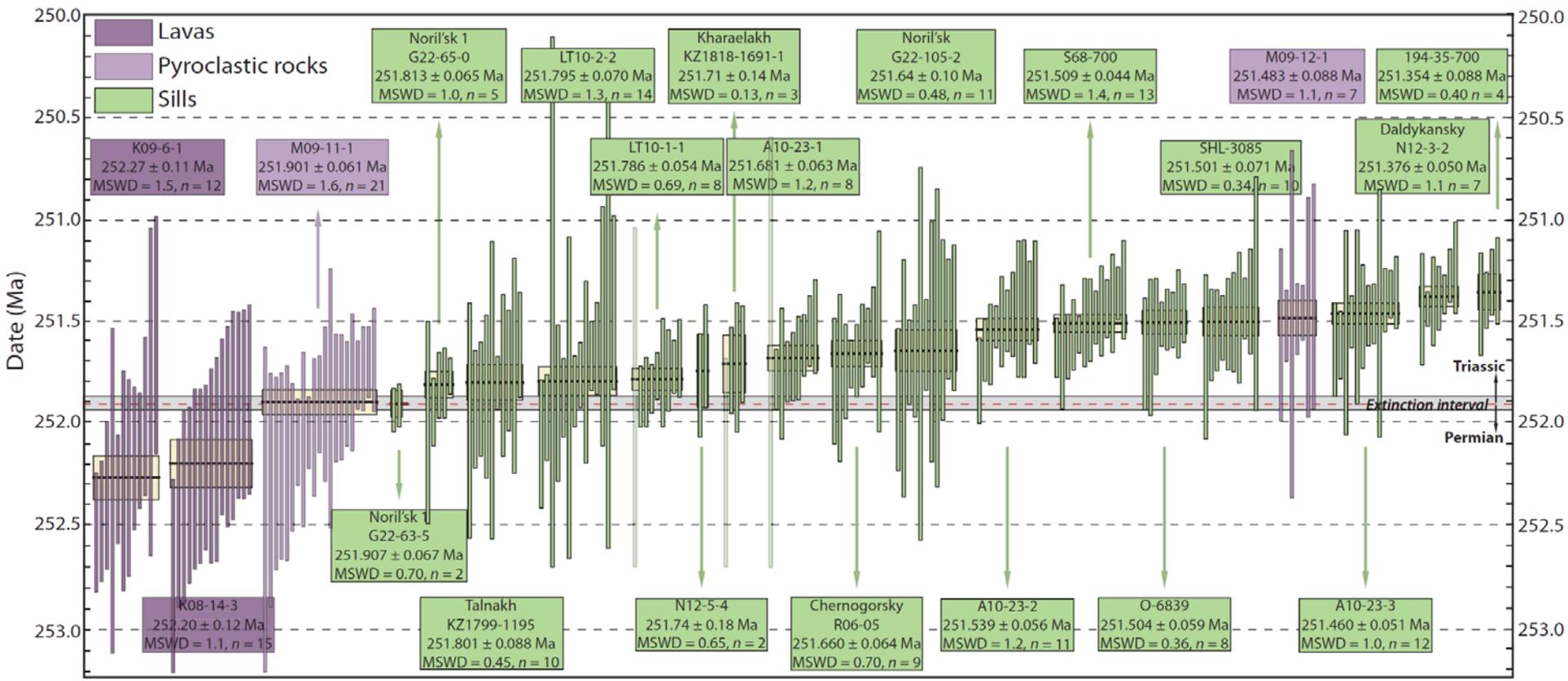
Базальты KEWEENAWAN

(Мезопротерозой ~1.1 млрд. лет, продолжительность – 30 млн. лет)

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ LIPS: большинство - первые млн. лет

Siberian Trap, Deccan, Emeishan, and Karoo are <2 Ma - U-Pb dating, and match extinction events

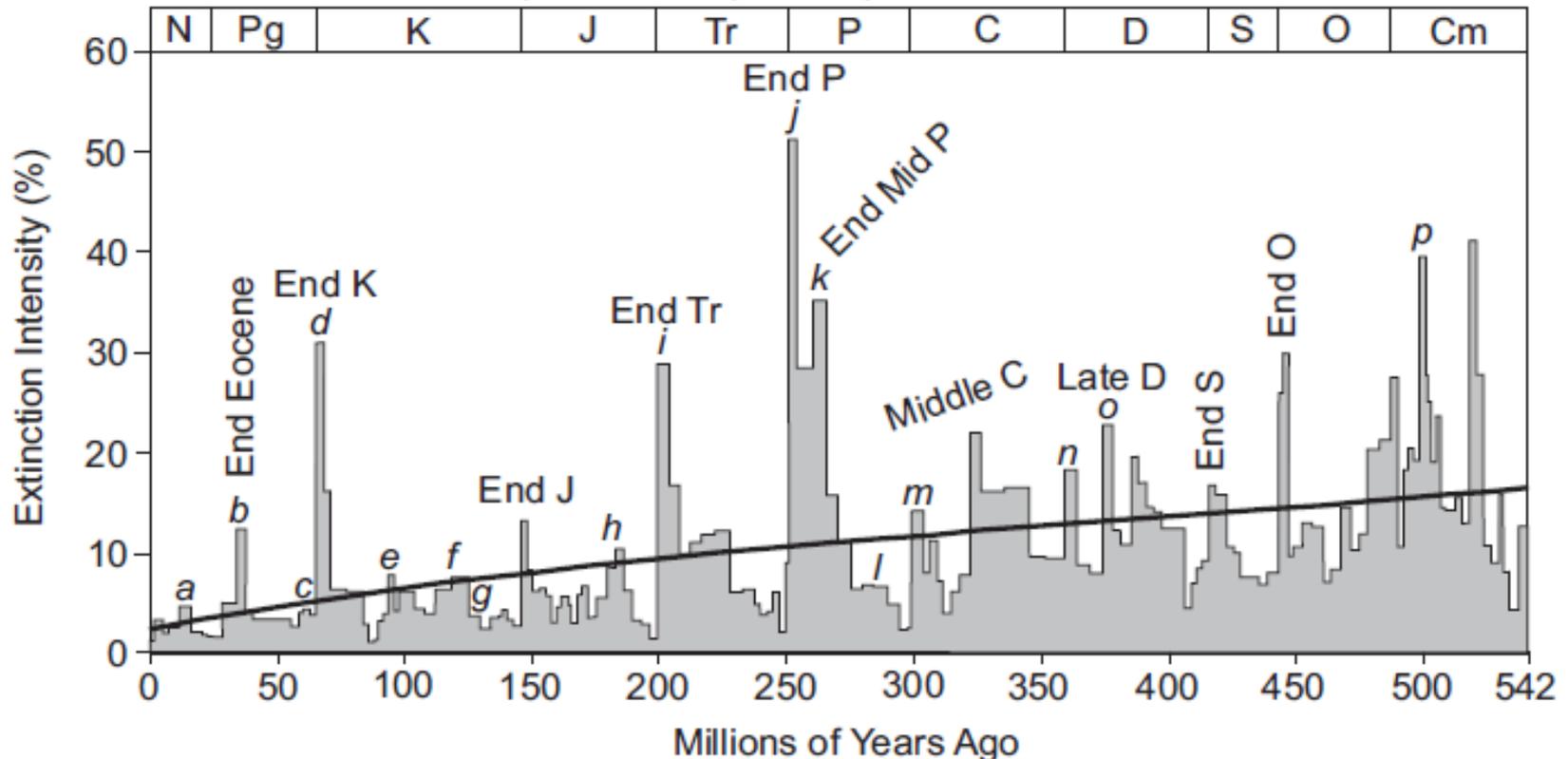
(after Burgess and Bowring, 2015)



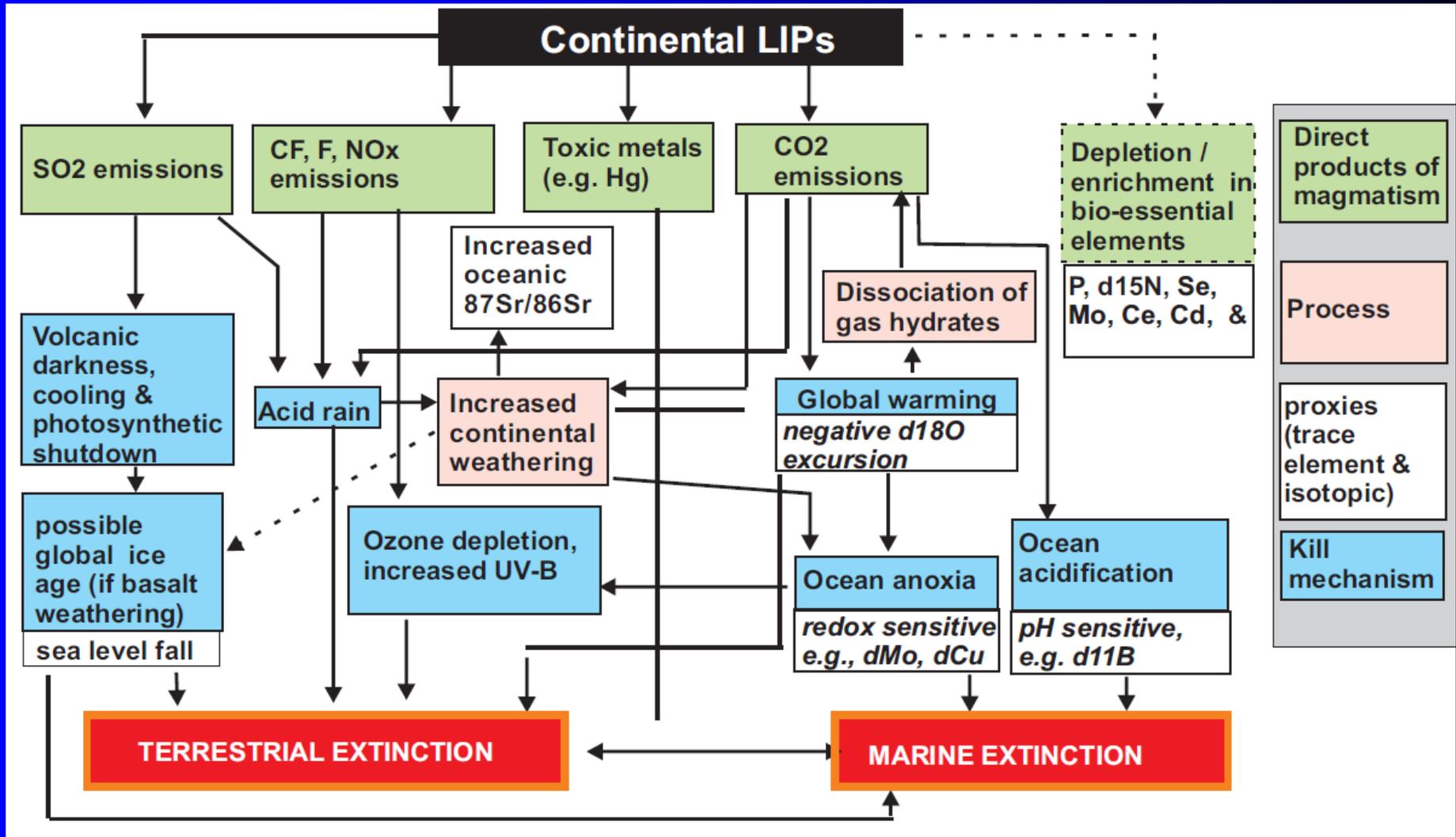
ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

14.3 LIPs and their environmental consequences

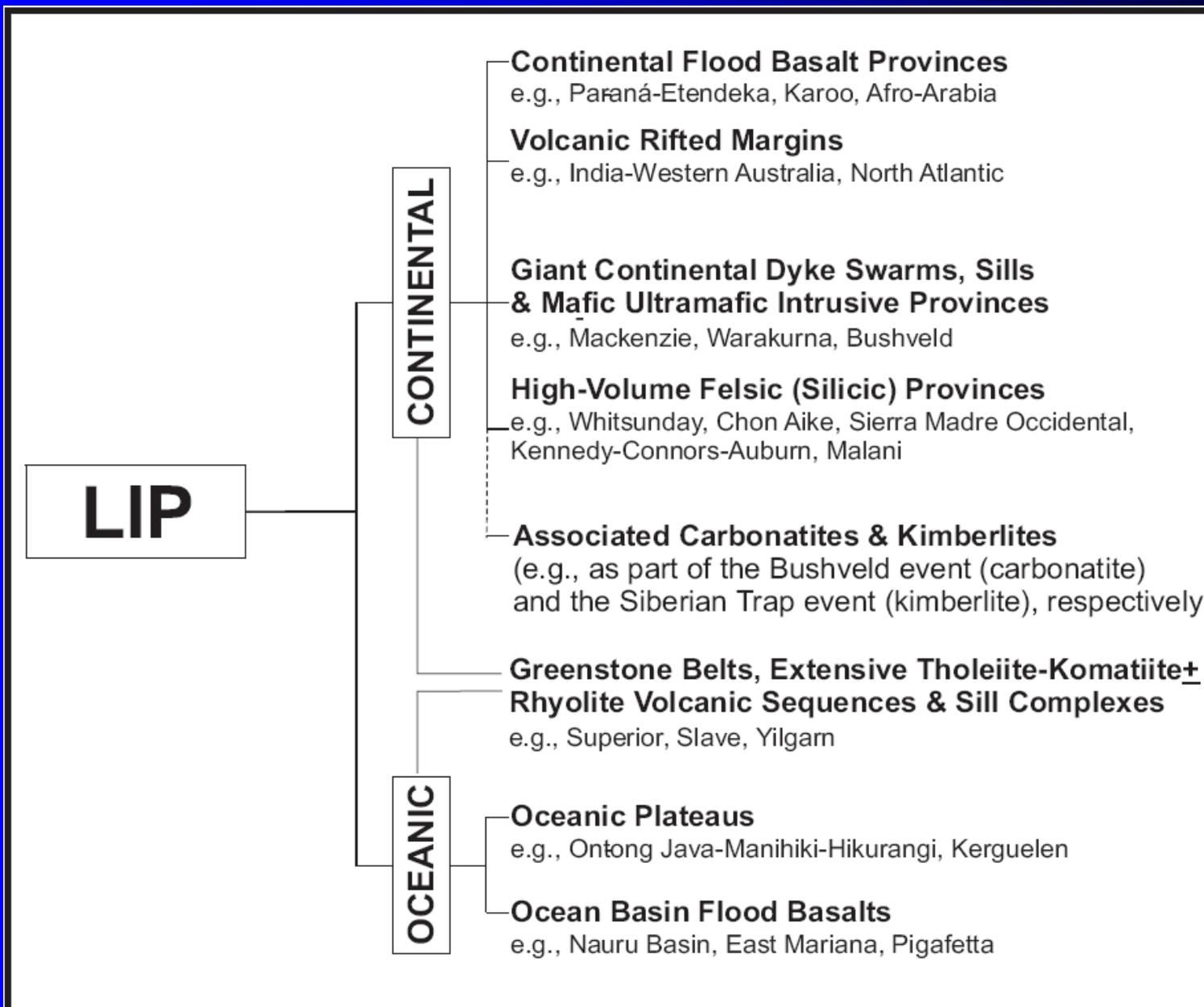
- | | | |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| a) Columbia River (16.5 Ma) | f) Ontong Java/Manihiki (122 Ma) | l) Tarim (280 Ma) |
| b) Afro Arabian (32-29 Ma) | g) Parana-Etendeka (132 Ma) | m) Jutland (300 Ma) |
| c) North Atlantic (62-58 Ma) | h) Karoo/Ferrar (183-179 Ma) | n) Kola-Dneiper (370 Ma) |
| d) Deccan (66 Ma) | i) CAMP (201 Ma) | o) Yakutsk-Vilyui (380 Ma) |
| e) Caribbean Province (93 Ma) | j) Siberian Traps (251 Ma) | p) Kalkarindji (510 Ma) |
| | k) Emeishan (260 Ma) | |



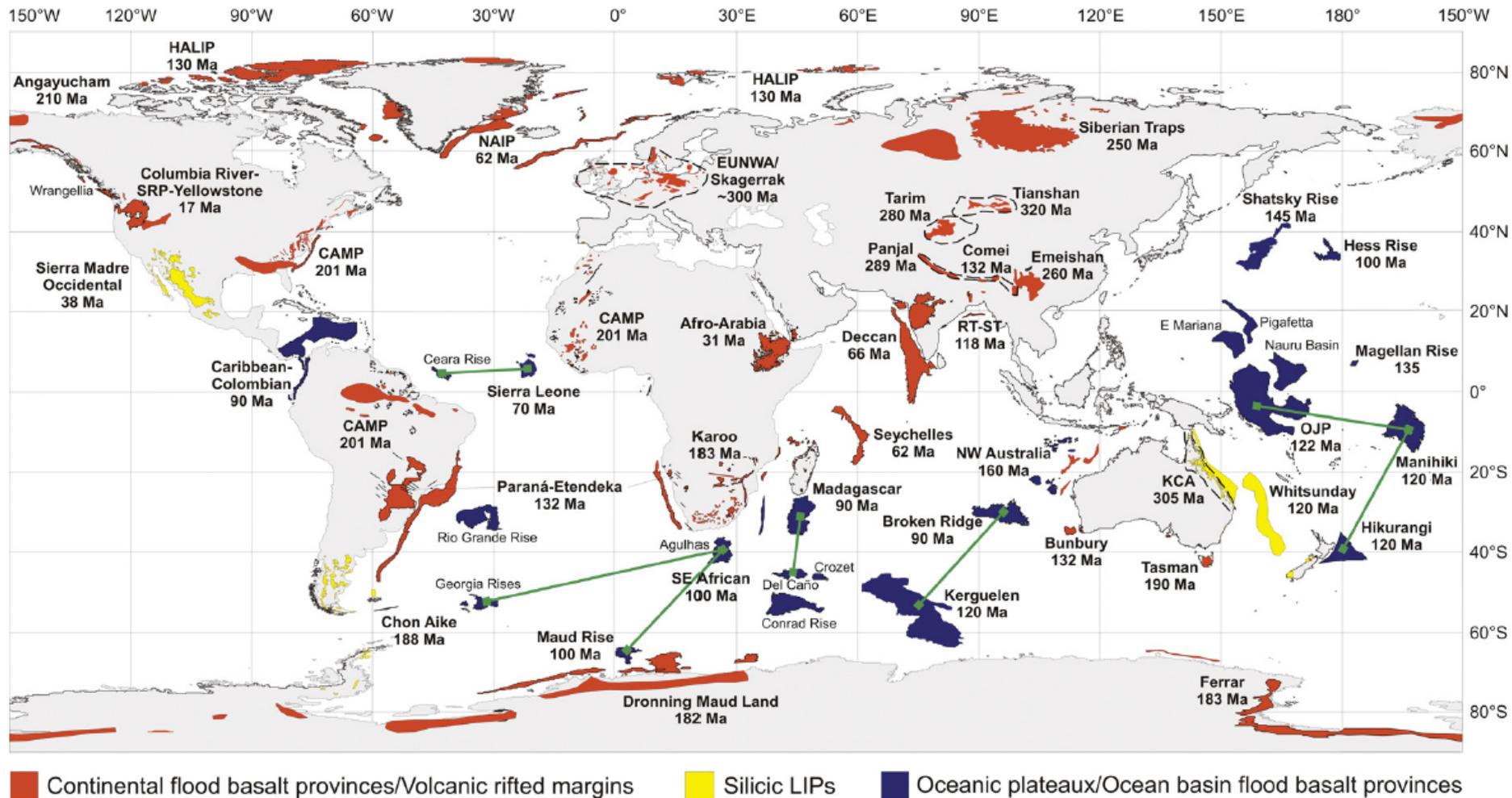
СЦЕНАРИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ



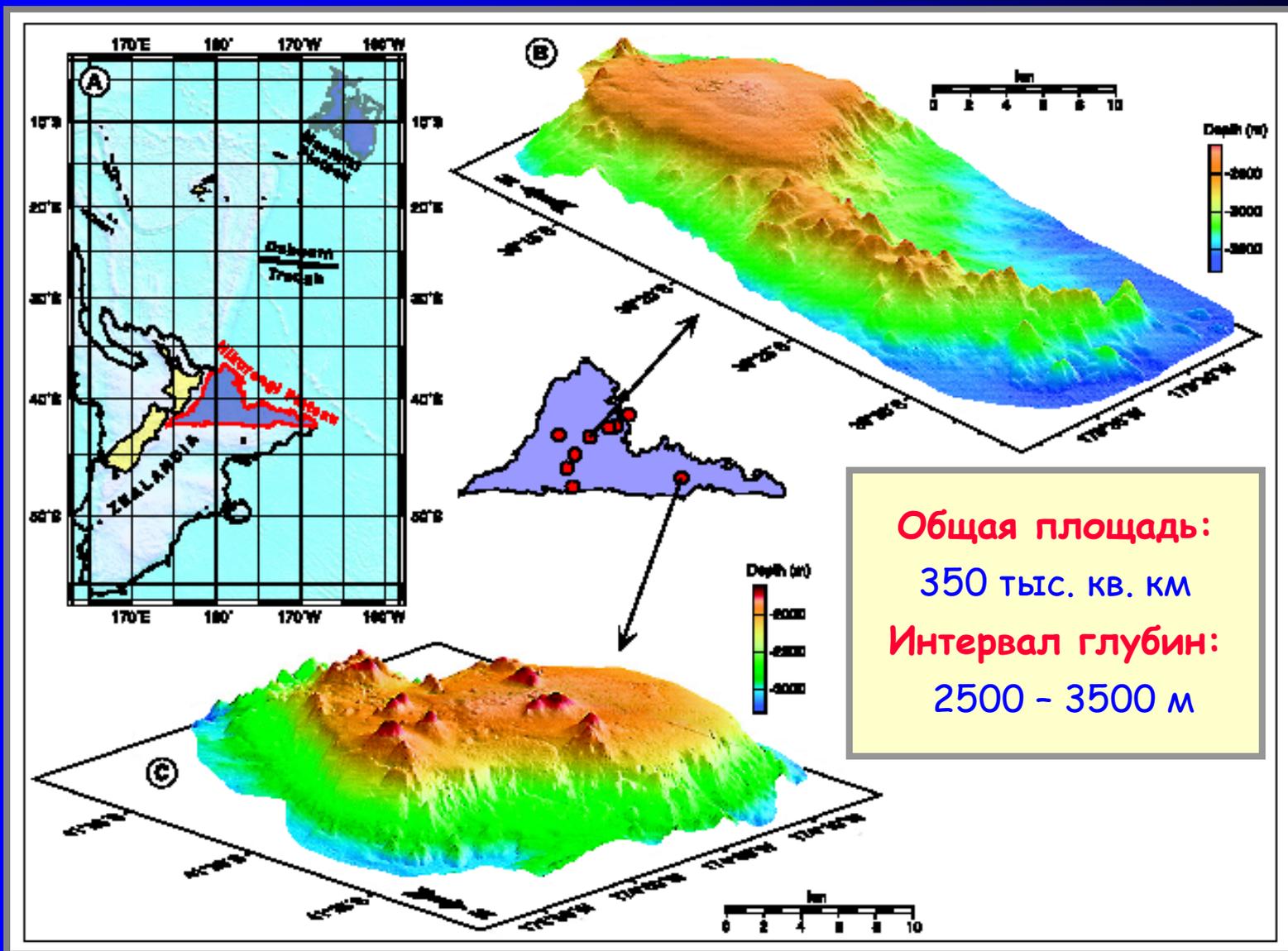
РАЗНООБРАЗИЕ LIPS (Ernst, 2014)



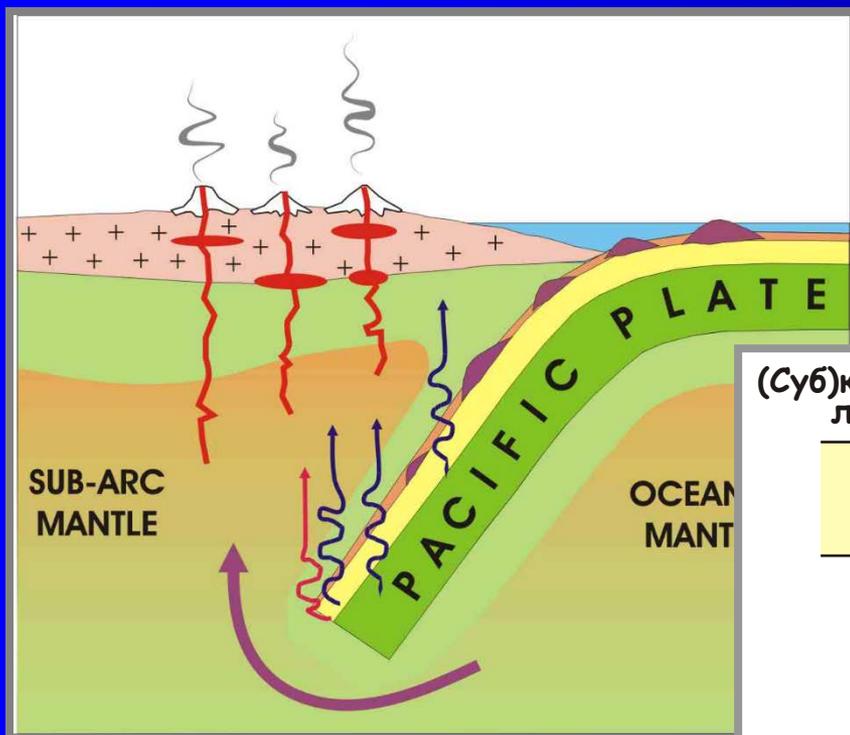
Континентальные "flood basalts", вулканические окраины континентов (зоны рифтогенеза), океанические lips и области проявления кислого вулканизма



СТРОЕНИЕ ФРАГМЕНТОВ ПЛАТО ХИКУРАНГИ (к востоку от побережья Новой Зеландии)

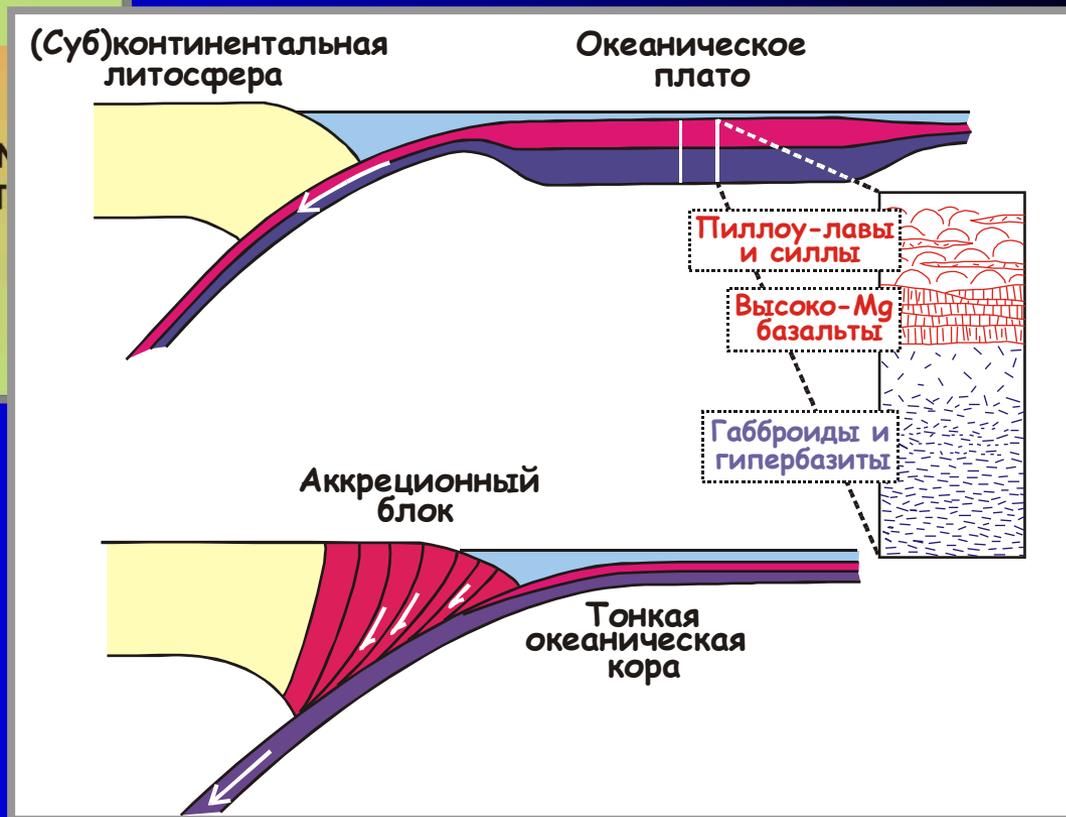


СТРОЕНИЕ СУБДУКЦИОННЫХ ЗОН ТИХОГО ОКЕАНА

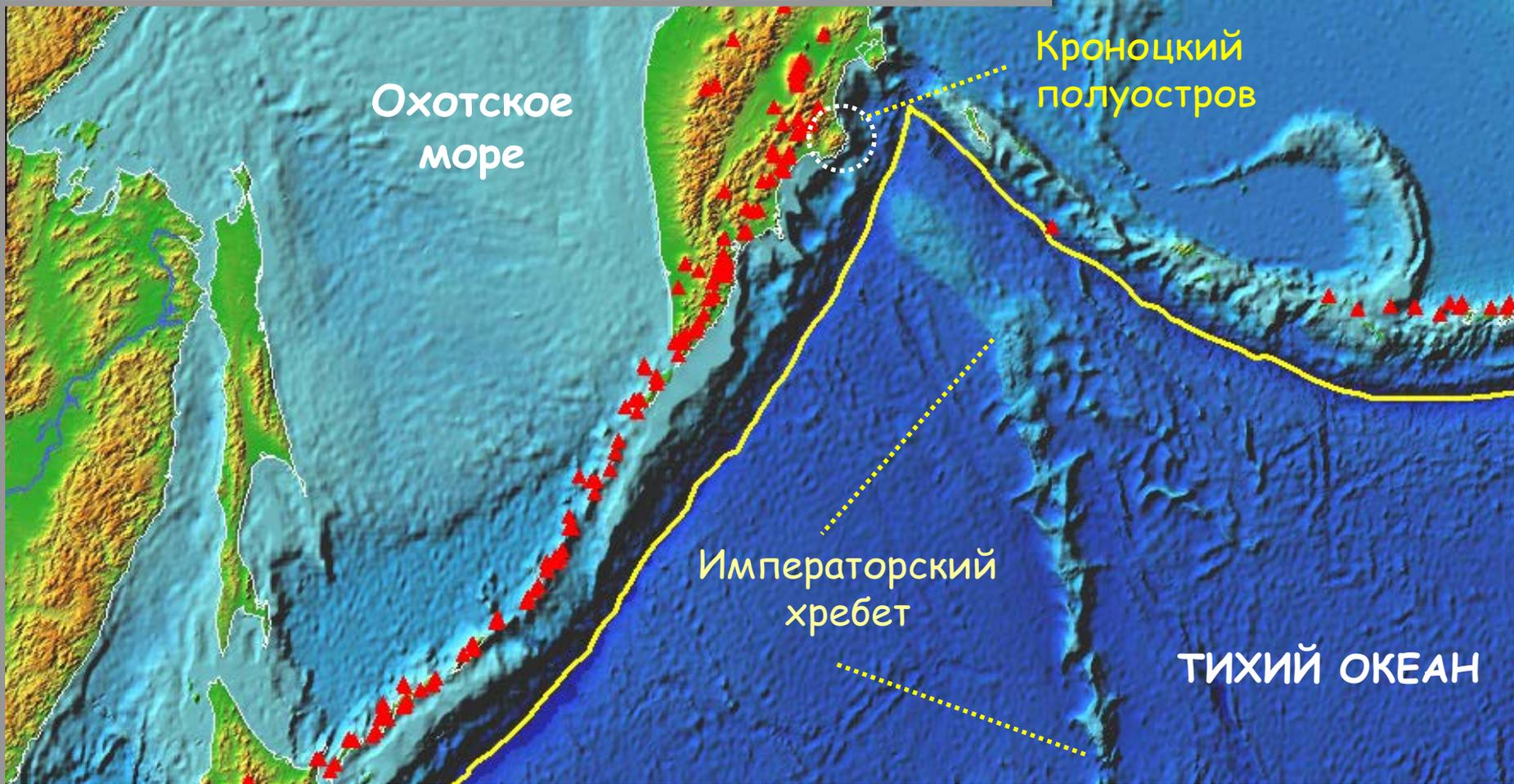


Каноническая схема субдукции океанической плиты

Схема субдукции, осложненная аккрецией верхнего слоя океанической коры



Гористый рельеф Кроноцкого полуострова



Охотское море

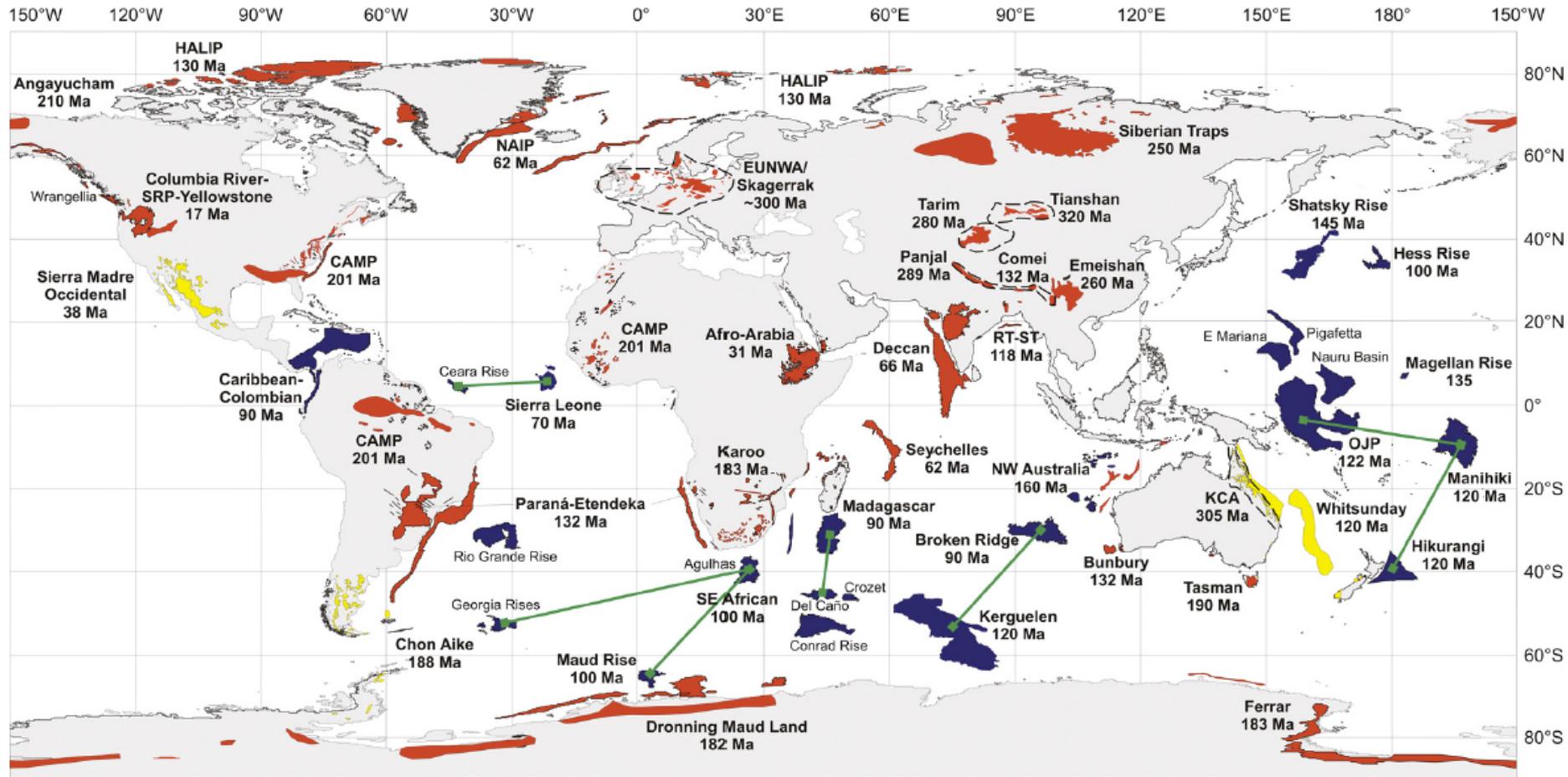
Берингово море

Кроноцкий полуостров

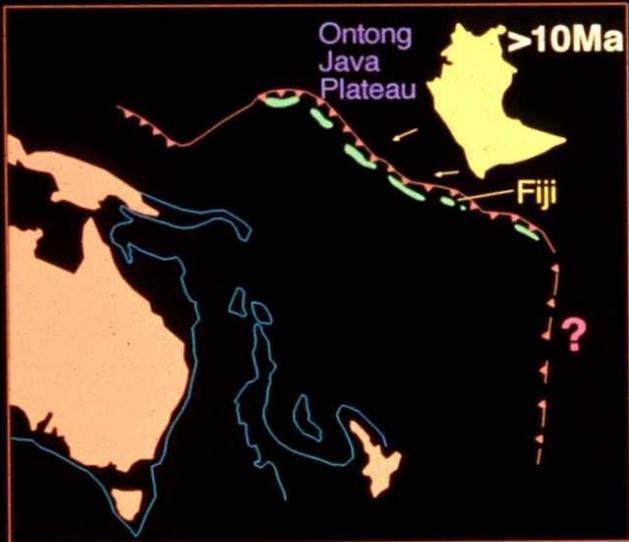
Императорский хребет

ТИХИЙ ОКЕАН

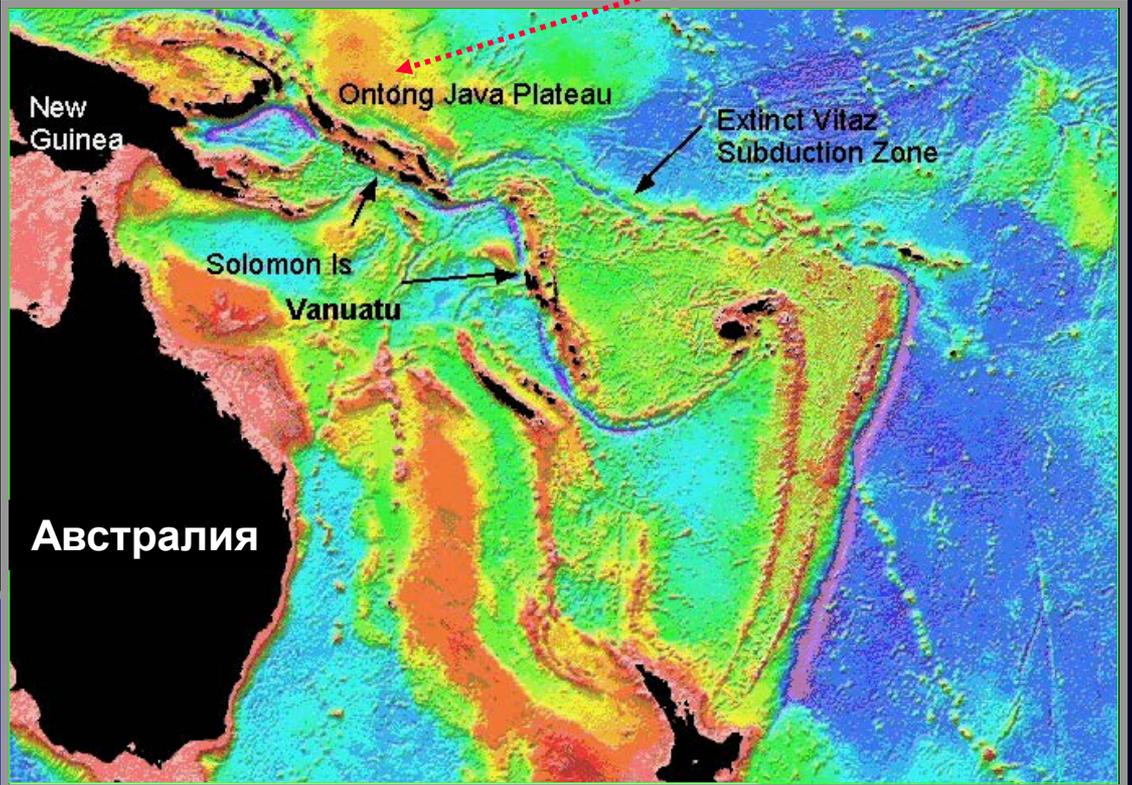
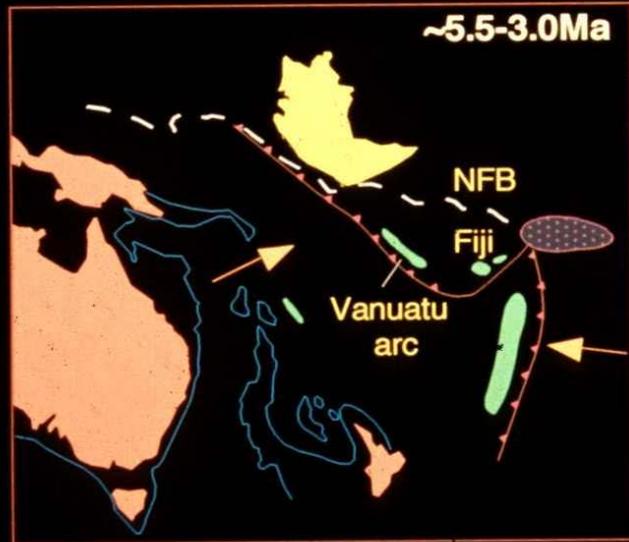
CONTINENTAL FLOOD BASALTS, VOLCANIC RIFTED MARGINS, OCEANIC LIPS, AND ASSOCIATED SILICIC MAGMATISM



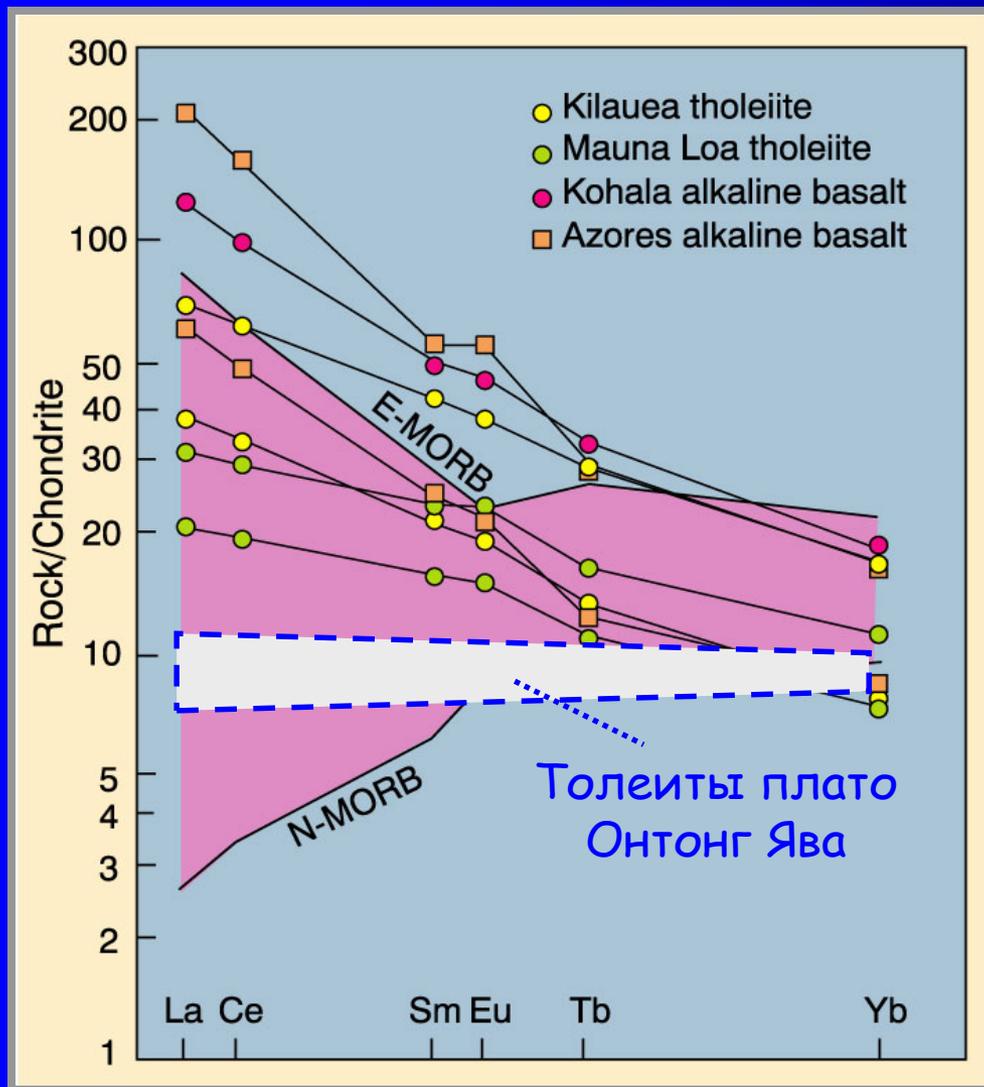
■ Continental flood basalt provinces/Volcanic rifted margins
 ■ Silicic LIPs
 ■ Oceanic plateaux/Ocean basin flood basalt provinces



**ПЛАТО ОНТОНГ ЯВА:
ПОЛОЖЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ**



РАСТРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ в толеитах океанического плато Онтонг Ява



Подобные "плоские" спектры редких земель характерны также для базальтов Кроноцкого и Карибского террейнов.

Этот признак является типоморфной особенностью толеитового магматизма океанических плато.

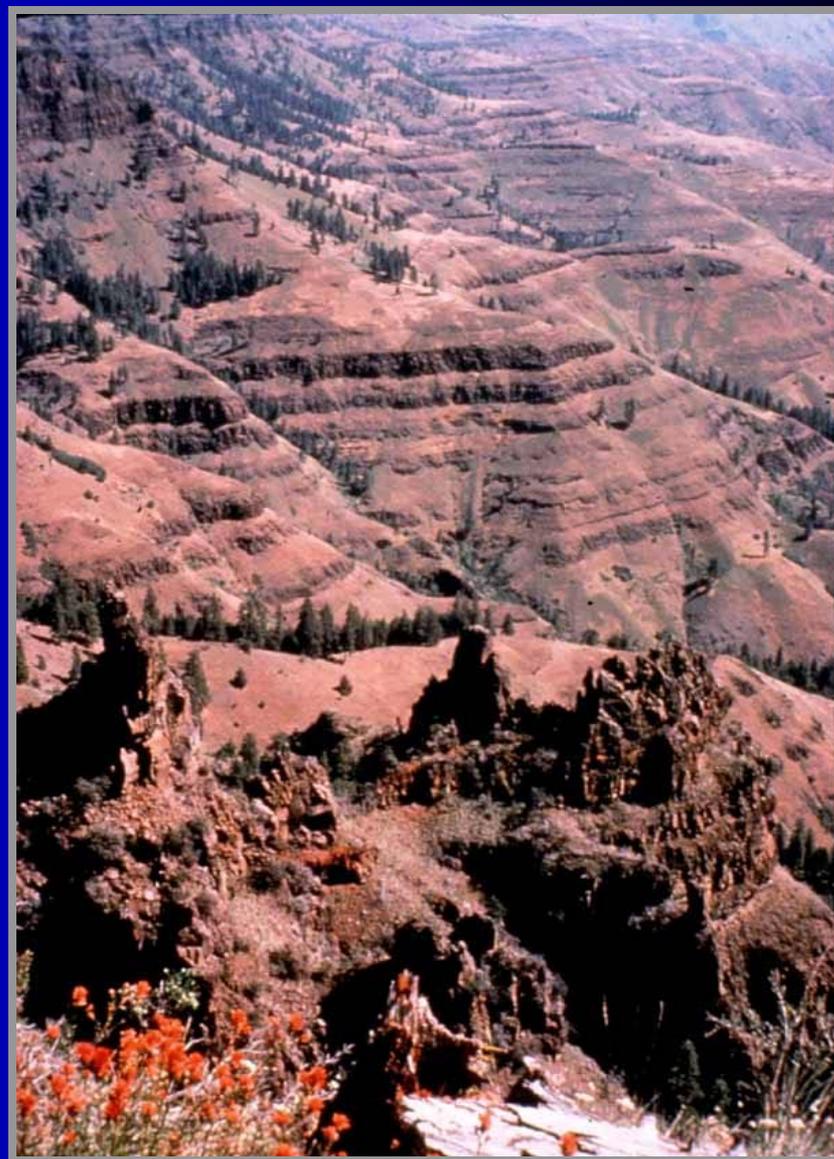
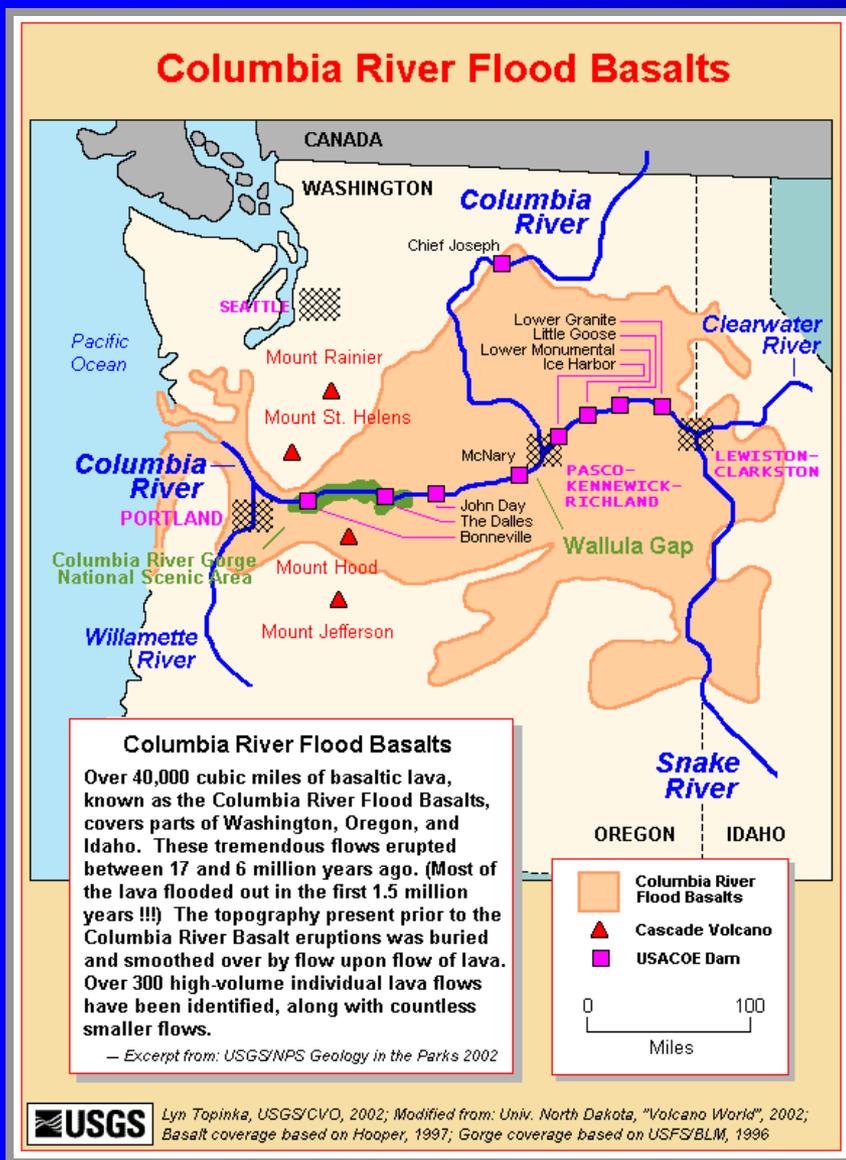
МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ И ИСТОЧНИК МАГМАТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

(1) Одни авторы полагают, что определяющую роль играет декомпрессионное плавление мантийного вещества непосредственно внутри поднимающегося плюма. В этих случаях степень плавления мантийного перидотита должна составлять порядка 15-20%.

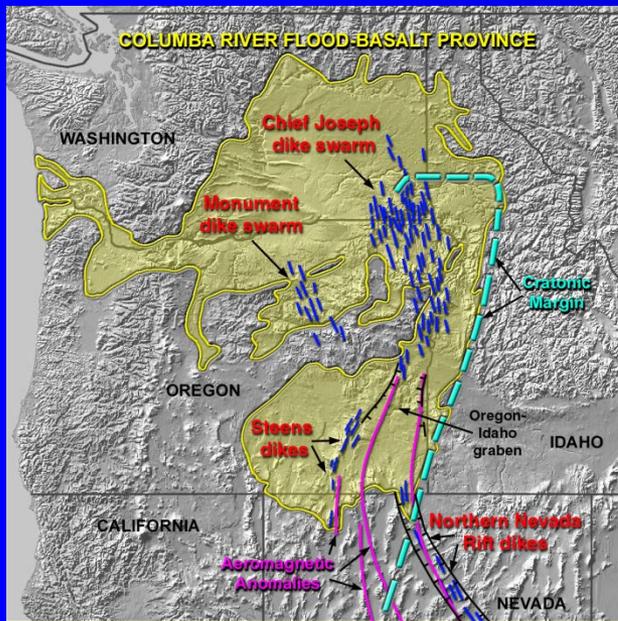
(2) Другие указывают на возможность вовлечения в процессы плавления рециклированного базальтового материала океанической литосферы. С учетом этого обстоятельства общая степень плавления гибридизированного материала может увеличиться до 30-40%.

Альтернатива мантийного и литосферного источника платобазальтов составляет ядро дискуссий о природе континентального траппового магматизма.

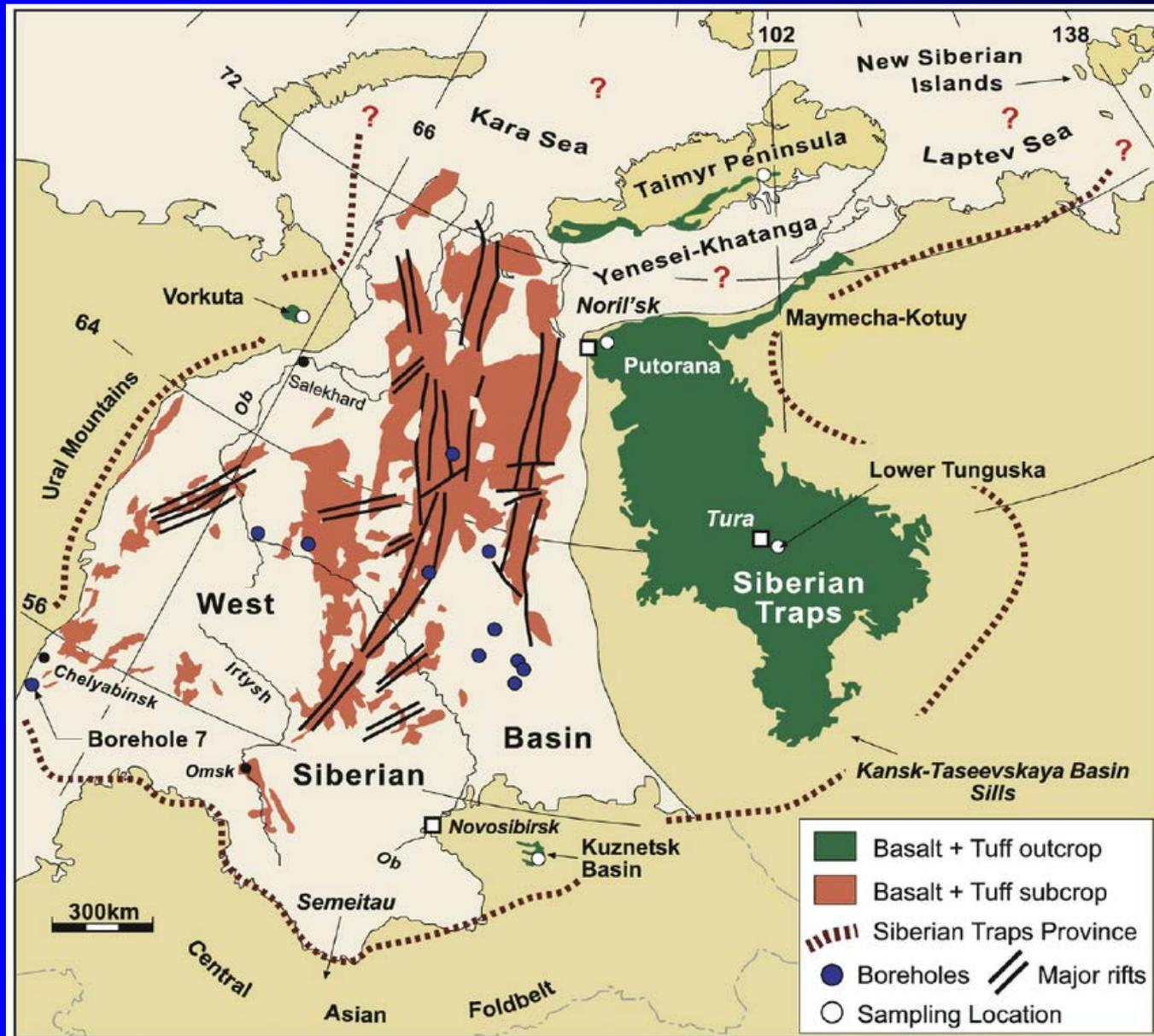
ПОКРОВНЫЕ БАЗАЛТЫ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ПЛАТО РЕКИ КОЛУМБИЯ (северо-запад США)



ПОКРОВНЫЕ БАЗАЛТЫ РЕКИ КОЛУМБИЯ



ТРАПТЫ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ



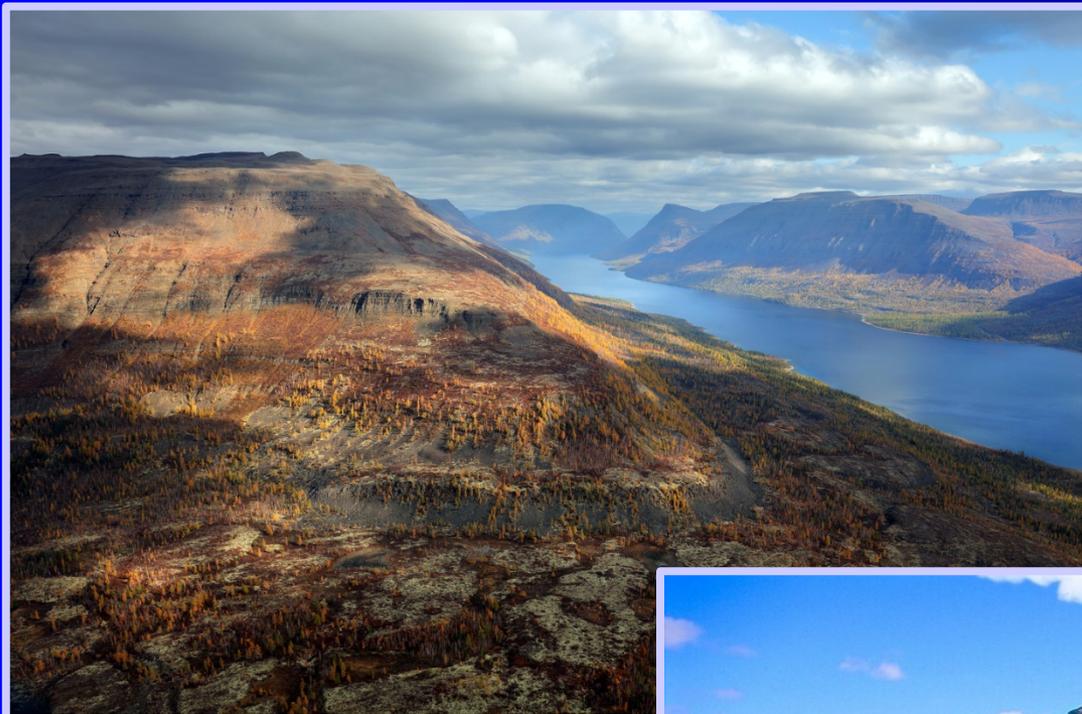
ОБЩИЙ ВИД БАЗАЛЬТОВОГО ПЛАТО ПУТОРАНА (Июль 1989 Г.)





ТРАПТЫ ПЛАТО ПУТОРАНА





ТРАПТЫ ПЛАТО ПУТОРАНА



ТРАПТЫ В ДОЛИНЕ Р. ПОДКАМЕННАЯ ТУНГУСКА (Восточная Сибирь, июль 1976)



СТОЛБЧАТАЯ ОТДЕЛЬНОСТЬ ДОЛЕРИТОВ ДОЛИНЫ РЕКИ ПОДКАМЕННАЯ ТУНГУСКА

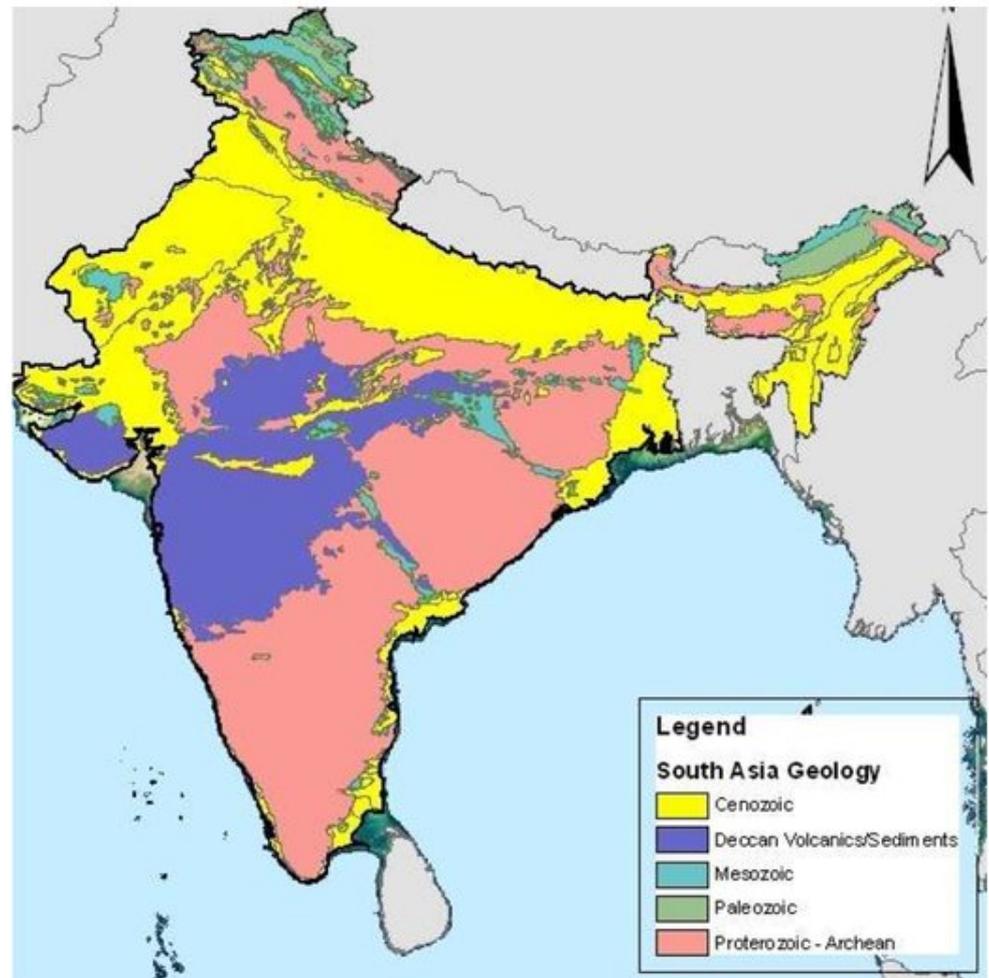


ТРАПТЫ ПЛАТО ДЕКАН

Мощность базальтов более 2000 м., площадь 1,5 млн. км². Объем базальтов 512 000 км³.

Извержения произошли на границе мела и палеогена.

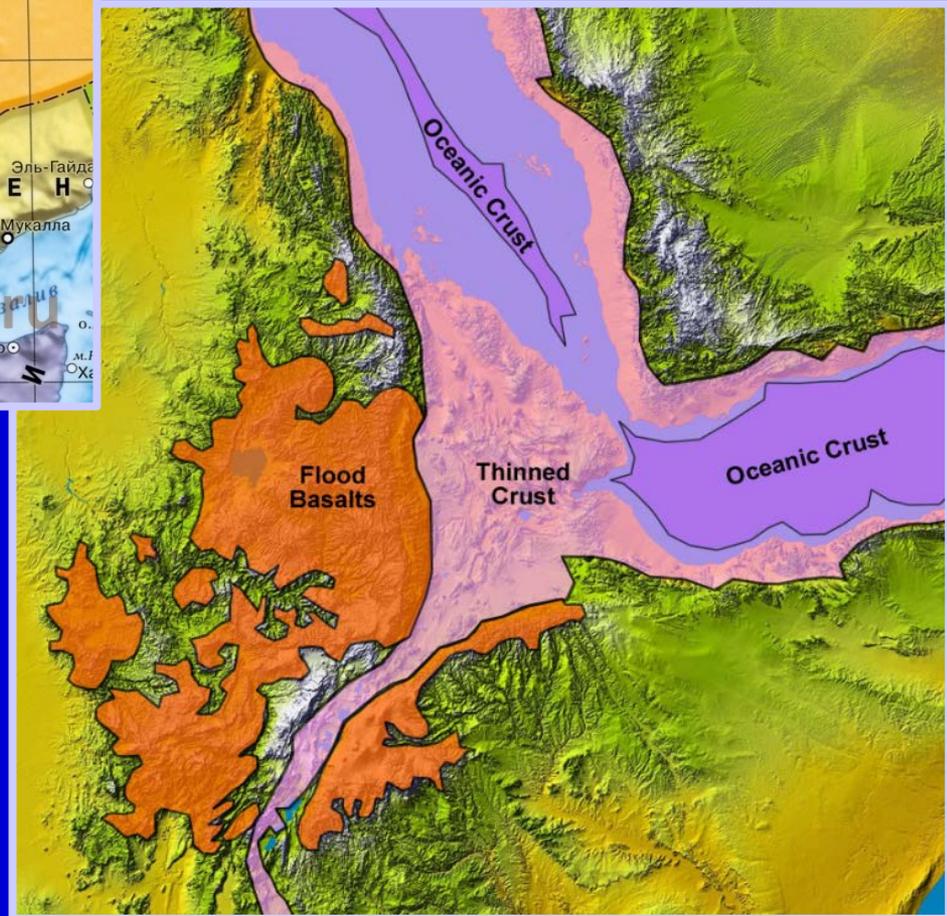
Рельеф – плато 200-600 м, расчлененное глубокими долинами.



ТРАПТЫ ПЛАТО ДЕКАН



ТРАПТЫ ЭФИОПИИ



ТРАПТЫ ЭФИОПИИ



ТРАППЫ БАССЕЙНА ПАРАНА В БРАЗИЛИИ



Парана бассейн (португальский : *Bacia*

Парана , испанский : *Куэнка Парана*) является

большим кратоном осадочного бассейна, который расположен в центрально-восточной части Южной Америки. Около 75% ее ареала распространения

происходит в Бразилии. Остаток распределяется на востоке Парагвая, северо - востоке Аргентины и на севере

Уругвая. Форма депрессии примерно эллиптическая и охватывает площадь около 1500000 км² (580000

квадратных миль).

Крупная магматическая провинция была образована излияниями базальтов , что произошли 137 до 127 миллионов лет назад и связаны с рифтогенезом Гондваны и раскрытием Южной Атлантики.

Площадь менее 1 млн. 000000 квадратных километров (390000 квадратных миль). Мощность траппов составляет 2000 м (6,600 футов).

Генетически связаны с траппами Etendeka в Намибии и Анголе в Юго - Западной Африке

ТРАПТЫ РЕКИ ПАРАНА В БРАЗИЛИИ

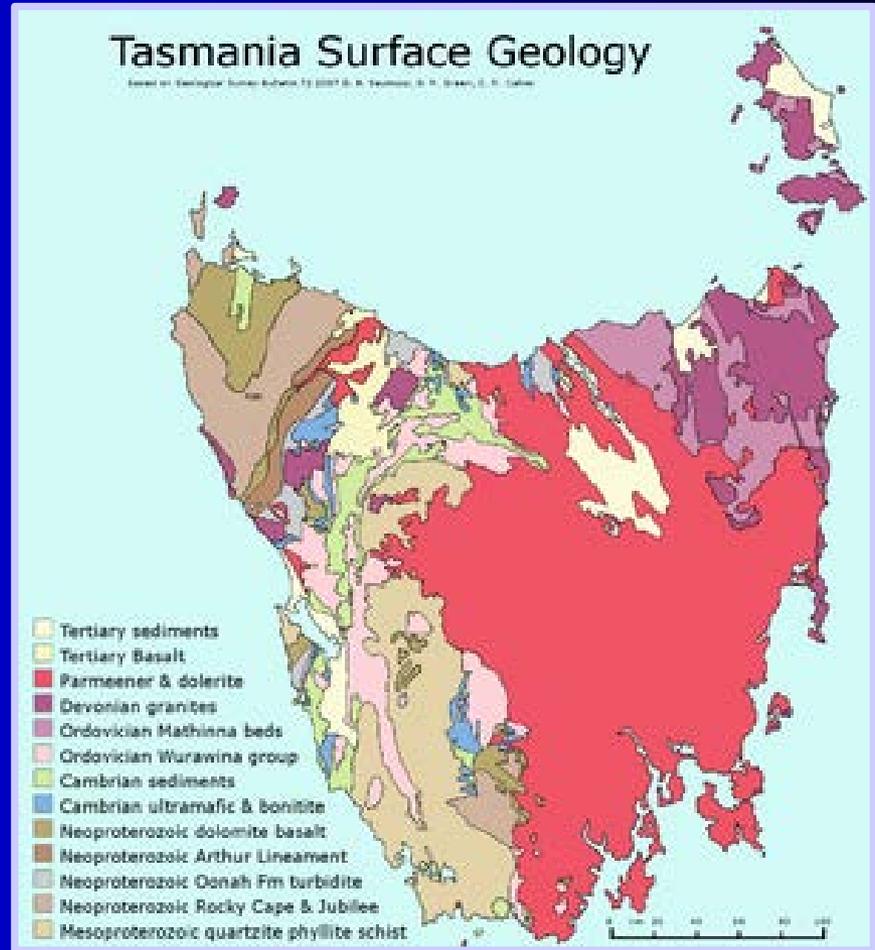
(водопады Игуасу)



Базальтовые отложения, по которым стекают водопады, возникли примерно 130-140 млн лет назад. Около 20 тыс. лет назад комплекс водопадов Игуасу располагался практически у впадения реки Игуасу в Парану. Каждый год расстояние между водопадом и рекой Парана увеличивалось примерно на 1—2 м и в результате получилось 28 км.

Первого европейца, ступившего на данную землю и считающегося открывателем водопадов, звали Нуньес Кабеса де Вака. Он открыл их в 1541 году, когда продвигался вверх по течению реки Парана через джунгли в поисках легендарных сокровищ страны Эльдорадо.

ТРАПТЫ ТАСМАНИИ



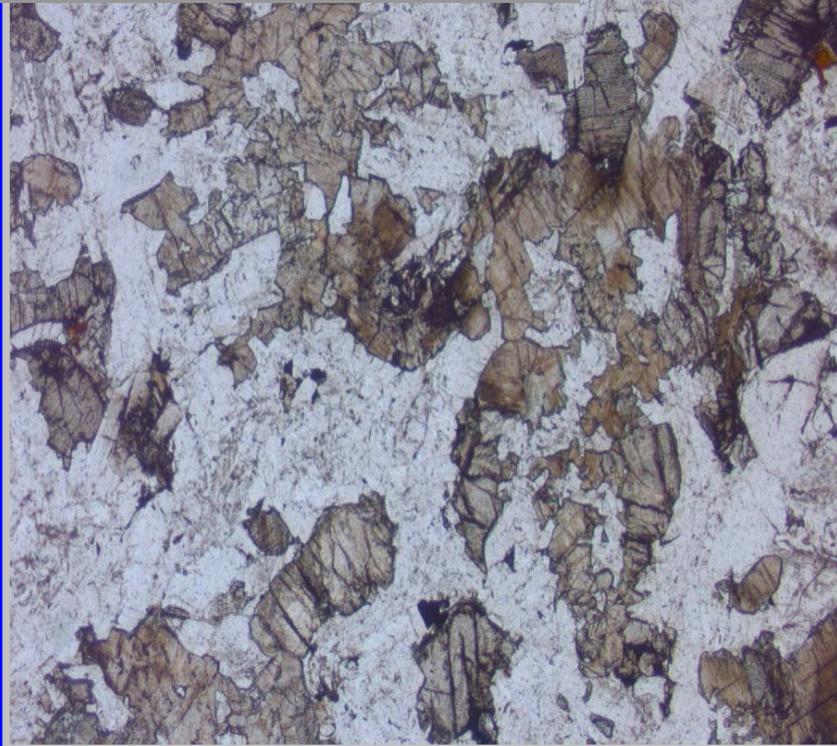
ПРИБРЕЖНЫЕ ОБНАЖЕНИЯ ТАСМАНСКОГО ДОЛЕРИТА В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОСТРОВА ТАСМАНИЯ



СКАЛЬНЫЕ ВЫХОДЫ ТАСМАНСКОГО ДОЛЕРИТА



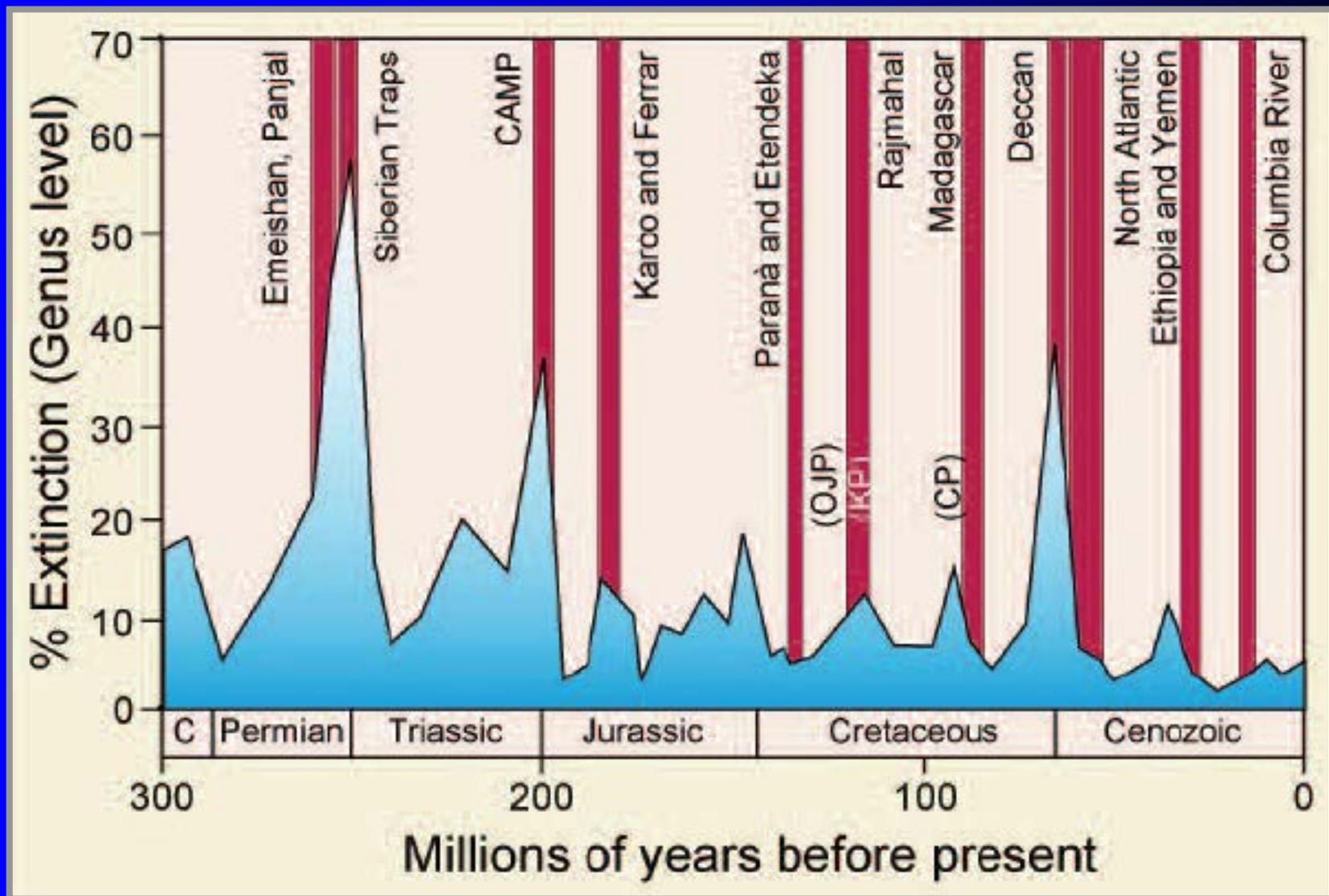
“ДОПЕРИТОВАЯ” СТРУКТУРА ТАСМАНСКИХ ДОПЕРИТОВ



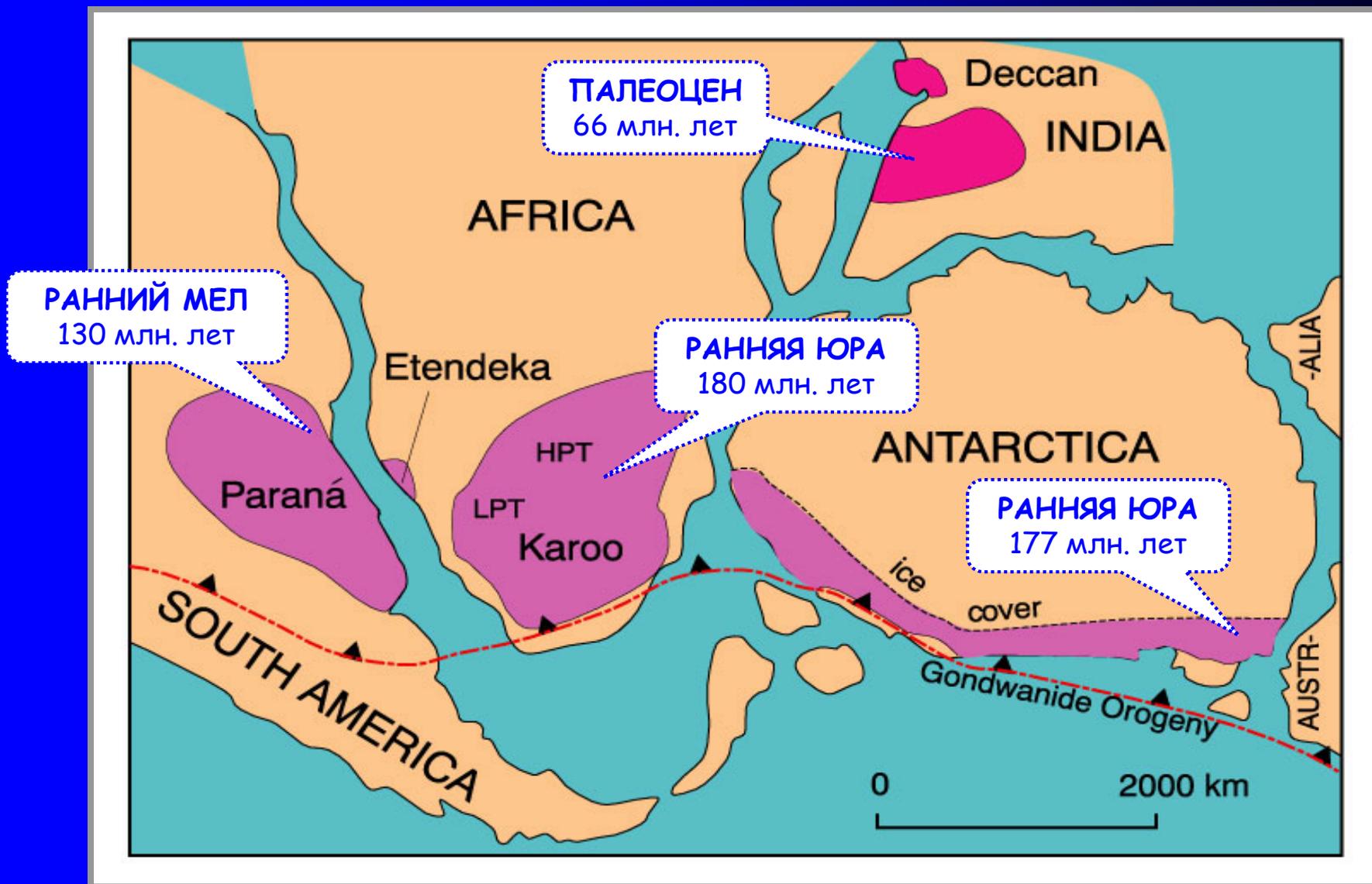
ГЛАВНЫЕ ПЛАТОБАЗАЛЬТОВЫЕ ПРОВИНЦИИ КОНТИНЕНТОВ

ФОРМАЦИЯ (ПРОВИНЦИЯ)	ОБЛАСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ	ВОЗРАСТ (МЛН. ЛЕТ)	МОЩНОСТЬ (МАХ, КМ)	ПЛОЩАДЬ (СОВРЕМ., КМ ²)
Keweenaw	Озеро Верхнее, Канада	Позд. докембрий (1100-1200)	12	> 1000000
Сибирские траппы	Восточная Сибирь, Россия	Пермь - триас (248-216)	3.5	> 1500000
Карру	Южная Африка	Юра (206-166)	9	140000
Долериты Ferrar-Tasmania	Антарктида и о. Тасмания	Юра (179± 7)	0.9	7800
Parana / Etendeka	Бразилия / Намибия	Юра - мел (140-110)	1.8 / 0.9	1200000 / 78000
Брит. - Арктическая провинция	Северная Атлантика	Мел - эоцен (65-50)	2	1000000
Плато Декан	Индия	Граница мела - палеоцена	> 2	500000
Плато Колумбия	Северо-Запад США	Миоцен (17-6)	> 1.5	50000

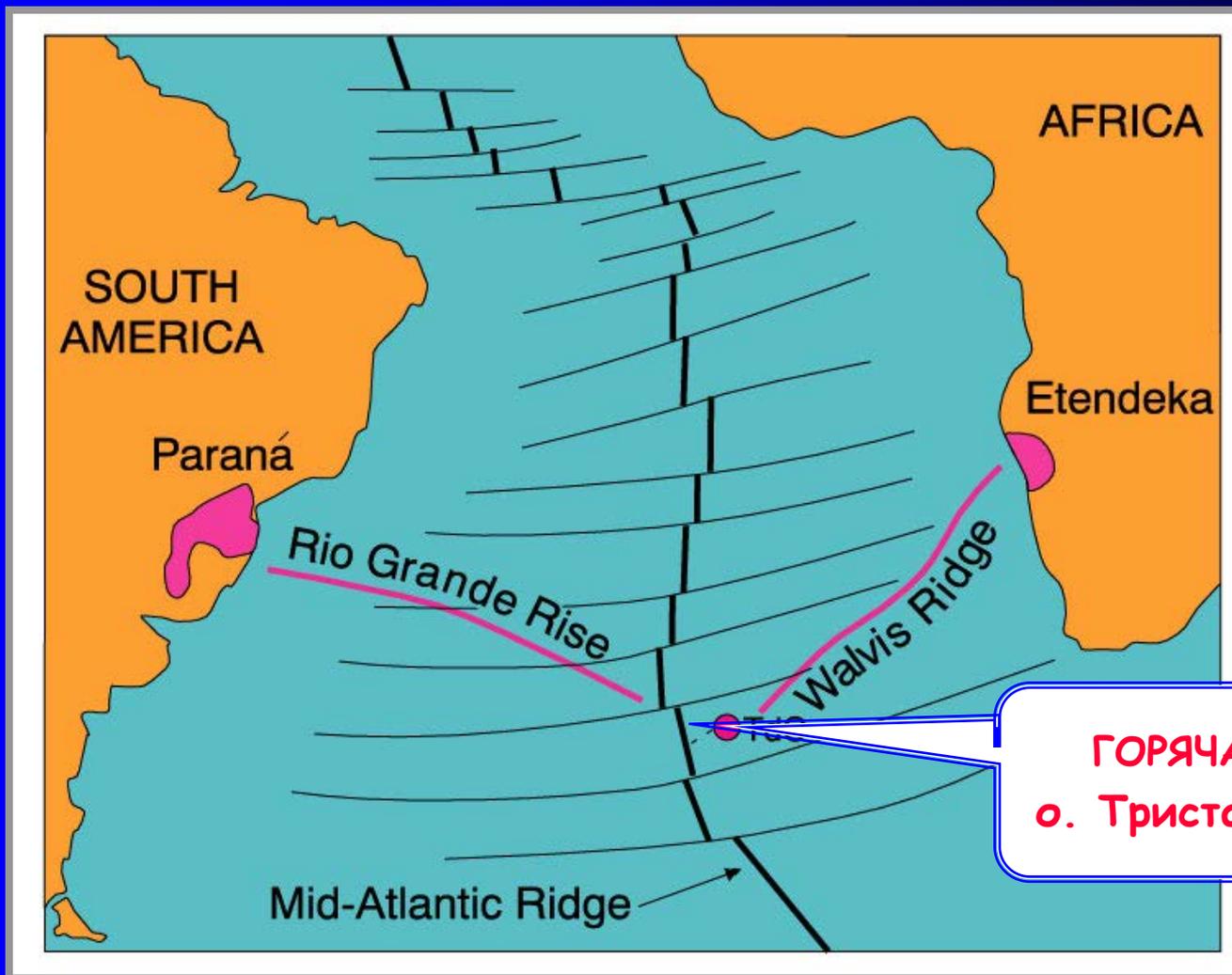
ПЕРИОДИЧНОСТЬ ТРАПТОВОГО МАГМАТИЗМА И МАСШТАБЫ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ ФАУНЫ



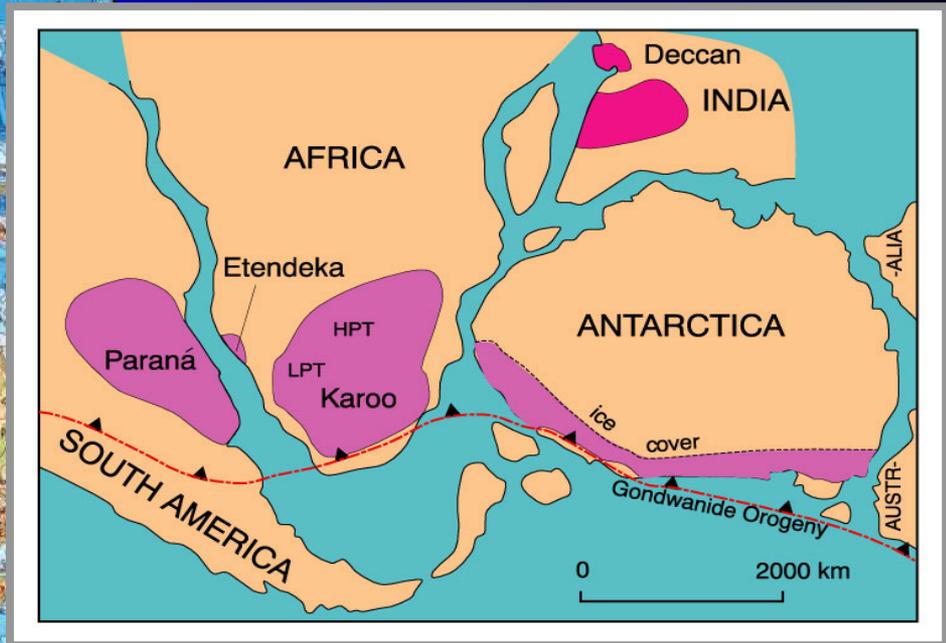
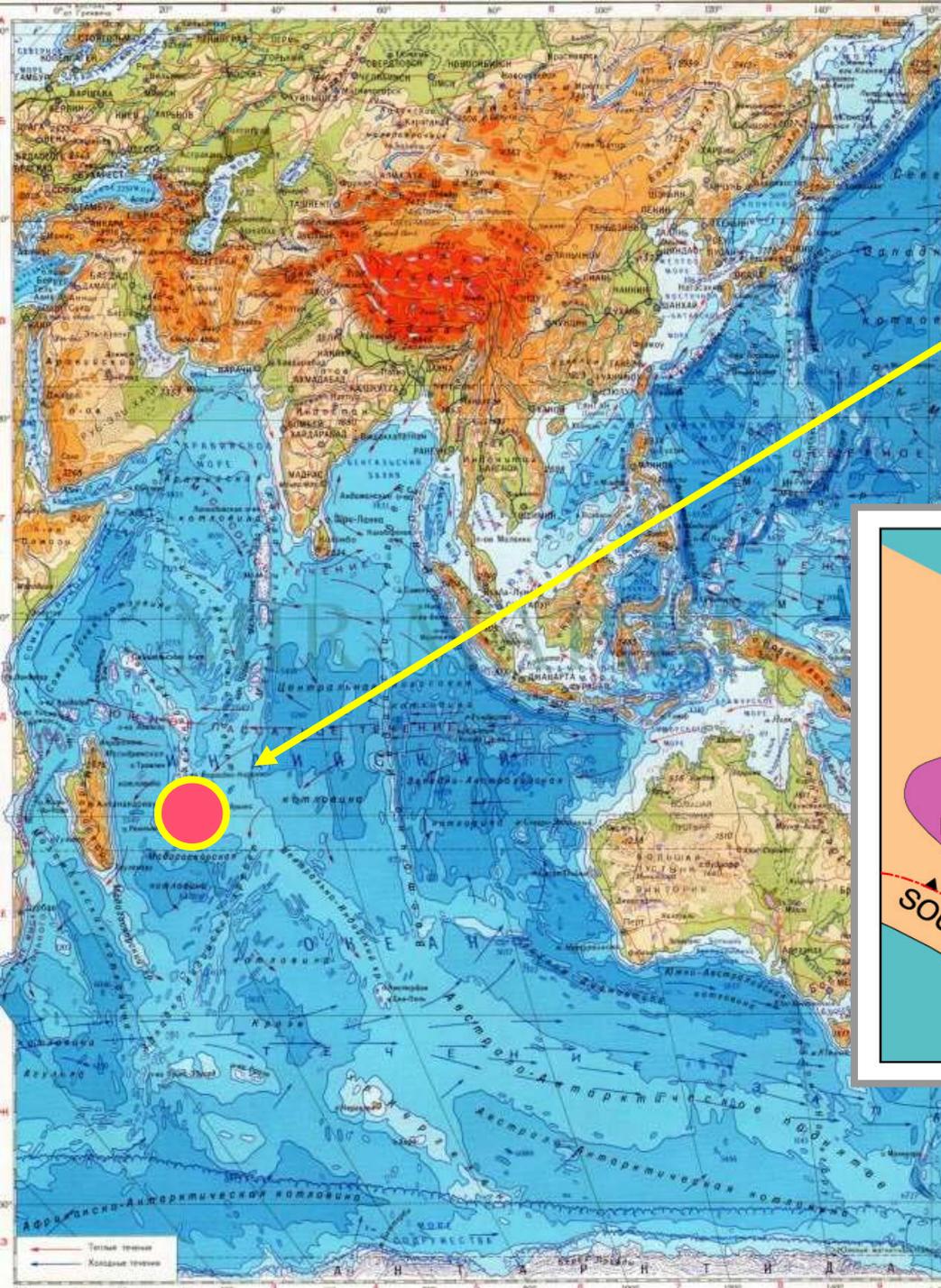
ГЛАВНЫЕ ПЛАТОБАЗАЛЬТОВЫЕ ПРОВИНЦИИ ГОНДВАНЫ до раскола и разделения суперконтинента



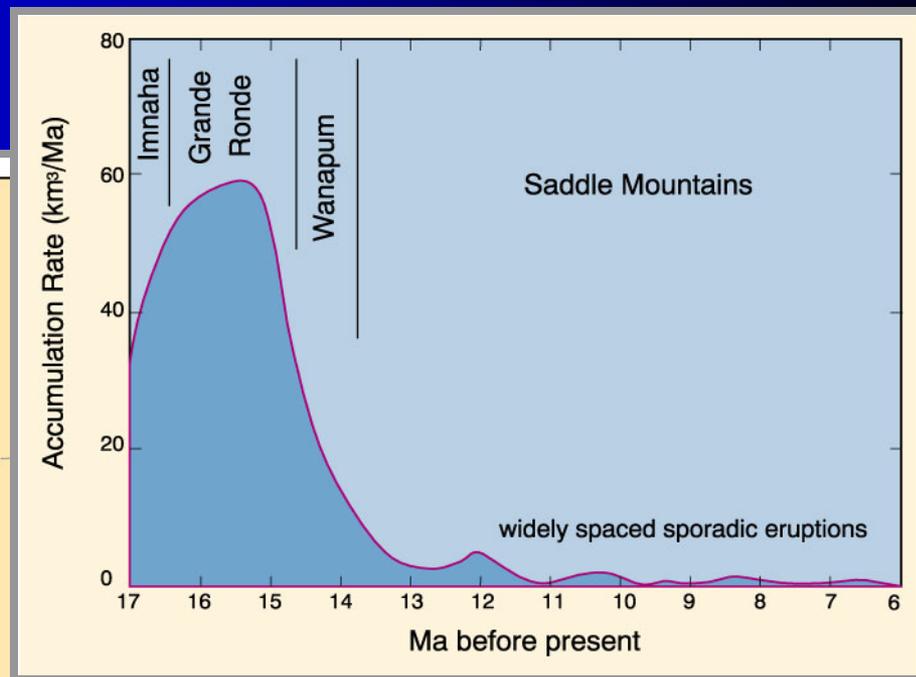
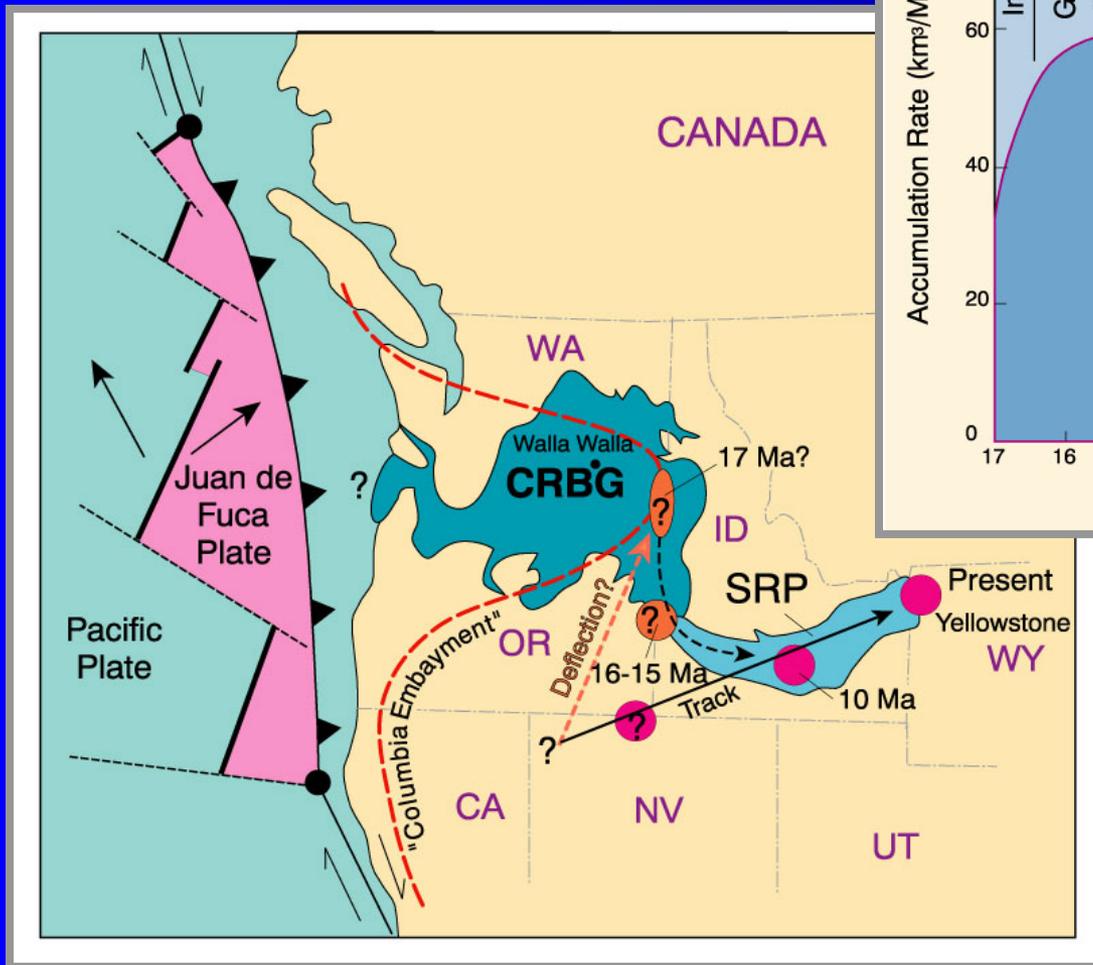
ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ ПЛАТОБАЗАЛЬТОВЫХ ПРОВИНЦИЙ ПАРАНЫ И ЭТЕНДЕКИ



ПЛАТО ДЕКАН: исходное положение



ГЕОТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ ПЛАТО Р. КОЛУМБИЯ (CRB) И ПРИМЫКАЮЩИХ ОБЛАСТЕЙ (SRP-Yellowstone)

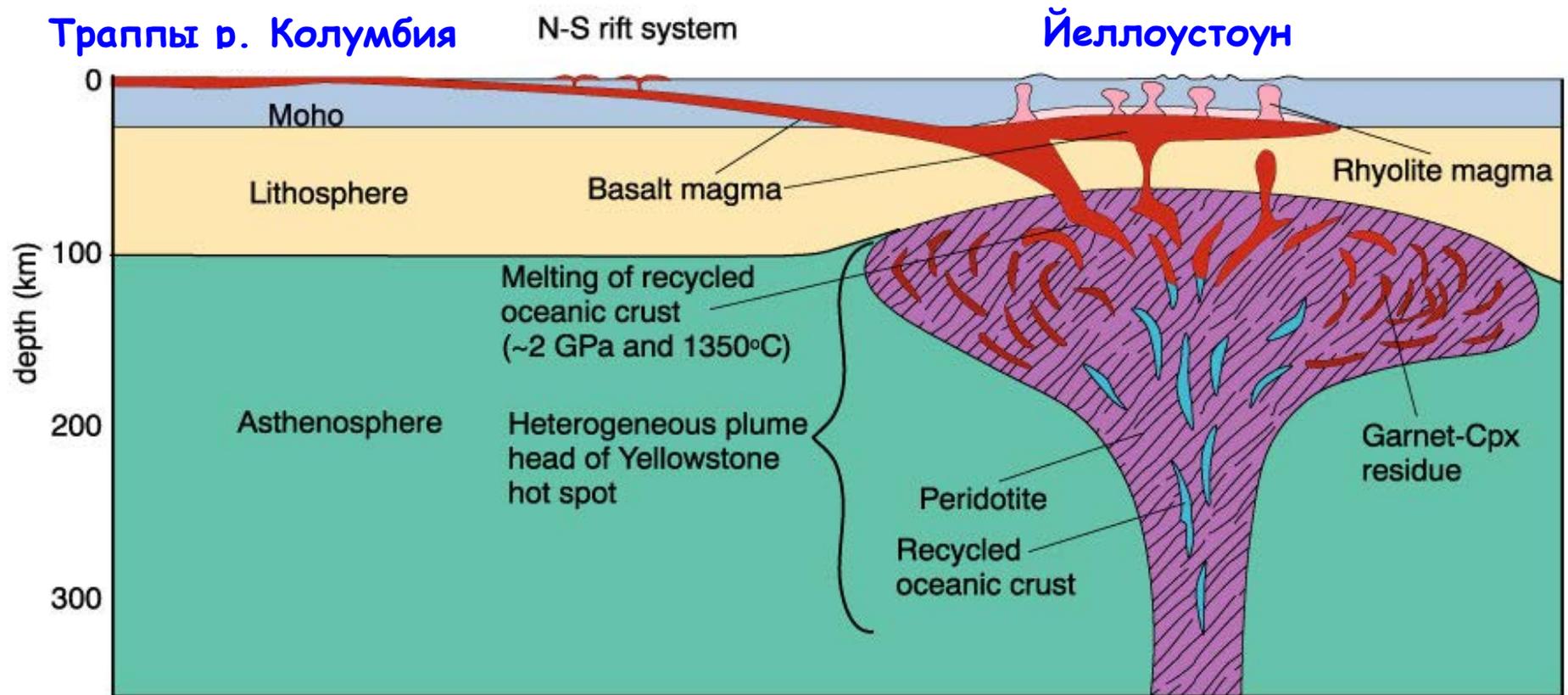


Продуктивность
магматизма плато
р. Колумбия

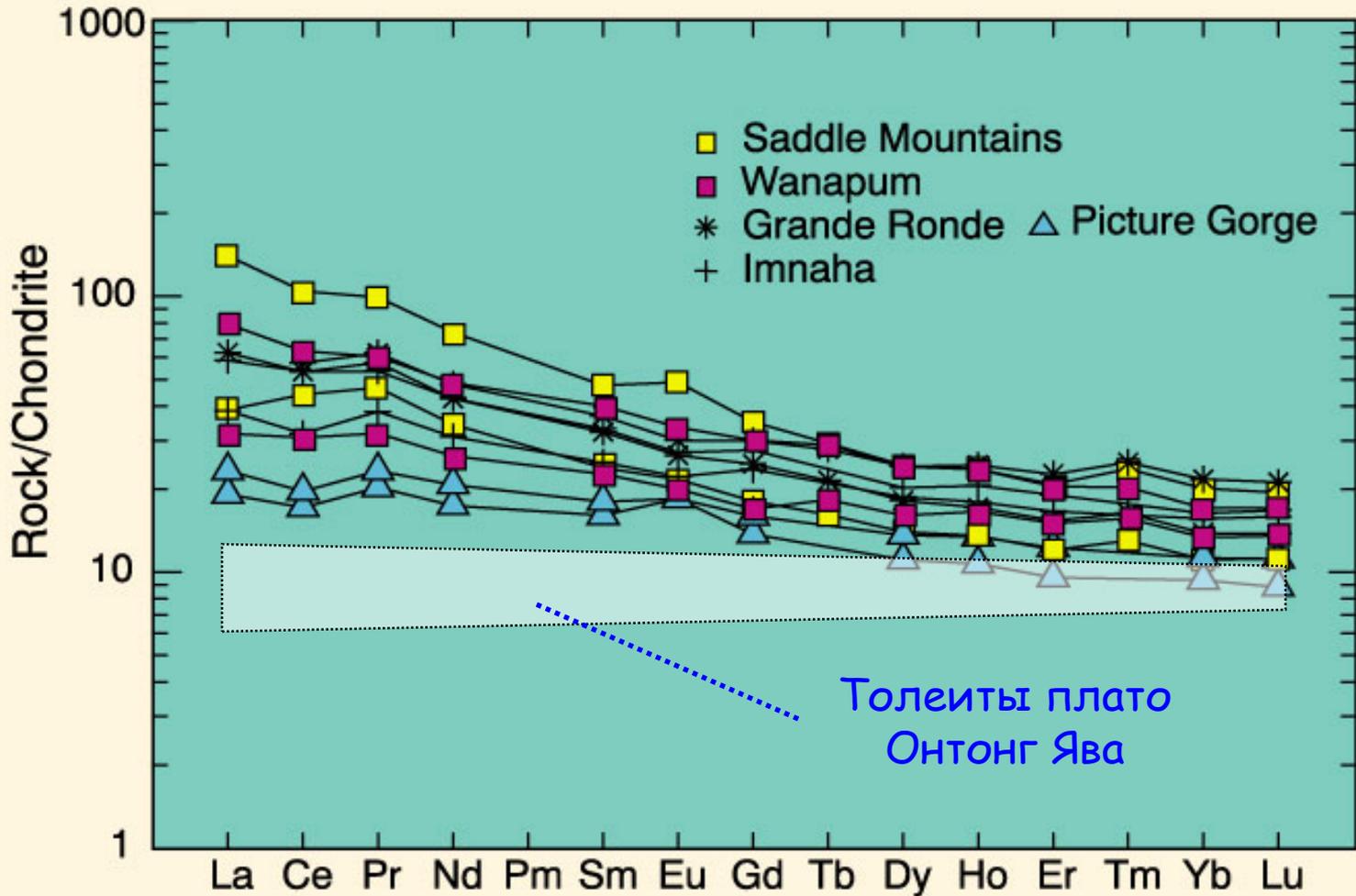
ТОКРОВЫ ЙЕЛЛОУСТОНОВСКОГО ПАРКА В США



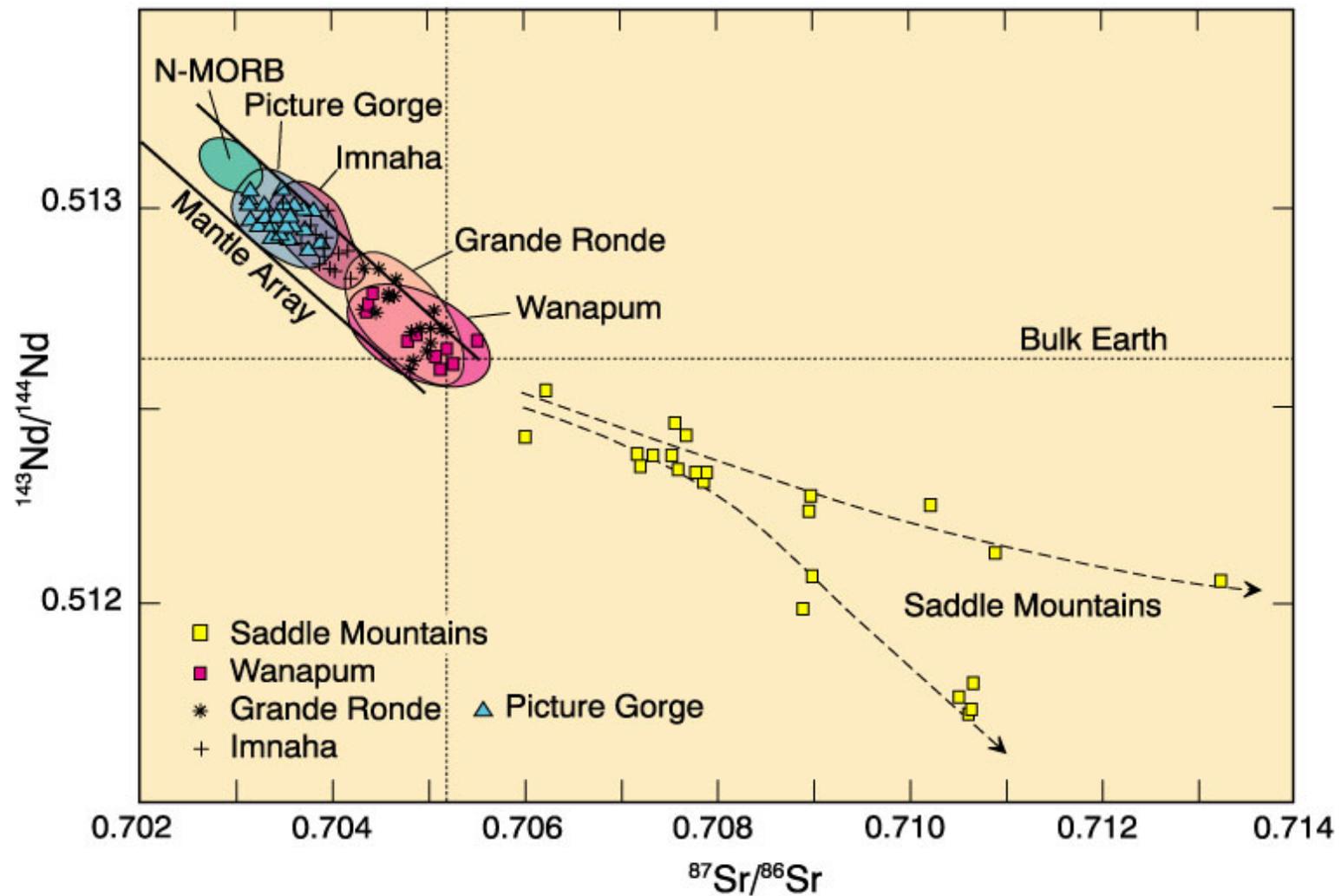
ПЕТРОГЕНЕТИЧЕСКАЯ СХЕМА МИОЦЕНОВОГО МАГМАТИЗМА северо-запада США



РАСТРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОДАХ ПЛАТО Р. КОЛУМБИЯ



Sr-Nd СИСТЕМАТИКА ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД ПЛАТО Р. КОЛУМБИЯ



ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЭФФУЗИВНЫХ И ИНТРУЗИВНЫХ ТРАППОВ

Большинство трапповых провинций сложено базальтами и долеритами, представляющими насыщенные (с нормативным гиперстеном) или кварцевые толеиты.

Они проявляют высокую степень накопления железа и по формальным признакам относятся к ферробазальтам.

В ряде провинций эти толеитовые ферробазальты ассоциируют с кислыми породами – риолитами и риодацитами.

Субщелочных и щелочных пород встречается крайне мало.

Высокомагнезиальные породы в целом редки. Хотя в настоящее время появляется все больше новых данных о магнезиальных базальтах из отдельных вулканических свит.

В субвулканическом комплексе трапповой формации преобладают мелко-среднезернистые долериты, комагматичные ферробазальтам толеитовой серии.

ПРЕДСТАВИТЕЛЬНЫЕ СОСТАВЫ БАЗАЛЬТОВЫХ ТРАППОВ ФЕРРАРА, ТАСМАНИИ И ПАРАНЫ

Оксиды	Диабазы Феррара (Антарктида)		Тасманский долерит	Базальты Параны (Бразилия)	
SiO_2	50.40	53.75	53.4	54.20	50.82
TiO_2	0.44	0.70	0.6	1.53	2.79
Al_2O_3	15.51	14.23	15.4	14.74	14.15
FeO	8.72	9.62	9.1	11.70	13.49
MnO	0.17	0.18	0.10	0.17	0.20
MgO	10.60	6.64	6.7	4.54	4.81
CaO	10.87	10.60	11.1	8.77	9.40
Na_2O	1.42	1.83	1.7	2.71	2.70
K_2O	0.37	0.81	1.0	1.41	1.21
P_2O_5	0.08	0.18	0.1	0.23	0.43
$\text{Mg}\#$	0.682	0.552	0.568	0.409	0.389

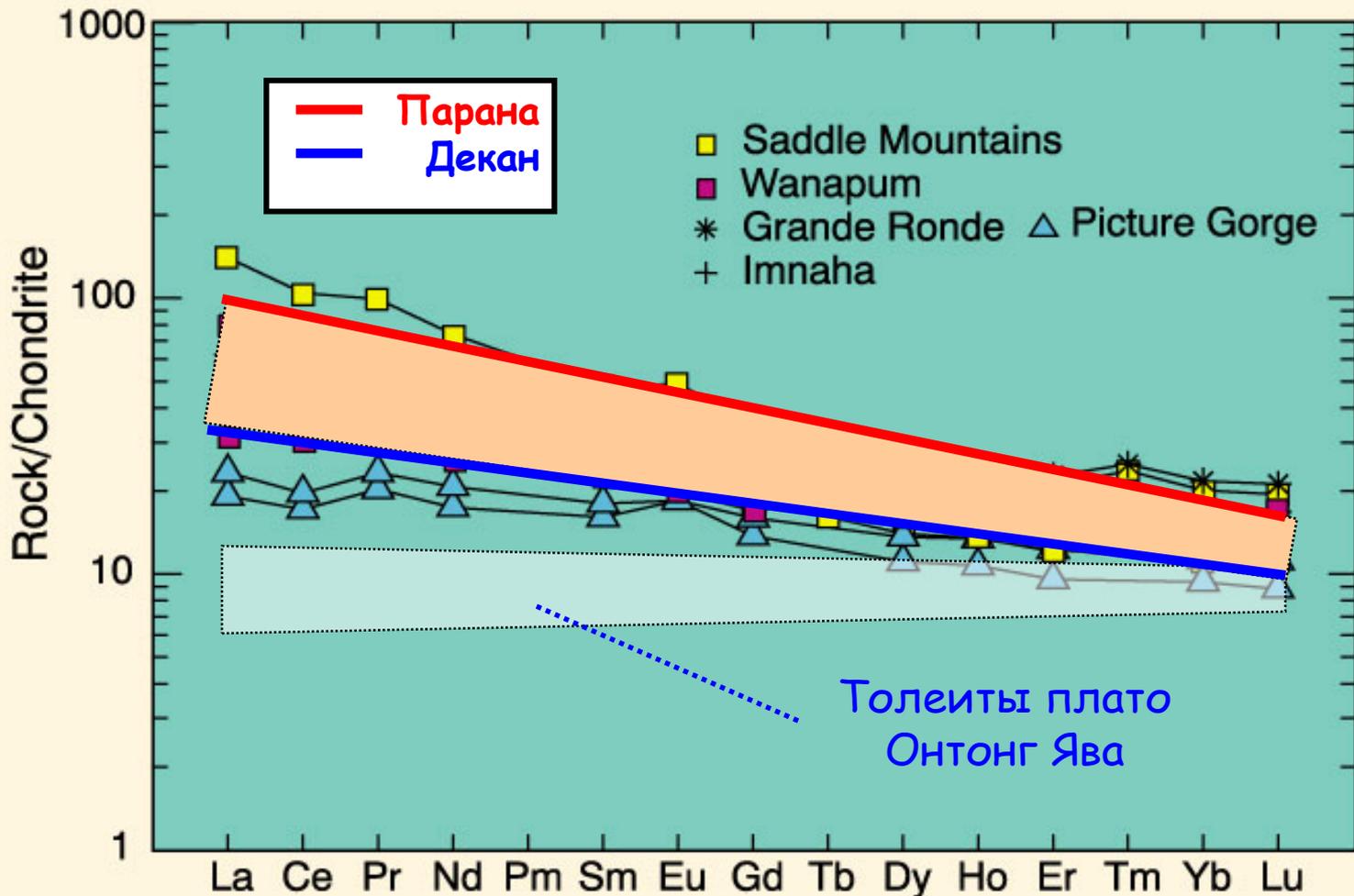
$$\text{Mg}\# = \text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeO})$$

ПРЕДСТАВИТЕЛЬНЫЕ СОСТАВЫ ПИКРИТОВ И БАЗАЛЬТОВ ПРОВИНЦИИ КАРРУ (ЮЖНАЯ АФРИКА)

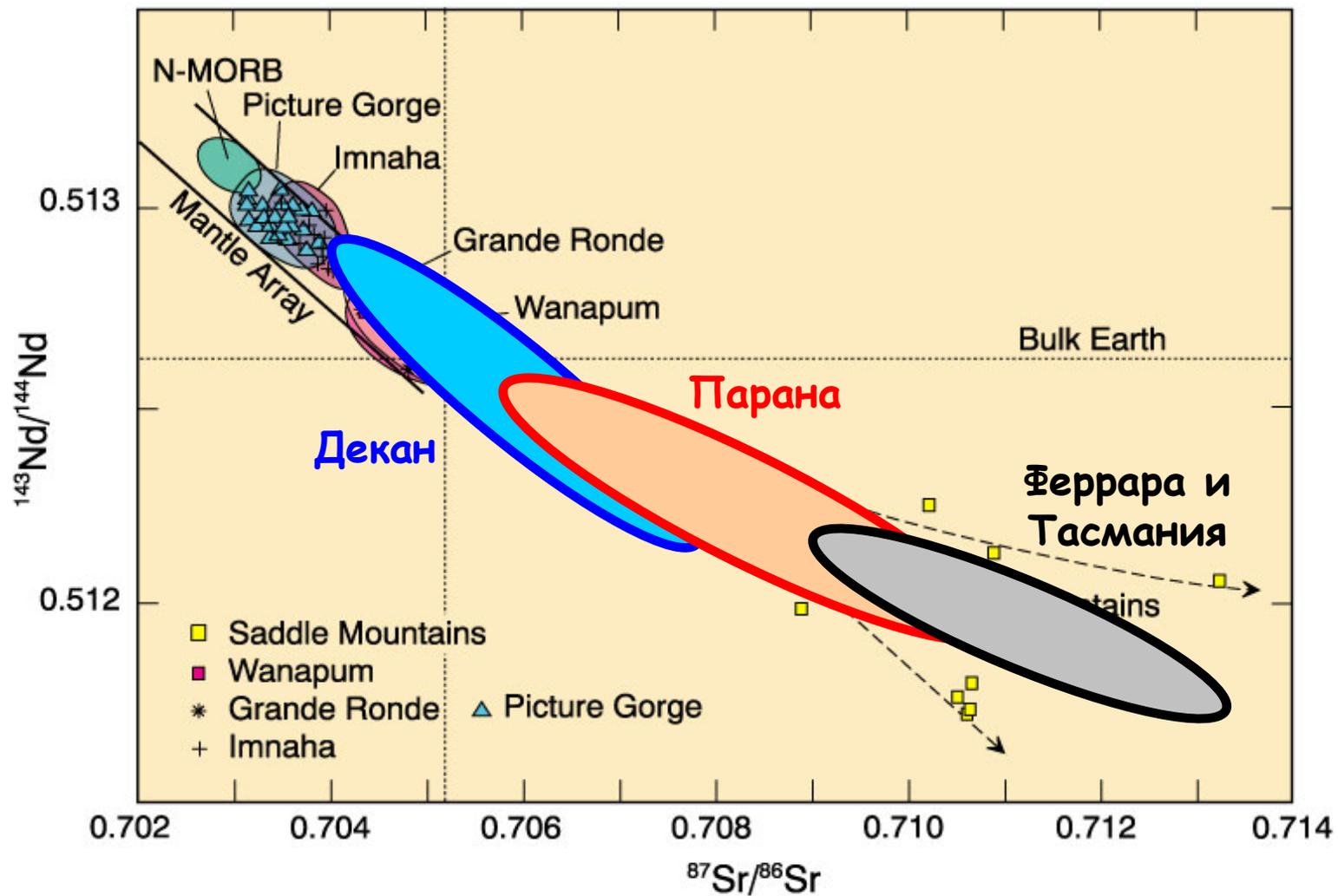
Оксиды	Вулканические породы Карру				Плато Онтонг Ява
	Пикриты		Низко-Ti серия		
SiO ₂	48.96	48.87	50.22	50.17	49.25
TiO ₂	2.74	0.72	0.97	1.55	1.20
Al ₂ O ₃	8.98	14.11	15.54	13.54	14.00
FeO	12.04	10.19	9.83	13.56	11.42
MnO	0.13	0.16	0.17	0.22	0.21
MgO	15.48	15.08	7.36	5.28	7.75
CaO	8.50	8.89	10.21	10.26	12.35
Na ₂ O	1.62	1.56	2.06	2.63	2.05
K ₂ O	0.90	0.21	0.22	0.28	0.14
P ₂ O ₅	0.34	0.09	0.17	0.19	0.06
Mg#	0.696	0.725	0.572	0.410	0.547

$$\text{Mg\#} = \text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeO})$$

РАСТРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПЛАТОБАЗАЛЬТАХ ПАРАНЫ И ДЕКАНА



SR-ND СИСТЕМАТИКА ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД ПЛАТОБАЗАЛЬТОВЫХ ПРОВИНЦИЙ ПАРАНЫ И ДЕКАНА



**ЛЕЖБИЩА МОРСКИХ ЛЬВОВ НА СКАЛАХ
ТАСМАНСКОГО ДОЛЕРИТА**



