

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ ПОРОД РИФТОВЫХ ЗОН КОНТИНЕНТОВ

- Систематика щелочных пород
- Гипотезы образования щелочных магм
- Ультракалиевые породы – лампроиты
- Аномальная мантия и мантийный метасоматизм
- Влияние CO_2 . Карбонатиты.
- Полигенетическое происхождение фонолитов

СПЕЦИФИКА ЩЕЛОЧНЫХ ПОРОД

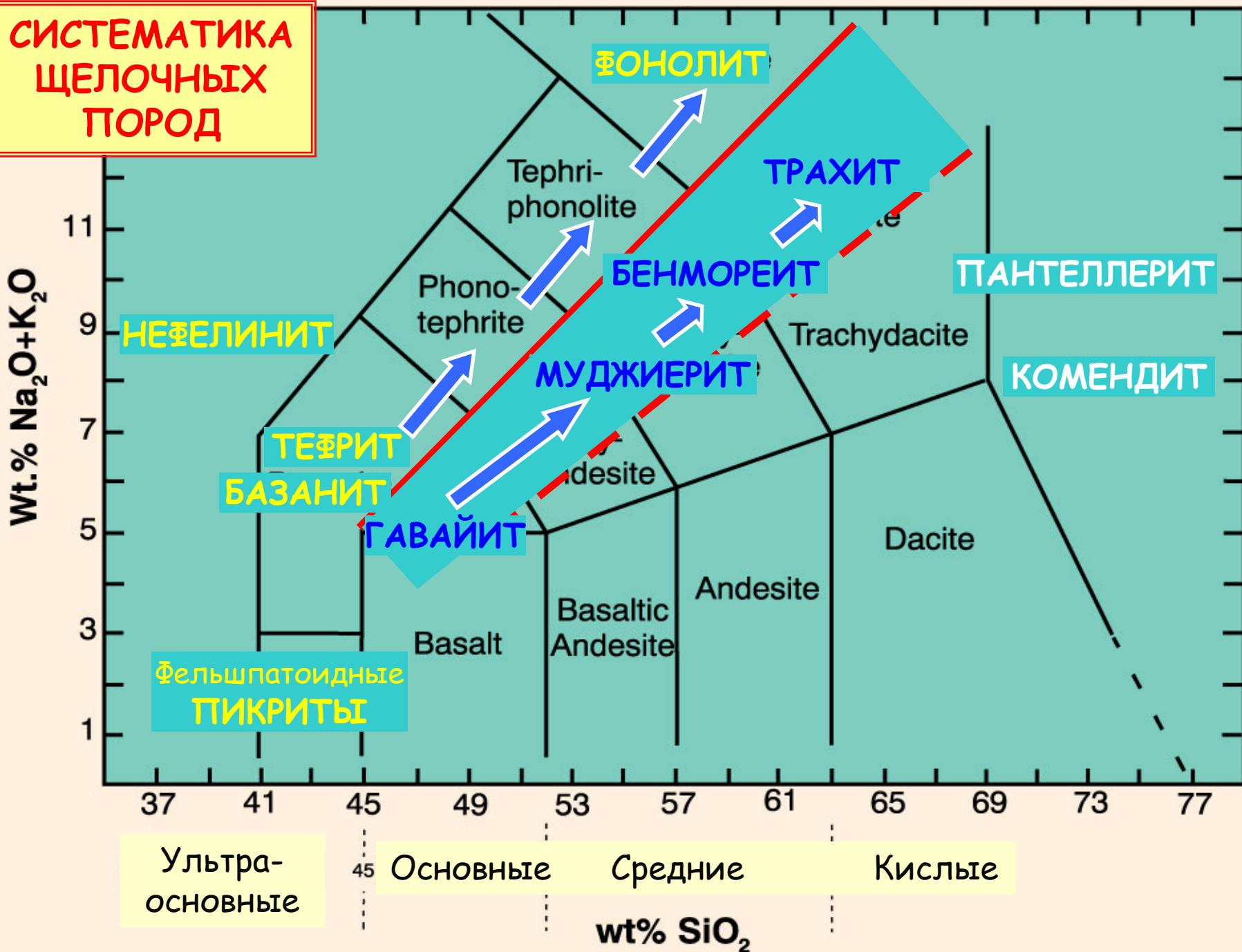
1. Щелочные породы содержат больше Na_2O+K_2O , чем может войти в полевые шпаты. Этот избыток щелочей расходуется на образование фельдшпатоидов, Na -пироксенов и щелочных амфиболов.
2. Относительный избыток Na_2O+K_2O приводит к дефициту SiO_2 . Это выражается в том, что щелочные породы становятся "критически недосыщены" в отношении кремнезема. В результате при петрохимических пересчетах появляются нефелин, акмит, в сильно калиевых разностях - лейцит.
3. Дефицит полевошпатовых компонентов может проявляться и в недосыщенности по отношению к Al_2O_3 , хотя такие щелочные породы могут содержать достаточно SiO_2 , чтобы по этому критерию относиться к "насыщенным" и даже "пересыщенным".

ВАЖНЕЙШИЕ ТИПЫ ЩЕЛОЧНЫХ ВУЛКАНИТОВ

1. **БАЗАНИТ:** Ne-содержащий базальт (иногда лейцит + Ol)
2. **ТЕФРИТ:** безоливиновый базанит
3. **НЕФЕЛИНИТ:** парагенезис Ne + Crx \pm Ol
4. **ЛЕЙЦИТИТ:** парагенезис Lc + Crx \pm Ol
5. **МЕЛИЛИТИТ:** парагенезис мелилит + Crx \pm Ol
6. **ШОШОНИТ:** высоко-К базальт, включающий К-шпат \pm 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, $(Na_2O+K_2O)/Al_2O_3 = 1.6-1.8$

10. **ЛАМПРОИТ:** высоко-К и ультракалиевые породы, богатые летучими, содержит флогопит, биотит \pm Ol \pm Rx
11. **ЛАМПРОФИР:**

СИСТЕМАТИКА ЩЕЛОЧНЫХ ПОРОД



ГИПОТЕЗЫ ОБРАЗОВАНИЯ СЕРИЙ ЩЕЛОЧНЫХ ПОРОД

- Контаминация известняков (одна из первых идей)



- Фракционная кристаллизация субщелочных магм

Ol-базальт (или анкарамит) \rightarrow Гавайит \rightarrow Муджиерит \rightarrow Бенмореит \rightarrow Трахит или Фонолит

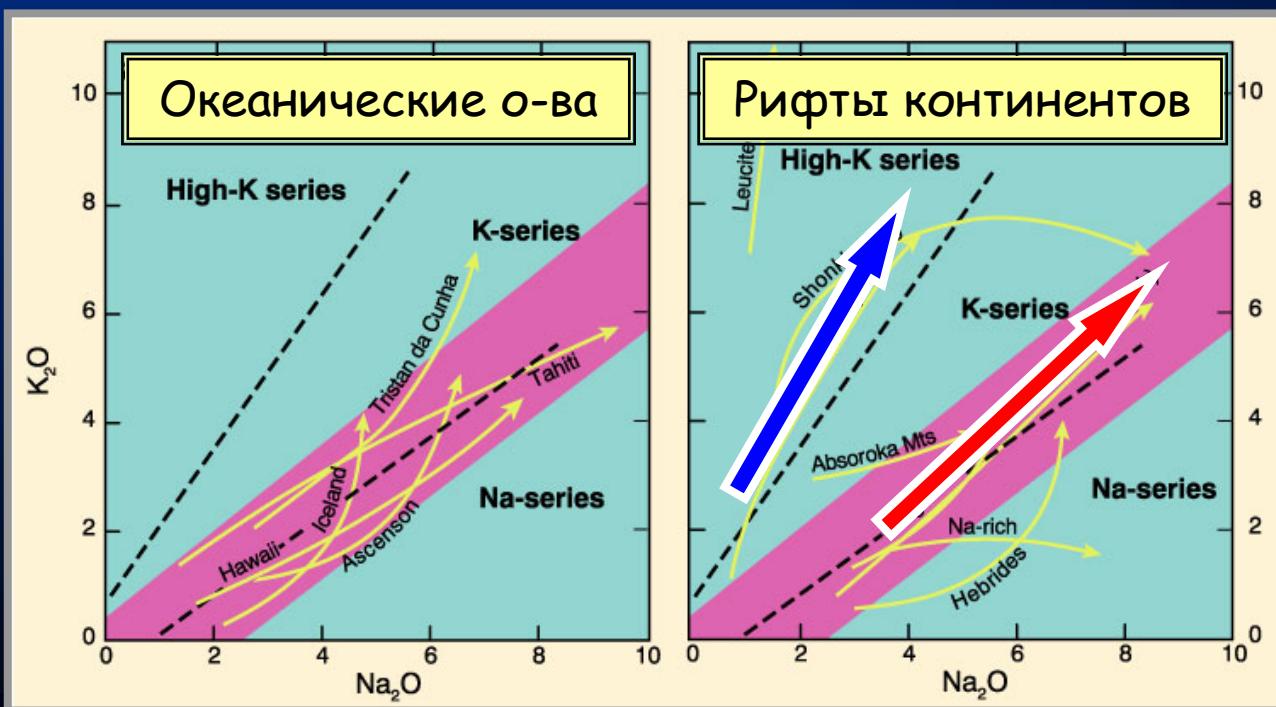
- Плавление субщелочных базальтов или амфиболитизированных аналогов основания коры

Гавайит (+ H_2O и CO_2) \rightarrow Фонолит \rightarrow Бенмореит \rightarrow Муджиерит

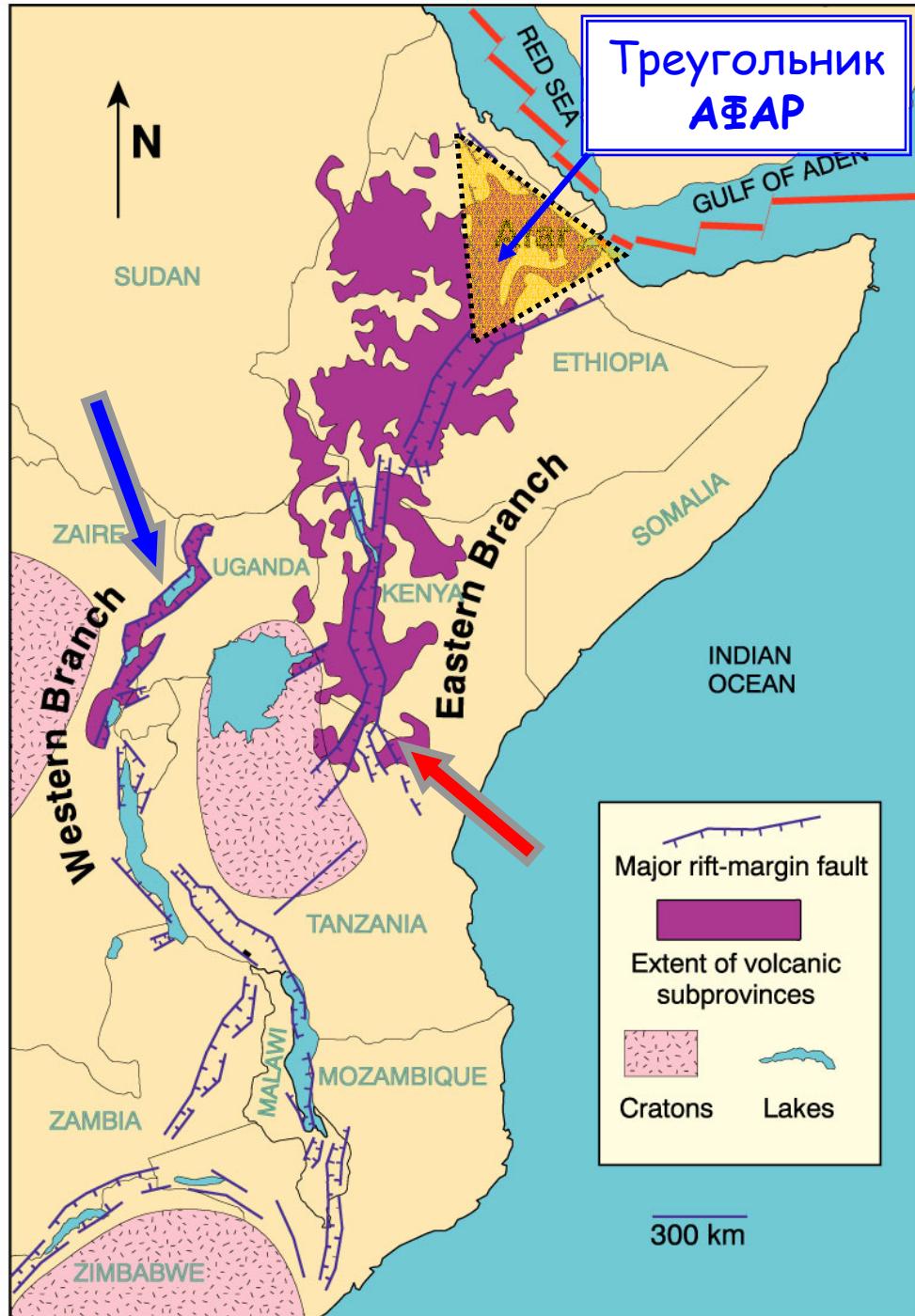
— — — Степень плавления — — —>

ДВУХСТАДИЙНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ СЕРИЙ

1. Мантийное плавление и образование первичных щелочно-базальтовых магм
2. Внутрикоровая дифференциация этих расплавов, возможно рециклинг - плавление ранних продуктов кристаллизации.



Мантийный
источник
особенно
важен для
высоко-К
магм



ВОСТОЧНО-АФРИКАНСКИЙ РИФТОВЫЙ ПОЯС (ВАРП)

Более 6000 км !

Главные структуры:

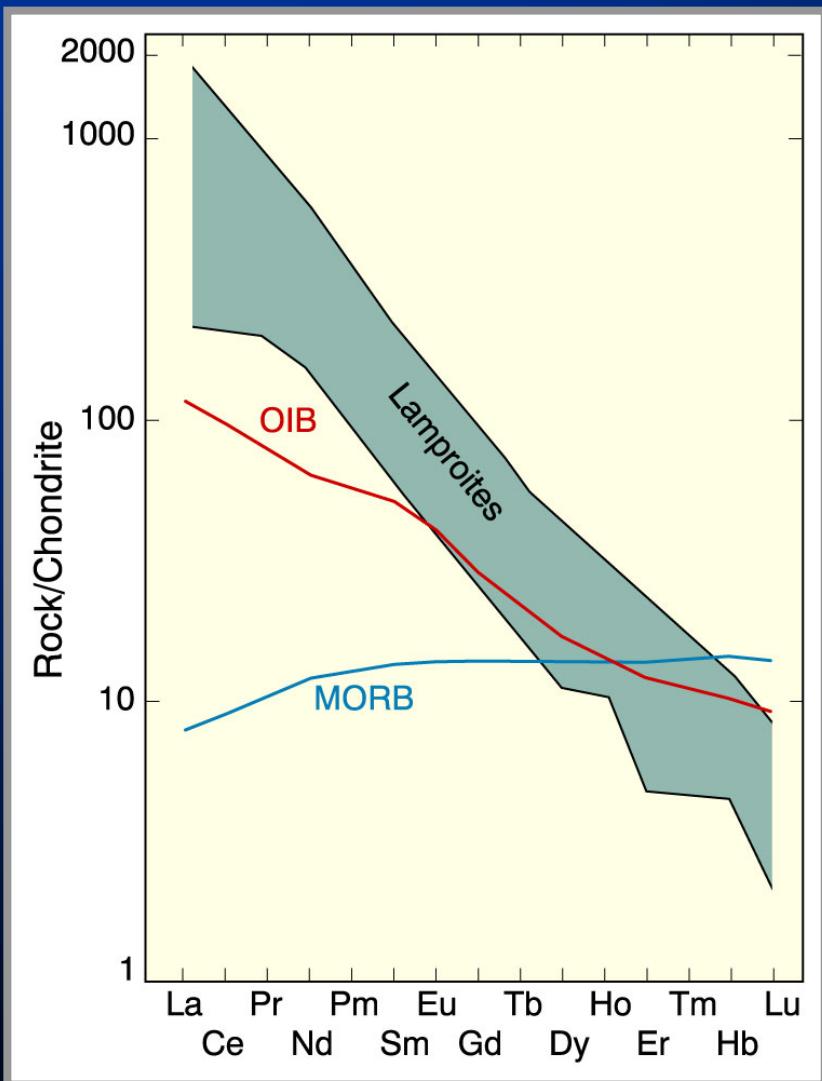
1. Ньяса-Танганьикская зона
2. Кенийский (рифт Грегори) и Эфиопский рифт
3. Треугольник Афар
4. Красноморская зона
5. Аденская зона

Толеиты

Составы высоко-Мg пород ультра-К серий Уганды в сравнении с лампроитами Австралии

Компонент	Лейцитит	Катунгит	Мафурит	Мафурит	Лампроит
Компонент	Вул. поле Бирунга	Вул. поле Торо-Анколе		Уганда	Австралия (105)
SiO_2	43.7	35.00	37.95	39.06	42.31
TiO_2	3.41	4.84	4.56	4.36	3.75
Al_2O_3	10.0	7.69	7.98	8.18	3.92
FeO	10.6	11.17	10.27	9.13	8.27
MnO	0.21	0.26	0.22	0.26	-
MgO	11.2	12.37	14.27	17.66	24.42
CaO	13.8	16.02	12.31	10.40	5.00
Na_2O	1.89	1.33	0.95	0.18	0.50
K_2O	2.90	3.54	6.33	6.98	4.01
P_2O_5	0.52	0.97	0.75	0.61	1.59

ЛАМПРОИТЫ: минералогия и химические особенности



Лампроиты – семейство ультра-калиевых вулканических и гипабиссальных пород, которые характеризуются максимально высокой степенью обогащения несовместимыми элементами:

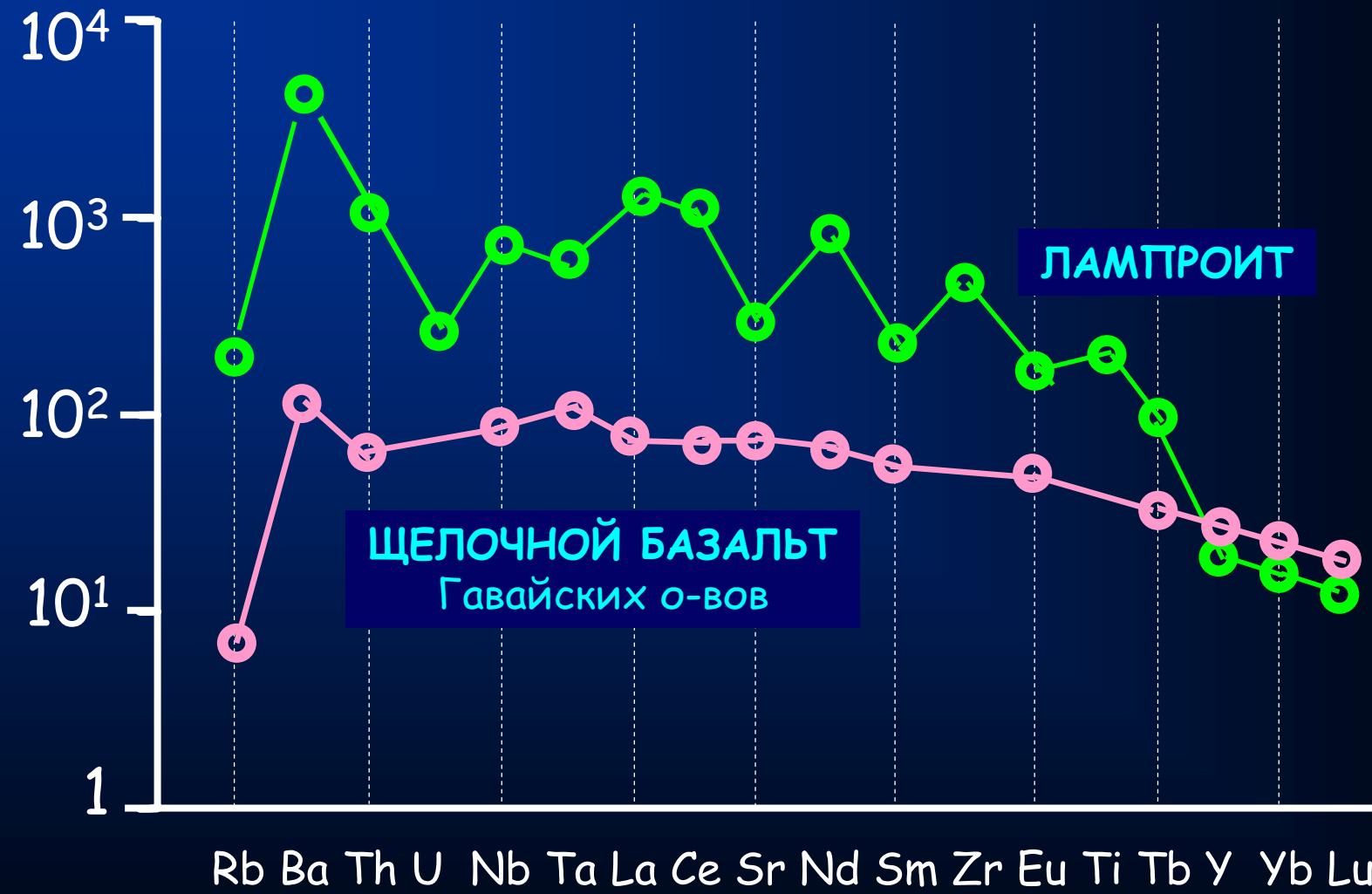
$\text{Ba} > 5000$, $\text{La} > 200 \text{ ppm}$, $\text{Zr} > 500$

$\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} > 5$

Эти породы **никогда не содержат** полевых шпатов – обычный набор фенокристаллов:

Ol + флогопит \pm лейцит \pm Ti-К-амфибол (рихтерит) \pm Crx

ЛАМПРОИТЫ: содержания микроэлементов и сравнение с составами щелочных базальтов



ЛАМПРОИТЫ: продукты аномальной мантии !?

Степень обогащения высокоК лампроитов относительно мантийных перидотитов

Элемент	Ксенолиты		ЛАМпроит	Степень обогащения	
	Sp-Пер	МЕТ		ЛАМ/Sp-Пер	ЛАМ/МЕТ
Rb	1.9	47	457	241	9.7
Ba	33	1442	10607	321	7.4
Nb	4.8	60	147	31	2.5
K	8300	16683	79680	10	4.8
La	2.6	-	348	134	-
Ce	6.3	80	629	100	7.9
Sr	49	747	1296	26	1.7
Ti	540	15480	37740	70	2.4

МАНТИЙНЫЙ МЕТАСОМАТИЗМ И АНОМАЛЬНАЯ МАНТИЯ

Признаки преобразования мантийного вещества под воздействием флюидных потоков

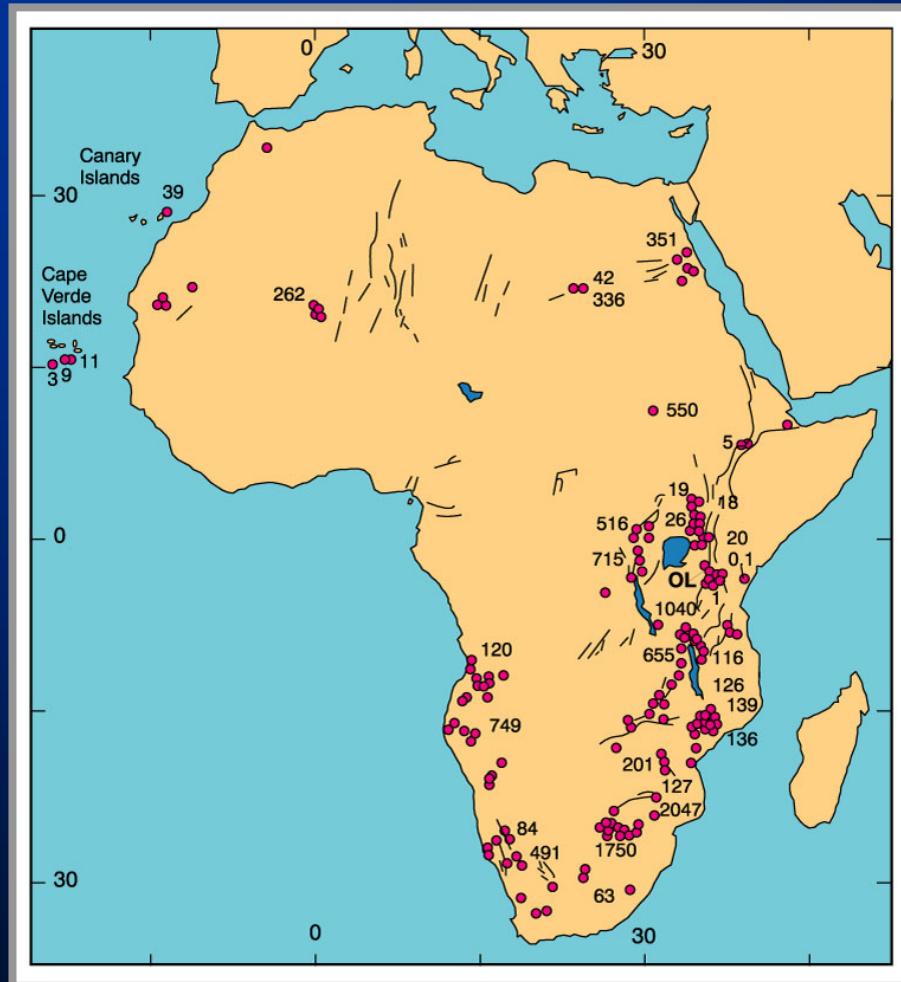
1. Находки ксенолитов с высоким содержанием гидросиликатов, фосфатов и минералов титана. Присутствие $Al-Fe-Ti$ клинопироксена.
2. Обогащение межзернового пространства нодулей редкоземельными элементами.
3. Обнаружение флюидных включений, заполненных высокоплотной двуокисью углерода (CO_2).

Присутствие CO_2 в мантийном источнике - важнейший фактор образования и эволюции щелочных магм.

Составы высокоМg пород ультра-К серий пограничных районов Уганды

Оксид	Лейцитит	Катунгит	Мафурит	Мафурит	Лампроит
	Вул. поле Бирунга	Вул. поле Торо-Анколе		Уганда	Австралия (105)
SiO_2	43.7	35.00	37.95	39.06	42.31
TiO_2	3.41	4.84	4.56	4.36	3.75
Al_2O_3	10.0	7.69	7.98	8.18	3.92
FeO	10.6	11.17	10.27	9.13	8.27
MnO	0.21	0.26	0.22	0.26	-
MgO	11.2	12.37	14.27	17.66	24.42
CaO	13.8	16.02	12.31	10.40	5.00
Na_2O	1.89	1.33	0.95	0.18	0.50
K_2O	2.90	3.54	6.33	6.98	4.01
P_2O_5	0.52	0.97	0.75	0.61	1.59

КАРБОНАТИТЫ: минеральный состав и ассоциации



В мире известно более 330 проявлений карбонатитовых лав.

Общая площадь не выше 100 км².

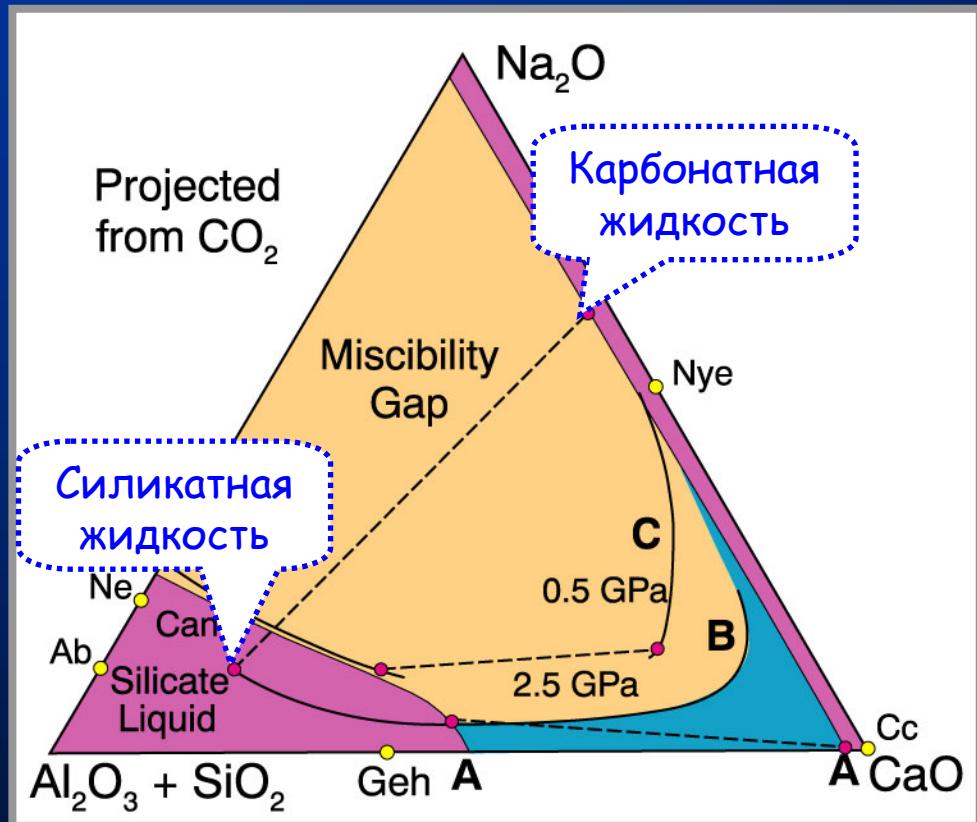
Карбонатит – магматическая порода, содержащая > 50% карбоната.

Обычно это кальцит, но может быть доломит или просто сода (влк. Олдоиньо-Ленгаи в Танзании).

Часто в ассоциации с Срх, щелочным амфиболом, Мт и биотитом.

Обычно карбонатиты ассоциируют с Na-щелочными сериями, включая породы от нефелинитов до фонолитов.

КАРБОНАТИТЫ: как продукт несмесимости карбонатно-силикатных систем

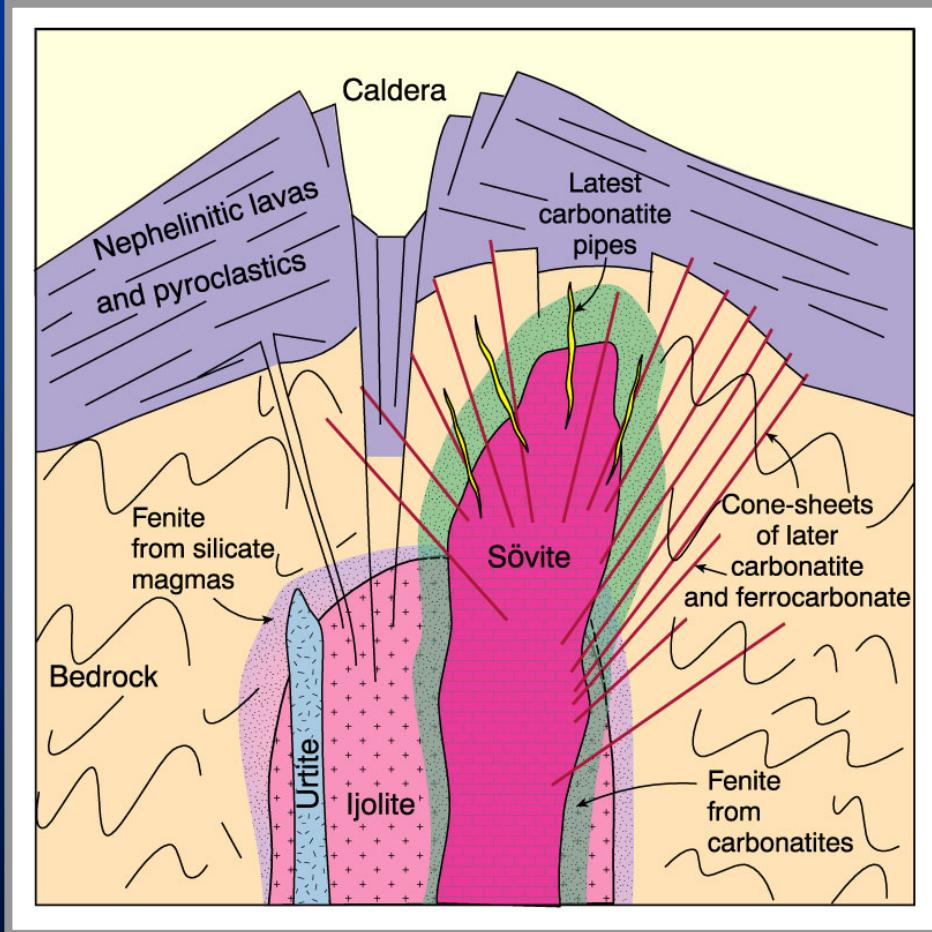


Фазовое расслоение в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CO}_2$. Проекция из вершины CO_2 для CO_2 -насыщенных условий.

Карбонатиты Вост. Африки

Оксид	Танзания	Уганда
SiO_2	0.16	13.53
TiO_2	0.02	1.94
Al_2O_3	0.0	2.40
FeO	0.25	11.66
MnO	0.38	0.45
MgO	0.38	8.45
CaO	14.02	35.33
Na_2O	37.22	0.87
K_2O	8.38	0.07
P_2O_5	0.85	3.27
H_2O^+	0.56	5.83
CO_2	31.55	11.64
SO_3	3.72	0.28

КАРБОНАТИТЫ: связь с интрузивными телами



Идеализированный разрез интрузивного комплекса, включающего карбонатиты.

В этой схеме главное тело карбонатитов (красный цвет) интрузирует комплекс щелочных пород.

В последующем оно прорывается лавами более поздних карбонатитов.

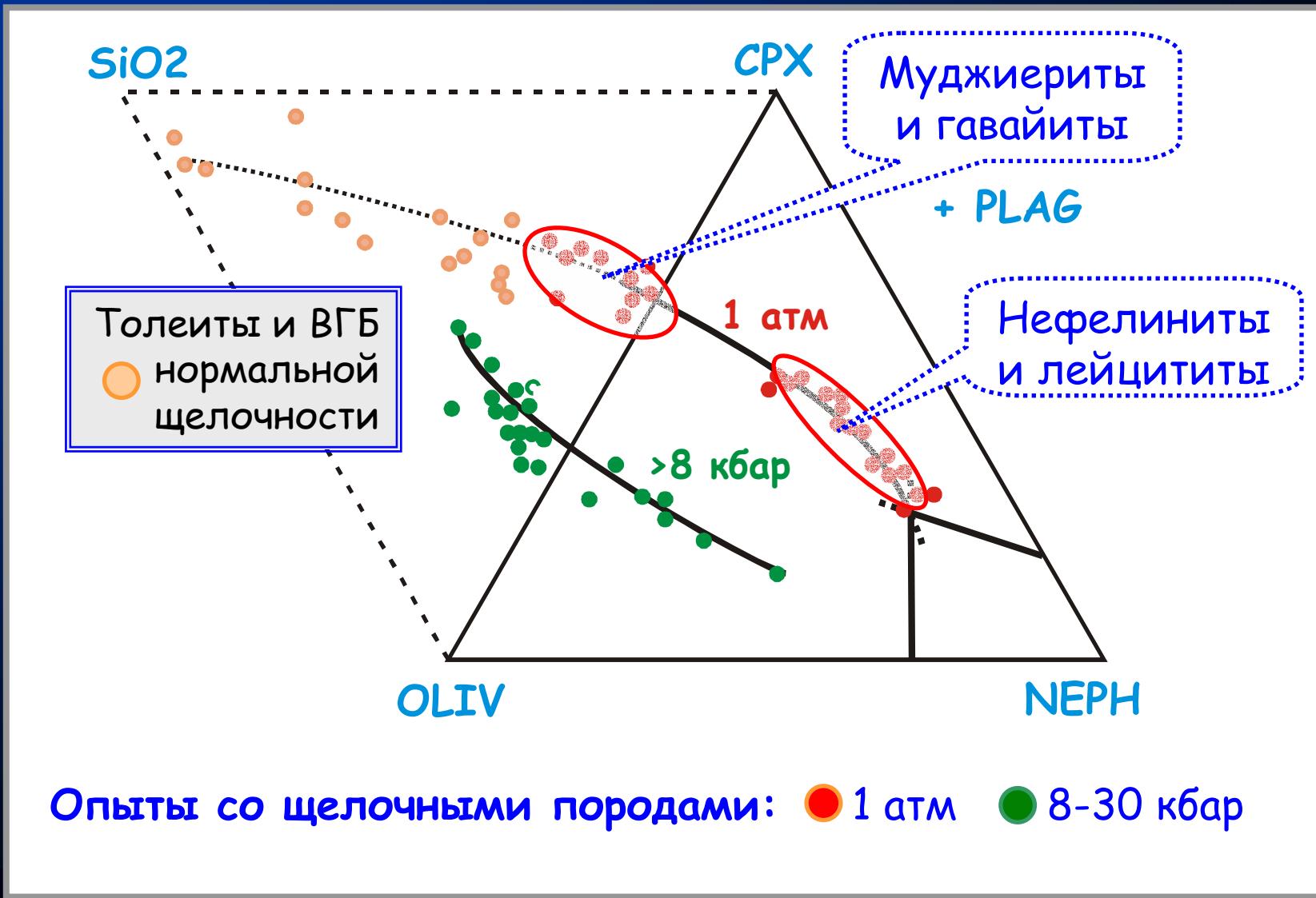
Поздние карбонатиты обычно обогащены железом и РЗЭ.

Интрузивные тела ийолитов, уртитов и карбонатитов окружены ареолами фенитизации.

СОСТАВЫ ПОРОД КЕНИЙСКОГО СВОДА

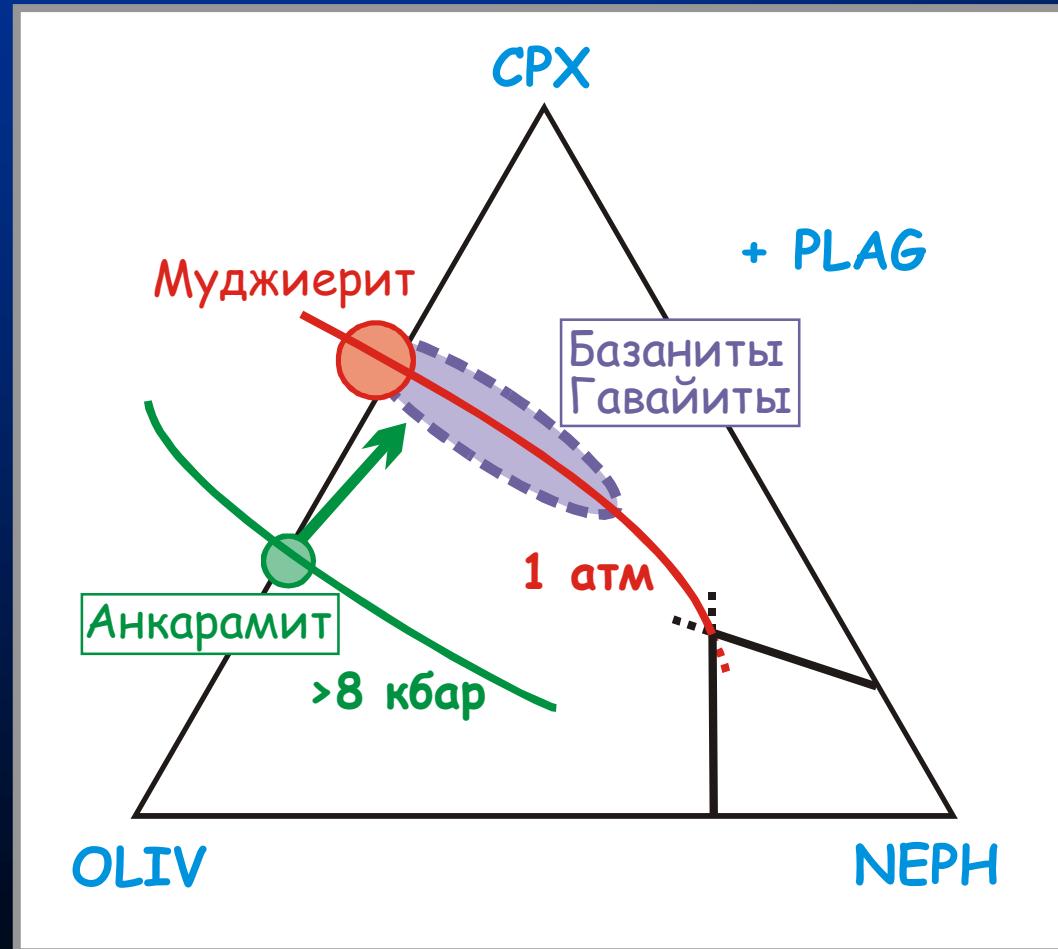
Оксид	Гавайитовая серия		Фонолит	“Трахитовая” серия		
	Базанит	Муджиерит		Трахибазальт	Бенмореит	Трахит
SiO_2	43.90	50.85	55.22	47.64	59.24	63.65
TiO_2	2.79	1.51	0.77	3.07	1.31	0.94
Al_2O_3	14.38	19.69	21.09	14.20	15.92	14.12
FeO	11.80	5.88	4.01	13.61	6.52	7.84
MnO	0.23	0.20	0.26	0.24	0.20	0.27
MgO	6.10	1.96	0.48	5.41	2.27	0.04
CaO	10.48	5.86	2.21	10.86	4.77	1.31
Na_2O	4.55	6.16	9.57	2.82	5.20	6.34
K_2O	1.56	3.69	4.56	1.23	4.10	5.22
P_2O_5	0.54	0.44	0.06	0.58	0.28	0.07
Нормативный состав						
Q	-	-	-	-	0.7	4.4
Ne	15.9	14.7	26.2	-	-	-
Di	29.1	9.5	5.6	22.9	11.5	5.4

Составы котектических стекол в опытах плавлению щелочных пород и нормальных базальтов



Проектирование составов пород щелочной серии влк. Карисимби на диаграмму OLIV-CPX-NEPH

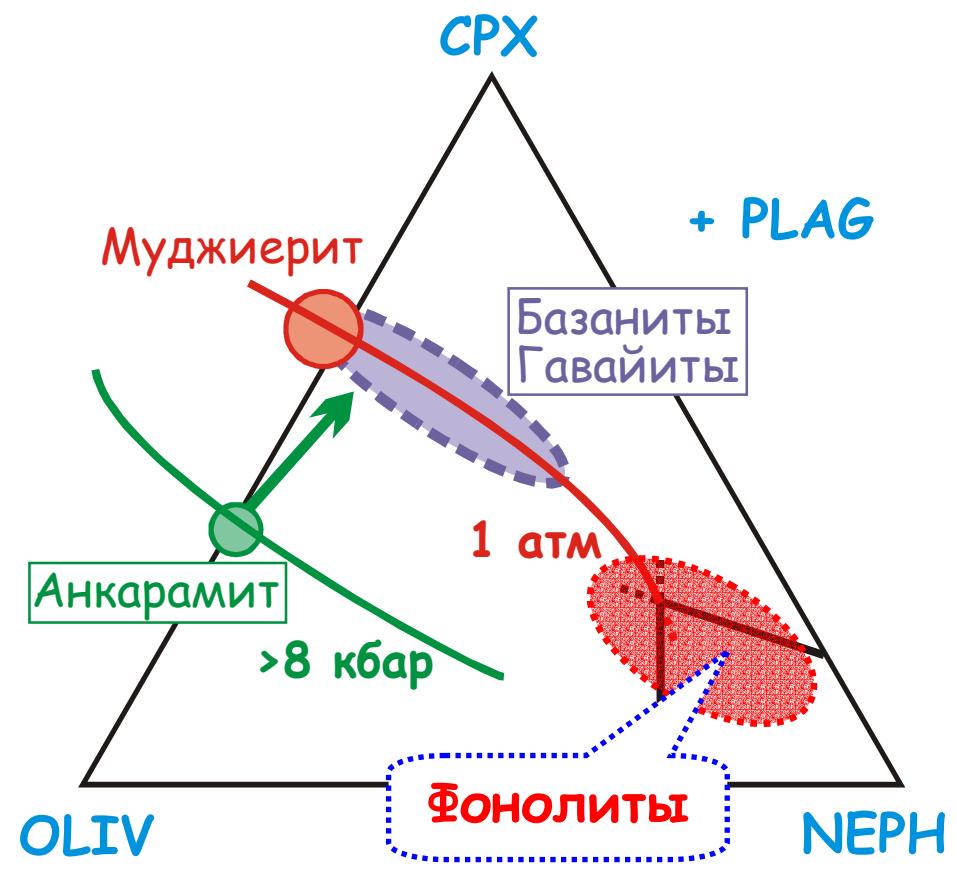
Анкарамит → гавайит → муджиерит → бенмореит → трахит



ВЫВОДЫ:

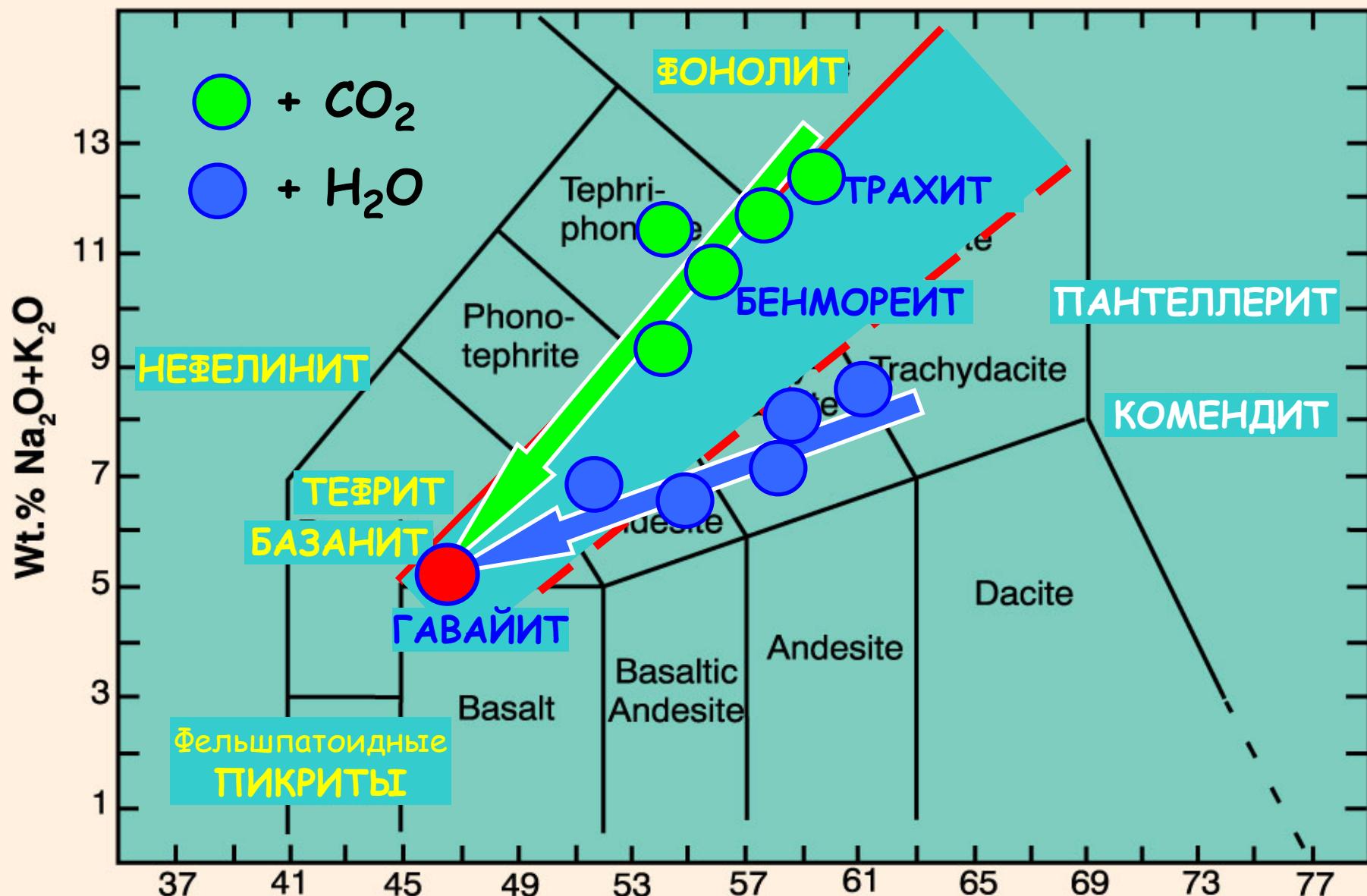
1. Базаниты и гавайиты представляют продукт фракционирования анкарамитовых магм
2. "Кислотная" часть серии от муджиеритов до трахитов может быть связана с источником посредством кристаллизации магнетита.

Проектирование составов фонолитов на диаграмму OLIV-CPX-NEPH



ВЫВОДЫ:

1. **Фонолиты могут быть** продуктом фракционной кристаллизации гавайитовых и нефелинитовых магм.
2. **Фонолиты могут представлять** результат плавления корового материала, имеющего состав щелочных базальтов.



РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТОВ ПО ПЛАВЛЕНИЮ ЩЕЛОЧНЫХ ПОРОД И АМФИБОЛИТИЗИРОВАННЫХ АНАЛОГОВ