Известия НАН РА, Науки о Земле, 2007, LX, №1, 3-15

МАТЕРИАЛЫ К СОСТАВЛЕНИЮ НОМЕРНОГО КАРТОЧНОГО КАТАЛОГА ГОРНЫХ ПОРОД ПО ИХ ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ

© 2007 г. **Л. А. Варданянц**

Институт геологических наук НАН РА
0019, Ереван, пр Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения
E-mail: lrshah@sci.am
Поступила в редакцию 14.02.2007 г.

От редакции. Настоящая публикация является данью уважения и памяти чл.-корр. НАН Армении Левона Арсеновича Варданянца, крупного ученого,замечательного петрографа, геолога широких научных интересов, большого знатока геологии Кавказа. Впервые автор к данным вопросам обратился еще в 1924 году, однако статья, вероятно, подготовлена в конце 60-х и была доложена на одном из региональных петрографических совещаний. Работа написана в стиле методических руководств и рекомендаций в практике петрохимических исследований для решения петрогенетических вопросов с использованием вычислительной техники. Она и ныне не потеряла своей актуальности и научной значимости.

1. Предисловие

При исследовании новой горной породы, еще не имеющей подробного описания и точного определения, очень полезно сразу же сопоставить её химический состав с составами ранее изученных и анализированных пород, пользуясь для этого уже изданными сборниками химических анализов горных пород.

В прошлом столетии, как и в начале текущего столетия, такая процедура не требовала много времени и не составляла большого труда, так как число произведенных и опубликованных анализов горных пород было сравнительно ограниченным и не превышало нескольких тысяч, причем анализы были собраны в очень немногих сборниках и распределены в них по типам пород.

Но затем число анализов стало увеличиваться в геометрической прогрессии, подобно снежной лавине, и в середине текущего столетия уже достигло, во всяком случае, многих десятков тысяч. В настоящее время в каждой, даже небольшой стране, составляются и издаются в печати свои отдельные сборники анализов, следить за которыми стало очень трудно, а порой и почти невозможно.

У нас в СССР в течение последних двух – трех десятилетий подобные сборники анализов составлялись во ВСЕГЕИ под редакцией Ю.И.Половинкиной, и в них каждый анализ сопровождается полным его пересчетом на молекулярные количества и вычислением, по методу А.Н.Заварицкого, особых магматических коэффициентов, число которых доходит до двенадцати.

Если при этом пересчет на молекулярные количества еще можно считать полезным, так как такого рода пересчет требуется при всех методах петрохимического анализа, то вычисление многочисленных магматических коэффициентов нужно считать совершенно излишним, тем более, что это вызывает увеличение в сборнике числа строк, а тем самым и его объема. Возникает вопрос о том, нужно ли загромождать сборник анализов разными подсобными материалами, нужными только для какого-то одного метода петрохимического анализа. Дело в том, что наш пятидесятилетний опыт работы в области петрографических наук показывает, что каждый из таких методов очень популярен и имеет общее применение до тех пор, пока жив автор этого метода, а после его смерти популярность предложенного им метода резко уменьшается. Так было со всеми методами (А.Озанна, Ф.Ю.Левинсона-Лессинга и др.). С грустью нужно признать, что это же самое произошло и с методом А.Н.Заварицкого, после смерти которого ясно наметилось как бы охлаждение к его методу и как бы возврат к более простому методу пересчета анализа по Ф.Ю.Левинсону-Лессингу.

Поэтому предлагать читателю авансом своего рода требование пользоваться только каким-то одним из методов петрохимического анализа едва ли целесообразно. Читатель сам выберет тот метод, который ему больше «по вкусу».

Возникшее сейчас положение с лавиной издаваемых сборников анализов и невозможностью найти в них без особого труда анализы пород, близкие к анализу изучаемой новой породы, наметилось как угроза для недалекого будущего уже в начале 20-ых годов текущего столетия, в связи с чем автор еще в то время выступил с идеей о необходимости составления номерного каталога горных пород, в котором каждая порода имела бы свой особый, притом легко находимый номер (Варданянц, 1924$_{1,2}$).

В этом каталоге главное место должна занимать возможность уже, так сказать, «априори» предусмотреть все разновидности горных пород, состоящих из тех же компонентов, как и обычные горные породы, причем это должно быть выполнимо путем простого изменения в значениях коэффициентов в уже принятой магматической формуле.

Уже тогда, почти 50 лет назад, вполне выяснилось, что опубликованные к тому времени методы подсчета магматической формулы и коэффициентов (по Ф.Ю.Левинсону–Лессингу, а в последующем и по А.Н.Заварицкому, не говоря уже о методах подсчета по А.Озанну и по П.Ниггли) непригодны для составления каталога.

2. Об особенностях магматической формулы, требуемых для составления каталога горных пород

Главным показателем в химическом составе всех силикатных горных пород является, как известно, отношение всех ее компонентов, притом как в их сумме, так и каждого из них в отдельности к количеству кремнезема SiO_2, и поэтому только кремнезем может играть в магматической формуле роль всеобщего знаменателя, независимого от всех других компонентов породы, а это приводит к признанию того, что его значение должно выдерживаться постоянным. Мы принимаем для него значение, равное 100 единицам, выдерживаемое для всех горных пород. Коэффициенты, вычисляемые для отдельных компонентов, вычисляются так, что сразу видно их отношение к 100 единицам коэффициента SiO_2. Второе место после кремнезема занимают полуторные окислы Al_2O_3 и Fe_2O_3, являющиеся вторым после кремнезема показателем особенностей горной породы, а вместе с тем вторым главным знаменателем для щелочей и окиси кальция.

Третья важная особенность нашей магматической формулы, принятой для составления каталога, – это полная равноценность и связанная с этим полная взаимозаменяемость всех единиц в значениях всех коэффициентов и, как следствие этого, полная возможность и планомерность перестановки единицы на единицу в значениях коэффициентов разных компонентов. Иначе говоря, можно уменьшить или увеличить коэффициент одного из компонентов за счет другого компонента. Это позволяет составить «априори» бесконечный ряд всех гипотетически вполне возможных горных пород, исходя из одной какой-нибудь породы. Обоснованием для этого послужил опыт подсчета состава гибридной породы, получаемой путем ассимиляции известняка гранитом. Оказалось, что при этом меняется только коэффициент кальция, и на столько же единиц изменяется с обратным знаком результирующий (балансирующий, см. ниже) коэффициент кремнезема, обозначаемый сокращенно как ΔSiO_2, а остальные коэффициенты (алюминия, трех- и двухвалентного железа, марганца, магния и обеих щелочей) остаются без изменения.

Отмеченное выше условие взаимозаменяемости величин в коэффициентах всех компонентов при постоянстве их суммы является той особенностью, которая присуща только разработанному нами методу подсчета магматической формулы. Без этой возможности составление каталога становится невыполнимой задачей, так как нельзя перейти от некоторой данной породы к другой породе, более или менее близкой к ней, а тем более к сериям других пород.

К каталогу, а тем самым к его основе – к магматической формуле – нужно предъявить еще одно требование, а именно, чтобы в ней каждый коэффициент мог быть вычислен независимо от других коэффициентов, т.е. чтобы значение каждого коэффициента могло быть определено самостоятельно, если коэффициенты других компонентов еще не вычислены.

Обратный смысл этого условия сводится к тому, чтобы можно было находить для каждого компонента непосредственно по его коэффициенту отвечающее ему в анализе процентное количество, не прибегая при этом к посредству других коэффициентов, притом с помощью не более двух-трех простых арифметических действий, выполняемых на обычной логарифмической линейке.

Опишем теперь более подробно существо той особенности нашего метода подсчета магматической формулы, которая позволяет удовлетворить всем указанным выше требованиям. Особенность эта заключается в том, что во всех случаях мы подсчитываем только количество молекул кремнезема SiO_2, необходимых для образования с каждым из компонентов ортокремневого соединения. Поэтому нашу формулу можно назвать также и ортокремневым балансом породы, показывающим вполне ясно какая часть кремнезема в породе может быть связана с тем или другим компонентом в виде ортокремневого соединения, и какая его часть должна оставаться при этом свободной. Все необходимые пересчеты выполняются очень просто.

3. Магматическая формула, и как она выводится

Магматическая формула выводится, как и в ряде других методов, из первичного химического анализа породы посредством нескольких, немногих по числу процедур. Для ясности приводим краткие характеристики этих процедур.

Первая процедура. Пересчет химического состава горной породы на молекулярные количества. Выполняется такой пересчет посредством вспомогательных таблиц Заварицкого или Четверикова. Из получаемых при этом молекулярных количеств разных компонентов наиболее важным является молекулярное количество кремнезема, выделяемое нами как молекулярный коэффициент кремнезема и обозначаемое знаком (МК). Этот коэффициент входит как одна из констант в магматическую формулу и используется в дальнейшем при приведении формулы к стандарту, а также в тех случаях, когда требуется перейти от коэффициентов формулы к процентным составам компонентов в породе, т.е. когда нужно вернуться от формулы к первичному химическому составу породы.

Породы кислого состава содержат кремнезема свыше 60.06%, и поэтому у них МК превышает 100, а в породах основного состава с содержанием кремнезема ниже 60.06% МК меньше 100 единиц молекул кремнезема.

Вторая процедура. Мы называем ее приведением к стандарту – к постоянному числу 100 молекул кремнезема. Достигается это посредством разделения всех уже найденных молекулярных количеств на МК кремнезема и последующего их умножения на 100 или, что то же самое, посредством умножения на дробь 100/МК. При этом, конечно, изменится величина навески для новых значений молекулярных количеств, а именно, вместо 100 *г*, принимаемых для навески

первичного химического анализа (мы называем ее реальной навеской химического анализа), нужно принимать теперь для навески (мы называем ее гипотетической навеской) весовой коэффициент (ВК), тесно связанный с МК кремнезема соотношением $МК \times ВК = 100^2$. Следовательно, абсолютные величины этих коэффициентов обратно пропорциональны друг другу, а их произведение почти точно равно 100^2. Весовой коэффициент, наравне с молекулярным коэффициентом, является константой магматической формулы, причем они могут при тех или иных вычислениях заменять друг друга, но с обратным знаком действия (умножение вместо деления и наоборот). У сопровождающего их множителя (100) знак действия во всех случаях обратный знаку действия соответствующего коэффициента

При выполнении этой процедуры посредством обычной логарифмической линейки нужно все время помнить, что, если МК больше 100, т.е. когда содержание кремнезема больше, чем 60.06%, то значения всех коэффициентов должны несколько уменьшиться, так как приведенная выше дробь 100/МК меньше единицы. Если же содержание кремнезема в породе меньше, чем 60.06%, т.е. когда МК меньше 100, то значения коэффициентов формулы при переводе ее к стандарту должны несколько увеличиться, так как дробь 100/МК больше единицы.

Третья процедура Этой процедурой в окончательном виде оформляется ортокремневый баланс, выражаемый нашей магматической формулой. Для этого в стандартном виде нашей формулы распределяем 100 молекул кремнезема по компонентам: по одной молекуле кремнезема на каждую пару молекул щелочных и щелочноземельных компонентов и по три молекулы кремнезема на каждые две молекулы полуторных окислов (алюминия и трехвалентного железа). Говоря иначе, делим на два число молекулярных количеств щелочных и щелочноземельных компонентов и умножаем на полтора молекулярные количества полуторных окислов алюминия и железа и тем самым сразу получаем окончательное количество молекул кремнезема, связываемых с компонентами породы в виде ортокремневого соединения. Вместе с тем выясняется и количество молекул кремнезема, остающихся свободными (так сказать, в резерве) для возможности образования тех или иных метасиликатов и полевых шпатов. Это «свободное» количество молекул кремнезема всегда дополняет число гипотетически занятых молекул кремнезема в ортосиликатах до 100, и поэтому мы выделяем их количество под названием балансирующего коэффициента ΔSi, входящего всегда в состав нашей магматической формулы.

4. Упрощенный способ пересчета химического состава на магматическую формулу с помощью наших вспомогательных таблиц

Составленные нами вспомогательные таблицы имеют то преимущество, что дают для каждого компонента по его весовому процентному содержанию сразу половину молекулярного количества для щелочей и щелочноземельных элементов и полуторное молекулярное количество для окислов алюминия и трехвалентного железа и других аналогичных элементов. Благодаря этому, при данном, упрощенном способе пересчета нужны только две процедуры.

Первая из них позволяет заменить процентные содержания химического анализа предварительными значениями коэффициентов магматической формулы, а вторая процедура приводит формулу к стандарту (к 100 молекулам SiO_2), а коэффициенты формулы – к их окончательному значению.

Что касается МК и связанного с ним ВК, то они определяются при первой из двух указанных процедур сразу же по особой таблице. На логарифмической линейке мы находим их одновременно.

При пользовании нашими таблицами нужно брать значения молекулярных количеств только с двумя или тремя десятичными знаками, отбрасывая третий и следующий за ним знаки и заменяя их добавочной единицей во втором знаке, если третий знак представлен пятеркой или цифрой, превышающей пять.

5. Общая форма (вид) нашей магматической формулы

Таким образом, наша магматическая формула содержит всего двенадцать компонентов. Из них восемь коэффициентов характеризуют восемь главных компонентов горной породы (Al,Fe‴, Fe′,Mn,Mg,Ca,Na,K) и, кроме того, девятый коэффициент ΣK определяет сумму этих восьми коэффициентов; затем, три коэффициента, имеющие общее значение, это: МК кремнезема, гипотетическая навеска, или ВК и, наконец, балансирующий коэффициент кремнезема ΔSi, составляющий вместе с указанным выше девятым коэффициентом SK в сумме всегда 100, соответствующие стандартному количеству молекул кремнезема в нашей магматической формуле.

В целом наша магматическая формула имеет следующий вид:

$$100 - [(Al) + (Fe''') + (Fe'') + (Mn) + (Mg) + (Ca) + (Na) + (K)] = (\Delta Si) = (A),$$

где химические знаки элементов в скобках означают коэффициенты главных компонентов горной породы, 100 – стандартное количество молекул кремнезема, а ΔSi – балансирующий коэффициент кремнезема, показывающий какое количество молекул кремнезема остается в формуле вне ортокремневых соединений с главными компонентами породы.

Кроме этого, принадлежностью формулы являются коэффициенты МК и ВК, не участвующие в общем балансе кремнезема, и коэффициент суммы коэффициентов главных компонентов породы ΣK, который в сумме с балансирующим коэффициентом ΔSi всегда должен составлять 100.

В приведенной выше магматической формуле можно для отдельных ее частей принять следующие буквенные знаки: для балансирующего коэффициента ΔSi буквенный знак (А); для суммы коэффициентов полуторных окислов (Al) + (Fe‴) – знак (В); для суммы коэффициентов щелочей (Na) + (K) – знак (С) и для суммы коэффициентов щелочноземельных элементов (Fe″) + (Mn) + (Mg) + (Ca) – знак (Д). После этого наша магматическая формула получит следующий вид:

$$(B) + (C) + (Д) = (\Sigma K), \text{ а т.к.}$$
$$(\Sigma K) + (\Delta Si) = 100,$$
$$100 - (\Delta Si) = (B) + (C) + (Д)$$

По коэффициентам нашей магматической формулы без особого труда вычисляются все коэффициенты других формул. Не останавливаясь на этом детально, ограничимся лишь выводом коэффициента кислотности α по Левинсону-Лессингу:

$$\alpha = 100 / (100 - (\Delta Si)).$$

Если балансирующий коэффициент равен 100, как у чистого кварца, то кислотность горной породы α будет 100/(100–100), т.е. равна бесконечности. Если (ΔSi)=50, то α =100/(100-50)=2, как у чистых метасиликатов. Когда (ΔSi)=0, как у ортосиликатов, кислотность породы равна 100/(100–0)=1. Приведенное выше уравнение кислотности породы в общей его форме является уравнением гиперболы.

6. Об обратном переходе от коэффициентов формулы к процентным количествам химического состава

Остановимся теперь на вопросе о том, как перейти от коэффициентов формулы к процентному содержанию любого из компонентов в породе. Как было указано выше (см. описание упрощенного способа пересчета), для перехода от процентного содержания компонента в горной породе к коэффициенту магматической формулы требуется произвести следующие действия:

1. Заменить процентное количество компонентов соответствующим ему числом по нашим вспомогательным таблицам, что равнозначно разделению его на молекулярный вес данного компонента и, дополнительно, разделению найденного по таблицам числа на 2 для щелочных и щелочноземельных компонентов или умножению на 1.5 для алюминия и окисного железа.

2. Разделить найденное по таблицам число на МК кремнезема и умножить его на 100 или умножить это число на ВК кремнезема и разделить на 100.

Для перехода от коэффициента формулы к процентному содержанию компонента в породе нужно произвести указанные действия в обратном порядке. В первую очередь, умножением на МК и делением на100 находим предварительное значение процентного содержания компонента в породе, которое уточняем по нашим таблицам и получаем окончательное значение процентного содержания. При отсутствии наших таблиц умножаем предварительное значение процентного содержания на 2 для щелочных и щелочноземельных элементов и на их молекулярный вес, а для полуторных окислов делим на 1.5 и затем умножаем на соответствующий молекулярный вес.

Таким образом, для каждого компонента задача эта решается совершенно независимо. Необходимо лишь знать МК кремнезема или его обратную величину ВК – гипотетическую навеску.

7. Краткие сведения о графическом изображении формулы

Наша формула сопровождается специальной диаграммой, имеющей общий вид прямоугольного треугольника, представленного на рис 1. Расположен он так, что один из его катетов горизонтален, а другой – вертикален. Горизонтальный катет служит осью абсцисс, на которой наносится сумма коэффициентов главных компонентов горной породы (ΣK), а также балансирующий коэффициент ΔSi. Нулевая точка оси абсцисс совпадает с пересечением катетов. По ординате откладываются вверх от оси абсцисс значения коэффициентов полуторных и щелочноземельных компонентов. Значения коэффициентов щелочных компонентов откладываем вниз от оси абсцисс. На диаграмме этой имеется несколько прямых, характеризующихся конкретными уравнениями и константным значением. Одна из таких линий параллельна оси абсцисс и характеризуется ординатой – 8.3. Если в магматической формуле сумма коэффициентов щелочей превышает указанное число, то в горной породе обязательно присутствие заместителей полевых шпатов, в первую очередь – лейцита или нефелина. Другая линия проходит через точ-

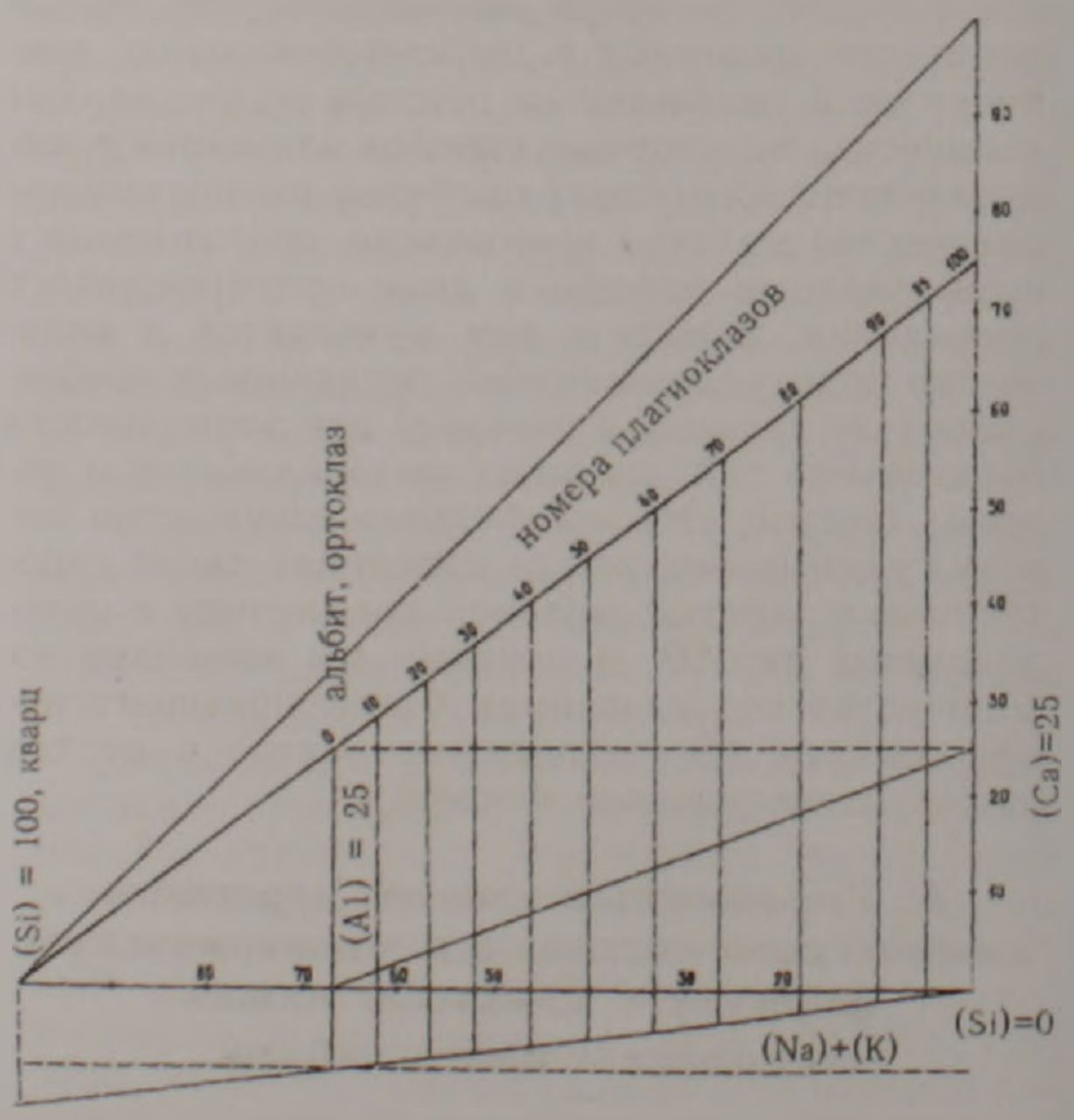

Рис 1. Графическая основа каталога и координаты членов ряда плагиоклаза.

ки: (Si)=100 (это точка пересечения оси абсцисс с гипотенузой треугольника) и точку (Al) + (Fe‴)=75, при (Si)=0 и определяется уравнением:

$$(Si) + [(Al) + (Fe''') + (Fe'')]\,4/3 = 200$$

Узкий треугольник между этой линией и гипотенузой основного треугольника представляет область, где проектируются горные породы, сильно пересыщенные глиноземом. В основном это высокоглиноземистые гнейсы и кристаллические сланцы, образовавшиеся путем метаморфизма из осадочных глинистых горных пород, а также магматические горные породы, интенсивно контаминированные глинистым материалом.

8. Определение координат членов серии плагиоклаза

Важной особенностью нашей магматической формулы является то, что в случае смешения двух разных пород можно определить состав смешанной породы посредством простого сложения соответствующих магматических формул одной и другой породы, учтя относительные количества молекул кремнезема, поступающих в смесь с одной и другой породой. При других же методах подсчета магматической формулы необходимо отказаться от всех специальных коэффициентов и вернуться к первоначальному химическому составу.

Ввиду необычности решения такой задачи посредством простого сложения магматических формул прием этот не будет, возможно, понят сразу, поэтому осветим его отдельными примерами. В качестве первого примера рассмотрим сложение формул альбита и анортита в плагиоклазах и найдем проекции всего их ряда на нашей диаграмме. Основываясь на общепринятых формулах альбита ($NaAlSi_3O_8$) и анортита ($CaAl_2Si_2O_8$), можно считать, что каждая молекула альбита привносит три молекулы кремнезема, а молекула анортита – две. Основываясь на этом, составляем следующую таблицу (табл.1).

На диаграмме (см. рис.1) найдем сначала места проекций плагиоклазов на оси абсцисс, а затем перенесем их по ординатам на наклонные линии, проходящие через проекции натрия, алюминия и кальция. Для анортита проекция на оси абсцисс совпадает с нулевой точкой этой оси, а для альбита она находится в той точке, где (Si) имеет значение 66.7. Для того, чтобы найти на оси абсцисс места проекций отдельных плагиоклазов, нужно значение всего участка оси абсцисс, равное 66.7, разделить на отрезки, находящиеся в указанных в таблице отношениях. При этом нужно помнить, что отрезок AB расположен на стороне альбита, а отрезок BC – на стороне анортита

Таблица 1

Общий вид графической основы каталога и определение координат отдельных членов ряда (серии) плагиоклазов

Состав плагиоклаза в %% анортита	Число молекул ΔSi		Отношение отрезков AB:BC на оси абсцисс	Отрезки AB и BC на оси абсцисс	
	в анортите	в альбите		AB	BC
10	20	270	1:13.5	4.61	62.10
20	40	240	1:6	9.58	57.20
30	60	210	1:3.5	14.80	52.00
40	80	180	2:4.5	20.50	46.20
50	100	150	1:1.5	26.60	40.10
60	120	120	1:1	33.35	33.35
70	140	90	1.5:1	40.00	26.70
80	160	60	4:1.5	48.55	18.20
90	180	30	6:1	57.15	9.58
95	190	15	13:1	62.00	4.76

В общем, сложение пород производится подобно сложению двух параллельных векторов, причем должны быть равны произведения каждого вектора на его плечо как следствие закона равенства моментов. В данном случае в качестве слагаемых векторов фигурируют количества молекул кремнезема, привносимых в смесь каждой из слагаемых пород. Это вполне понятно, так как по смыслу нашей магматической формулы мы имеем дело во всех случаях с разными количествами только молекул кремнезема SiO_2.

9. Сложение пород: гранита и оливинового габбро

В качестве второго примера сложения пород рассмотрим контаминацию гранита оливиновым габбро. Здесь возможны два случая. Во-первых, когда смешение указанных пород происходит при равных их весовых количествах, и, во-вторых, при условии, что с гранитом привносится в смесь вдвое больше кремнезема, чем с оливиновым габбро.

Таблица 2

Сложение гранита и оливинового габбро в равных весовых количествах, по 139 *г* каждой породы

	ΣSi	BK	MK	ΔSi	Al	Fe‴	Fe″	Mn	Mg	Ca	Na	K
Гранит	100	82.2	121.8	74.37	18,6	0.2	0.38	–	0.2	0.99	3.68	1.58
Оливин. габбро	100	139.0	71.9	11.44	47.4	4.85	4.33	–	13.2	17.7	0.92	0.16
Гранит	169	139.9	–	125.7	31.4	0.34	0.54	–	0.34	1.67	6.22	2.67
Оливин. габбро	100	139.0	–	11.74	47.4	4.85	4.33	–	13.2	17.7	0.92	0.16
Сумма	269	278	–	137.44	78.8	5.19	4.87	–	13.54	19.3	7.14	2.83
Станд.	100	103.4	–	51.02	29.3	1.93	1.81	–	5.035	7.2	2.65	1.05
					31.23		14.05				3.705	

Таблица 3

Сложение гранита и оливинового габбро в равных весовых количествах, по 139 *г* каждой породы

	ΣSi	ΣK	ΔSi	MK	BK	Al	Fe‴	Fe″	Mn	Mg	Ca	Na	K	
Гранит	100.0	25.63	74.37	121.8	82.2	18.6	0.2	0.38	–	0.2	0.99	3.68	1.58	1
Гранит	100.0	25.63	74.37	121.8	82.2	18.6	0.2	0.38	–	0.2	0.99	3.68	1.58	2
Оливин. габбро	100.0	88.56	11.44	71.9	139.0	47.4	4.85	4.33	–	13.2	17.7	0.92	0.16	3
Сумма	300.0	139.82	160.18	315.5	303.4	84.6	5.25	5.09	–	13.6	19.68	8.28	3.32	4
Станд	100.0	46.61	53.39		101.1	28.2	1.75	1.70	–	4.53	6.56	2.76	1.107	5
						29.95		12.787				3.867		

Формулы гранита и оливинового габбро, приведенные к стандарту, даны в верхней части табл 2, где в столбце (ВК) показан вес стандартной единицы как для гранита (82.2 *г*), так и для габбро (139 *г*) Для габбро значение ВК выше, чем у гранита, поэтому умножаем формулу гранита на множитель 1 69, равный отношению ВК габбро к ВК гранита Этим путем мы уравниваем весовые количества этих двух пород, как показано в нижней части табл.2 После этого суммируем формулы и приводим полученную сумму к стандарту, к 100 молекулам кремнезема Затем находим значение ΔSi для суммы пород и значения групповых сумм для щелочей, щелочноземельных компонентов и для полуторных окислов, показанные в нижней строке таблицы.

У итоговой породы ее ВК лишь немного больше ста, следовательно, у нее коэффициент МК должен быть немного меньше ста. Точнее, он равен 100/103.4 = 96.7. Это указывает, что в итоговой породе содержится немного меньше 60 % кремнезема. Вместе с групповыми суммами это определяет суммарную породу как разновидность диоритовых пород.

На общей диаграмме (см. рис.2) проекция итоговой породы располагается на оси абсцисс в 51.02 единицах от ее нуля, притом в 74.37–51.02=23.35 единицах от проекции гранита и в 51.02–11.44=39.58 единицах от проекции габбро Отношение этих расстояний равно 100·169, а сумма – почти 63 единицам, расстояние же между проекциями гранита и габбро на оси абсцисс составляет 74.37–11.44=62.93 единицы, где 74.37 и 11.44 – значения балансирующего коэффициента (ΔSi) в формулах гранита и габбро.

На втором детально разбираемом примере контаминация гранита оливиновым габбро происходит при условии, что отношение их коэффициентов (ΣK) равно 2:1, так как с гранитом привносится вдвое больше кремнезема, чем с габбро.

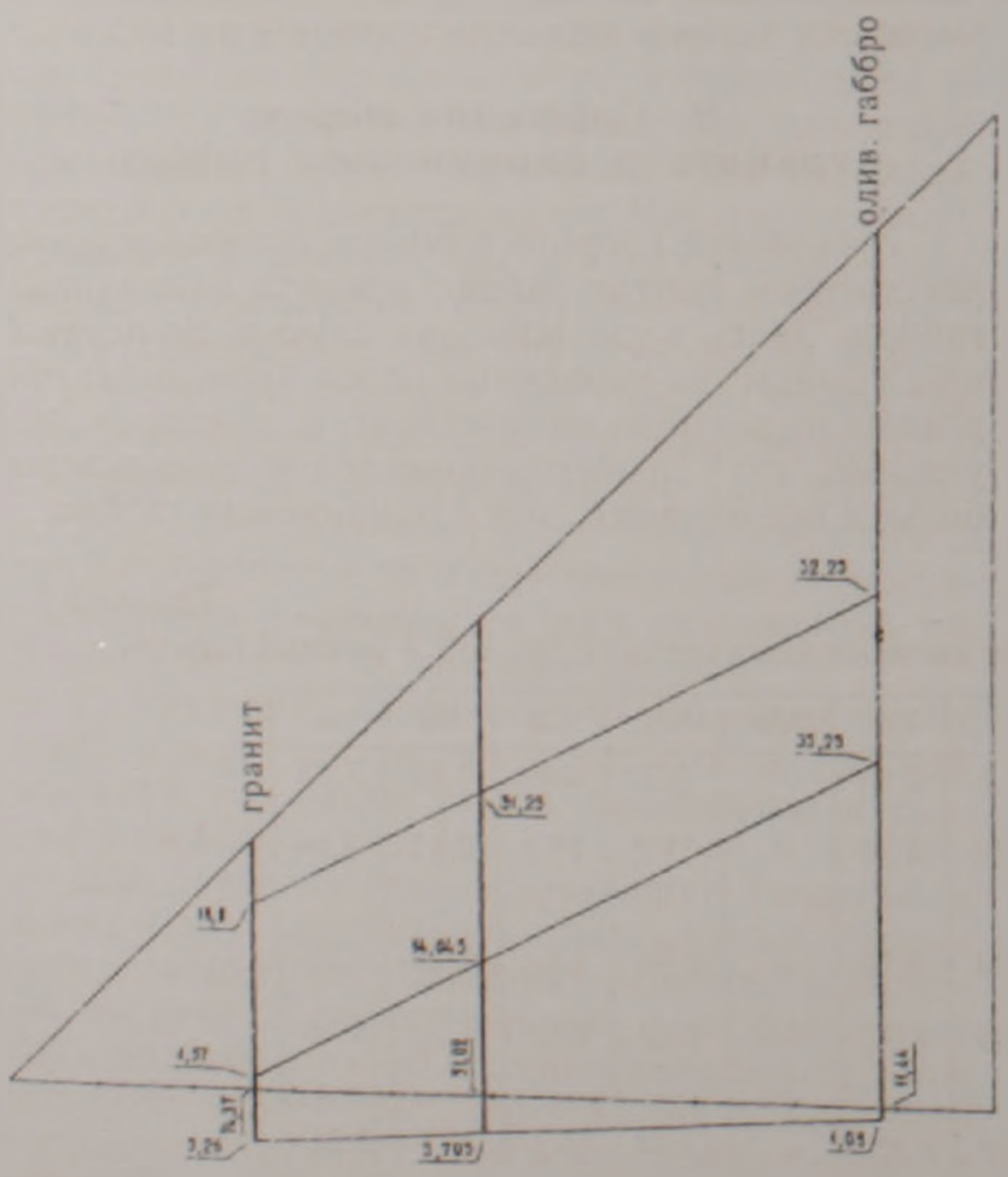

Рис 2 Сложение гранита и оливинового габбро в равных весовых количествах, по 139 *г* одной и другой породы

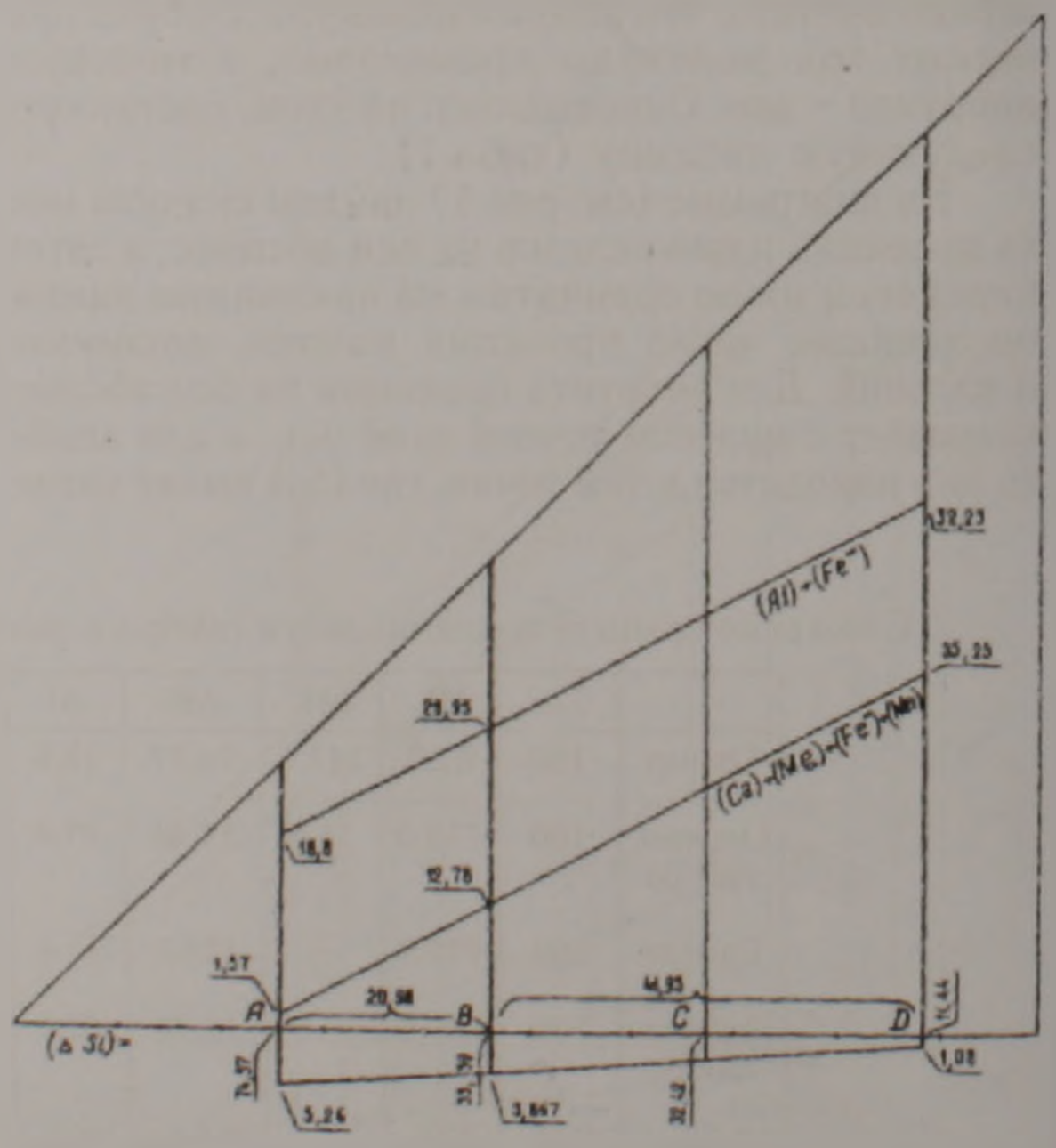

Рис 3. Сложение такого же гранита и оливинового габбро в соотношении: две стандартные формулы гранита с одной стандартной формулой оливинового габбро.

В связи с этим мы в этом случае суммируем две стандартные формулы гранита и одну формулу габбро, каждая из которых показывает на привнос 100 молекул кремнезема. Обе формулы приведены в табл.3, где показана также их сумма и приведение ее к стандарту. Все это ясно показывает, что у итоговой породы должен ВК=101.13, из чего следует, что МК итоговой породы должен быть почти равен 99.0, т.е. что содержание кремнезема в ней около 59-60%. Проекция итоговой породы на оси абсцисс (см. рис.3) лежит в 41.95 единицах от проекции габбро и в 20.98 единицах от проекции гранита (или в 41.95+11.44=53.39 единицах от нуля оси абсцисс), отношение этих расстояний равно 2:1, как и следует ожидать.

В рассмотренных двух примерах представлены те случаи, когда изучается процесс смешения пород, химический состав которых и положение проекций вполне известны и требуется определить состав итоговой породы и местоположение ее проекции на общей диаграмме. Укажем, что проекция итоговой породы в таких случаях расположена всегда между проекциями смешиваемых пород и в расстояниях от них обратно пропорциональных количеству молекул кремнезема, привнесенных в смесь одной и другой породой.

10. Пример решения задачи на расщепление горной породы

Сказанное, как общую схему, можно применять во всех тех случаях, когда требуется решать задачи на дифференциацию магмы, на метасоматическое изменение пород и т.п., т.е. когда производится расщепление породы известного химического состава на два сложных компонента, причем состав одного из этих компонентов вполне известен по условию задачи, и требуется определить состав второго компонента и положение его проекции на общей диаграмме.

Решая подобную задачу, рассматриваем расщепляемую породу условно как смесь двух пород, состав одной из которых вполне известен. Например, имеем метасоматически измененную породу довольно основного состава, причем химический характер метасоматоза вполне ясен – это обычная, широко распространенная в докембрии гранитизация пород, выраженная их микроклинизацией и окварцеванием. Химический состав подобных метасоматических гранитов известен вполне точно по многочисленным анализам и характеризуется своим постоянством. Поэтому такой метасоматический гранит можно в данном примере считать отщепляемой породой уже известного состава. Следовательно, нужно определить состав породы, подвергшейся метасоматической гранитизации и найти ее проекцию на общей диаграмме. В прилагаемой табл.4 показан соответствующий расчет для этого случая. В верхних двух строках таблицы дана нормальная и удвоенная формула гранитизированной горной породы, являющейся, по идее, суммой двух пород: метасоматического гранита и породы, подвергшейся гранитизации. Здесь их относительные количества приняты равными друг другу, так как об этом нет более точных указаний.

В третьей строке той же таблицы дана формула метасоматического гранита, а в четвертой строке представлена разность удвоенного веса формулы гранитизированного габбро и веса формулы микроклинового метасоматического гранита: 204-81.9=122.1 *г*. Эта разность имеет ВК, равный 122.1*г*, поскольку этот вес приходится на 100 молекул кремнезема, являющихся половиной числа молекул удвоенной формулы гранитизированного габбро. Порода, слагающая эту разность, имеет молекулярный коэффициент, равный 10^4:122.1=82, следовательно, эта порода содержит в 100 – граммовой навеске только около 49.2% кремнезема и около 18% щелочноземельных компонентов. Все эти признаки в целом показывают габброидную природу породы, подвергшейся гранитизации и представленной в табл.4 формулой в первой строке. В целом эту породу можно определить как осветленное габбро, что подтверждается, в частности, высоким значением потери при прокаливании, достигающим 5.34%, и сравнительно пониженным содержанием в ней окислов железа и магния по сравнению с габбро-норитами смежных площадей, средний состав которых показан в той же таблице в последней строке.

Таблица 4

Отщепление микроклинового гранита из микроклинизированного габбро или габбро-норита

	ВК	ΣSi	ΔSi	Ti	Al	Fe‴	Fe″	Mn	Mg	Ca	Na	K
Гранитизир. габбро	102	100	58.052	0.4723	25.47	1.542	1.935	0.036	1.923	6.211	3.291	1.219
Его удвоен. формула	204	200	116.104	0.9446	50.94	3.084	3.870	0.071	3.846	12.42	6.582	2.438
Метасомат. гранит	81.9	100	76.029	0.14	17.25	0.429	0.657	0.008	0.706	1.023	1.843	2.055
Осветленное габбро	122.1	100	40.075	0.8046	33.69	2.655	3.213	0.062	3.140	11.40	4.739	0.383
Неизмененное габбро-норит	119.6	100	36.777	1.35	30.05	3.85	6.63	0.042	8.925	10.77	2.81	0.146

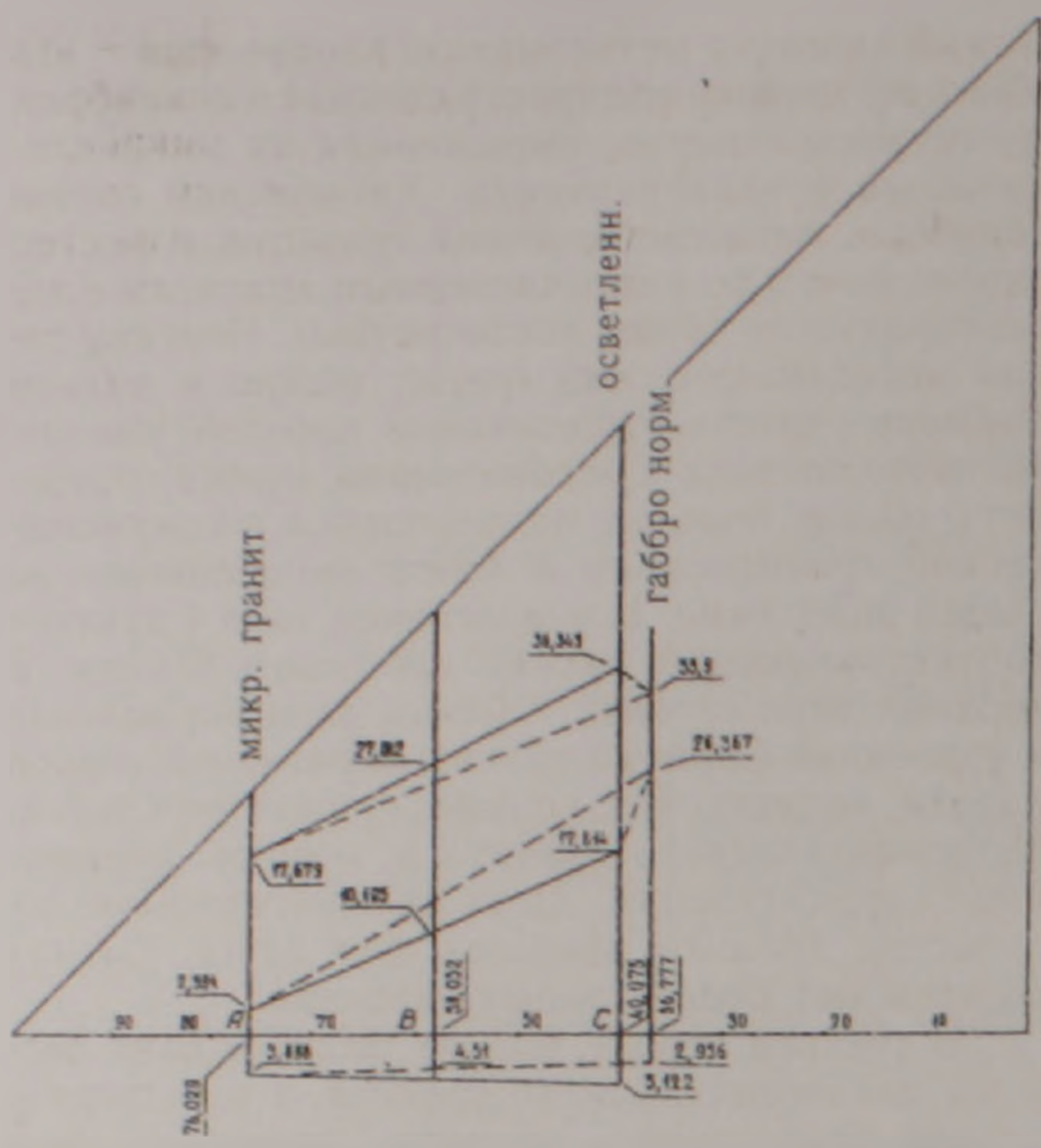

Рис.4. Отщепление микроклинового гранита из микроклинизированного габбро или габбро-норита.

Описанное выше осветленное габбро проектируется на диаграмме (см. рис.4) между проекциями габбро и гранита в равных от них расстояниях: 76.029-58.052=58.052-40.075=17.977 единиц одна от другой и в 58.052 единиц от нуля, где 76.09, 58.052 и 40.075 – значения балансирующего коэффициента в формулах, соответственно, метасоматического гранита, гранитизированного габбро и осветленного габбро.

11. Распознавание ведущей роли процессов контаминации или дифференциации в происхождении серии пород

В качестве примера решения подобной задачи рассмотрим группу неогеновых интрузий окрестностей Пятигорска и Минеральных Вод на Кавказе. Число интрузий этой группы достигает 17-ти. Возраст их, по мнению всех исследователей, примерно одинаковый, что же касается их состава и петрографической характеристики, то мнения исследователей несколько расходятся. В последней, наиболее полной и наиболее детальной работе, составленной коллективом авторов и опубликованной в Трудах ВИМС (Соболев и др., 1959), авторы выделяют три разновидности пород: гранит-порфиры, граносиенит-порфиры и кварцевые сиенит-порфиры, обосновывая это, кроме детального геолого-петрографического описания, также 74-мя полными химическими анализами. По мнению этих авторов, «наличие трех групп пород, связанных взаимопереходами, указывает либо на резко гибридный генезис их в связи с ассимиляцией больших объемов вмещающих мезокайнозойских осадочных пород, либо на поступление магмы из различных глубин дифференцированного магматического бассейна» (с.50). Авторы принимают лишь второе из указанных двух вариантов решение вопроса, но вместе с тем не пытаются решать вопрос о причинах дифференцированности магмы в глубинном бассейне и вполне правильно отрицают возможность контаминации магмы в самих интрузиях, в близповерхностных условиях.

Ознакомление с этими 74-мя анализами позволило нам выделить из их среды 27 разновидностей пород, образующих ясную серию с содержанием кремнезема от 62.86 до 75.80%. При пересчете этих анализов на нашу магматическую формулу мы получили полный ряд пород с балансирующим коэффициентом кремнезема от 66.10 до 80.58%, причем интервалы между соседними породами не превышают 1-1.5%.

Сравнивая между собой эти 27 формул, ясно видим следующее. Коэффициенты щелочей, кроме третьей (жильной) фазы интрузий Быка и Развалки, сохраняются примерно одинаковыми, составляя в сумме около 5%, и лишь в первой фазе интрузии Верблюда поднимаются до 6%. Также точно сохраняется почти постоянной сумма коэффициентов полуторных окислов, составляя около 18-19%, лишь изредка (в той же жильной фазе Быка и Развалки) опускаясь до 17.5% и поднимаясь до 20% и выше в породах, определяемых авторами как близкие к сиенит-порфирам.

В противоположность этому, коэффициенты щелочноземельных компонентов и, в особенности, магния и кальция последовательно (по мере понижения значения балансирующего коэффициента) возрастают. В химических анализах эти компоненты составляют порой больше 3%, а в нашей формуле сумма их коэффициентов поднимается до 4% и даже до 7-8%. Коэффициенты магния и кальция получают наибольшее значение в формулах пород, отнесенных авторами к группе кварцевых сиенит-порфиров.

Подобное явление – постоянство в серии горных пород значений коэффициентов одних компонентов и значительная изменчивость коэффициентов других компонентов указывает с несомненностью, что в данной серии имела место более или менее значительная контаминация магмы теми компонентами, коэффициенты которых испытывают значительные колебания своих значений.

В нашем случае это указывает на контаминацию магмы доломитами или доломитизированными известняками и мергелями. Слабее всего контаминация проявилась во второй фазе внедрения магмы в интрузиях Быка и Козьих Скал и в третьей фазе внедрения магмы в интрузии Бештау. Сильнее всего контаминированы породы первой фазы формирования интрузивов Золотого Кургана, Верблюда, Лысой и Юцы. В прилагаемой табл.5 приведены для сравнения элементы нашей формулы всех упомянутых выше слабо и сильно контаминированных разновидностей пород данной серии интрузий.

Авторы цитированной выше работы полагают, в качестве окончательного вывода, что возникновение неогеновых интрузий окрестностей Пятигорска и Минеральных Вод является результатом «поступления магмы из различных глубин дифференцированного магматического

Таблица 5

Материалы к познанию процесса контаминации риолитовой (гранитной) магмы доломитом и доломитизированным известняком и мергелем в глубинном очаге неогеновых интрузий окрестностей Пятигорска

ΔSi	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	Интрузия и фаза
76 138	0 18	17.45	0.32	0.32	0 013	0.034	0.635	3.27	1.82	Бык; ф.2
		17.77			1.0			5.09		
75 589	0 12	1780	0.744	0 0785	0.0155	0 105	0 568	3.155	1.945	Козьи Скалы; ф.2
		18 544			0 767			5.10		
74 066	0 18	18.8	0.63	0.225	0 017	0.042	0.88	3.03	2.31	Бештау; ф.3
		19.43			1.164			5.34		
69 245	0 49	18.7	0 96	0.88	0 025	2.72	1.83	2 48	3.145	Зол. Курган; ф.1
		19.66			5.47			5.62		
69 061	0 43	20.17	0 64	1.093	0.031	1 405	1.54	2 95	3.11	Верблюд; ф.1
		20.81			4.069			6.06		
66 356	0 83	17 8	1.33	1.21	0.034	4.77	2.81	2.29	3.40	Лысая; ф.1
		19.13			8.824			5.69		
66 133	–	17.18	3.27	–	–	4.57	3.25	0 947	4 65	Юца
		20.45			7 82			5.597		

бассейна» (п 10, с.56), а в нескольких строках ниже они пишут о «поступлении в камеры интрузии разных магматических дифференциатов из одного магматического бассейна». В этой работе коллектива авторов, к сожалению, нет ни слова о том, как они понимают такую дифференциацию магмы в глубинном бассейне. Между тем, вопрос этот получает ясное и притом однозначное решение, если признать правильным первый вариант, отвергнутый авторами цитированной работы, а именно, что вся петрохимия данной серии интрузий указывает, безусловно, на резко гибридный генезис их в связи с ассимиляцией больших объемов вмещающих мезокайнозойских осадочных пород, происходившей, конечно (!), не в близповерхностных условиях малых порций охлажденной магмы, но где-то на большой глубине, где, по представлениям самих же авторов цитированной работы, должен существовать, по-видимому, крупный магматический бассейн.

Предлагаемое нами решение проблемы генезиса интрузий неогенового возраста окрестностей Пятигорска и Минеральных Вод не могло быть принято авторами указанной работы по той ясной причине, что в их руках не было надежного механизма для распознавания скрытого гибридного процесса. В наших руках таким механизмом является наш метод подсчета магматической формулы и основанный на нем метод петрохимического анализа, указывающего на конкретные признаки гибридности процесса.

Если бы в данном случае главным фактором, обусловившим дифференцированность магмы, имевшей состав, близкий к риолитовому, был не гибридизм, а гравитационная дифференциация, то мы могли бы ожидать появления тут аплитовых даек, почти лишенных цветных минеральных компонентов, и, наряду с этим, также пород диоритового или даже габбрового состава, которых здесь тоже нет.

12. Пересчет магматической формулы на минеральный состав породы

Наша магматическая формула может быть без труда пересчитана на нормативные минералы, если предварительно вывести по тому же методу, как и для горной породы, формулу минерала, беря за основу его химический состав и рассматривая минерал как горную породу. Например, для ортоклаза мы получим следующую формулу и коэффициенты: для калия – 8.3, для алюминия – 25 и для кремнезема – 100. Разделив все три коэффициента на 8.33, получаем сокращенную формулу ортоклаза в виде: 1-3-12, как показано в прилагаемой таблице сокращенных формул минералов (табл.6). Важно при этом то, что в

Таблица 6

Сокращенные формулы минералов, составленные подобно магматическим формулам

Названия минералов	Сокращенные формулы минералов								SiO_2, %% по весу в минералах
	K	Na	Al	Fe'''	Ca	Mg	Fe''	SiO_2	
Ортоклаз	1	–	3	–	–	–	–	12	64.7
Лейцит	1	–	3	–	–	–	–	8	55.0
Альбит	–	1	3	–	–	–	–	12	68.6
Нефелин	–	1	3	–	–	–	–	4	43.91
Эгирин	–	1	–	3	–	–	–	8	51.97
Анортит	–	–	3	–	1	–	–	4	43.0
Амфиболы и пироксены	–	–	–	–	–	1		2	45.62-59.92
Форстерит	–	–	–	–	–	1	–	1	29.55-42.78
Оливины									
Фаялит	–	–	–	–	–	–	1	1	
Шпинели	–	–	3	--	–	1		--	

Таблица 7

Определение минерального состава гранита по его магматической формуле и посредством сокращенных формул минералов.

Минералы в граните	Магматическая формула гранита								ΣSiO_2	Весовое кол-во	% по весу в граните
	ΔSi	K	Na	Al	Fe'''	Ca	Mg	Fe''			
	74.37	1.58	3.68	18.6	0.2	0.99	0.2	0.38	100		
Ортоклаз		1.58	–	4.74	–	–	–	–	18.76	29.0	21.19
Альбит		–	3.68	11.04	–	–	–	–	44.16	64.4	53.79
Анортит		–	–	2.97	–	0.99	–	–	3.96	9.22	
				18.76							
Пироксен		–	–	–	–	–	0.2	–	0.4	0.67	1.64
		–	–	–	–	–	–	0.38	0.76	1.58	
Кварц		–	–	–	–	–	–	–	32.0	32.0	23.38
									100		

таких формулах все коэффициенты выражены, как и в нашей магматической формуле, в одних и тех же единицах молекул кремнезема SiO_2. Следствием этого является полная возможность вычитать формулу минерала из формулы горной породы или суммировать их, как это показано в таблице пересчета формулы гранита на составляющие его минералы (табл.7).

13. План и структура каталога

Как было указано выше (см. п.7), графической основой каталога служит прямоугольный треугольник, расположенный так, что один из катетов лежит горизонтально, а другой – вертикально. Горизонтально лежащий катет является осью абсцисс, и на нем откладываются значения балансирующего коэффициента ΔSi. Нуль оси абсцисс принимается в вершине треугольника. Положительное направление оси абсцисс от прямого угла треугольника к острому углу влево, при этом с вершиной острого угла совпадает значение 100 на оси абсцисс. Положительное направление оси ординат – вверх по другому катету, и на нем в вершине острого угла проектируется сумма коэффициентов (Al) + (Fe'''), когда она становится равной 100.

Балансирующий коэффициент ΔSi, нанесенный на ось абсцисс, служит главным вводом в каталог. С этой целью ось абсцисс и вместе с нею весь треугольник проекций разделены на 22 секции или полосы, как своего рода коридоры, параллельные оси ординат. Такие секции треугольника проекций имеют ширину на оси абсцисс лишь в 4 деления, кроме секций на концах этой оси, для которых принята ширина в 8 делений. Это секции первая, вторая и 22-я. Ограничивающие их ординаты следующие: у секции первой – ордината 92-я и левая вершина треугольника на оси абсцисс; у секции второй – ординаты 84-я и 92-я.; и, наконец, у секции 22-й – ординаты 8-я и нулевая. У всех остальных секций ширина каждой на оси абсцисс – 4 деления, и ограничивающие их ординаты имеют значения через 4 деления. Например, у секции 3-й ограничивающие ординаты 80-я и 84-я, у секции 4-й – ординаты 76-я и 80-я и т.д.; у предпоследней секции – ординаты 8-я и 12-я. Все такие секции четырехканальные. Например, в 3-й секции такими каналами являются промежутки между смежными ординатами 80-й и 81-й, 81-й и 82-й, 82-й и 83-й, и, наконец, между 83-й и 84-й. В этих промежутках, как в своего рода каналах, и располагаются проекции пород. Такая же картина имеет место и во всех остальных четырехканальных секциях. В секциях же 1-й, 2-й и 22-й имеются по 8 каналов. Эти секции, конечно, можно было бы разделить каждую на две четырехканальные, что привело бы к появлению новых секций (1а, 2а, 22а).

В настоящее время мы не видим необходимости в таком разделении восьмиканальных секций, так как вполне выяснилось, что первая секция останется почти пустой, ибо кроме кварцевых жил с ничтожной и незакономерной примесью каких-либо иных минералов, здесь ничего проектироваться не будет. Во второй секции проектируются разные фельзитовые, очень кислые стекловатые, риолитовые и т.п. породы, а также обогащенные кварцем аляскиты и некоторые аплиты. Иначе говоря, во второй секции могут проектироваться породы, переходные к гранитам и гранит-порфировым разновидностям, не имеющим самостоятельного большого значения для петрографической классификации. Что касается 22-й секции, то и она не заслуживает разделения на четырехканальные секции, так как будет заполнена проекциями однообразных нефелиновых, мелилитовых и т.п. базальтовых пород.

Таким образом, разделение треугольника проекций на секции позволяет сразу выбрать из ста возможных каналов один единственный, в котором балансирующий коэффициент тождественен с таким коэффициентом изучаемой породы.

На втором этапе работы отыскиваем внутри найденного канала секции, уточняющие положение проекции искомой породы. Для этого обращаемся к групповым суммам щелочей и полуторных окислов. Дело в том, что почти в каждой секции наблюдается ясная зависимость между величиной суммы щелочей и отношением суммы полуторных окислов к сумме щелочей. Именно, если сумма щелочей не превышает одного – двух процентов, то сумма полуторных окислов в 10–15 или даже в 20–25 раз больше суммы щелочей. Если же сумма щелочей достигает возможного

здесь максимума, то отношение суммы полуторных окислов к сумме щелочей снижается до предельного значения, равного 3 или 4, ниже чего оно в магматических породах уже, как правило, не опускается в силу общеизвестных закономерностей развития магмы.

Наряду с этим почти всегда наблюдается обратная зависимость между изменением суммы щелочей и изменением суммы щелочноземельных компонентов, обычно ясно уменьшающейся при увеличении суммы щелочей.

Знание таких закономерностей позволяет проверить каждую магматическую формулу и соответствующую ей горную породу и ее химический анализ с точки зрения вероятности и возможности такой именно ассоциации компонентов.

Например, нужно проверить формулу породы, характеризующейся балансирующим коэффициентом со значением 36 – 37. Это секция 8-я, ограниченная ординатами 60 и 64. В ней наблюдается сумма щелочей, несколько превышающая 8% и требующая для своего насыщения не менее 24% полуторных окислов. Вместе это составляет не менее 32%. Следовательно, на долю щелочноземельных компонентов остается всего лишь 8 или даже 4%. Поэтому предполагаемое здесь содержание щелочей до 10–12% является нереальным, либо же нужно признать обязательным появление тут заменителей полевых шпатов.

После того, как найдена секция и в ней канал, соответствующий балансирующему коэффициенту изучаемой породы, и найдено в этом канале место проекций щелочей и полуторных окислов, проверяем положение проекций щелочноземельных компонентов и их взаимное соотношение.

Таким образом, четырехчленное строение нашей магматической формулы вполне обеспечивает отыскание в каталоге места породы такого же состава, как и в изучаемой породе. В соответствии с наличием в нашей формуле четырех членов, являющихся как бы параметрами породы для обращения к каталогу, построен и самый каталог, состоящий из шести столбцов. В крайнем слева столбце даны номера секций, а во втором слева столбце показаны ограничивающие секцию ординаты, определяющие интервал секции на оси абсцисс. В третьем столбце показан для каждой секции последовательный ряд сумм щелочей, от самой низшей от нуля до 2%, т.е. от 1+1% до какого-то максимума, присущего каждой данной секции. Каждая из таких сумм щелочей характеризует свою особую подсекцию, номер которой показан в смежном столбце, подлиненном столбцу третьему.

В четвертом столбце показаны средние значения сумм полуторных окислов, отвечающие каждой подсекции, т.е. каждой из сумм щелочей. В пятом столбце показано для каждой подсекции отношение в ней суммы полуторных окислов к сумме щелочей, от наибольшего отношения для самой невысокой суммы щелочей до самого низкого отношения для наиболее высокой суммы щелочей.

Балансирующий коэффициент ΔSi позволяет, как указано выше, найти ту секцию и тот в ней канал, в котором расположится проекция изучаемой породы, а отношение суммы полуторных окислов к сумме щелочей (или обратное отношение) уточняет положение проекции породы. Это обстоятельство позволяет нам называть эти два коэффициента – балансирующий коэффициент и сумму полуторных окислов – главными знаменателями в формуле.

Наконец, в шестом столбце показаны, по возможности для каждой подсекции, наиболее вероятные значения сумм щелочноземельных компонентов, составляющих свою особую серию, обратно пропорциональную по отношению к сериям сумм щелочей.

Каталог содержит, в общей сложности, 22 крупных подразделения, представленных секциями, и до 150-ти мелких, т.е. подсекций, отвечающих той или иной сумме щелочей. Если в таких подсекциях выделять отдельно горные породы с преобладанием натрия или калия, то число подсекций удвоится и достигнет почти трехсот. Аналогично этому, сумма щелочноземельных компонентов может быть разделена каждая на три или даже на пять разных пород, смотря по соотношению отдельных компонентов этой группы, например, по преобладанию одного из компонентов. Это приведет к тому, что число возможных разновидностей горных пород еще более увеличится и приблизится к тысяче или даже превысит ее.

Таким образом, каталог, проектируемый мною, способен охватить тысячи разновидностей горных пород разного химического состава, не повторяющих друг друга.

То обстоятельство, что в нашей формуле содержатся четыре самостоятельных числовых параметра, позволяет рассматривать ее как сложно написанное комплексное число – своего рода сложный номер, который можно уподобить серии телефонных номеров ряда последовательно соединяемых телефонных АТС, которые (номера), независимо от их числа, в конечном итоге обязательно приведут нас к искомому абоненту.

Так и комплексный номер горной породы, в виде четырех параметров ее формулы, будет приводить нас неминуемо к какой-то другой породе тождественного с ней состава. Это и позволяет нам называть наш каталог номерным. Этими же четырьмя параметрами, учитывая возможные в них перестановки в числовых значениях коэффициентов, вполне определяется и общая химическая характеристика горной породы.

14. Каталожные карточки и их оформление

К каталогу, в общей его форме, описанной выше, прилагаются для всех пород свои индивидуальные каталожные карточки, имеющие особо оформленные лицевую и обратную стороны.

На лицевой стороне карточки (рис.5*а*), в первой сверху строке приводится процентный химический состав породы и рядом, влево от анализа, – молекулярный (МК) и весовой (ВК)

Лицевая сторона (*а*)

	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	%%
	43,9	0,8	4,0	2,5	9,9	0,2	34,3	3,5	0,6	0,2	I
(МК) =	73,0	1,0	5,89	2,35	6,88	0,14	42,53	3,12	0,434	0,106	II
(ВК) =137,0	100,0	1,37	8,06	3,22	9,42	0,192	58,3	4,27	0,662	0,145	III
									0,807		IV
			11,28		72,182			5,077×3=15,23			

(ΣК) = 84,27

(ΔSi)= 15,73
(МК)-(ВК) = 10001 = $10C^2+1$
= 73-137=

Перидотит (по Nockolds'y)

Оборотная сторона (*б*)

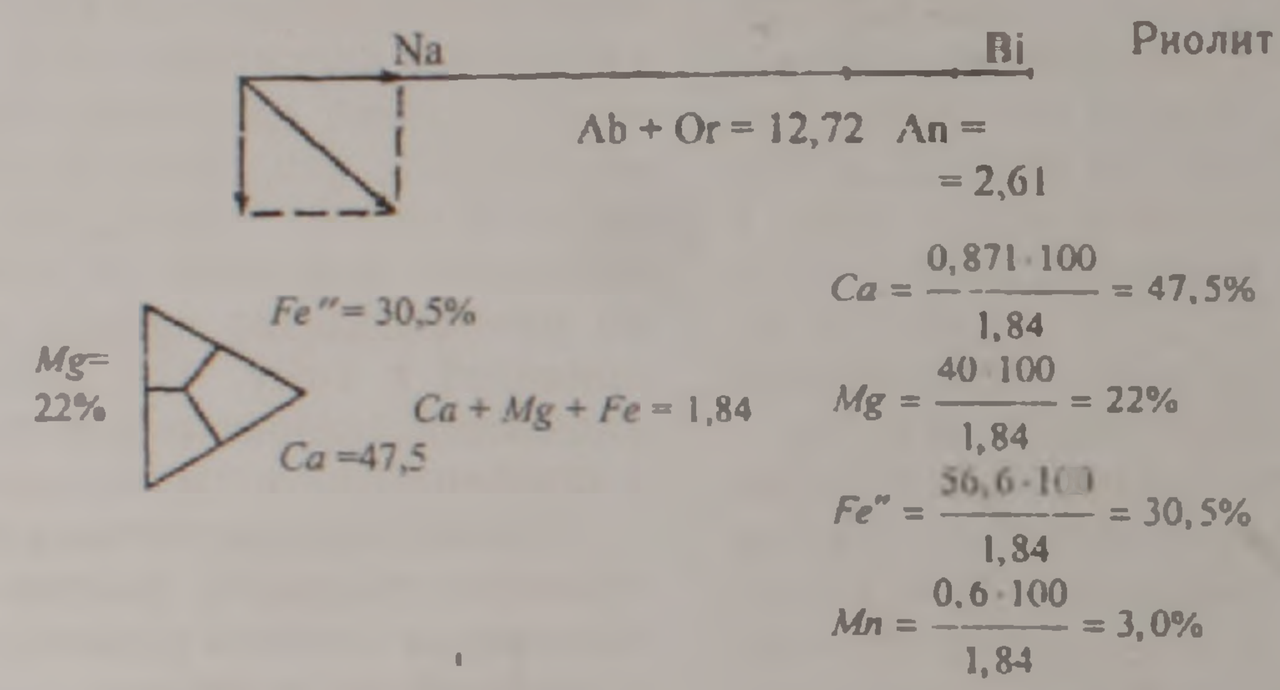

Рис 5. Лицевая (*а*) и оборотная (*б*) стороны каталожной карточки горной породы.

коэффициенты формулы. После этого в двух или трех строчках приводится полный перерасчет анализа на коэффициенты магматической формулы, как показано в табл.2–4. В последней, нижней строке приводятся четыре параметра породы. Три из них – это групповые суммы коэффициентов однородных компонентов: щелочных, щелочноземельных и полуторных окислов. Четвертым параметром служит балансирующий коэффициент ΔSi. Сумма этих четырех параметров всегда должна быть равна точно ста единицам и ими определяются главные проекции породы.

На оборотной стороне каталожной карточки (рис.5*б*) показывают, в виде барицентрического треугольника и соответствующего расчета в процентах, соотношение щелочноземельных компонентов и, кроме этого, соотношение обеих щелочей с анортитовой известью. Если имеются надлежащие материалы, то на этой же стороне карточки дается минеральный состав породы. Здесь же или на дополнительной карточке указывают литературные источники, содержащие описание данной породы и компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

Варданянц Л.А. Предварительное сообщение о новом методе подсчета магматической формулы и о химическом каталоге горных пород. Из Минералого-Петрографического кабинета Донского политехнического института. Новочеркасск, 1924, с.3-7.

Варданянц Л.А. Заметка о новом методе подсчета магматической формулы. Новочеркасск, 1924, с.3-12.

Соболев Н.Д., Лебедев-Зиновьев А.А., Назарова А.С., Вилюнова Л.П., Баталов Ш.С., Брылина О.М., Афанасьева Л.К. Неогеновые интрузивы и домезозойский фундамент района Кавказских минеральных вод. Тр. ВИМС, вып.3, Госгеолтехиздат. М., 1959, 212 с.

ՆՅՈՒԹԵՐ ԼԵՌՆԱՅԻՆ ԱՊԱՐՆԵՐԻ ՔԱՐՏԱՅԻՆ ՀԱՄԱՐԱՆՇԱՅԻՆ ԿԱՏԱԼՈԳԻ ԿԱԶՄՄԱՆ ԸՍՏ ՆՐԱՆՑ ՔԻՄԻԱԿԱՆ ԿԱԶՄԵՐԻ

Լ. Ա. Վարդանյանց

Ամփոփում

Լեռնային ապարների քիմիական կազմերի վերաբերյալ տարբեր երկրներում գոյություն ունեցող և մշտապես լրացվող մեծ ծավալի տվյալների համադրման անհրաժեշտությունը և հաշվողական տեխնիկայի հնարավորությունների կիրառմամբ դրանց օգտագործման մատչելիությունն ապահովելու նպատակով առաջարկվում է նոր համարանշային կատալոգ և տրվում են նրա կազմման հիմնական սկզբունքները:

MATERIAL TO COMPILE A MOUNTAIN ROCKS CHEMICAL COMPOSITION – BASED ENUMERATED CARD CATALOG

L. A. Vardaniants

Abstract

The article highlights basic principles of compilation of a new enumerated card catalog prepared for collating abundant and regularly updated data existing in different countries on mountain rocks chemical composition and assuring data accessibility based on the capacities of computing devices.