

Всероссийское совещание (с участием иностранных ученых)
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОХИМИИ»,
посвященное 95-летию со дня рождения академика
Л.В.Таусона 22-26 октября 2012 года г. Иркутск, Россия



*Эволюционные ряды и
классификация ультраосновных-основных
высокомагнезиальных
вулканитов нормальной щелочности*

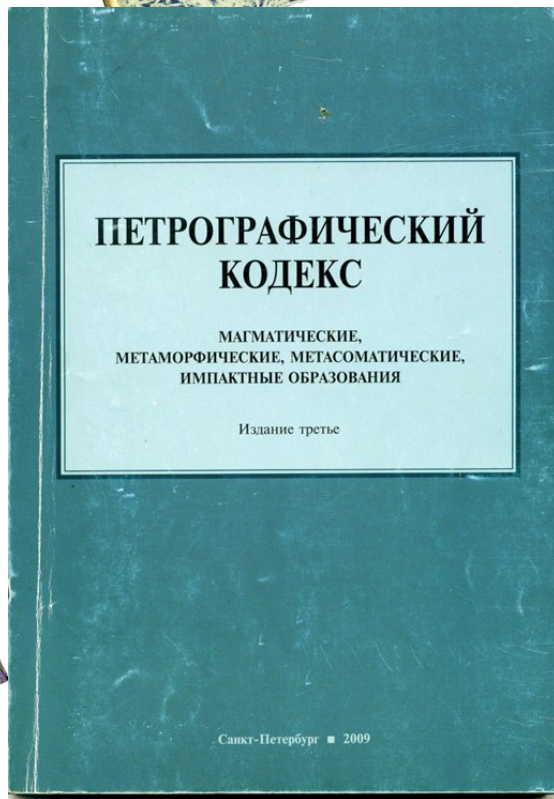
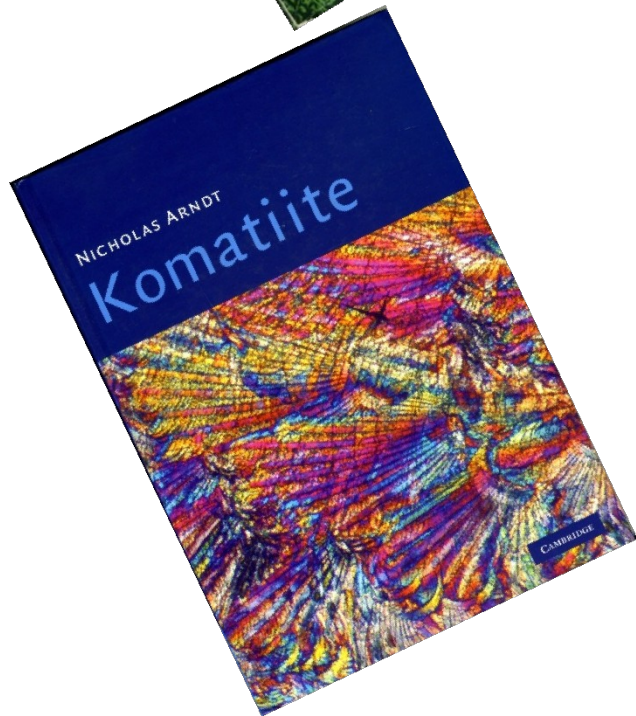
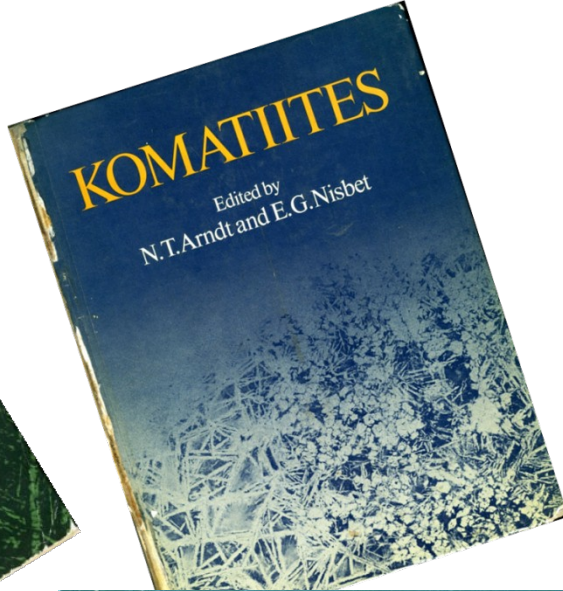
В.С. Куликов, В.В. Куликова, Я.В. Бычкова
Институт геологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск
ИГЕМ РАН, Москва

Иркутск, 2012

Вопросы классификации и номенклатуры ультраосновных - основных высокомагнезиальных вулканитов нормальной щелочности неоднократно обсуждается уже **более 30 лет после открытия коматиитов** [Классификация ,1981; 1997; Куликова, Куликов, 1981; Рябчиков и др., 1985; Коматииты.,1988; Куликов, 1988; Магматические...,1988; Марковский, Ротман, 1981; Петрографический...,1995; 2009; Петрохимические..., 2001; Попов, 1988; Смолькин, 1992; Штейнберг, 1985; A Classification..., 1989; Arndt et al., 2008; Davis, 1999; Hanski et al., 2001; Komatiites,1982; Kulikova, Kulikov, 1995; Le Bas, 2000; Streckeisen et al., 2011 и др.].

Классификации, рекомендованные Подкомиссией по систематике изверженных пород (ПСИП) Международного союза геологических наук и Терминологической комиссией (ТК) и ее преемниками МПК РАН имеют значительные различия, связанные с разными подходами к построению классификационных таблиц и диаграмм.

Авторы ограничились рассмотрением последних версий международной [Le Bas, 2000] и российской [Петрографический кодекс...,2009] классификаций, которые выделяют среди высокомагнезиальных вулканитов две группы: высокомагнезиальную, или коматииты и



Классификация МПК России, разработанная во ВСЕГЕИ и включенная в Петрографический кодекс (ПК) России [Петрографический.., 1995; 2009], также содержит ряд нерешенных вопросов, из которых следует отметить следующие.

- Несмотря на значительное разнообразие высокомагнезиальных ($MgO > 18\%$) вулканитов они объединены в одно семейство – «пикриты» (табл. 1 прил. 1 ПК-2009). Объем этого семейства в ПК-2009 претерпел значительные изменения по сравнению с ПК-1995: **увеличено количество видов горных пород до 5 (пикрит, ферропикрит, низкотитанистый пикрит, высокотитанистый пикрит и ультраосновной пикробазальт) вместо 3 (меймечит, пикрит и коматиит)** и введены новые параметры, в т. ч. алюмотитановый модуль (АТМ) – Al_2O_3/TiO_2 ..

- Приведенные **петрохимические составы вулканитов (табл.1, прил. 1 ПК-2009), очевидно, не всегда пересчитывались на 100% (без H_2O , CO_2), как это требует ПК, и поэтому содержания ряда окислов занижены (особенно SiO_2) на 2-5%, вследствие чего *преобладающая часть вулканитов коматиитовой серии оказалась в отряде ультраосновных пород (меньше 45% SiO_2), хотя пересчитанные содержания кремнезема в них составляют 50% и выше, что соответствует основным породам.***

-

Коматиит рассматривается как структурная разновидность пикрита.

Но термин «коматиит» основательно вошел в мировую литературу и понижать его статус как вида (ПК-1995) до разновидности (ПК-2009) нецелесообразно.

- Не решен вопрос о месте низкотитанистых пикритов, которые по ряду петрохимических характеристик сопоставимы с коматиитами.
- Впервые выделенные низко- и высокотитанистый пикриты и ультраосновной пикробазальт недостаточно обоснованы и в качестве самостоятельных видов требуют уточнений.

Ранее [A Classification..., 1989] к высокомагнезиальным вулканитам относились:

бониниты ($MgO > 8\%$),

пикритовые породы ($MgO > 18\%$) - пикрит ($Na_2O + K_2O > 1\%$), коматиит ($Na_2O + K_2O < 1\%$ и $TiO_2 < 1\%$) и меймечит ($Na_2O + K_2O < 1\%$ и $TiO_2 > 1\%$).

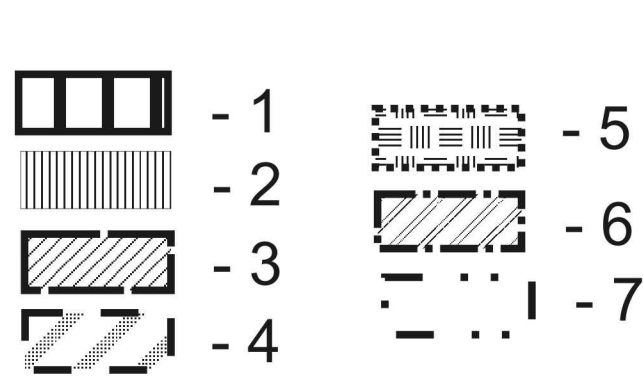
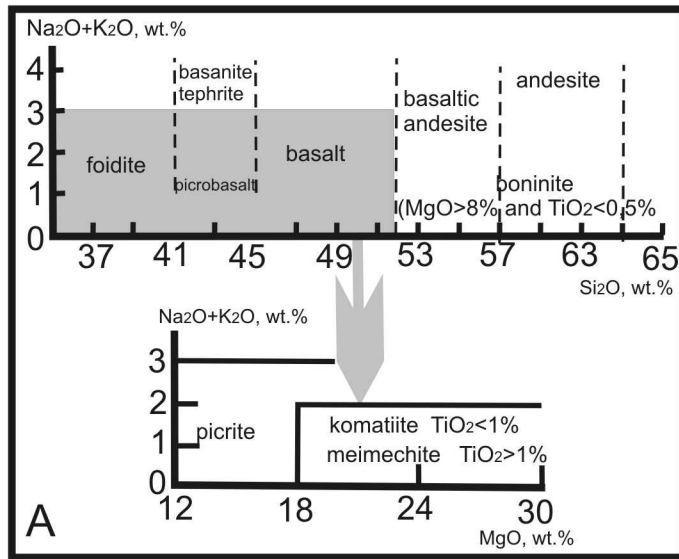
Для первой группы минимальное содержание MgO -18% (вес.%), а для второй – 12%.

На диаграмме **TAS** граница между бонинитом и коматиит-меймечит-пикритом устанавливается по содержанию SiO_2 -52%.

Максимальное содержание щелочей ($Na_2O + K_2O$) принимается

для коматиитов и меймечитов 2%,

для пикритов – 3%: $TiO_2 > 1\%$ для меймечитов и для



На диаграмме $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ наблюдаются значительные перекрытия полей пикрита, меймечита, низкотитанистого пикрита и ферропикрита, а также, частично, коматиита и низкотитанистого пикрита, что отмечалось ранее [Коматииты..., 1988; A Classification..., 1989 и др.] и поэтому было доказано, что она мало пригодна для классификации высокомагнезиальных вулканитов. Диаграмма $\text{MgO} - \text{TiO}_2$, где поле ферропикрита располагается в центральной части пикритового, низкотитанистые пикриты перекрывают поле коматиитов, но остальные не пересекаются, традиционно наиболее пригодна для классификационных целей, поскольку именно здесь однозначно установлено большинство видовых границ, рекомендуемых нами по: $\text{MgO} - 18$ и 35% ; $\text{TiO}_2 - 0.5, 1.0, 1.5, 2.5\%$. Некоторые из них приняты в международной (и, частично, российской) классификациях ($\text{MgO} - 18\%$; $\text{TiO}_2 - 0.5, 1.0\%$).

Авторами на основе анализа последних версий обеих классификаций с привлечением собственных материалов по коматиитовым и пикритовым сериям Фенноскандии, с использованием новых данных по геологии, петрологии и геохимии [Arndt et al., 2008 и др.] предложен новый вариант классификации в формате, принятом для ПК -2009. В основу положены следующие принципы, которые не противоречат рекомендациям ПСИП и ТК.

1. Главный критерий классификации ПЕТРОХИМИЧЕСКИЙ. Его выбор обусловлен тем, что многие высокомагнезиальные вулканиты содержат значительное количество раскристаллизованного или измененного стекла, а первичные минералы (оливины, пироксены, плагиоклазы и др.) редко сохраняются, особенно в докембрийских комплексах, что не позволяет объективно использовать модальный состав этих пород в качестве главного критерия.
2. Расчет нормативного состава минералов для этих пород также представляется нецелесообразным, так как он существенно отличается от модального для этих вулканитов и поэтому малопригоден.
3. Все используемые химические анализы пересчитывались на 100% (без H₂O, CO₂).
4. Главной границей, отделяющей высокомагнезиальные вулканиты от других вулканических пород, признается содержание **MgO=18%**, т.е. для первых оно является минимальным, а для вторых – максимальным.

Эта граница делит соответствующие ультрамафит-мафитовые петрохимические серии и ассоциации на мафитовые и ультрамафитовые части [Komatiites.

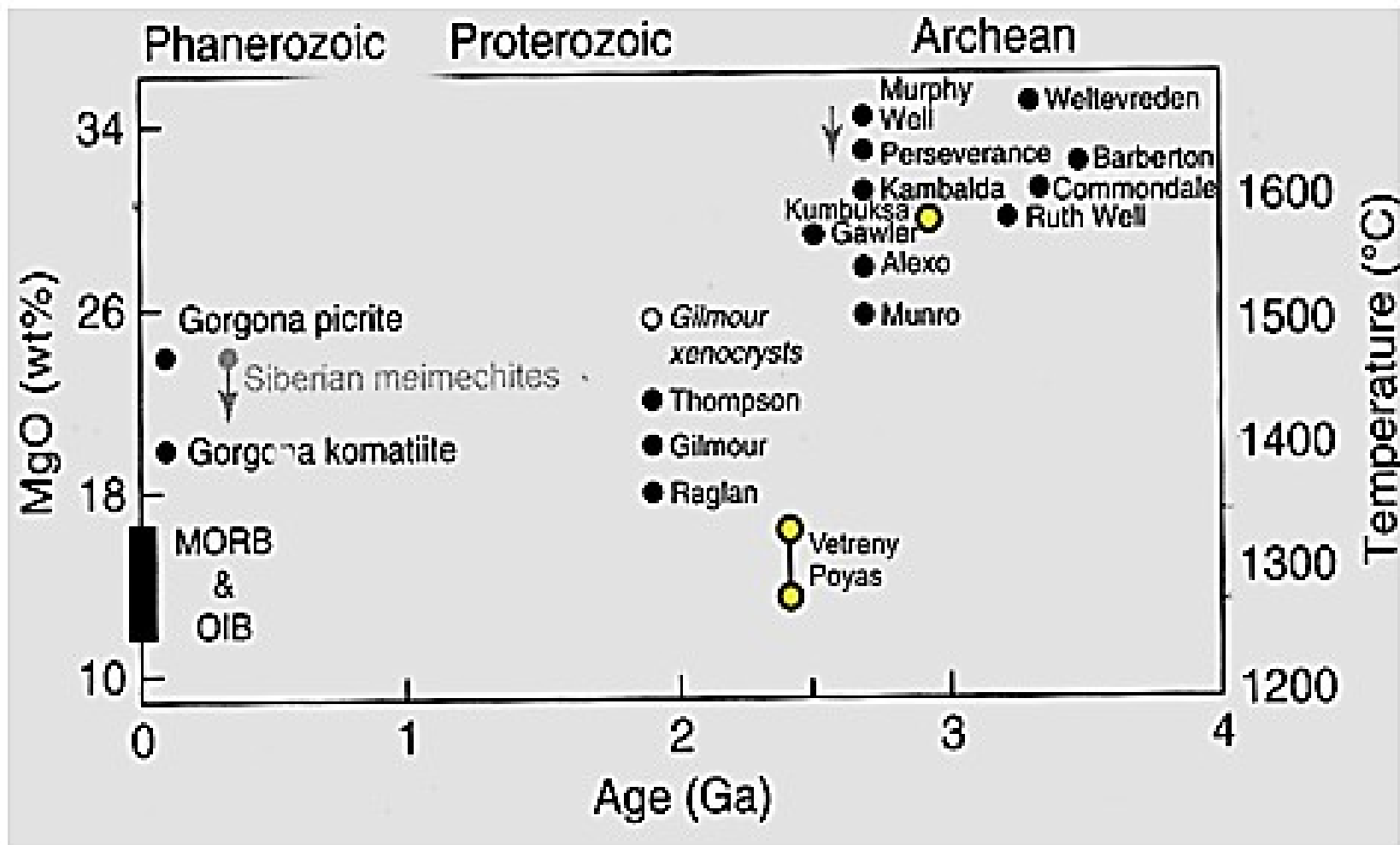
5. Ультрамафитовые вулканиты с учетом международных и отечественных исторических традиций, особенностей вещественного состава и специфичности структур наиболее представительных пород впервые **разделяются на три семейства: коматиитовое, меймечит - пикритовое и марианит - бонинитовое.**

Последнее относится в основном к средним породам, что выходит за рамки данной работы, но известны некоторые бониниты с содержанием $\text{SiO}_2 < 52\%$ [Магматические..., 1985].

Каждое из семейств характеризуется различными временными интервалами своего расцвета в истории Земли (**первое - в архее, второе - в протерозое – фанерозое и третье - в мезо-кайнозое**).

Время образования высокомагнезиальных магматитов

(Arndt et al, 2008)



В пределах каждого семейства по содержанию MgO, TiO₂ и суммы FeO+Fe₂O₃, а также величинам важных для ультрамафитов петрохимических отношений Al₂O₃/TiO₂ и CaO/Al₂O₃ выделяются самостоятельные виды горных пород.

Основными границами между ними являются: по MgO - 18 и 35%; TiO₂ – 0.3, 0.5, 1.0, 1.5 и 2.5%; FeO+Fe₂O₃ - 14%.

Граница MgO=35% предлагается впервые, она характеризует максимальное содержание магнезии в коматиитах с оливиновым спинифексом, установленное в природных объектах [Arndt et al.,2008], и, очевидно, отражает наиболее магнезиальные магматические расплавы, существовавшие на Земле.

Разновидности пород выделяются с учетом их минеральных и структурных особенностей, а также некоторых специфических петрохимических параметров (напр., содержание Al [Arndt et al., 2008, Komatiites, 1982]).

На основании вышеизложенного и учитывая принятую в отечественной и мировой литературе номенклатуру горных пород в новой таблице помещено 7 выделенных видов высокомагнезиальных (MgO>18%) вулканитов: в коматиитовом семействе два (коматиитовые перидотит –дуниты и коматииты), меймечит-пикритовом - четыре (меймечит, пикрит, ферропикрит и низкотитанистый пикрит) и марианит-бонинитовом - один (марианит).

Ультраосновные – основные высокомагнезиальные (MgO >18%)

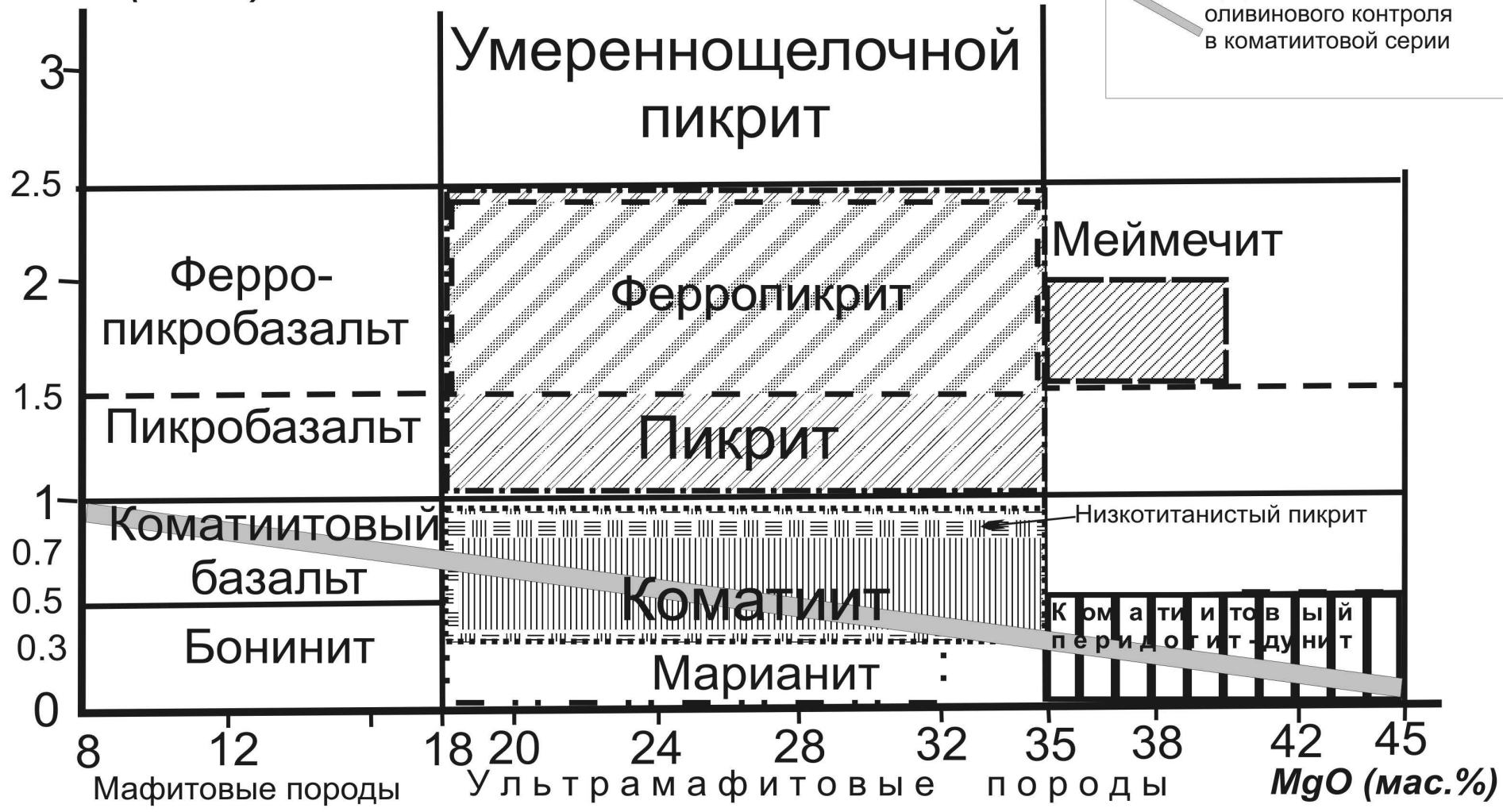
Вулканические породы.

подотряд нормальной щелочности ($35 < \text{SiO}_2 < 52$; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} < 2$)

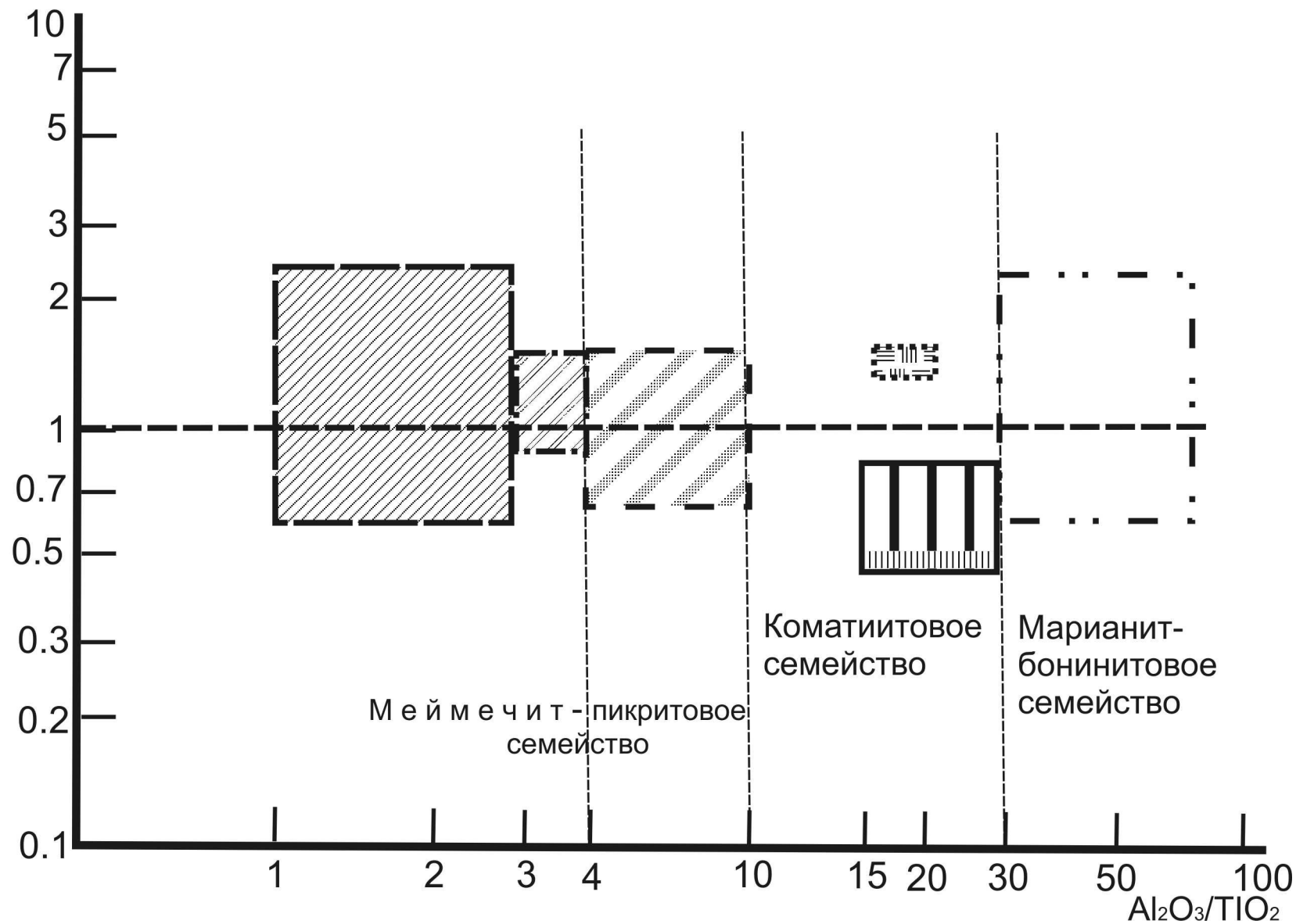
Семейства горных пород	Коматиитовое		Меймечит-пикритовое				Марианит- бонинитовое
Виды горных пород	Кома- тиитовый перидотит- дунит	Коматиит	Меймечит	Пикрит	Низко- титанистый пикрит	Ферро-пикрит	Марианит
SiO ₂	39 - 45	46 - 52	39 - 42	38 - 48	42 - 45	44 - 48	52 - 57
TiO ₂	0.1 - 0.5	0.3 - 0.7	1.5 - 2	1 - 5	0.2 - 0.9	1.3 - 2.5	0.1 - 0.3
Al ₂ O ₃	1 - 7	5 - 11	2 - 4.5	4.5 - 9	3.5 - 5	4.5 - 8	3.5 - 6
Fe ₂ O ₃	4 - 12	2 - 10	4 - 10	1.5 - 9	2 - 5	2 - 7	0.5 - 4
FeO	1 - 7	1 - 9	4 - 9	3.5 - 12	7.5 - 12	8 - 14	5 - 8.5
MnO	0 - 0.2	0.1 - 0.4	0.2 - 0.3	0.2 - 0.3	0.1 - 0.2	0.1 - 0.2	0.1 - 0.3
MgO	35 - 45	18 - 35	35 - 40	18 - 35	18 - 35	18 - 31	18 - 32
CaO	0 - 5	2.5 - 9.5	3 - 6	2.5 - 11	5 - 7	3 - 13	2 - 4.5
Na ₂ O	0 - 0.01	0.03 - 0.5	0.1 - 0.8	0.1 - 0.5	0.2 - 0.5	0.05 - 0.3	0.3 - 1
K ₂ O	0 - 0.01	0.01 - 0.2	0.15 - 0.5	0 - 0.4	0.1 - 0.3	0.01 - 0.05	0.1 - 0.4
Al ₂ O ₃ /TiO ₂	13 - 23	15 - 25	1 - 3	4 - 9	17 - 19	3 - 4	30 - 70
CaO/Al ₂ O ₃	0.6 - 0.7	0.5 - 0.7	1.3 - 2	0.7 - 1.5	1.2 - 1.6	0.9 - 1.4	0.6 - 2.2
Модальный Минераль- ный состав (первичный)	Ol - 50-95 Срх + Орх до 50, Chr, Mt, стекло	Вкрапленники: Ol (скелеты, пластинки, изометрич. и др.), Срх (иголки и др.). Матрица: стекло, Chr, Mt	Вкраплен- ники Ol до 70%. Матрица: Ol, Срх, Mt, Phl, стекло	Вкрап.: Ol, Срх, Нbl < 10% Матрица: Срх, Ol, Mt, Phl, Pl, стекло	Вкрап.: Ol до 50%, Срх до 60%. Матрица: Срх, Ol, Mt, стекло	Вкрап.: Ol, Срх, Chr Матрица: Ol, Срх, Нbl, Chr, Mt	Вкрап. (Орх, Ol, Срх) Матрица: Орх, Срх, Ol, Pl, стекло
Основные Разновидно- сти	Комати- итовый дунит (Ol > 90), комати- итовый перидотит (Ol < 90)	Al – деплетиров. (ATM ~ 10 - 15; CaO/Al ₂ O ₃ > 1), Al- недеплетиров. (ATM ~ 15-25; CaO/Al ₂ O ₃ < 1); 3) феррокоматиит (FeO+Fe ₂ O ₃ > 14). По структуре: спинифексовый, афировый, Ol- фировый, массивный		Роговообман- ковый, плагноклазо- вый, флогопитовый			
Характер- ные особенности видов	Мезо- и Адкумуля- ты Ol, Рх	Структура спинифекс (Ol и Срх - Ol) ATM – 10 - 30	ATM - 1-3	ATM < 10 Структура Рх - Ol-фировая, массивная	ATM - 17 - 19	ATM -3-4 FeO+Fe ₂ O ₃ > 14	Стекло дацитовое. ATM 30 - 70

TiO_2 (мас.%)

- усредненная линия
оливинового контроля
в коматиитовой серии



CaO/Al₂O₃



(по "Классификации..." 1981)

гранит

анортозит

диорит

троктолит

оливиновое габбро

габронорит

клинокорксенит

шестерит

ортопироксенит

верлит

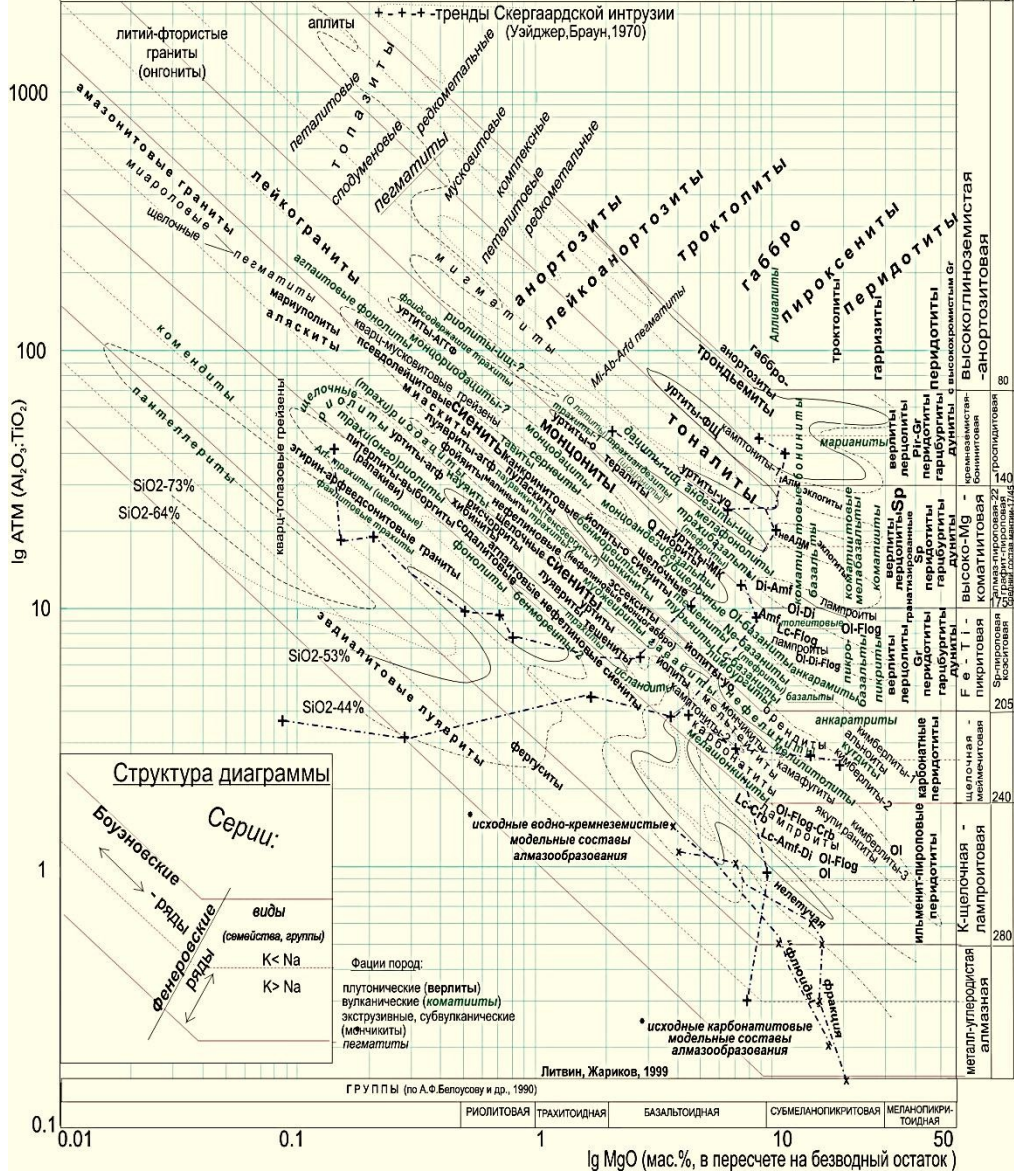
перцолит

гарцбургит

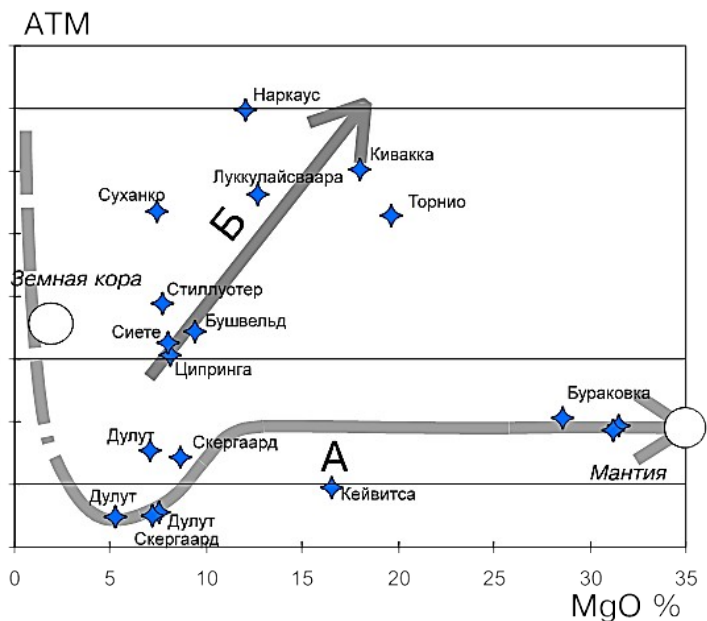
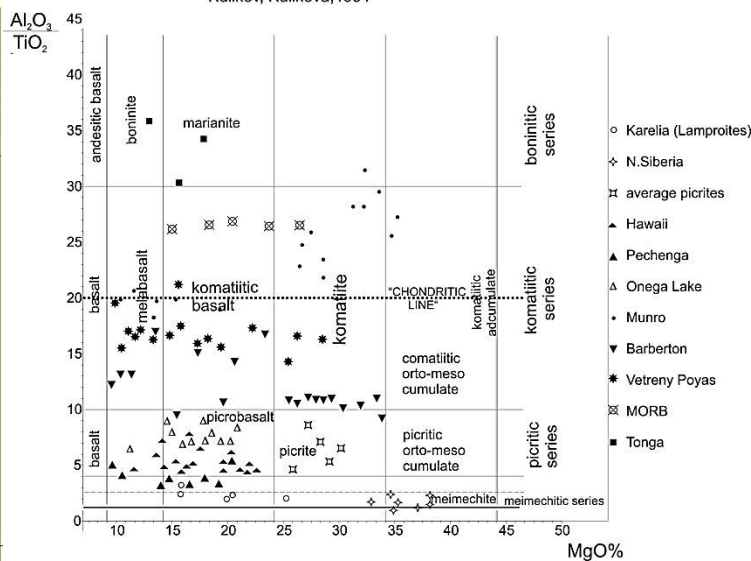
ДУДИТ

Серии:

Предполагаемая глубина
верий и фазий глубинности



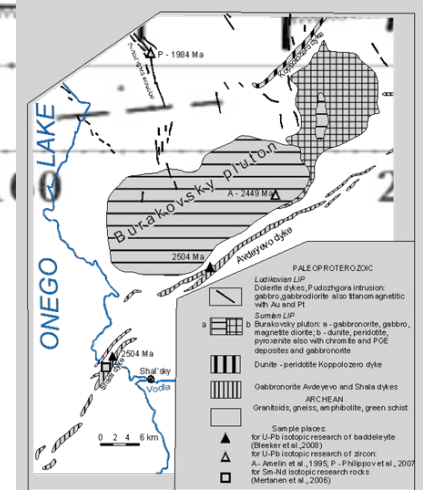
The classification and nomenclature of the "high-Mg" volcanic rocks
Kulikov, Kulikova, 1991

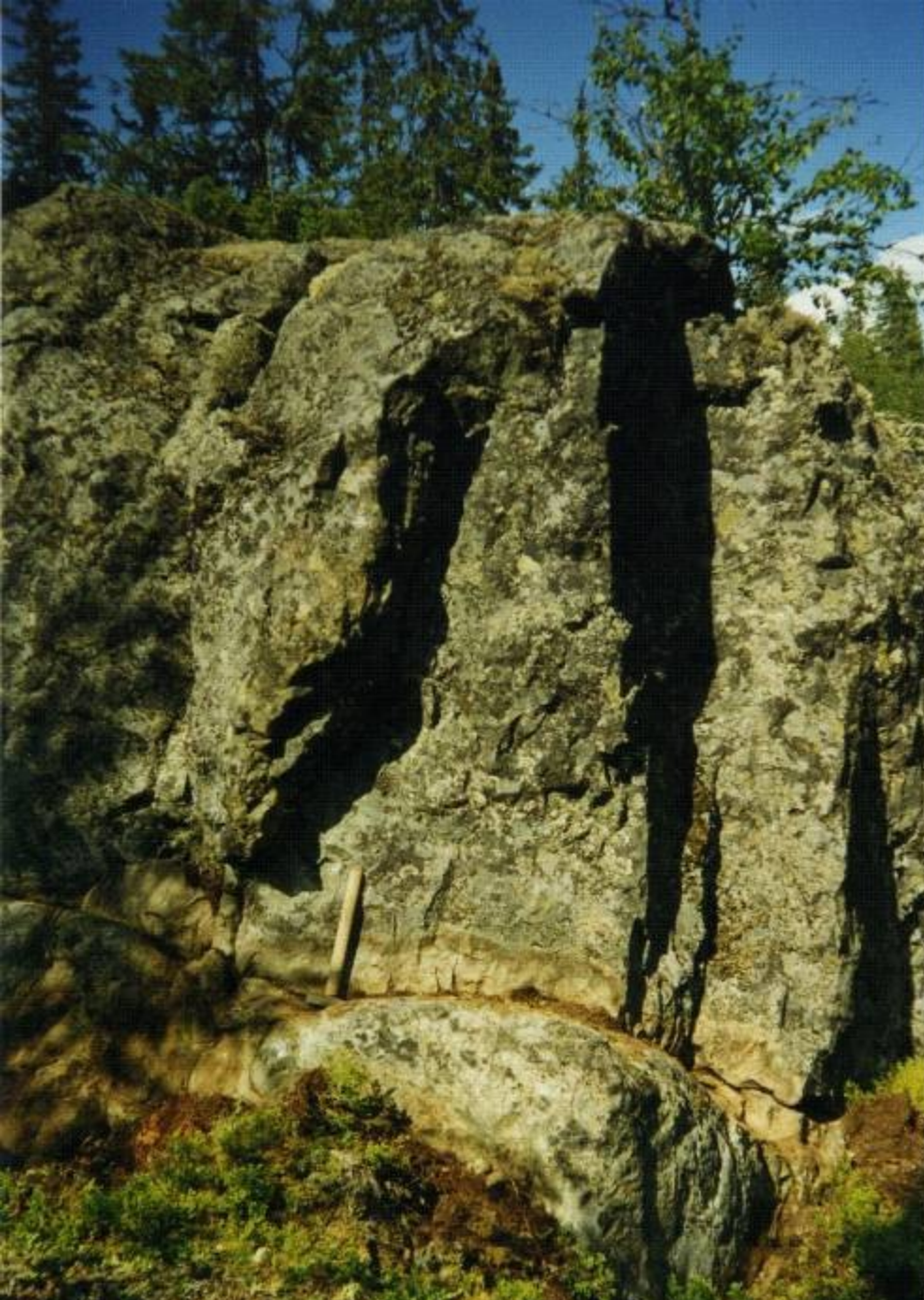


Водлозерский блок Карельского кратона

Повенецкий сегмент

Пудожский сегмент





The contact of lava flows



Pyroxene spinifex in lava lake Victoria





Выводы.

1. Авторы предлагают рассматривать новую таблицу с тремя диаграммами TAS, MgO – TiO₂ и ATM – CaO/Al₂O₃ в качестве кандидата на замену классификационной табл.1 в прил.1 ПК - 2009. При этом потребуется некоторая корректировка аналогичных таблиц ПК для основных и средних вулканитов с учетом их специфичных магнезиальных видов и необходимого согласования текста «Петрографического кодекса».

2. Заслуживает более четкого определения термин «высокомагнезиальный вулканит». Если принять для него минимальную границу MgO - 18%, то вулканиты с содержанием MgO - 8-18% следует именовать «магнезиальный вулканит» (включая коматиитовый базальт, пикробазальт, бонинит и др.)(см рис.3).

.

3. Требуется обсуждения вопрос о дальнейшем расчленении и наименовании пикритовых пород, в т.ч. с учетом их щелочности, а также наличием в некоторых видах структур оливинового спинифекса [Смолькин, 1992].

4. Целесообразно по аналогии с кислыми и средними породами установить границу между нормально - и низкощелочными подотрядами и для основных и ультраосновных вулканитов. Она на диаграмме TAS в виде ломаной линии имеет следующие точки перегиба с координатами по SiO_2 и $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (соответственно, в %): 37 – 0.1, 45 – 0.5, 52 – 2.0 (см. рис.2).

5. Данные предложения в случае поддержки их Межведомственным петрографическим комитетом России следует направить в Подкомиссию по систематике изверженных пород МСГН для совершенствования мировой классификации высокомагнезиальных вулканитов

**Благодарим
за внимание!**

