

TAS-ДИАГРАММА СУММА ЩЕЛОЧЕЙ – КРЕМНЕЗЕМ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ И ДИАГНОСТИКИ ПЛУТОНИЧЕСКИХ ПОРОД

Подготовлена TAS-диаграмма для первоначальной диагностики и классификации плутонических пород на основе базы данных, содержащей около 11 000 химических анализов плутонических пород из разных регионов мира. Использована методика, апробированная авторами при детализации этой диаграммы для вулканических пород. Для всех групп пород строились гистограммы частоты распределения по каждому из двух параметров (SiO_2 и ΣAlk). На диаграмме околонуливались области максимальной концентрации параметров и с учетом этих областей проводились границы полей плутонитов. Статистически обосновано 20 полей для групп плутонитов различной щелочности и кремнекислотности.

Ключевые слова: *TAS-диаграмма, плутонические породы, классификация магматических пород.*

The TAS-diagram for the initial identification and classification of plutonic rocks is based on a database containing about 11 000 chemical analyzes of plutonic rocks from different regions of the World. The method applied by the authors during detailing of this diagram for acid volcanic rocks is used. For all groups of rocks histograms of distribution frequency for each of the two parameters (SiO_2 and ΣAlk) were charted. The areas of maximum concentration of parameters were outlined on the diagram, and the boundaries of fields plutonites were delineated taking into account these areas. Thus, 20 fields for groups of plutonic rocks of various alkalinity and silica were statistically proved.

Keywords: *TAS-diagram, plutonic rocks, classification of igneous rocks.*

Одна из важнейших задач петрографии – петрологии состоит в обеспечении геологических работ единообразным подходом при диагностике кристаллических горных пород и унифицированной петрографической номенклатурой. С целью решения этой задачи Подкомиссией по систематике магматических пород МСГН (далее Подкомиссия) еще в начале 1980-х годов была рекомендована для практического использования диаграмма сумма щелочей – кремнезем (TAS) для химической классификации вулканических горных пород. Эта диаграмма в дальнейшем, на основе созданной базы данных (около 5000 анализов), была усовершенствована авторами этой статьи для кислых вулканитов и трахитов [5, 6]. При обосновании новых полей для названных пород соблюдались все принципы и правила, принятые Подкомиссией [7, 8, 11]. В усовершенствованном виде диаграмма была представлена международной петрографической обществу на 33-м Международном геологическом конгрессе (МГК) в Осло (2008 г.) [16] и введена в Петрографический кодекс России [3].

Опыт практического применения этой диаграммы показал, что она удобна для использования, так как для диагностики пород на ее основе требуются только два параметра – значения содержания кремнезема и суммарного содержания оксидов натрия и калия (суммы щелочей). Диаграмма широко используется как простейший способ первоначальной диагностики пород, что, естественно, не исключает дальнейшего более детального их классифицирования (по типу щелочности, магнетиальности и т. д.). Однако эта диаграмма была составлена для химической классификации вулканических горных пород и использовалась именно для их диагностики, хотя и существует несколько не имевших широкого практического применения

вариантов [1, 2, 4, 9, 10, 13, 14, 19] ее адаптации для плутонитов. На 33-м МГК председателем Подкомиссии Бернардом Бонином перед петрографами был поставлен вопрос о том, может ли TAS-диаграмма быть использована для диагностики плутонических пород. Чтобы ответить на этот вопрос, мы проанализировали возможность и правомерность использования TAS-диаграммы для плутонитов. Нами была создана база данных, содержащая около 11 000 химических анализов плутонических пород основного, среднего и кислого составов различной щелочности из опубликованных работ по разным регионам мира. Нанесение параметров составов пород на TAS-диаграмму продемонстрировало (рис. 1) значительный разброс точек, связанный с неоднозначностью толкования геологами ряда терминов, поэтому потребовалась статистическая обработка собранных материалов с целью выявления областей максимальной концентрации анализируемых химических параметров для тех или иных плутонических пород.

Определение границ полей для групп пород на TAS-диаграмме производилось с использованием методики, апробированной авторами при детализации диаграммы для вулканических пород [5].

Обсуждение полученных границ полей на TAS-диаграмме для плутонических пород приводится в порядке от основных пород к кислым при различном уровне их щелочности. Поскольку в природе между породами разных групп магматических пород четкие границы отсутствуют, то и на диаграмме принимаемые нами границы между группами пород условны, с пограничными «зонами неопределенности». Для ультраосновных и основных ультрамафических пород поля на TAS-диаграмме не определялись, поскольку для классификации этих пород существенны такие химические параметры,

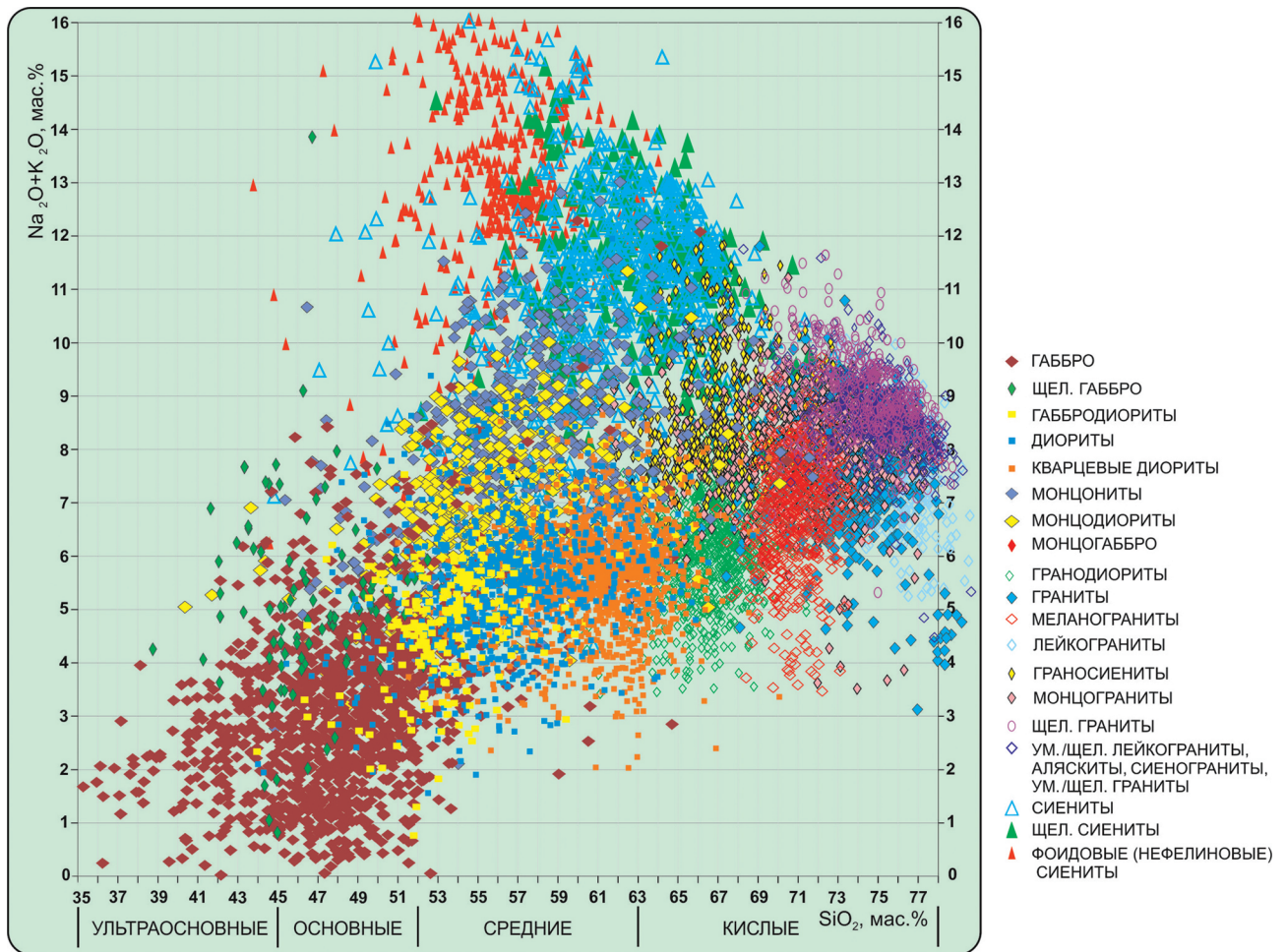


Рис. 1. Распределение точек составов плутонических пород на диаграмме $\Sigma\text{Alk} - \text{SiO}_2$. Приведены авторские названия пород

как содержание оксидов магния, железа, титана, которые не учитываются TAS-диаграммой.

Плутонические породы основного состава различного уровня щелочности. В этот ряд объединены габбро, низкощелочные *габбро* и умереннощелочные габбро (монцогаббро *).

Габбро. Термин габбро используется исследователями, судя по обилию точек параметров на диаграмме (рис. 2), очень часто, но понимание состава этих пород в работах различных авторов не всегда однозначно, что отразилось на довольно значительном разбросе точек как по кремнекислотности, так и по суммарной щелочности. Однако при этом область их максимальной концентрации вполне отчетливо локализовалась в пределах 46,0–52,0% SiO_2 и около 2–5,0% ΣAlk . Это позволило приблизительно в тех же координатах – (45,0; 1,5), (52,0; 2,5), (45,0; 3,0) и (52,0; 5,0) – обосновать границы поля этих пород на TAS-диаграмме. Следует отметить практически полное совпадение полученных нами границ поля габбро с границами поля базальтов на TAS-диаграмме для вулканитов

[3, 7, 8, 15], что подтверждает понимание этих пород всеми исследователями как разноглубинных аналогов, отвечающих, по-видимому, первичной базальтовой магме.

В отмеченных выше пределах по кремнекислотности, кроме области максимальной концентрации точек параметров собственно габбро нормальной щелочности, на диаграмме обособляется, хотя и менее отчетливо, совокупность точек составов пород с более низкой суммарной щелочностью (0,5–1,5%). Вероятно, именно эта область отражает существование габбро пониженной щелочности, что и позволяет выделить на диаграмме поле низкощелочных габбро.

Монцогаббро, или умереннощелочные габбро. По существующей традиции умереннощелочные габбро считаются плутоническими аналогами трахибазальтов. В то же время оказалось, что в опубликованных работах породы с близкими трахибазальтам параметрами исследователи чаще всего называют «щелочными габбро» и реже «монцогаббро». Можно предположить, что авторы использованных для создания базы данных работ стремились главным образом подчеркнуть повышенную щелочность габброидов, не учитывая при этом ее уровень. Известно, что в габброидах – базальтоидах только при суммарной щелочности, превышающей 5,5–6,0%, могут появиться фойдовые минералы, и только в этом случае возможно отнесение пород к действительно щелочным габбро.

* В мировой практике для обозначения умеренной щелочности плутонических пород основного и среднего составов, как правило, используется префикс монцо- в сочетании с названием породы нормальной щелочности (монцогаббро, монцогаббродиорит, монцодиорит), а для умереннощелочных кварцевых диоритов – монцонит.

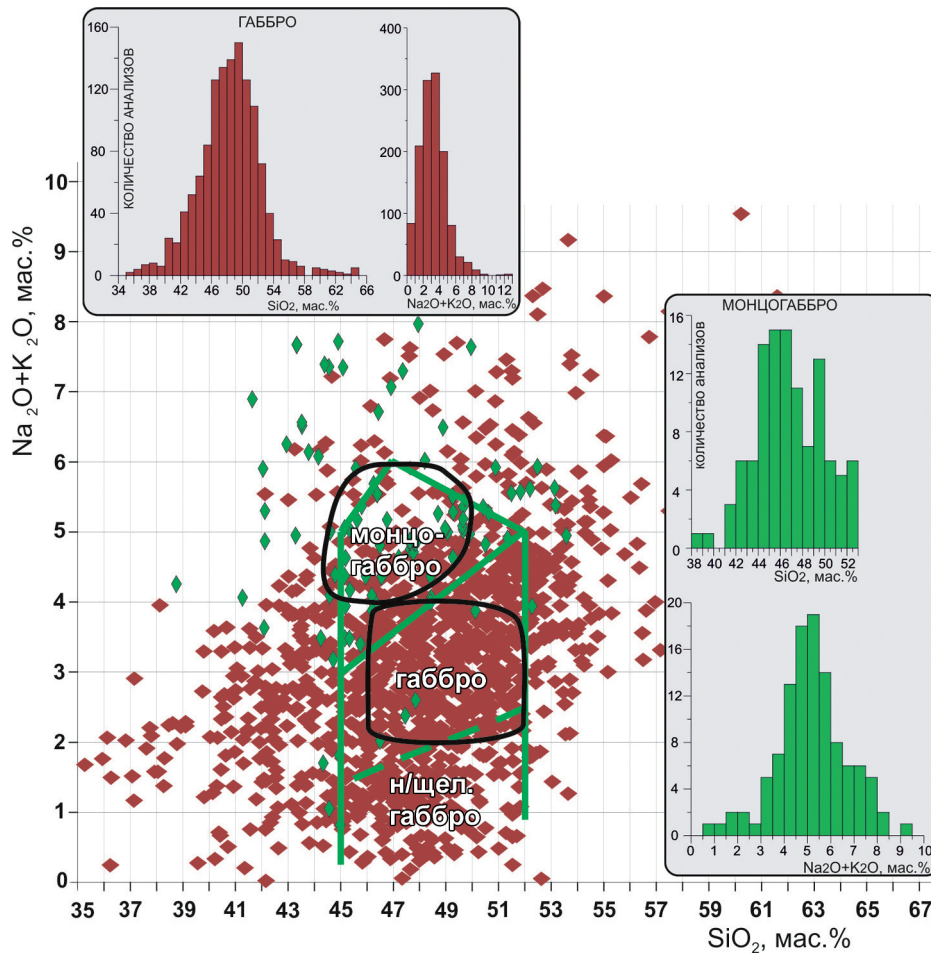


Рис. 2. Области максимальной концентрации химических параметров (на основе гистограмм) и границы полей габбро – монцогаббро на диаграмме $\Sigma\text{Alk} - \text{SiO}_2$

Нанесение точек параметров габбро, монцогаббро, а также т. н. щелочных (по авторским названиям) габбро на TAS-диаграмму показало определенный разброс этих точек. Однако анализ гистограмм распределения их значений отчетливо выявил область максимальной частоты встречаемости пород, близких по параметрам к трахибазальтам, т. е. область монцогаббро. Область их распространения позволяет обосновать поле монцогаббро, имеющее с учетом общепринятой границы ультраосновных и основных пород координаты (45;3), (52;5), (45;5) и (47; 6) (рис. 2).

Плутонические породы среднего состава различного уровня щелочности. Плутониты этого состава – аналоги андезибазальтов, андезитов, трахиандезибазальтов и трахиандезитов – образуют два различающихся по уровню щелочности ряда пород: нормальной (габбродииориты, диориты, кварцевые диориты) и умеренно повышенной щелочности (монцогаббродииориты, монцодиориты, монцониты).

Габбродииориты – диориты – кварцевые диориты – термины, обозначающие последовательный ряд производных базальтовой магмы нормальной щелочности. В геологической литературе эти термины используются достаточно часто, хотя и не всегда однозначно. Точки параметров на диаграмме имеют значительный разброс, но большинство из них расположено компактно. В результате анализа

гистограмм по кремнекислотности и щелочности отчетливо обособились три области максимальной концентрации точек анализируемых параметров пород (рис. 3). Одна из этих областей, несмотря на некоторое ее перекрытие с областью габбро, определила границы поля **габбродииоритов** с координатами (52,0; 2,5), (55,0; 3,1) и (52,0; 5,0), (55,0; 5,9). Другая область позволила провести границы поля **диоритов** с координатами (55,0; 3,1), (59,0; 3,9) и (55,0; 5,9), (59,0; 6,4). Наконец, третья область послужила основанием для определения границ поля **кварцевых диоритов** с координатами (59,0; 3,9), (64,0; 4,9) и (59,0; 6,4), (64,0; 7,1).

Точки анализируемых параметров для габбродииоритов и диоритов с низкой щелочностью оказались единичными, что не позволило определить для них области максимальной концентрации. В то же время область концентрации **низкощелочных кварцевых диоритов** по совокупности точек устанавливается достаточно определенно. Это позволяет условно провести между областями кварцевых диоритов и низкощелочных кварцевых диоритов наклонную границу с координатами (59,0; 3,9) и (64,0; 4,9). Соединение этой границы с уже установленной ранее между габбро и низкощелочными габбро может служить разделом, хотя и несколько условным, между породами нормальной и низкой щелочности средней кремнекислотности.

Как следует из диаграммы, в области пород среднего состава нормальной щелочности поля

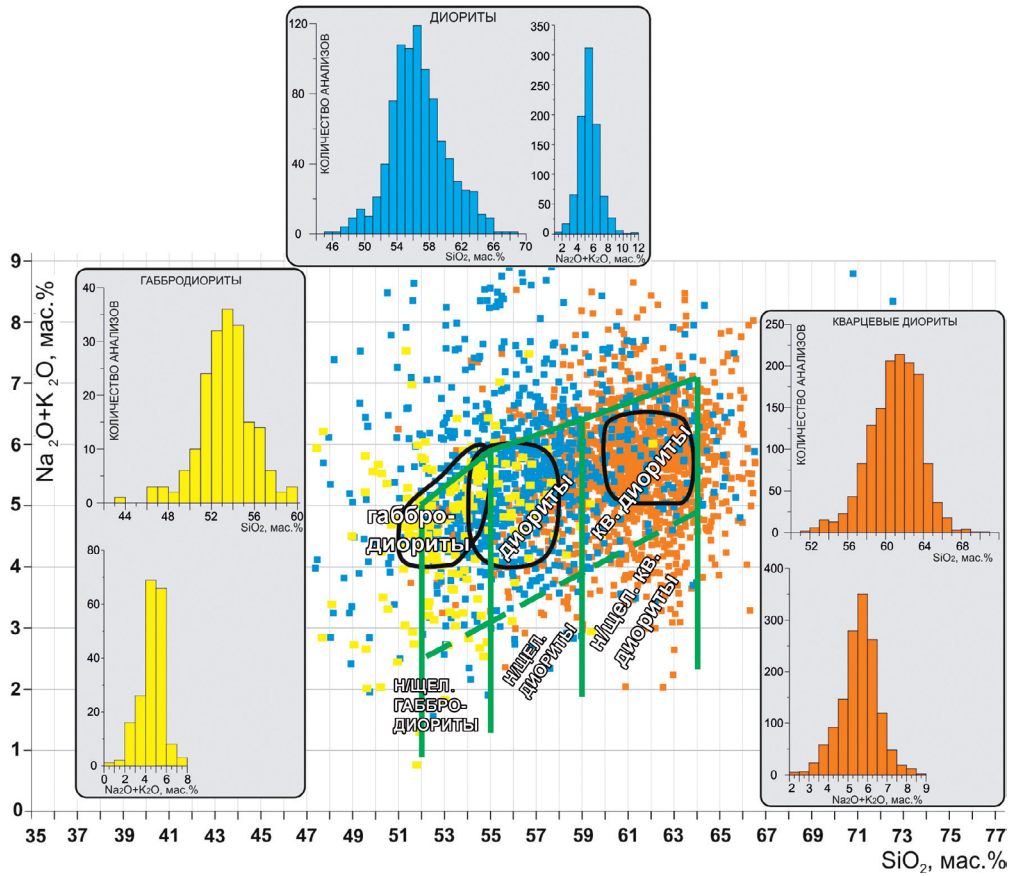


Рис. 3. Области максимальной концентрации химических параметров (на основе гистограмм) и границы полей габбродиоритов – диоритов – кварцевых диоритов на диаграмме $\Sigma\text{Alk} - \text{SiO}_2$

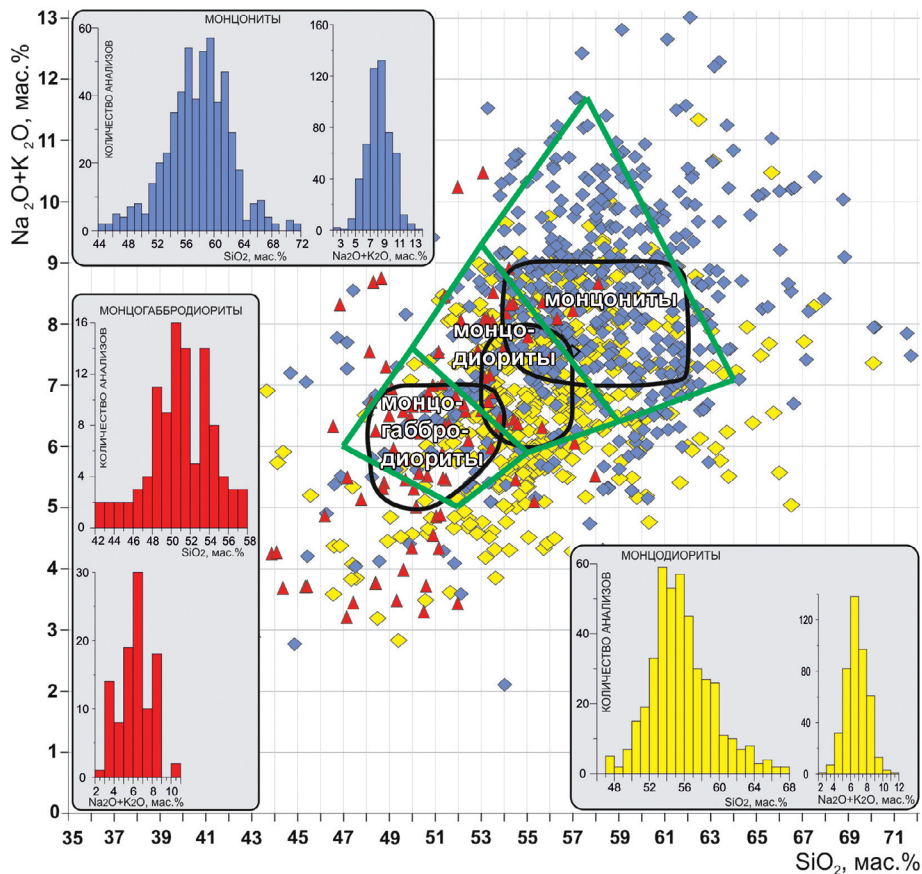


Рис. 4. Области максимальной концентрации химических параметров (на основе гистограмм) и границы полей монцогаббродиоритов – монциодиоритов – монционитов на диаграмме $\Sigma\text{Alk} - \text{SiO}_2$

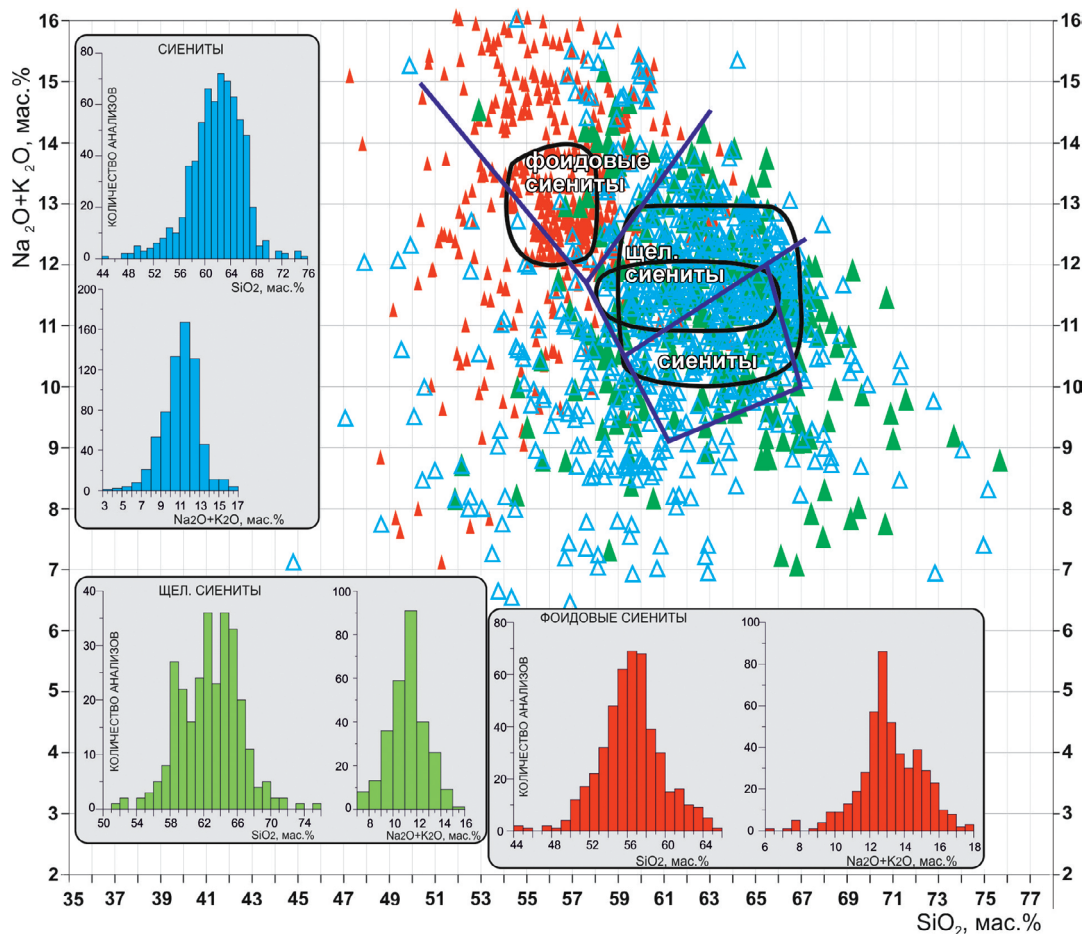


Рис. 5. Области максимальной концентрации химических параметров (на основе гистограмм) и границы полей сиенитов – щелочных сиенитов – фойдовых сиенитов на диаграмме $\Sigma\text{Alk} - \text{SiO}_2$

вулканических и plutонических пород не совпадают. Вместо двух полей, выделяемых для вулкаников (андезибазальтов и андезитов), установлены три поля plutонитов (габбродиоритов, диоритов, кварцевых диоритов), условно подразделяемых на нормально- и низкощелочные.

Монцогаббродиориты – монцодиориты – монцониты – термины, обозначающие ряд средних по кремнекислотности plutонических пород (в целом 47–64% SiO_2) при умеренной их щелочности (от 5 до более 11% ΣAlk). Нанесение точек исследуемых параметров этих пород на диаграмму показало, что точки имеют значительный разброс, однако наблюдаются области их компактного расположения. Анализ гистограмм по обоим анализируемым параметрам выявил, что, как и для средних пород нормальной щелочности, четко обособились три области максимальной концентрации точек параметров пород, незначительно перекрывающиеся (рис. 4).

Первая из этих областей отвечает полю **монцогаббродиоритов** с координатами (52,0; 5,0), (55,0; 5,9) и (47,0; 6,0); (50,0; 7,6). Область монцогаббродиоритов сменяется в направлении «раскисления» пород ряда другой областью (со значениями анализируемых параметров, характерными для **монцодиоритов**), обосновывающей для этой группы пород поле с координатами (55,0; 5,9), (59,0; 6,4), (50,0; 7,6), (53,0; 9,3). Термин **монцодиорит** исследователями толкуется далеко не однозначно, о чем свидетельствует значительный, порой труднообъ-

яснимый разброс на диаграмме точек параметров пород, называемых этим термином.

Неоднозначно трактуется исследователями и термин **монцонит**. Однако на диаграмме область максимальной концентрации точек параметров этих пород достаточно четко обособлена, хотя и обширна. Это позволило обосновать поле монцонитов с координатами (59,0; 6,4), (64,0; 7,1) и (53,0; 9,3), (57,6; 11,7). Для ряда монцонитоидов, как и для средних пород нормальной щелочности, установлены три поля plutонитов (монцогаббродиориты, монцодиориты, монцониты), которые соответствуют двум полям вулкаников (трахиандезибазальты, трахиандезиты).

Сиенитоиды различного уровня щелочности.

В этот ряд объединены сиениты, щелочные сиениты и фойдовые (чаще всего нефелиновые) сиениты.

Сиениты и щелочные сиениты – породы, переходные как по их кремнекислотности (от средних к кислым – 58,0–67,0% SiO_2), так и по суммарной щелочности (от умереннощелочных к щелочным – 9,0–14,5% ΣAlk). Точки анализируемых параметров для сиенитов и щелочных сиенитов на TAS-диаграмме имеют очень широкий разброс (рис. 5) и, что крайне необычно по сравнению с породами других рядов, они полностью перекрываются. Из этого следует, что одни и те же по составу породы в литературе одними авторами трактуются как сиениты, а другими как щелочные сиениты. Это под-

тверждается тем, что область максимальной концентрации точек щелочных сиенитов, полученная на основе анализа гистограмм, по обоим параметрам полностью вписывается в область сиенитов.

Эта обширная область хорошо соответствует на TAS-диаграмме для вулканитов статистически обоснованным и отчетливо разделенным полям трахитов и щелочных трахитов [5], что позволяет условно разделить единую область сиенитов – щелочных сиенитов на два поля: *сиенитов* с координатами (61,2; 9,1), (67,0; 10,0) и (59,3; 10,5), (65,5; 12,0) и *щелочных сиенитов* – (59,3; 10,5), (65,5; 12,0), (57,6; 11,7), (63,0; 14,5).

Фойдовые (фелдшпатоидные – нефелиновые, псевдолейцитовые, кальсилитовые и др.) сиениты – термины, употребляемые петрографами достаточно часто, особенно термин *нефелиновый сиенит*, поскольку обозначаемые им породы из всех пород группы наиболее распространены в природе. Разброс точек анализируемых параметров этих пород необычайно широк (рис. 5), и точки попадают практически во все поля TAS-диаграммы (за исключением полей ультраосновных пород и пород нормальной и низкой щелочности) и даже за пределы границы области распространения магматических пород. Это свидетельствует о значительной неопределенности в понимании этого термина. Однако область максимальной концентрации этих точек, полученная на основе анализа гистограмм, вполне отчетлива и позволяет обосновать поле фойдовых сиенитов, которое очень хорошо совпадает с полем фойдитов на TAS-диаграмме для вулканических пород.

Плутонические породы кремнекислого состава различного уровня щелочности по уровню кремнекислотности подразделяются на три ряда.

Первый ряд объединяет породы, содержащие около 63–69% SiO₂, но различающиеся по суммарной щелочности, т. е. гранодиориты нормальной щелочности, низкощелочные гранодиориты и граносиениты.

Гранодиориты. Термин *гранодиорит* используется на практике очень широко и трактуется исследователями почти одинаково. Значения анализируемых химических параметров пород, называемых авторами литературных источников гранодиоритами, образуют на TAS-диаграмме вполне компактное скопление точек (рис. 6), если не считать некоторого их обособления, отвечающего породам со щелочностью ниже 5,5% ΣAlk.

Гистограммы частот распределения по обоим параметрам позволили оконтурить область максимальной концентрации точек составов пород. Эта область в целом совпала с полем дацитов на TAS-диаграмме для вулканитов и может служить обоснованием поля гранодиоритов на TAS-диаграмме для плутонических пород. Отмеченное ранее обособление точек коррелирует с полем низкощелочных дацитов, что по аналогии с вулканитами позволяет нам выделить поле *низкощелочных гранодиоритов*.

Отмечающееся на диаграмме расхождение в положении границы между полями кислых и средних пород нормальной щелочности для плутонитов (64% SiO₂) и вулканитов (63% SiO₂) подтверждает существование в природе непрерывного ряда составов магматических пород. Эта граница была предметом постоянных дискуссий, что отразилось в работах разных лет, в том числе в Петрографическом кодексе различных лет издания. Результа-

ты проведенной нами статистической обработки аналитических данных как по плутоническим, так и по вулканическим породам показали, что этой границей следует, по-видимому, условно считать «зону неопределенности» в интервале 63–64% SiO₂.

Граносиенит – термин употребляется исследователями достаточно часто, но трактуется он не однозначно, поэтому точки параметров пород, называемых этим термином, на TAS-диаграмме имеют очень широкий разброс. В то же время область максимальной концентрации этих точек, полученная на основе анализа гистограмм по обоим параметрам, вполне отчетлива и очень хорошо «вписывается» в поле трахидацитов на TAS-диаграмме для вулканитов [17]. В то же время значительное количество точек параметров пород, называемых авторами работ граносиенитами, обособляется в виде области с более высокими значениями SiO₂ (67–70%) и суммы щелочей (более 10%), что соответствует на диаграмме для вулканитов пантеллеритам.

Второй ряд объединяет плутонические породы близкой кремнекислотности (69–73% SiO₂), но различающиеся по суммарной щелочности, т. е. граниты нормальной щелочности, низкощелочные граниты, умереннощелочные граниты – монцограниты и, наконец, щелочные граниты.

Граниты. Как следует из созданной базы данных, термин *гранит* используется исследователями очень часто, но крайне не однозначно. Скопление точек («облако») параметров этих пород расположилось на диаграмме в широких диапазонах как по SiO₂ (65–79%), так и по ΣAlk (4–10%). При наложении на TAS-диаграмму для вулканитов это «облако» широко и практически в равной мере разместилось в полях риодацитов, риолитов, трахириодацитов и трахириолитов (рис. 6, врезка). Все это не позволяет достаточно четко определить на диаграмме поле гранитов.

В то же время точки значений химических параметров пород, называемых авторами литературных источников меланогранитами (в противовес лейкогранитам), образуют на TAS-диаграмме вполне компактное скопление (рис. 6). Построенные на основе этого скопления гистограммы частоты распределения по обоим параметрам (SiO₂ и ΣAlk) для этих групп пород позволили определить область максимальной концентрации точек параметров, которая отчетливо вписалась на TAS-диаграмме для вулканитов [5] в поле риодацитов (аналогов гранитов [3]). В эту же область, как уже отмечалось, попадает значительная часть точек параметров пород, называемых в литературе гранитами. Именно эта область может служить обоснованием поля собственно гранитов на диаграмме – (69,0; 5,7), (73,0; 6,0), (69,0; 7,7), (73,0; 7,9). Именно термин *гранит* в этом понимании рекомендуется употреблять вместо термина *меланогранит*. Прилагательное «меланократовый» сохраняется как определение разновидности гранита, сравнительно обогащенной темноцветными минералами, как это и принято в Петрографическом кодексе.

Часть точек составов т. н. меланогранитов попадают в область, соответствующую полю низкощелочных риодацитов, что позволяет выделить поле *низкощелочных гранитов*.

Термин *монцогранит* и другие термины (*щелочнополевошпатовый гранит*, *микроклин-альбитовый гранит*), обозначающие породы, относящиеся к семейству умереннощелочных гранитов, используют-

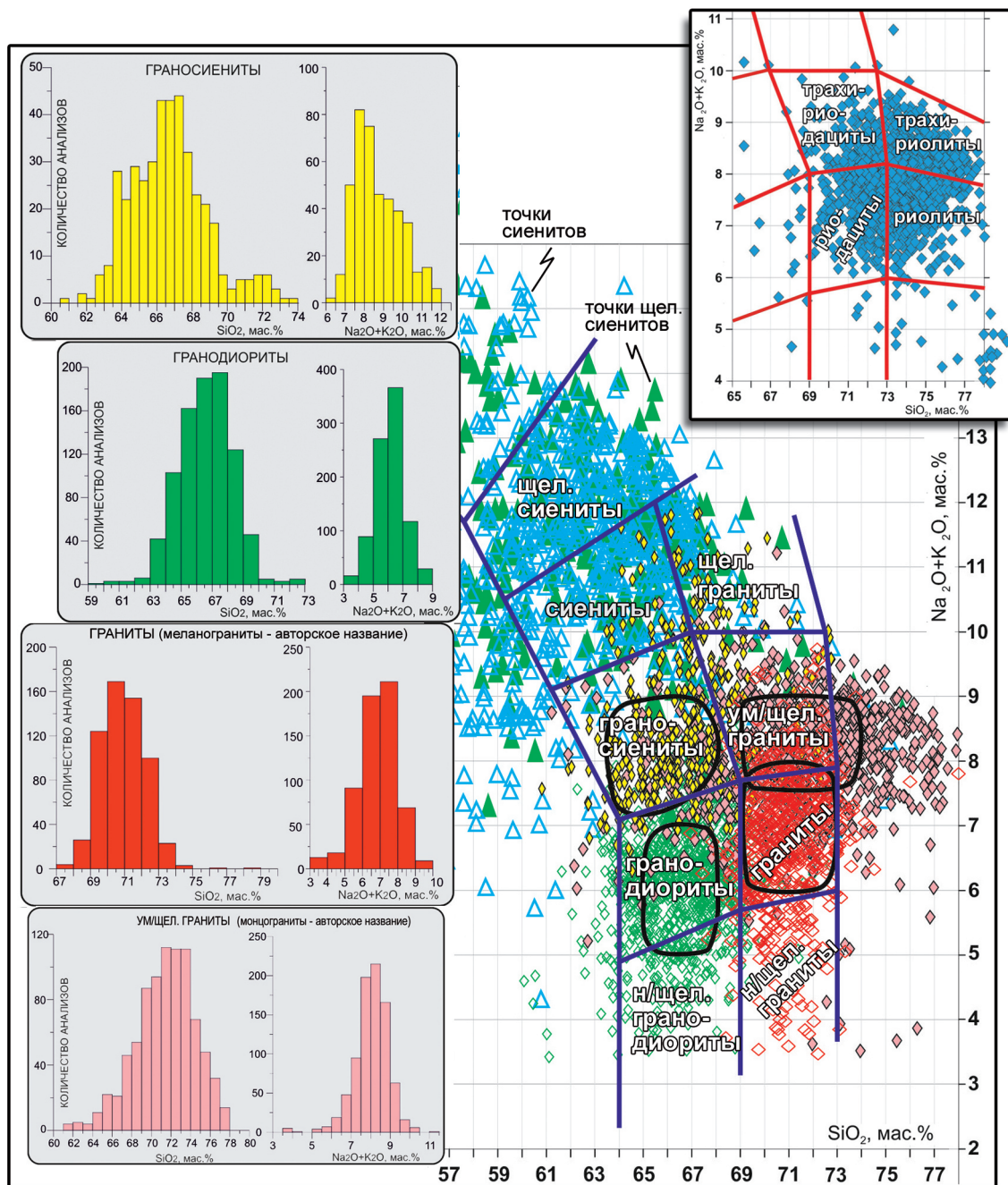


Рис. 6. Области максимальной концентрации химических параметров (на основе гистограмм) и границы полей гранодиоритов – граносиенитов – гранитов – умереннощелочных гранитов на диаграмме $\Sigma\text{Alk} - \text{SiO}_2$. На врезке показана совокупность точек составов пород, называемых в литературе гранитами, наложенная на TAS-диаграмму для вулканитов

сы исследователями не часто и весьма не однозначно. Разброс точек параметров этих пород велик, но выявляется область максимальной концентрации значений параметров этих пород, которая соответствует полю трахириодацитов на TAS-диаграмме для вулканитов [5] и служит основанием для выделения поля *умереннощелочных гранитов (монцогранитов)* (67,0; 10,0), (69,0; 7,7), (72,5; 10,0), (73,0; 7,9). Среди точек пород, называемых петрографами умереннощелочными гранитами и монцогранитами, на диаграмме выделяется также совокупность, параметры которой соответствуют составам трахириолитов.

Термин *щелочные граниты* используется в литературе достаточно часто. Значительная часть точек

параметров этих пород (по авторским названиям) отвечает породам повышенной кремнекислотности и умеренной щелочности. В соответствии с этим они попадают в поле трахириолитов – вулканических аналогов умереннощелочных лейкогранитов. Такое толкование термина в общей классификации plutonic пород вряд ли правомерно, поэтому поле щелочных гранитов (аналогов пантеллеритов) выделено на основе скопления точек, обособившихся по своим параметрам частично из пород, называемых авторами щелочными гранитами, но главным образом из пород, неправомерно называемых сиенитами и граносиенитами (рис. 5, 6).

Третий ряд кремнекислых plutonic пород объединяет лейкограниты различной щелочности –

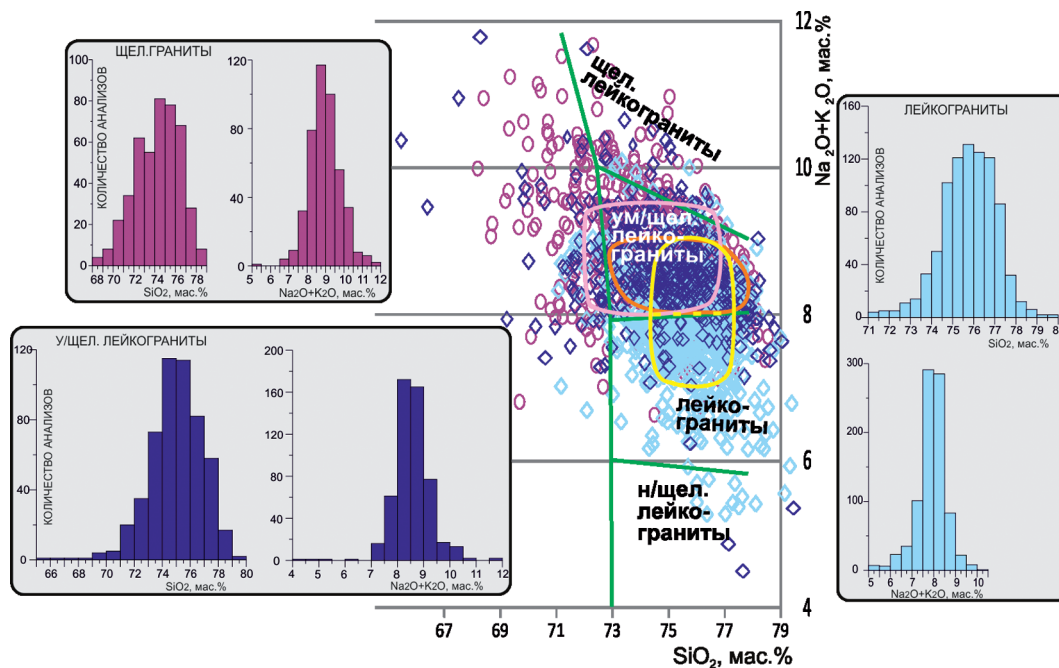


Рис. 7. Области максимальной концентрации химических параметров (на основе гистограмм) и границы полей лейкогранитов – умереннощелочных лейкогранитов – щелочных лейкогранитов на диаграмме $\Sigma\text{Alk} - \text{SiO}_2$

Контурами обозначены области максимальной концентрации значений химических параметров пород (по авторским названиям): лейкогранитов с $\Sigma\text{Alk} < 8\%$ и $\Sigma\text{Alk} > 8\%$ (желтый); ум./щелочных лейкогранитов, ум./щелочных гранитов, сиеногранитов, аляскитов (оранжевый); щелочных гранитов (розовый)

собственно лейкограниты, умереннощелочные лейкограниты и щелочные лейкограниты (рис. 7).

Термин *лейкогранит*, как следует из созданной базы данных, используется в литературе очень часто и, как и большинство других терминов, не однозначно. Скопление («облако») точек параметров этих пород расположилось на диаграмме в небольшом диапазоне по SiO_2 (73,0–78,0%), что соответствует наиболее кислым плутоническим породам, но с большим разбросом по ΣAlk (5,0–10,0%) (рис. 7). Это отражает слишком широкое толкование этого термина и использование его для пород, различных по уровню суммарной щелочности. Если совместить совокупность этих точек с TAS-диаграммой для вулканитов, то они попадают в поля как риолитов, так и трахириолитов, и даже низкощелочных риолитов. В соответствии с этим область максимальной концентрации параметров пород, называемых лейкогранитами, можно подразделить по значениям суммарной щелочности на две части – с ΣAlk 6,0–8,0% и ΣAlk 6,0–9,5%. Первая обосновывает выделение поля *собственно лейкогранитов* нормальной щелочности, совпадающего с полем риолитов, вторая, как это будет показано далее, отражает составы умереннощелочных лейкогранитов. Кроме того, слабовыраженное скопление точек с ΣAlk 5,2–6,0%, что соответствует низкощелочным риолитам, отражает составы *низкощелочных лейкогранитов*.

Термин *умереннощелочной лейкогранит*, или *аляскит* (а также встречающиеся в литературе для близких по параметрам пород термины *монцолейкогранит*, *микроклин-альбитовый лейкогранит* и др.) используется исследователями достаточно часто и довольно однозначно. Обособляемая область максимальной концентрации анализируемых

параметров этих пород практически совмещается со скоплением точек и отчетливо совпадает с полем трахириолитов на соответствующей диаграмме [3, 5]. Сюда же попадает отмечавшаяся выше совокупность точек составов пород, называемых в литературе лейкогранитами, но имеющих $\Sigma\text{Alk} > 8\%$. Все это служит основанием для выделения поля умереннощелочных лейкогранитов с координатами (72,5; 10,0), (73,0; 7,9), (78,0; 9,0), (78,0; 8,0).

Как следует из изложенного выше, поле умереннощелочных лейкогранитов обосновано совокупностью областей максимальной концентрации значений параметров, различных по авторским названиям кремнекислых плутонических пород. Основопологающей является область составов пород, названных умереннощелочными лейкогранитами и аляскитами, которая дополнена скоплениями точек, обособившихся из совокупностей точек параметров пород, названных авторами работ лейкогранитами, гранитами, умереннощелочными и щелочными гранитами, монцогранитами, сиеногранитами.

Щелочные лейкограниты. Этот термин в литературе используется крайне редко, и аналитических данных для этих пород обнаружить не удалось. Это объясняется тем, что во многих случаях, как известно, щелочными лейкогранитами, как и щелочными гранитами, называют породы не по признаку уровня щелочности, а по присутствию в гранитах щелочного темновесного минерала. При отсутствии химических анализов щелочных лейкогранитов их поле выделяется на основе совокупности точек (ΣAlk от 9,5 до 11%), обособившихся по своим параметрам из точек пород, называемых авторами щелочными гранитами и умереннощелочными лейкогранитами, и по аналогии с полем комендитов на TAS-диаграмме для вулканических пород.

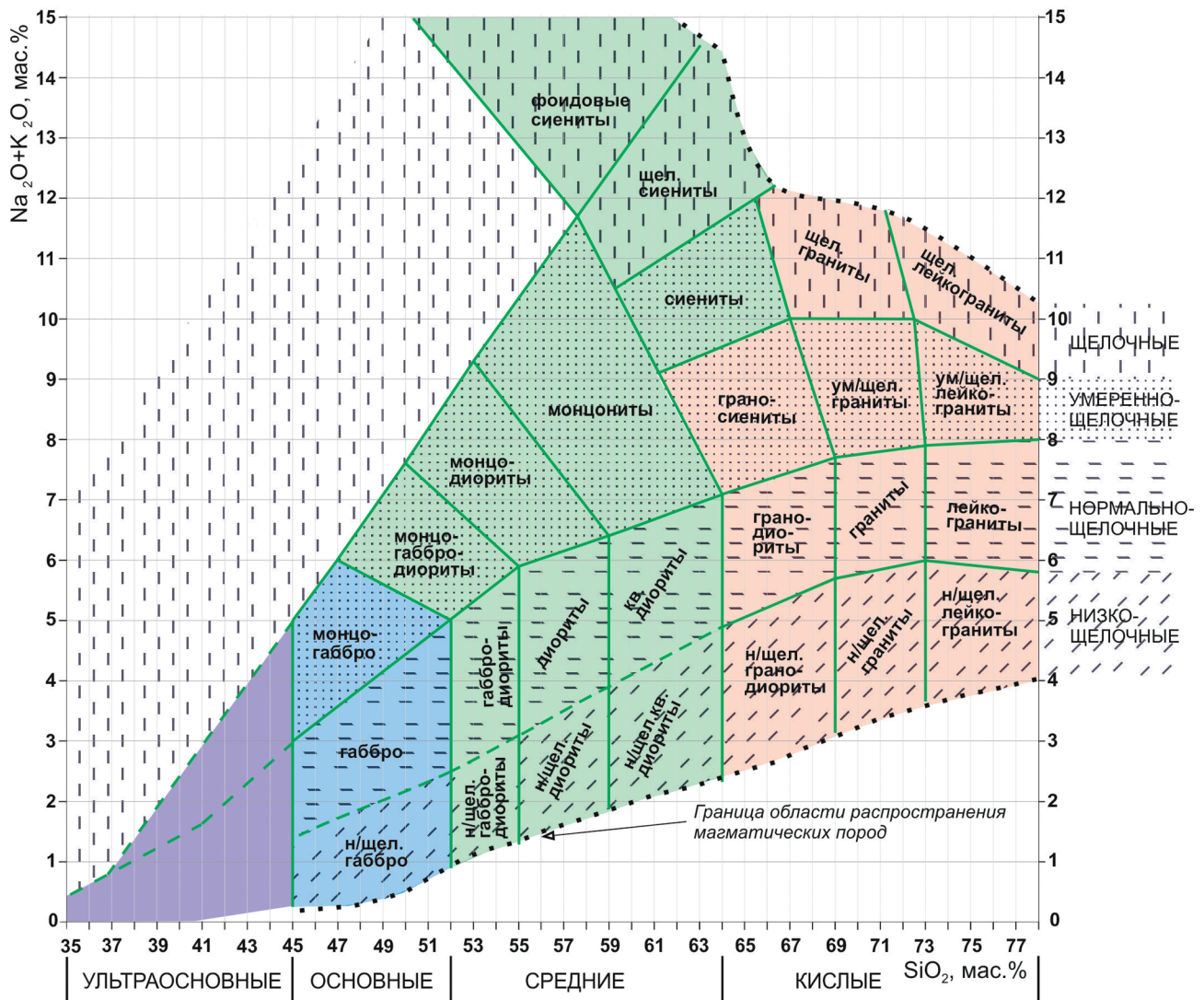


Рис. 8. Диаграмма сумма щелочей – кремнезем (TAS) для химической классификации plutonic горных пород основного, среднего и кислого составов

В результате проделанной работы на TAS-диаграмме выделено двадцать полей для групп plutonic пород с различными сочетаниями значений кремнекислотности и суммарной щелочности (рис. 8). Границы этих полей обоснованы преимущественно областями максимальной концентрации точек параметров пород (SiO_2 и ΣAlk), полученными с использованием гистограмм частоты распределения названных параметров. В ряде случаев границы полей plutonic пород (особенно кислого состава) проводились с учетом границ полей вулканитов.

Наиболее широко исследователями трактуются «граниты», «диориты» и «монцодиориты». Гранитами называют, по-видимому, любую кварц-полевошпатовую породу, а разброс точек составов «диоритов» и «монцодиоритов» на диаграмме (рис. 3, 4) не поддается объяснению.

Установлено, что термин *монцонит* в мировой литературе используется по большей части для обозначения наиболее кремнекислых пород в ряду монцонитоидов среднего состава (рис. 4). Следует отметить, что поле монцонитов, как и поле их вулканических аналогов – трахиандезитов, имеет слишком широкие диапазоны как по кремнекис-

лотности, так и по щелочности, что требует дальнейшей детализации этой группы пород и, возможно, корректировки соответствующего раздела Петрографического кодекса.

Совмещение TAS-диаграмм для plutonic пород и вулканических пород показало, что поля глубинных пород и отвечающих им вулканических не вполне тождественны, однако различия между ними в большинстве случаев невелики (рис. 9), что отмечалось в свое время еще в трудах А. И. Заварицкого.

Наибольшее соответствие полей вулканических и plutonic пород наблюдается для кислых пород и сиенитов различного уровня щелочности.

Наибольшие различия установлены между полями plutonic пород и вулканических средних по кремнекислотности пород как нормальной, так и умеренной щелочности. В этой части диаграммы вместо четырех полей для вулканитов (андезибазальтов, андезитов и соответственно трахибазальтов, трахиандезитов) обоснованы (с соответственным смещением границ) поля габбродиоритов, диоритов, кварцевых диоритов и соответственно монцогаббродиоритов, монцодиоритов, монцони-

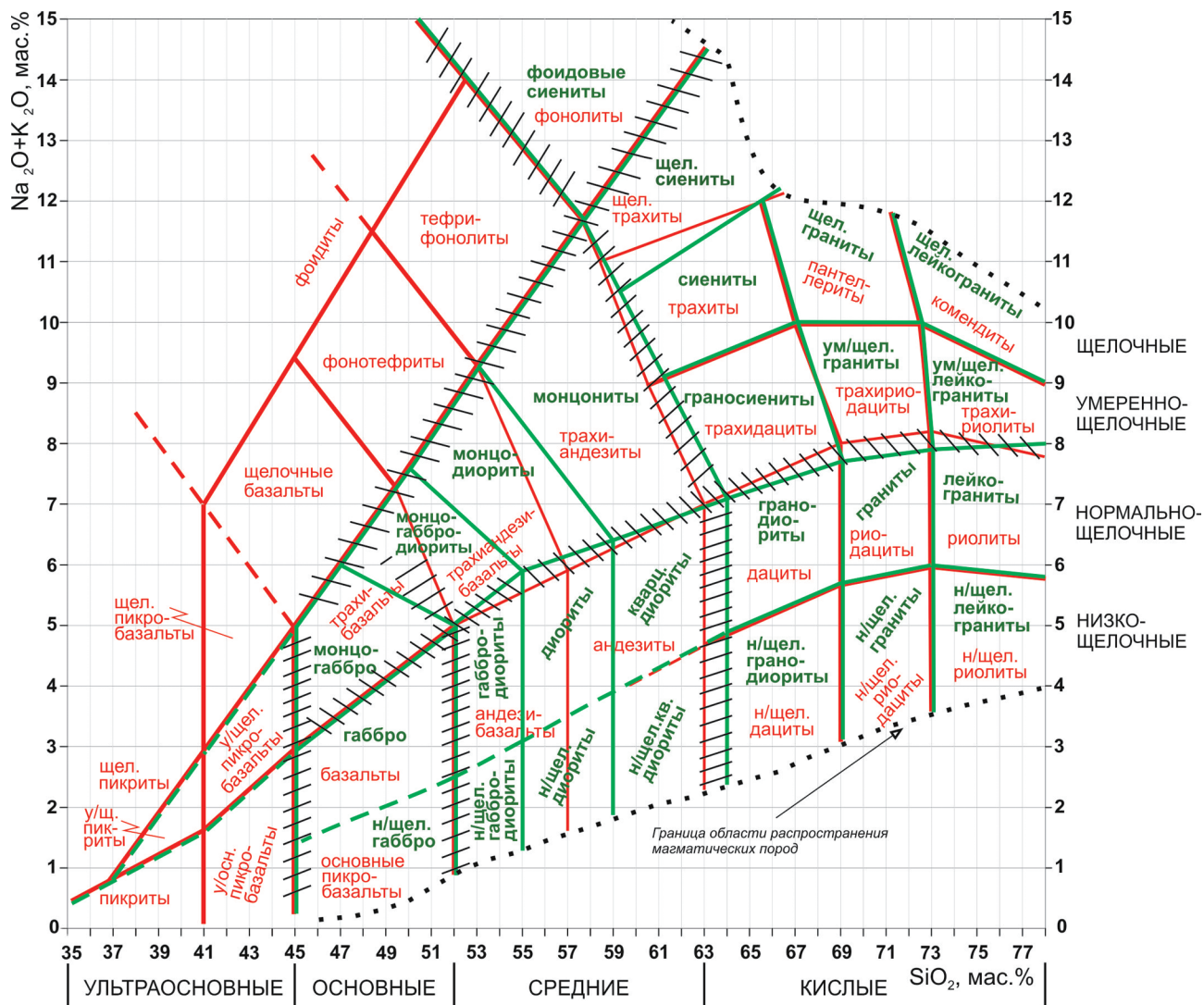


Рис. 9. Границы полей групп плутонических (зеленые линии) и вулканических (красные линии) горных пород на TAS-диаграмме. Заштрихованы основные пограничные «зоны неопределенности» между группами пород

тов. Кроме того, выделены поля соответствующих низкощелочных плутонических пород.

Различия полей вулканитов и плутонитов на диаграмме в значительной мере, по-видимому, объясняются различиями в условиях кристаллизации этих пород, что особенно отразилось на производных базальтовой магмы, испытывающей как кристаллизационную, так и гравитационную дифференциацию.

Полученные результаты требуют дальнейшей апробации * и осмысления, однако основной вывод очевиден: классификационная TAS-диаграмма может быть использована как простейший способ первоначальной диагностики плутонических пород и крайне необходима для унификации петрографической номенклатуры и обеспечения единого понимания терминов, обозначающих породы.

* Предварительные результаты по выделению полей плутонитов на TAS-диаграмме на основе статистической обработки созданной базы данных были доложены авторами на Генеральной ассамблее Европейского союза геологических наук (EGU) в 2013 г. [18].

1. Классификация и номенклатура магматических горных пород / О.А. Богатиков, В.И. Гоньшакова, С.В. Ефремова и др. – М.: Недра, 1981. – 160 с.

2. Петрографический кодекс (магматические и метаморфические образования). – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1995. – 128 с.

3. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Изд. 2-е, 2008. Изд. 3-е, 2009. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ. – 200 с.

4. Петрография и петрология магматических, метаморфических и метасоматических горных пород / Ред. В.С. Попов, О.А. Богатиков. – М.: Логос, 2001. – 768 с.

5. Шарпенко Л.Н., Костин А.Е., Кухаренко Е.А. Детализация диаграммы сумма щелочей – кремнезем (TAS) для химической классификации вулканических пород // Регион. геология и металлогения. 2008. № 35. – С. 48–55.

6. Шарпенко Л.Н., Костин А.Е., Кухаренко Е.А. О детализированной TAS-диаграмме для химической классификации вулканических пород и о возможности применения этой диаграммы для диагностики плутонических пород // Материалы Межд. науч.-практ. конф. «Сатпаевские чтения», посвященной 20-летию независимости Республики Казахстан. – Алматы, 2011. – С. 332–340.

7. A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali – Silica Diagram / M. J. Le Bas, R. W. Le Maitre, A. Streckeisen, B. Zanettin and IUGS Subcommission

- on the Systematics of Igneous Rocks // *J. Petrology*. 1986. Vol. 27. N 3. – P. 745–750.
8. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms: Recommendations of the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks / Compiled by R. W. Le Maitre. Oxford: Blackwell, 1989. – 193 p.
9. *Bellieni G., Visentin E.J., Zannettin B.* Use of the chemical TAS-diagram (Total Alkali Silica) for classification of plutonic rocks: problems and suggestions // *Plinius, Supplemento Italiano all'European J. of Mineralogy*. 1995. N 14. – P. 49–52.
10. *Cox K., Bell J., Pankhurst R.* The interpretation of igneous rocks. – London: George Allen and Unwin, 1979. – 450 p.
11. Igneous Rocks – A Classification and Glossary of Terms. Recommendations of the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. 2nd edition / Le Maitre R.W.(Ed.). Cambridge Univ. Press, 2002.
12. *Le Maitre R.W.* A Proposal by the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks for a Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali – Silica (TAS) Diagram // *Australian J. Earth Sci.* 1984. Vol. 31. – P. 243–255.
13. *Middlemost, E. A. K.* A simple classification of volcanic rocks // *Bull. Volcanol.* 1973. Vol. 36. N 2. – P. 382–379.
14. *Middlemost E.A.K.* Naming materials in the magma/igneous rock system // *Earth Sci. Rev.* 37. 1994. – P. 215–224.
15. Petrographic Code of Russia (magmatic, metamorphic, metasomatic, impact rock-assemblages). – St. Petersburg: VSEGEI, 2012. – 196 p.
16. *Sharpenok L.N., Kostin A.E., Kukhareno E.A.* Detailed elaboration of Alkali sum – Silica (TAS) diagram for chemical classification of volcanic rocks. The 33rd Intern. Geol. Congr. Abstracts, CD: session MPI-03 «Granite classification – a never-ending problem». Oslo, Norway, 2008.
17. *Sharpenok L.N., Kukhareno E.A., Kostin A.E.* New Provisions for Volcanogenic Rocks in the Petrographic Code // *J. of Volcanol. and Seismol.* 2009. Vol. 4. N 3. – P. 279–293.
18. *Sharpenok L., Kostin A., Kukhareno E.* Diagram alkali sum – silica (TAS) for chemical classification and diagnostics of plutonic rocks – EGU General Assembly, 2013. Vienna, Austria, 2013. Abstracts. – P. 13–518.
19. *Yanev Y., Andreev A.* A proposal for classification of the acid volcanics based on the Total Alkali – Silica (TAS) diagram // *C.-R. Acad. bulg. Sci.* 2000. Vol. 53. N 3. – P. 59–63.

Шарпенюк Людмила Николаевна – доктор геол.-минер. наук, гл. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ.

<Lyudmila_Sharpenok@vsegei.ru>.

Костин Александр Евгеньевич – науч. сотрудник, ВСЕГЕИ. <Aleksandr_Kostin@vsegei.ru>.

Кухаренко Елена Александровна – ст. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ. <Elena_Kukhareno@vsegei.ru>.