28. Наглядное изображеніе химическаго состава породъ изъ области Христіаніи и лавъ Кавказа.

Е. С. Федорова.

(Доложено 6-го Октября).

Рядъ послѣдовательныхъ усовершенствованій въ точномъ изображеніи химическаго состава горныхъ породъ, сдѣланное въ моихъ работахъ, завершился статьею „Существенное усовершенствованіе графическихъ схемъ, трехугольной и тетраэдрической“ [1]), въ которой показано, какъ найти фигуративную точку химическаго состава по даннымъ четыремъ отношеніямъ окисловъ. Однако пространственное положеніе этой точки опредѣляется не одною, а двумя проекціями на взаимноперпендикулярныхъ плоскостяхъ по методу начертательной геометріи.

Хотя во всѣхъ другихъ отношеніяхъ была достигнута высшая достижимая простота, но все-таки наглядность въ изображеніи нѣсколько страдала именно вслѣдствіе изображенія въ двухъ проекціяхъ.

Вотъ почему я рѣшилъ воспользоваться методомъ изображенія точекъ пространства на плоскости векторіальными кругами. Если отъ этого примѣненія происходитъ маленькое усложненіе въ томъ отношеніи, что точки теперь вообще изображаются кругами, но зато достигается болѣе важная цѣль — сосредоточеніе всѣхъ построеній на плоскости чертежа безъ всякихъ иныхъ усложненій, могущихъ затруднить пространственное воображеніе.

Строгость изображенія обезпечивается строгостью графическихъ операцій, необходимыхъ для этого изображенія, и при этомъ сохраняется исключительная простота этихъ операцій. Полагаю, что наглядность достигается въ степени, которой трудно было и ожидать.

Такимъ образомъ, въ новомъ способѣ изображенія не вводится никакого новаго принципа: примѣняются тѣ же принципы, которыми я пользовался при построеніи тетраэдрической схемы и при изображеніи структуры кристалловъ.

[1]) Эти Записки III, 188.

Въ этой статьѣ я имѣю въ виду систематически изложить ходъ всѣхъ операцій, необходимыхъ для графическихъ изображеній такъ, чтобы они стали ясны даже для лицъ, не имѣющихъ понятія ни о тетраэдрической схемѣ, ни о системѣ векторіальныхъ круговъ.

Матеріаломъ для этихъ изображеній я избираю: 1) породы окрестностей Христіаніи по анализамъ, приведеннымъ Бреггеромъ въ III томѣ его сочиненія Die Eruptivgesteine des Kristianiagebietes, спеціально озаглавленномъ Das Ganggefolge des Laurdalits, и 2) анализами лавъ Приказбекскаго района, приведенными въ сочиненіи Ф. Ю. Левинсонъ-Лессинга „Вулканы и лавы центральнаго Кавказа“.

Чтобы дать основную характеристику даннаго минерала или данной породы мы можемъ воспользоваться отношеніемъ четырехъ чиселъ $a : b : c : d$, которое примемъ за частичное отношеніе составляющихъ его окисловъ, а именно одноатомныхъ, двухатомныхъ, трехатомныхъ и четырехатомныхъ.

Это отношеніе уже около двухъ десятилѣтій принималось въ моихъ работахъ за основную химическую характеристику горныхъ породъ. Мало по малу она стала приниматься и другими учеными, какъ это можно теперь отчетливо видѣть изъ обозрѣвательной работы Die Systematik der Eruptivgesteine нѣмецкаго ученаго Мильха [1]), хотя разными авторами этому соотношенію придавалась своеобразная форма, иногда совершенно произвольная.

Напр. въ извѣстной работѣ Озанна Versuch einer chemischen Klassification der Eruptivgesteine [2]) зачѣмъ то это соотношеніе усложняется рядомъ

[1]) Въ Fortschritte der Mineralogie etc. B. IV. 175.

[2]) Mineralog. Petrogr. Mittheil **19** 351, **20** 399, **21** 365. **22** 322.

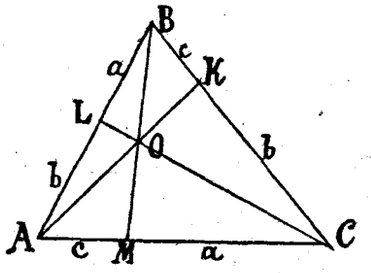
условностей, приводящихъ къ довольно сложному вычисленію чиселъ, означенныхъ имъ буквами S, A, C, F. Благодаря этому затрачивается (и, какъ мнѣ кажется, совершенно непроизводительно) масса труда на предварительныя вычисленія и вмѣстѣ съ тѣмъ теряются всѣ простыя законности, непосредственно выясняющіяся при употребленіи простѣйшаго отношенія, и остается только графическое изображеніе на трехугольной схемѣ (отъ которой я давно отказался, чтобы перейти къ болѣе полной тетраэдрической схемѣ), конечно далеко недостаточной даже для примитивной характеристики химическаго состава.

Ближе всѣхъ подошелъ къ естественной характеристикѣ Левинсонъ-Лессингъ, но страннымъ образомъ онъ избѣгаетъ четырехчленной характеристики и желаетъ привести ее къ трехчленной, чѣмъ конечно нарушаетъ полноту этой характеристики. Я полагаю, что тому, кто достаточно основательно познакомится хотя бы съ предлежащимъ маленькимъ трудомъ, станетъ ясно, что и полная естественная характеристика нетолько не представляетъ особыхъ трудностей, но можетъ быть примѣнена на дѣлѣ съ особенною простотою и наглядностью и съ минимальною затратою труда и времени.

Въ сущности, вмѣсто того, чтобы охарактеризовать химическій составъ породы отношеніемъ $a:b:c:d$, Левинсонъ-Лессингъ замѣняетъ его отношеніемъ $a+b:c:d$, а къ этой характеристикѣ, какъ нѣчто второстепенное, добавляетъ коефиціентъ кислотности α и отношеніе $a:b$.

Но и то, и другое уже заключается въ полномъ четырехчленномъ соотношеніи; приведя его, намъ уже нѣтъ надобности въ тѣхъ двухъ добавкахъ, которые дѣлаетъ указанный авторъ,

Теперь посмотримъ, какъ основное четырехчленное отношеніе изобразить графически въ одной проекціи.



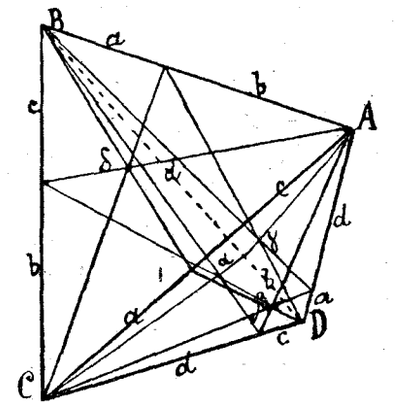
Сначала займемся болѣе простымъ соотношеніемъ $a:b:c$, приводящемъ къ трехугольной схемѣ (фиг. 1).

Если на сторонѣ AB трехугольника мы отложимъ обратное отношеніе $b:a$ и на сторонѣ BC обратное отношеніе $c:b$ (какъ показано на фигурѣ), если полученныя точки K и L мы прямыми соединимъ съ противолежащими вершинами трехугольника и въ пересѣченіи получимъ точку O, то прямая BO отмѣтитъ на сторонѣ AC такую точку M, которою эта сторона также раздѣляется въ обратномъ отношеніи $c:a$ [1]). Такимъ образомъ является совершенно

[1]) Доказательство приведено въ первомъ приложеніи.

безразличнымъ, на какихъ двухъ сторонахъ мы отложимъ эти обратныя отношенія.

Отсюда непосредственный переходъ къ полному соотношенію и тетраэдру (фиг. 2).



Пусть члены отношенія $a:b:c:d$ соотвѣтственно пріурочиваются въ его вершинахъ A, B, C, D. Чтобы получить фигуративную точку внутри тетраэдра, выражающую это химическое отношеніе, намъ достаточно получить соотвѣтственныя точки на двухъ граняхъ тетраэдра въ каждомъ по соотвѣтственному трехчленному отношенію. Напр. на ребрѣ AB отложимъ обратное отношеніе $b:a$, на ребрѣ AC—обратное отношеніе $c:a$, а на ребрѣ AD—обратное отношеніе $d:a$.

Примѣняя только—что изложенное построеніе въ трехугольникахъ ABC и ABD, на первомъ найдемъ точку δ и вмѣстѣ съ тѣмъ обратное отношеніе на ребрѣ BC, а на второмъ найдемъ точку γ и обратное отношеніе $b:d$ на ребрѣ BD. Замѣтимъ, что точки δ и γ уже не занимаютъ совершенно произвольнаго положенія на соотвѣтственныхъ граняхъ, а связаны слѣдующею зависимостью: прямыя $C\delta$ и $D\gamma$ пересѣкаются въ одной точкѣ на ребрѣ AB, именно потому, что этой точкѣ принадлежитъ обратное отношеніе $b:a$.

Теперь мы имѣемъ уже по два обратныхъ отношенія на сторонахъ трехугольниковъ ACD и BCD, а по этимъ двумъ получаемъ соотвѣтственно точки β и α, а вмѣстѣ съ тѣмъ и обратное отношеніе на

ребрѣ CD. По этой причинѣ и прямыя Aβ съ Bα пересѣкаются на ребрѣ CD въ одной общей точкѣ.

Мы только-что замѣтили, что прямыя Cδ и Dγ пересѣкаются въ точкѣ на ребрѣ AB, выражающей обратное отношеніе $b:a$. Слѣдовательно, эти двѣ прямыя опредѣляютъ плоскость, которая связана только съ этимъ отношеніемъ и совершенно не зависитъ отъ двухъ остальныхъ чиселъ c и d. Замѣнивъ данное отношеніе какимъ-нибудь другимъ $a:b:k:l$, въ которомъ съ даннымъ сохраняется неизмѣннымъ лишь отношеніе двухъ первыхъ чиселъ, мы все-таки получимъ неизмѣнною ту самую плоскость.

Это обозначаетъ, что эта плоскость вполнѣ характеризуется отношеніемъ $a:b$ и вполнѣ же имъ опредѣляется.

Какую бы точку мы ни взяли на этой плоскости, всегда для нее это отношеніе сохраняется неизмѣннымъ. И наоборотъ, для всякаго выраженія четырехчленнаго отношенія $a:b:k:l$ мы всегда получимъ нѣкоторую точку все въ той же плоскости, а эту плоскость воспроизводимъ по точкѣ на ребрѣ AB, устанавливающей обратное отношеніе $b:a$ и противолежащему ребру CD тетраэдра.

Отсюда видимъ, что фигуративная точка, изображающая отношеніе $a:b:c:d$ должна принадлежать и той плоскости, которая соотвѣтствуетъ отношенію $a:b$, и той, которая соотвѣтствуетъ отношенію $b:c$, и той, которая соотвѣтствуетъ отношенію $c:d$, и, наконецъ, той которая соотвѣтствуетъ отношенію $d:a$. Слѣдовательно, всѣ эти четыре плоскости должны пересѣкаться въ одной точкѣ, а именно фигуративной точкѣ, изображающей отношеніе $a:b:c:d$.

И обратно, если мы найдемъ фигуративную точку для этого четырехчленнаго отношенія и отмѣтимъ ее буквою O, то черезъ O и ребра тетраэдра пройдетъ шесть плоскостей, каждая изъ которыхъ выражаетъ одно изъ шести отношеній данныхъ чиселъ 1) $a:b$, 2) $a:c$, 3) $a:d$, 4) $b:c$, 5) $b:d$ и 6) $c:d$.

Эти шесть плоскостей пересѣкаются по три въ прямыхъ соединяющихъ точку O съ вершинами тетраэдра и по двѣ въ точкахъ на противоположныхъ ребрахъ тетраэдра.

Первыя четыре прямыя есть совокупности точекъ, характеризующіяся постоянствомъ отношенія трехъ изъ четырехъ данныхъ чиселъ.

Пусть вмѣсто даннаго отношенія будетъ взято отношеніе $a:b:c:k$. Изъ трехъ плоскостей, проходящихъ чрезъ O и вершину D плоскость, проходящая чрезъ ребро DA характеризуется во всѣхъ своихъ точкахъ постоянствомъ обратнаго отношенія на ребрѣ BC, проходящая чрезъ ребро DB—постоянствомъ отношенія AC, а проходящая чрезъ ребро DC—постоянствомъ отношенія на ребрѣ AB, и значитъ для точекъ, общихъ всѣмъ тремъ плоскостямъ то есть точекъ прямой OD ихъ пересѣченія будутъ постоянны и отношеніе $a:b$, и $b:c$, и $c:a$ то есть будетъ постоянно трехчленное отношеніе $a:b:c$.

И это соотвѣтственно имѣетъ мѣсто для точекъ всякой (изъ четырехъ) прямой, соединяющей O съ одною изъ вершинъ тетраэдра [1]).

Изъ изложеннаго видимъ, что каждая фигуративная точка, изображающая составъ $a:b:c:d$, можетъ быть изображена въ двухъ проекціяхъ на двухъ граняхъ тетраэдра, которыя для изображенія на бумагѣ мы можемъ совмѣстить на плоскости чертежа. Напр. совмѣстно съ плоскостью чертежа тѣ двѣ грани тетраэдра, которыя пересѣкаются въ ребрѣ AB, мы въ каждомъ изъ этихъ двухъ правильныхъ треугольниковъ должны изобразить по точкѣ, а именно δ и γ, которыя, понятно, должны находиться на прямыхъ Cδ и Dγ, пересѣкающихся въ одной точкѣ на ребрѣ AB.

Такъ въ прежнихъ работахъ [2]) я и изображалъ химическіе составы горныхъ породъ. При этомъ способѣ изображенія съ нѣкоторою мѣшкотностью связано нахоженіе точекъ обратнаго отношенія на ребрахъ тетраэдра то есть сторонахъ трехугольника; числа, выражающія длины отрѣзковъ на этихъ сторонахъ не даются прямо отношеніемъ $a:b:c:d$, а должны быть изъ нихъ извлечены вычисленіемъ или вспомогательнымъ графическимъ рѣшеніемъ.

Но оказалось, что эта вспомогателькая работа вовсе не необходима, что и показано въ статьѣ, упомянутой въ самомъ началѣ этого труда.

Чтобы достичь такого упрощенія въ работѣ, то есть чтобы можно было непосредственно пользоваться числами даннаго отношенія, пришлось видоизмѣнить самъ тетраэдръ. Оставляя неприкосновенными двѣ изъ его вершинъ, нужно предположить, что двѣ остальныя вершины отнесены въ безконечность.

Это было бы неосуществимо, еслибы пришлось для выраженія химическаго состава пользоваться всѣми вершинами тетраэдра или близкими къ нимъ точками. Но опытъ показалъ, что для изображенія

---

[1]) Для прямыхъ, соединяющихъ точки на противоположныхъ ребрахъ, имѣетъ мѣсто равенство двухъ отношеній; напр. для прямой, соединяющей точки на ребрахъ AB и CD имѣетъ мѣсто равенство отношеній $a:b$ и $c:d$, Но отношенія между этими парами для точекъ этой прямой различно.

[2]) Напр. въ статьѣ «Химическія отношенія горныхъ породъ и ихъ графическое изображеніе». Эти Записки I I.

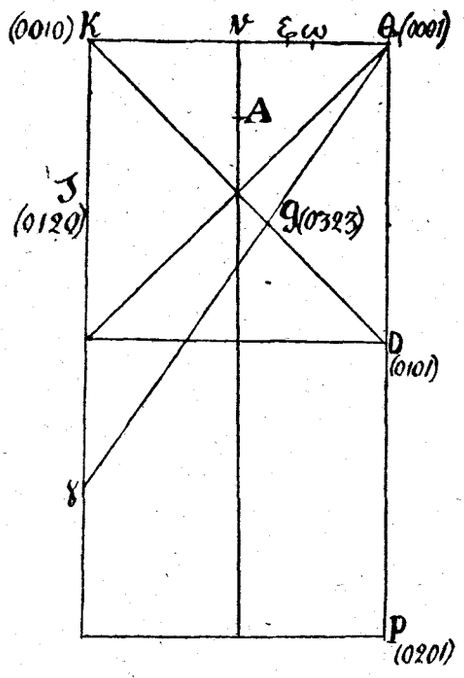
состава горныхъ породъ приходится пользоваться лишь весьма ограниченнымъ района тетраэдра, а именно двумя вершинами, выражающими чистый четырехатомный и трехатомный окиселъ и ближайшій къ нимъ, а особенно къ первой вершинѣ, районъ точекъ.

Понятно, что именно эти двѣ вершины и должны остаться неприкосновенными то есть точки, изображающія кварцъ Q (0001) и корундъ съ гематитомъ K (0010).

Слѣдовательно, въ безконечность относится вершина, изображающая чистый двухатомный окиселъ (0100) и чистый одноатомный окиселъ (1000).

Какъ и раньше, въ изображеніи можно ограничиться двумя проекціями въ граняхъ тетраэдра, пересѣкающихся въ ребрѣ QK.

Но теперь тетраэдръ уже перестаетъ быть тетраэдромъ собственно, а его грани перестаютъ быть трехугольниками собственно, такъ какъ по двѣ стороны становятся параллельными (пересѣкаются въ безконечности).



Фиг. 3.

Вершину двухатомнаго окисла мы отнесемъ къ плоскости чертежа по перпендикуляру къ прямой QK, а вершину одноатомнаго окисла мы отнесемъ къ перпендикуляру къ плоскости.

Въ двухъ означенныхъ плоскостяхъ мы непосредственно получимъ фигуративныя точки слѣдующихъ минераловъ, причемъ теперь положеніе этихъ точекъ уже непосредственно опредѣляется ихъ химическими символами то есть тѣми четырехчленными отношеніями, о которыхъ все время шла рѣчь.

Собственно въ плоскости чертежа непосредственно получимъ фигуративныя точки слѣдующихъ минераловъ по ихъ символамъ, помимо точекъ для кварца и корунда, о которыхъ уже упомянуто и которыя, находятся въ обѣихъ плоскостяхъ.

Для діопсида D химическое отношеніе или символъ есть (0101), а потому онъ непосредственно получается на одной сторонѣ отложеніемъ единичнаго отрѣзка, какъ это непосредственно видно изъ фиг. 3. Также и точка P для оливина (перидота) получается непосредственнымъ отложеніемъ двойнаго отрѣзка на той же сторонѣ, такъ какъ его символъ есть (0201). Для шпинели S, символъ который есть (0120) приходится отмѣтить точку уже на половинномъ отрѣзкѣ и притомъ на другой сторонѣ, такъ какъ отношеніе 1 : 2 относится къ двухатомнымъ и и трехатомнымъ окисламъ [1]).

Чтобы по символу (0122) получить фигуративную точку анортита, мы проводимъ двѣ прямыя: одну изъ безконечно удаленной точки посреди между двумя параллельными сторонами. Это прямо слѣдуетъ изъ отношенія (22), а отношеніе (12) даетъ точку S, которую мы должны соединить съ противолежащею вершиною то есть точкою Q. Пересѣченіе этихъ двухъ прямыхъ и даетъ искомую точку A.

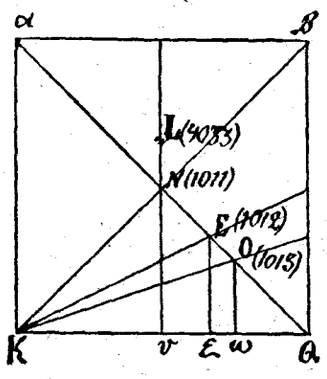
Наконецъ, чтобы по символу (0323) получить фигуративную точку для граната G мы по отношенію (33) на правой сторонѣ откладываемъ единичный отрѣзокъ и получаемъ точку D, которую соединяемъ прямою съ точкою K, а по отношенію (32) на лѣвой сторонѣ откладываемъ на лѣвой сторонѣ полуторный отрѣзокъ и получаемъ точку γ, которую соединяемъ прямою съ Q.

На плоскости, перпендикулярной къ плоскости чертежа, мы, кромѣ Q и K получаемъ еще фигуративныя точки слѣдующихъ минераловъ.

---

[1]) При этомъ я долженъ пояснить, что за частичные вѣса окисловъ я принимаю не $\overset{I}{R_2}O$, $\overset{II}{R}O$, $\overset{III}{R_2}O_3$ и $\overset{IV}{R}O_2$, какъ это принимается обыкновенно, по той причинѣ, что въ этомъ допущеніи допускаются скачки съ произвольнымъ увеличеніемъ частичнаго вѣса для перваго и третьяго окисловъ, а эти скачки обезображиваютъ графическое изображеніе и дѣлаютъ его даже менѣе чувствительнымъ и наглядным. Эти скачки устраняются при допущеніи естественнаго ряда окисловъ R_2O, R_2O_2, R_2O_3, R_2O_4. При этомъ допущеніи символъ (0120) выражаетъ $\overset{II}{R}O_2\overset{III}{R_2}O_3$ то есть $\overset{III}{R_2}O_4\overset{II}{R}$ (напр. Fe_2O_4Fe—магнетитъ).

Для нефелина N [1]) по символу (1011) мы прямо находимъ фигуративную точку пересѣченіемъ діагоналей квадрата единичныхъ отрѣзковъ.



Фиг. 4.

Символъ (1012) одновременно относится къ двумъ весьма различнымъ минераламъ—лейциту и эгирину, различающимся только составомъ окисловъ, а не ихъ отношеніемъ: въ первомъ представленъ кали и глиноземъ, во второмъ натръ и окись желѣза. Хотя это различіе весьма существенно сказывается въ инвидуальныхъ отличіяхъ представленныхъ горныхъ породъ, но основной химическій типъ все-таки сохраняется, такъ какъ все-таки наиболѣе близкими по химическимъ свойствамъ являются окислы одинаковой атомности. Поэтому означеніе E одинаково относится къ обоимъ минераламъ. Если принять во вниманіе, что и здѣсь отношеніе перваго и третьяго чиселъ есть (11), мы легко поймемъ, что и въ этомъ случаѣ фигуративнаи точка должна находиться на діагонали квадрата, соединяющей конецъ α единичнаго отрѣзка съ противоположною вершиною Q. Но теперь отношеніе перваго числа къ четвертому есть (12), а потому, нужно на правой сторонѣ отложить половинный отрѣзокъ и соединить его конецъ прямою съ точкою K.

Изъ предъидущаго непосредственно ясно, какъ получить фигуративную точку для ортоклаза или альбита O по его символу (1013). Первая діагональ сохраняется, а на правой сторонѣ нужно уже отложить не половину, а одну треть единичнаго отрѣзка.

Болѣе или менѣе къ этой же плоскости отнесется и фигуративная точка содалита и нозеана, но въ виду присутствія въ послѣднихъ минералахъ особыхъ кислотныхъ окисловъ, не входящихъ въ составъ четырехъ группъ, принятыхъ для тетраэдра, изображеніе становится затруднительнымъ. Поэтому я и въ прежнихъ работоахъ условно принялъ для нихъ коллективный символъ (4033), хотя и сознаю неправильность такой условности и возможность разработать вопросъ правильнѣе, принявъ соотвѣтственныя энквивалентности. Но вообще присутствіе этихъ минераловъ въ породахъ такъ рѣдко, что до сихъ поръ не являлось повода для этой болѣе основательной разработки. По этому символу теперь уже ясно, какъ найти фигуративную точку L.

Замѣчу еще, что проекціи точекъ N, E и O изъ безконечно удаленной вершины на стороны QK есть такія точки ν, ε и ω, которыя отъ Q отстоятъ соотвѣтственно на половину, треть и четверть единичнаго отрѣзка.

Описанныя проекціи въ двухъ плоскостяхъ, конечно, весьма просто разрѣшаютъ вопросъ о нахожденіи фигуративныхъ точекъ по данному отношенію $a:b:c:d$.

По отношенію (bcd) мы находимъ, какъ описано, фигуративную точку въ плоскости чертежа, а по отношенію (acd)—фигуративную точку въ перпендикулярной плоскости, и притомъ обѣ проекціи должны находиться (послѣ совмѣщенія вертикальной плоскости съ плоскостью чертежа вращеніемъ около QK на прямой уголъ) на одномъ перпендикулярѣ къ ребру QK, такъ какъ въ обоихъ отношеніяхъ есть общая часть (cd), относящаяся именно къ отрѣзкамъ по ребру QK.

Всѣ операціи упрощены до предѣловъ возможности, но все-таки въ изображеніи есть одно неудобство, которое оказалось возможнымъ устранить, а именно изображеніе посредствомъ двухъ, а не одной единственной проекціи.

Для устраненія этого неудобства и служитъ способъ векторіальныхъ круговъ, столь успѣшно примѣненный для изображенія структуры кристалловъ вообще, а въ частности къ результатамъ экспериментальнаго изслѣдованія расположенія атомовъ, какъ правильныхъ системъ точекъ.

Изображеніе это основывается на томъ, что всякій кругъ, начерченный на плоскости чертежа, даетъ больше, чѣмъ одна точка. Кромѣ его центра, на который мы можемъ смотрѣть какъ на ортогональную проекцію нѣкоторой точки въ пространствѣ, мы имѣемъ еще его радіусъ или діаметръ, на который мы можемъ смотрѣть какъ на выраженіе разстоянія изображаемой точки пространства отъ плоскости чертежа.

Такъ какъ точка можетъ находиться и выше, и ниже плоскости чертежа, то приходится различать векторіальныя круги разнаго знака, отличая ихъ

[1]) Въ прежнихъ работахъ мною было неоднократно объяснено, почему для нефелина принимаю этотъ, а не болѣе сложный символъ напр. (7078).

стрѣлкою, отмѣченною на окружности противъ или согласно направленію движенія часовой стрѣлки.

Впрочемъ, въ настоящемъ случаѣ прибавленіе такой стрѣлки излишне, такъ какъ мы можемъ принять всѣ фигуративныя точки находящимися выше плоскости чертежа.

Спеціально, для точекъ, находящихся именно въ плоскости чертежа, онѣ, такъ сказать, изображаются натурально то есть діаметры ихъ круговъ равны нулю, почему таковые и называются точечными кругами.

Въ частности, всѣ фигуративныя точки минераловъ по фиг. 3 сохраняются въ неизмѣнности и служатъ непосредственнымъ изображеніемъ химическаго состава этихъ минераловъ.

Но уже другое получится для изображенія минераловъ фиг. 4, конечно, не считая Q и K.

Чтобы изобразить нефелинъ N, нужно принять за центръ круга проекцію ν, а за діаметръ отрѣзокъ νN; тоже получимъ соотвѣтственно и для другихъ изображеній; въ частности, центръ круга для E будетъ точка ε, а величина діаметра — отрѣзокъ εE, центръ круга для O есть аточк ω, а величина діаметра—отрѣзокъ ωO.

Вообще, если нѣсколько изображаемыхъ точекъ въ пространствѣ находятся на одной прямой, изображающіе ихъ круги составляютъ ихъ линейную приму, что внѣшнимъ образомъ обыкновенно выражается въ томъ, что всѣ круги линейной примы имѣютъ двѣ общія касательныя, а точка пересѣченія этихъ касательныхъ есть единственный въ линейной примѣ точечный кругъ и выражаетъ точку натурально, то есть въ плоскости чертежа. Итакъ, при изображеніи каждой прямой въ пространствѣ мы получимъ двѣ касательныя, а точка пересѣченія прямой съ плоскостью чертежа изобразится натурально то есть точечнымъ кругомъ, который и составляетъ точку пересѣченія касательныхъ.

Въ частности, особенность всѣхъ точекъ вертикальной плоскости (слѣдъ которой есть QK) состоитъ въ томъ, что центры круговъ, изображающихъ ея точки, есть точки прямой QK. И обратно, если увидимъ въ изображеніи кругъ, имѣющій центромъ нѣкоторую точку на прямой QK, то это прямо укажетъ на нахожденіе изображаемой точки въ этой вертикальной плоскости, а слѣдовательно въ химическомъ символѣ этой второе число есть нуль, какъ для каждой точки, изображаемой натурально, первое число символа есть нуль. Если въ символѣ нуль стоитъ на третьемъ мѣстѣ, то центръ изображающаго круга находится на прямой Qβ; если, наконецъ, нуль стоитъ на четвертомъ мѣстѣ, то центръ изображающаго круга находится на прямой Kα.

Послѣ сдѣланныхъ объясненій намъ теперь должно быть нетолько легко представимо положеніе фигуративныхъ точекъ, изображающихъ на фиг. 5 минералы N, E, O и Q, но даже ясно, что эти точки въ пространствѣ находятся на прямой линіи, такъ какъ изображающіе ихъ круги имѣютъ двѣ общія касательныя, пересѣкающіяся въ точкѣ Q; слѣдовательно, сама точка Q, какъ точечный кругъ, изображается натурально и есть изображеніе точки въ плоскости чертежа, что и понятно для точки (0001)

Мы по этому ряду круговъ въ точности возстанавливаемъ то же положеніе точекъ, какое мы уже изучили на фиг. 4.

Такимъ изображеніемъ мы едва ли замѣтно усложнили производство операцій графическаго изображенія, а между тѣмъ достигли новыхъ, и очень важныхъ, результатовъ.

Теперь мы можемъ изображать не отдѣльныя точки, а цѣлыя линіи.

Напр. проведемъ изъ точки A обѣ касательныя къ кругу O, который изображаетъ какъ ортоклазъ такъ и альбитъ. Вѣдь эти двѣ касательныя опредѣляютъ линейную приму круговъ, въ составъ которой входитъ и точечный кругъ A, изображающій анортитъ, и кругъ O, изображающій альбитъ; слѣдовательно, сама линейная прима круговъ, вполнѣ опредѣляемая двумя проведенными касательными, изображаетъ не что иное, какъ линію плагіоклазовъ. Вмѣсто воображаемой прямой въ пространствѣ мы имѣемъ теперь вполнѣ реальную линейную приму, и если на биссектрисѣ касательныхъ возьмемъ любую точку, и, принявъ ее за центръ, впишемъ касательный кругъ, то получимъ одинъ изъ безконечнаго ряда плагіоклазовъ, который можемъ отмѣтить опредѣленнымъ нумеромъ; отмѣтивъ нумерами соотвѣтственныя точки на биссектрисѣ, мы получаемъ точное изображеніе всѣхъ плагіоклазовъ.

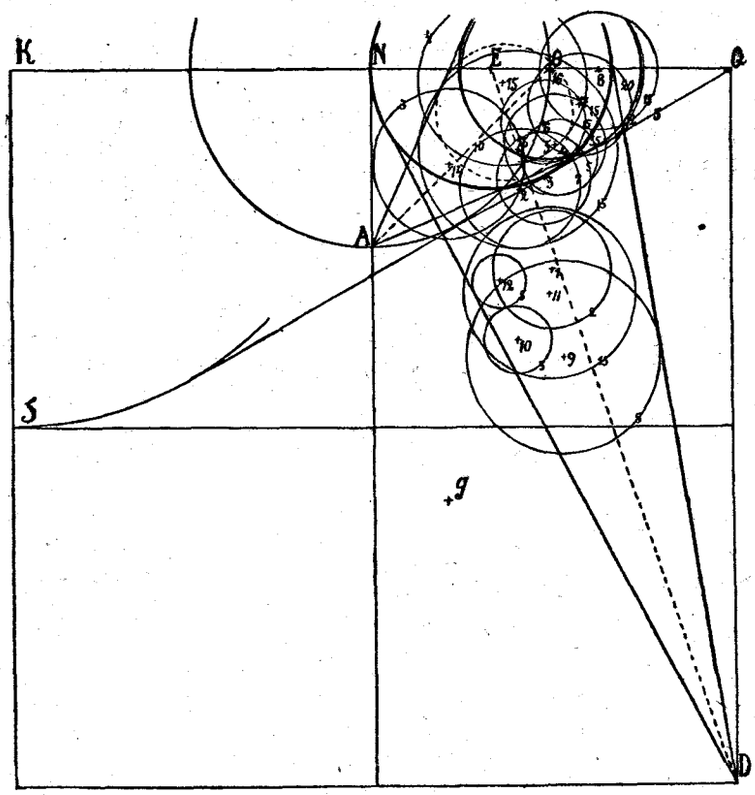
Также, если изъ точки D проведемъ обѣ касательныя къ кругу E, то получимъ линейную приму круговъ, изображающую не что иное, какъ линіи пироксеновъ и амфиболовъ съ конечными членами для первыхъ въ видѣ діопсида и эгирина и въ этомъ случаѣ мы также могли бы выставить нумера, если бы только съ этими нумерами были связаны напр. опредѣленныя оптическія свойства, по которымъ мы могли бы сдѣлать соотвѣтствующее опредѣленіе.

Мы знаемъ, что двѣ проведенныя линейныя примы круговъ выражаютъ двѣ прямыя въ пространствѣ, и первый вопросъ, который при этомъ возни-

кается, состоитъ въ томъ, пересѣкаются онѣ или нѣтъ.

Если бы мы изображали прямыя въ пространствѣ въ двухъ проекціяхъ, напр. по способу начертательной геометріи, то рѣшеніе этого вопроса сводилось бы къ существованію общей точки пересѣченія прямыхъ въ обѣихъ проекціяхъ. Теперь же эта задача рѣшается слѣдующимъ образомъ.

Сначала мы находимъ точку пересѣченія обѣихъ биссектрисъ, и затѣмъ принимаемъ ее за центръ круга напр. линейной примы плагіоклазовъ (этотъ кругъ на фигурѣ проведенъ пуиктиромъ). Если бы полученный кругъ оказался бы одновременно кругомъ примы пироксеновъ, то только тогда пришлось бы заключить, что обѣ изображаемыя прямыя дѣйствительно пересѣкаются.



Фиг. 5.

Въ данномъ случаѣ этого нѣтъ, и кругъ примы пироксеновъ оказывается имѣющимъ большій діаметръ, чѣмъ кругъ примы плагіоклазовъ, и сейчасъ легко получить, на какую длину его діаметръ больше діаметра перваго. Такимъ образомъ мы нетолько рѣшаемъ задачу въ смыслѣ непересѣкаемости обѣихъ прямыхъ въ пространствѣ, но находимъ, насколько въ вертикальномъ направленіи вторая прямая проходитъ выше первой.

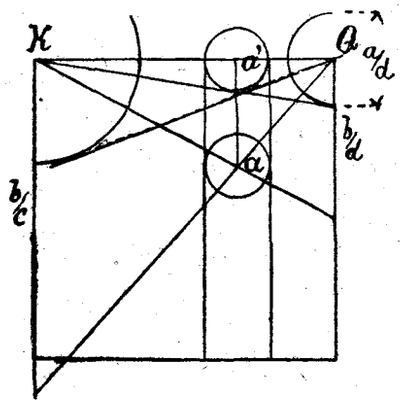
Нетрудно понять, что рѣшеніе такихъ вопросовъ составляетъ чистое преимущество новаго способа изображеній.

Теперь перейдемъ къ разсмотрѣнію и рѣшенію задачъ, какъ по данному отношенію построить кругъ, и обратно, какъ изъ даннаго начерченнаго круга вывести отношеніе, опредѣляющее химическую характеристику изображенія.

Центръ a круга, изображающаго химическое отношеніе ($a\,b\,c\,d$) по тремъ послѣднимъ числамъ получается по описанному уже способу, такъ какъ новый не вноситъ въ этомъ отношеніи никакого измѣненія. Но для опредѣленія діаметра круга лучше воспользоваться слѣдующимъ спеціальнымъ пріемомъ: изъ точки Q, какъ изъ центра, приводимъ кругъ діаметромъ a/d; къ этому кругу изъ точки K (фиг. 6) приводимъ касательныя, а, принимая проекцію a' точки a за центръ, проводимъ кругъ, вписанный въ эти касательныя. Равный ему кругъ, имѣющій центромъ точку a, и есть искомый, графически изображающій данное отношеніе.

Отсюда ясно рѣшеніе и обратной задачи: найти отношеніе по данному кругу a.

Сначала проводимъ прямыя Qa и Ka до пересѣченія съ противоположными параллельными сторонами. Отрѣзки на нихъ, считая соотвѣтственно отъ точекъ K и Q выражаютъ величины отношеній $b:c$ и $b:d$, чѣмъ опредѣляется отношеніе $b:c:d$; затѣмъ изъ проекціи a' точки a приводимъ кругъ, равный данному, а изъ точки K касательныя къ нему, и наконецъ, принимая точку Q за центръ, вписываемъ въ касательныя кругъ; діаметръ послѣдняго выражаетъ отношеніе $a:d$, чѣмъ и опредѣляются всѣ четыре числа искомаго отношенія.



Фиг. 6.

Послѣднюю операцію можно замѣнить проведеніемъ касательныхъ изъ точки Q къ кругу a' и вписываніемъ въ эти касательныя круга, имѣющаго центромъ точку K; тогда діаметръ послѣдняго выражаетъ отношеніе $a:c$, что равнозначуще въ символѣ опредѣленія полнаго отношенія.

Послѣ всего изложеннаго станетъ ясно, какъ составлены круги на фиг. 5, выражающіе составы горныхъ породъ. Нумера породъ поставлены при центрахъ круговъ, а характеристичныя отношенія составлены по анализамъ, приведеннымъ въ двухъ сочиненіяхъ, заглавія которыхъ приведены въ началѣ статьи.

Первые восемь нумеровъ относятся къ лавамъ Приказбекскаго Кавказа и относятся къ анализамъ, проведеннымъ въ сочиненіи Левинсонъ-Лессинга на стр. 495, а именно:

№ 1	относится	къ	андезитобазальту	(въ таблицѣ	подъ	№ 1)
№ 2	»	»	андезитотрахиту	(»	»	№ 20)
№ 3	»	»	андезитодациту	(»	»	№ 2)
№ 4	»	»	трахидациту	(»	»	№ 3)
№ 5	»	»	трахидациту	(»	»	№ 6)
№ 6	»	»	дациту	(»	»	№ 11)
№ 7	»	»	липаритодациту	(»	»	№ 7)
№ 8	»	»	липариту	(»	»	№ 19)

Остальныя породы охарактеризованы въ упомянутомъ выше сочиненіи Бреггера

№ 9	»	»	фарризиту	(анализъ	на стр.	65)
№ 10	»	»	камптониту	(»	»	51)
№ 11	»	»	хеумиту	(»	»	91)
№ 12	»	»	керсантиту	(»	»	75)
№ 13	»	»	среднему лаурдалиту	(» I	»	19)
№ 14	»	»	лаурдалиту богатому нефелиномъ	(» III	»	19)
№ 15	»	»	бостониту	(»	»	203)
№ 16	»	»	лестивариту	(»	»	216)

Остальныя породы охарактеризованы въ упомянутомъ выше сочиненіи Бреггера.

Первое, что усматривается изъ ряда приведенныхъ изображеній, это рѣзкая обособленность каждаго изъ приведенныхъ типовъ отъ каждаго другого; частью эта обособленность выражается въ рѣзкомъ различіи въ положеніи центровъ круговъ, частью въ рѣзкомъ различіи ихъ діаметровъ.

Сравнивая два какіе угодно изображенные круга, мы такъ сказать непосредственно ощущаемъ различіе въ составѣ каждаго изъ четырехъ группъ окисловъ. Мало того, дѣйствительное различіе въ ихъ содержаніи представляется какъ бы въ утрированномъ видѣ; напр. сравнивая круги, выражающіе камптонитъ и фаризитъ, можно вообразить громадное различіе въ содержаніи щелочей, такъ какъ различіе въ діаметрахъ этихъ круговъ поразительное при сравнительной близости ихъ центровъ. На самомъ дѣлѣ это различіе вовсе не такое поразительное.

Чтобы оцѣнить степень утрированности изображенія, привожу изъ книги Бреггера анализы этихъ породъ:

	Si_2O_4	Ti_2O_4	Al_2O_3	Fe_2O_3	Fe_2O_2	Mn_2O_2	$Mg.O_2$	Ca_2O_2	Na_2O	K_2O
Камптонитъ . .	44,22	2,50	12,73	5,68	5,18	0,45	6,98	11,57	2,12	1,71
Фарризитъ . . .	45,77	1,70	16,16	3,72	6,21	—	7,03	9,01	6,23	2,28

Сравнивая составъ породъ, отмѣченныхъ какъ липаритъ и липаритодацитъ, мы поражаемся различіемъ въ составѣ щелочныхъ земель, гораздо болѣе обильныхъ во второмъ.

Чтобы наглядно было видно, какому это соотвѣтствуетъ дѣйствительному различію, привожу ихъ анализы изъ книги Левинсонъ-Лессинга.

	Si_2O_4	Ti_2O_4	Al_2O_3	Fe_2O_3	Fe_2O_2	Mn_2O_2	Mg_2O_2	Ca_2O_2	Na_2O	K_2O.
Липаритъ. . . .	74,19	0,61	12,24	1,41	0,04	0,08	0,13	0,71	4,04	4,64
Липаритодацитъ .	69,39	0,24	16,04	1,06	1,67	—	0 25	2,17	4,29	4,01

Въ этомъ состоитъ главное различіе между обѣими породами. Различіе въ количествѣ кремнезема уже сравнительно очень мало. Тѣмъ не менѣе изъ изображенія ясно усматривается большее его содержаніе въ липаритѣ, также какъ усматривается и большее содержаніе глинозема въ липаритодацитѣ. Что же касается содержанія щелочей, то ни изъ изображенія, ни изъ таблички существеннаго различія не замѣчается. Въ изображеніи оно кажется большимъ, тогда какъ въ табличкѣ читаются довольно маленькія числа. Это указываетъ только на большую чувствительность изображенія.

Сравнивая рядъ изображенія Приказбекскихъ лавъ и тотъ рядъ породъ, который отмѣченъ Брегтеромъ какъ породы группы лаурдалитъ (Ganggefolge des Laurdalits), мы не можемъ не обратить вниманія на гораздо большую однородность въ составѣ упомянутыхъ лавъ. Нѣсколько отдѣльно стоитъ отъ нихъ андезитобазальтъ, а андезитотрахитъ является какъ бы лемонъ,ь связывающимъ послѣдній съ остальными членами ряда.

Группа породъ ряда лаурдалита разбросалась въ изображеніи гораздо шире и ее отдѣльные члены представляютъ гораздо большія различія. Можно сказать, что даже направленія растянутости въ обѣихъ группахъ существенно иныя. Въ Приказбекскихъ лавахъ главное различіе между крайними членами проявляется въ содержаніи кремнезема.

Въ группѣ лаурдалита главное различіе между ними въ содержаніи двухатомныхъ окисловъ; ихъ содержаніе въ бостонитѣ сводится къ нулю, а въ фарризитѣ достигаетъ наибольшей величины. Этому различію въ химическомъ составѣ соотвѣтствуетъ и различіе въ составѣ минералогическомъ: въ бостонитѣ сильно преобладающими являются щелочные полевые шпаты; въ фарризитѣ этой группы минераловъ вовсе не представлено, а преобладаютъ пироксены и амфиболы вѣроятно вмѣстѣ съ мелилитомъ, впрочемъ нѣсколько гипотетическимъ, содержащимъ щелочи и проявляющимъ многія особенности, отличающія его отъ настоящаго мелилита.

Конечно, всѣмъ петрографамъ извѣстна знаменитая работа Б р е г г е р а, которою я теперь пользуюсь, также какъ и то, что этотъ ученый принимаетъ типичный лаурдалитъ за имѣющій тотъ средній химическій составъ, отъ котораго магмы другихъ, сопровождающихъ его породъ области Христіаніи, откололись путемъ дифференціяціи. Изъ изображенія мы видимъ, что въ сторону бостонита эта дифференціація хотя и достигла своего крайняго предѣла, но магма видоизмѣнилась въ гораздо мѣньшей степени, чѣмъ въ сторону фарризита; на такія разности, какъ лаурдалитъ, богатый нефелиномъ съ одной стороны, на камптонитъ и керсантитъ съ другой стороны, мы можемъ смотрѣть какъ на боковыя отвѣтвленія въ составѣ въ другихъ направленіяхъ, а именно характеризуется прежде всего увеличеніемъ трехатомныхъ окисловъ, а магма вторыхъ нетолько проявляетъ значительное увеличеніе въ содержаніи щелочныхъ земель, но и значительное уменьшеніе щелочей [1]).

Рѣшительно всѣ породы этого ряда безкварцевыя. Въ моей работѣ о химическихъ отношеніяхъ породъ (эти Записки I 1) было показано, что по характеристичному отношенію мы прямо можемъ опредѣлить, содержитъ ли порода кварцъ или нѣтъ. Плоскостью, раздѣляющею кварцъ содержащія породы отъ несодержащихъ кварца является та, которая проходитъ чрезъ ближайшія къ кварцу фигуративныя точки, а именно чрезъ діопсидъ, альбитъ и анортитъ. Это основывается на томъ, что въ породахъ, фигуративныя точки которыхъ находятся въ этой плоскости, представлены преобладающимъ образомъ названные минералы. Если къ нимъ присоединяется кварцъ, то фигуративная точка должна приблизиться къ точкѣ, изображающей кремнеземъ.

Это заключеніе, какъ тогда же было показано, приводитъ къ простому математическому критерію о присутствіи кварца. Прежде всего составляемъ изъ индексовъ трехъ упомянутыхъ минераловъ детерминантъ, который легко переводится въ символъ самой раздѣляющей плоскости, а именно $\begin{vmatrix}1013\\0101\\0122\end{vmatrix} = |5212|$.

И вотъ, если дано характеристичное отношеніе $(abcd)$, то сумма $5a + 2b + c - 2d$ рѣшаетъ поставленный вопросъ. Если она равна нулю, то фигуративная точка находится въ раздѣляющей плоскости, и породы принадлежатъ не къ типичнымъ, а переходнымъ между содержащими кварцъ и его не содержащими. Если эта сумма отрицательна, то порода содержитъ, а если она положтельна, то порода не содержитъ кварца.

Конечно, это критерій весьма простой; но теперь, имѣя передъ собою новый способъ изображенія, мы можемъ замѣнить критеріемъ болѣе наглядным, осуществляемымъ графически.

Для графическаго рѣшенія этой задачи чрезъ центръ фигуративнаго круга нужно провести прямую, параллельную прямой DA, которая въ сущности изображаетъ слѣдъ раздѣлительной плоскости

[1]) Если принять во вниманіе только преобладающее направленіе въ измѣненіи состава обѣихъ группъ породъ, то можно было бы сказать, что въ группѣ Кавказскихъ лавъ преобладающую роль въ этомъ измѣненіи играетъ анортитъ, а въ породахъ Христіаніи діопсидъ.

а плоскости чертежа. Изъ точки пересѣченія этой прямой съ биссектриссой касательныхъ къ кругамъ плагіоклазовъ проводимъ кругъ, вписанный въ эти касательныя. Если діаметръ этого круга равенъ данному, то изображаемая точка находится въ раздѣлительной плоскости; если діаметръ круга плагіоклаза окажется большимъ, то изображаемая точка находится ниже раздѣлительной плоскости, и соотвѣтственная порода содержитъ кварцъ; въ противномъ случаѣ она его не содержитъ.

Какъ я уже упомянулъ, вообще породы, сопровождающія лаурдалитъ, кварцъ не содержатъ, но имѣются такія, коихъ фигуративныя точки подходятъ близко къ раздѣляющей плоскости. Сюда въ особенности относится лестиваритъ, который, какъ видно изъ фигуры, по химической характеристикѣ едва отличается отъ альбита; какъ видно изъ описанія Бреггера, въ этой породѣ иногда появляются ничтожныя количества кварца.

Полученное мною характеристичное отношеніе есть 19,0 : 0,9 : 18,9 : 61,2 [1]), откуда сумма $5 \times 19{,}0 + 2.0{,}9 + 18{,}9 - 2.61{,}2$ получается весьма близкою къ нулю.

То же почти имѣетъ мѣсто и для керсантита, характеристичное отношеніе коего есть 7,9 : 21,2 : : 23,0 : 47,9.

Теперь мы имѣемъ простой способъ провѣрить это графически.

Примѣняя этотъ способъ къ кругамъ, изображающимъ Приказбекскія лавы, мы сейчасъ увидимъ, что почти всѣ содержатъ кварцъ. Можно даже сказать, что это видно непосредственно безъ употребленія всякихъ графическихъ пріемовъ по отношенію ко всѣмъ этимъ лавамъ за исключеніемъ двухъ послѣднихъ членовъ ряда.

Что касается липаритодацита, то его фигуративная точка приходится очень близко къ раздѣлительной плоскости, а фигуративная точка андезита-базальта уже находится выше этой плоскости, и значитъ порода первичнаго кварца не содержитъ.

Въ той же упоминавшейся моей работѣ о химическихъ отношеніяхъ породъ показано, что раздѣленіе магмъ на двѣ: фоянитотералитовую и діоритовую, сдѣланное Розенбушемъ, очень близко выражается такою раздѣляющею плоскостью, которая проходитъ чрезъ прямую QD посединѣ между плоскостью чертежа и тою, которая проходитъ чрезъ прямую QOEN.

Если въ отношеніи $(a\ b\ c\ d)$ $a : c = 1 : 2$, то есть $2a = c$, то фигуративная точка породы находится въ этой раздѣлительной плоскости. Благодаря этому, по приведенному отношенію мы можемъ непосредственно видѣть, относится ли соотвѣтственная порода къ тому или другому разряду магмъ.

Теперь мы можемъ это видѣть почти также непосредственно и изъ изображенія. Мы должны мысленно провести къ фигуративному кругу двѣ касательныя изъ какой-нибудь точки прямой QD. Если кругъ, центръ котораго лежитъ на прямой NA и вписанный въ эту пару касательныхъ имѣетъ діаметръ меньшій, чѣмъ радіусъ круга N, магма относится къ разряду діоритовыхъ; въ противномъ случаѣ она относится къ разряду фоянитовыхъ.

Почти непосредственно можно видѣть, что почти всѣ изображенныя на фиг. 5 породы Христіаніи относятся къ разряду магмъ фоянитовыхъ, за исключеніемъ камптонита (10) и керсантита (12), которыя отчетливо относятся къ діоритовымъ. Самъ средній лаурдалитъ весьма отчетливо долженъ быть отнесенъ къ магмамъ фоянитовымъ.

Конечно, если магма при дифференціаціи начинаетъ расщепляться, она въ первыхъ стадіяхъ сохраняетъ свой разрядъ; но при болѣе сильномъ раздѣленіи всегда можетъ наступить моментъ, когда выдѣлятся части, переходящія границу разряда, и тогда одновременно должны выдѣляться другія части въ которыхъ фоянитовый типъ выражается съ еще большею рѣзкостью. Все это мы дѣйствительно и видимъ въ изображеніи, причемъ камптонитъ и керсантитъ являются исключительными частями, перешедшими эту границу.

Отчасти это имѣетъ мѣсто и по отношенію къ Приказбекскимъ лавамъ, которыя въ этомъ отношеніи по большинству также должны быть отнесены къ фоянитовому разряду магмъ, за исключеніемъ дацита и андезитотрахита; что же касается трахидацитовъ, то въ ихъ ряду какъ разъ представлены породы, переходящія эту границу. Порода № 4 еще можетъ быть отнесена къ фоянитовой, но уже № 5 перешла въ область діоритовой магмы.

Самъ Ф. Ю. Левинсонъ-Лессингъ не отрицаетъ и въ этомъ случаѣ возможности дифференціаціи.

Отношеніе четырехъ группъ окисловъ есть безъ

[1]) Замѣчу попутно, что такъ какъ въ этомъ отношеніи числа, относящіяся къ двухъ-атомнымъ окисламъ, ничтожны, то становится практически невозможнымъ найти центръ круга по тремъ послѣднимъ числамъ. Но можно воспользоваться первымъ и двумя послѣдними числами.

Получаемъ отношенія 1) 19,0 : 61,2 и 2) 19,0 : 18,9. Величину перваго отношенія принимаемъ за діаметръ круга при Q, а величину второго за діаметръ круга при K. Проводя касательныя изъ K къ первому и изъ Q ко второму кругу, находимъ общій кругъ обѣихъ линейныхъ примъ. Истинное положеніе центра изображающаго круга весьма ничтожно передвигается по перпендикуляру къ KQ.

сомнѣнія важнѣйшая характеристика химическаго состава изверженной горной породы, но все-таки это еще далеко не полная характеристика. Химическія свойства породы вообще, и образованіе тѣхъ или другихъ минераловъ въ частности обусловливается нетолько этимъ отношеніемъ, но имѣетъ значеніе и составъ самихъ окисловъ.

При изложенномъ здѣсь способѣ изображенія химическаго состава является возможность пополнить эту характеристику напр. надписаніемъ на фигуративномъ кругѣ, хотя бы грубо приближенными числами, отношеній отдѣльныхъ окисловъ.

Можно напр. условиться написать по порядку отношенія: 1) окисловъ Si и Ti, 2) окисловъ Al и Fe, 3) окисловъ Mg $O+FeO$ къ Ca и 4) окисловъ Na и K. Четыре такихъ числа, написанныхъ на окружности соотвѣтственнаго круга, дѣлаютъ наглядным результаты полнаго химическаго анализа, а при достаточно большой діаграммѣ мѣста для такихъ надписей достаточно. И если на діаграммѣ окажутся нанесенными два почти тождественныхъ круга съ различными числами добавочныхъ отношеній, то даже сейчасъ изъ этихъ надписей можно сдѣлать довольно важные выводы, касающіеся различія минералогическаго состава.

Пока я ограничусь однимъ примѣромъ приведенія отношенія $Al_2O_3 : Fe_2O_3$, что въ самыхъ грубыхъ числахъ и сдѣлано на кругахъ фиг. 5.

Если бы содержаніе Fe_2O_3 въ породѣ было больше чѣмъ Al_2O_3, то соотвѣтственныя числа были бы дробными. Но такихъ отношеній вовсе не имѣется въ представленныхъ породахъ, почему на всѣхъ кругахъ надписаны приближенныя цѣлыя числа; но даже наименьшее изъ нихъ (для андезитобазальта) есть 2, а наибольшее (для трахидацита) достигается даже 35.

Такія надписи даютъ напр. возможность судить о присутствіи эгириновой составной части въ имѣющихся пироксеновой или баркевитовой составной части въ имѣющихся амфиболахъ. Также изъ гранатовъ преобладающимъ образомъ представлены разности, изобилующія содержаніемъ именно Fe_2O_3.

Напримѣръ непосредственное сравненіе въ этомъ отношеніи лаурдалита средняго состава и того, который изобилуетъ нефелиномъ, видно, что именно послѣдній долженъ изобиловать и эгириновою составною частью.

Въ виду болѣе или менѣе общепризнанной важности раздѣленія магмъ на два разряда: фоянто-тералитовыхъ то есть болѣе богатыхъ содержаніемъ щелочей и габбродіоритовыхъ то есть болѣе бѣдныхъ тѣмъ же содержаніемъ, невольно возникаетъ мысль объ упрощеніи раздѣленія магмъ и ихъ математическихъ символовъ сравнительно съ тѣмъ, что было сдѣлано въ моихъ предъидущихъ работахъ. Раздѣленіе, ради перваго приближенія къ естественному, можно основать не на раздѣленіи тетраэдра, а на раздѣленіи трехугольника, въ составъ вершинъ коего не входятъ щелочи.

Наиболѣе естественнымъ представляется раздѣленіе его прямыми, проходящими чрезъ полюсы двухъ представленныхъ минераловъ.

Собственно внутри этого трехульника представлены двѣ фигуративныя точки минераловъ: анортита A (0122) и граната G (0323). Изъ нихъ безъ сомнѣнія болѣе важнымъ для классификаціи является первый.

Кромѣ того, нужно принять во вниманіе, что почти во всѣхъ породахъ въ характеристичныхъ отношеніяхъ имѣемъ $d > c$. Единственное извѣстное исключеніе составляетъ кыштымитъ, до такой степени пересыщенный глиноземомъ, что въ немъ обильно представленъ корундъ.

Отвлекшись отъ этого исключенія, мы увидимъ, что собственно въ магмахъ представлена только одна половина трехугольника, половина, опредѣляемая только-что написаннымъ неравенствомъ.

Эту половину мы можемъ раздѣлить на четыре трехугольныя площади лучами изъ точки A, а именно чрезъ кварцъ Q (0001), корундъ K (0010), діопсидъ D (0101) и оливинъ P (0201).

Эти прямыя мы можемъ соотвѣтственно выразить символами:

анортитъ-кварцъ AQ $\begin{vmatrix}122\\001\end{vmatrix} = \left|2\bar{1}0\right|$ 1)

„ корундъ AK $\begin{vmatrix}122\\010\end{vmatrix} = \left|\bar{2}01\right|$ 2)

„ діопсидъ AD $\begin{vmatrix}122\\101\end{vmatrix} = \left|21\bar{2}\right|$ 3)

„ оливинъ AP $\begin{vmatrix}122\\201\end{vmatrix} = \left|23\bar{4}\right|$ 4)

На первой изъ этихъ прямыхъ находится фигуративная точка шпинели S (0120), потому что $2 . 1 + \bar{1} . 2 + 0.0 = 0$.

На четвертой изъ этихъ прямыхъ находится фигуративная точка граната G (0323), потому что $2 . 3 + 3 . 2 + \bar{4} . 3 = 0$.

Такимъ образомъ мы находимъ, что на раздѣлительныхъ прямыхъ представлены всѣ находящіяся въ плоскости чертежа фигуративныя точки минераловъ.

На этомъ основаніи мы раздѣлили всѣ магмы

на четыре разряда, а, принявъ еще раздѣленія на два главные, получили бы всего восемь разрядовъ:

Магмы	габбродіоритовыя	фоянтотералитовыя.
1. Кислыя	Id	It
2. Среднія	IId	IIt
3. Основныя	IIId	IIIt
4. Ультраосновныя	IVd	IVt

Это раздѣленіе напоминаетъ раздѣленіе, сдѣланное Ф. Ю. Левинсонъ-Лессингомъ и отчасти съ нимъ сходится, но однако сходится далеко невполнѣ, такъ какъ раздѣленіе послѣдняго основано на коэфиціентѣ кислотности то есть отношеніи количества кислорода при кремнеземѣ и остальныхъ окислахъ.

Не входя въ разборъ того и другого подраздѣленія, не могу не замѣтить, что принципъ этого ученаго едва-ли достаточно согласуется съ основными химическими свойствами магмъ. Роль различныхъ окисловъ въ смыслѣ кислотности и основности весьма различна, и въ частности, если въ нѣкоторыхъ соединеніяхъ химики и принимаютъ глиноземъ за основной окиселъ, то въ другихъ — и это несомнѣнно имѣетъ мѣста и въ минералахъ—онъ является слабымъ, а иногда и довольно сильнымъ кислотнымъ окисломъ.

Впрочемъ, не всѣ опредѣленныя такимъ образомъ разряды магмъ представлены въ извѣстныхъ изверженныхъ горныхъ породахъ. Повидимому представителей разряда IVt вовсе не имѣется.

Наиболѣе приближающійся къ этому членъ—мелилитовый базальтъ—можно охарактеризовать отношеніемъ

$$(2{,}0 : 12{,}6 : 4{,}4 : 10)$$

и для него $2 \times 2{,}0 < 4{,}4$, и потому онъ все-таки относится къ разряду IVd, хотя и близокъ къ представителямъ магмъ промежуточнаго характера.

Въ сущности мы могли бы выдѣлить еще четыре разряда, а именно такія промежуточныя магмы, для которыхъ отношеніе $\frac{2a}{c}$ немного отличается отъ 1-цы; тогда магма могла бы быть отнесена къ разряду IV безъ d и безъ t, что и выразило бы именно принадлежность къ такимъ промежуточнымъ магмамъ.

Выдѣливъ упоминавшуюся выше магму кыштымита въ разрядъ V, мы получили бы всего представителей двѣнадцати магмъ по основному химическому характеру.

Нечего и говорить, что каждую изъ нихъ мы могли бы раздѣлить еще на подчиненные разряды, напр. на глиноземные и желѣзистые, смотря по особому преобладанію того или другого окисла. Но это уже не входитъ въ задачу этой статьи.

Теперь приведу представителей всѣхъ разрядовъ, отмѣчая по дорогѣ, какъ по характеристичному отношенію мы распознаемъ принадлежность магмы.

Къ разряду Id можно отнести дацитъ
(9,7 : 6,0 : 22,2; 62), потому что $2 \times 6{,}0 < 22{,}2$ и
$2 \times 9{,}7 < 22{,}2$.

Къ разряду It можно отнести бостонитъ
(18,4 : 1,9 : 24,9 : 54,8), потому что $2 \times 1{,}9 < 24{,}9$
и $2 \times 18{,}4 > 24{,}9$.

Къ разряду IId можно отнести керсантитъ (изъ Hovland) (7,9 : 21,2 : 23 : 48), потому что $2 \times 21{,}2 > 23$; $2 \times 21{,}2 < 48$ и $2 \times 7{,}9 < 23$.

Къ разряду IIt можно отнести крайне основныя разности лаурдалита (содержащія оливинъ по Брегеру; ихъ кажется правильнѣе отнести къ другому типу)
(17,6 : 12,3 : 22,9 : 47,2), потому что $2 \times 12{,}3 > 22{,}9$,
$2 \times 12{,}3 < 47{,}2$ и $2 \times 17{,}6 > 22{,}9$.

Къ разряду IIId можно отнести камптонитъ (изъ Kjose-Aklungen)
(6,8; 26,0; 20,2; 47,0), потому что $2 \times 26{,}0 > 47{,}0$;
$2 \times 26{,}0 + 20{,}2 < 2 \times 47{,}0$ и $2 \times 6{,}8 < 20{,}2$.

Къ разряду IIIt можно отнести фарризитъ
(15,0; 22,2; 20,6; 42,2), потому что $2 \times 22{,}2 > 42{,}2$;
$2 \times 22{,}2 + 20{,}6 < 2 \times 42{,}2$ и $2 \times 15{,}0 > 20{,}6$.

Что касается разрядовъ IV, то, какъ указано выше, представлены только IVd до собственно IV, и сюда относятся всѣ ультраосновныя породы то есть наиболѣе богатыя щелочными землями базальты и перидотиты.

Всѣ эти породы мы сейчасъ же узнаемъ по характеристичному отношенію ($abcd$), а именно по неравенству $2b + c \geq 2d$.

Что касается терминологіи этихъ разрядовъ, то хотѣлось бы воспользоваться удачными и короткими названіями, употребленными Ф. Ю. Левинсонъ-Лессингомъ, если-бы не нѣсколько другое значеніе, принятое имъ для своихъ разрядовъ. Это было бы легко осуществимо, если бы самъ авторъ нашелъ маленькое измѣненіе, вводимое этою статьею, нѣсколько практичнѣе выражающимъ сущность дѣла.

Тогда разрядъ I означился бы именемъ ацидиты, разрядъ II мезиты, разрядъ III базиты, а разрядъ X гипобазиты (можетъ быть отчетливѣе было бы присвоить ему названіе ультрабазиты). Конечно, и эти названія невполнѣ точно передавали бы сущ-

ность дѣла и были бы до нѣкоторой степени условными.

Во всѣхъ этихъ разрядахъ мы отличали бы два подраздѣленія: діоритовый и тералитовый и пожалуй еще промежуточный.

Но во всякомъ случаѣ пришлось бы выдѣлить еще разрядъ V, который можно было отмѣтить названіемъ алюмиты; такъ какъ извѣстные представители этого разряда характеризуются именно пересыщенностью Al_2O_3, а не Fe_2O_3.

Во многихъ изъ перечисленныхъ восьми разрядовъ мы могли бы еще выдѣлить двѣ подгруппы: глиноземистую и желѣзистою и отмѣтить ихъ въ символѣ прибавленіемъ буквъ *Al* или *Fe*.

ПРИЛОЖЕНІЕ.

1. Непосредственное доказательство теоремы объ извѣстномъ соотношеніи частей трехугольника.

Теорема, о которой здѣсь идетъ рѣчь, состоитъ въ томъ, что *если даны отношенія* $a:b:c$ на сторонахъ трехугольника соотвѣтственно у вершинъ A, B и C и если, отложивъ на двухъ сторонахъ AB и BC отрѣзки обратнаго отношенія и соединивъ концы отрѣзковъ съ противоположными вершинами прямыми, найдемъ точку пересѣченія O и проведемъ прямую BO, то получимъ обратное отношеніе отрѣзковъ и на третьей сторонѣ AC.

Отложенныя обратныя отношенія отрѣзковъ на сторонахъ AB и BC показаны на фиг. 1. Соединяя концы отрѣзковъ съ противоположными вершинами, получимъ прямыя AK и CL, пересѣкающіяся въ точкѣ O, чрезъ которую проведемъ и прямую BM. По извѣстной теоремѣ.

$$AL \times BK \times CM = BL \times CK \times AM \text{ или } \frac{AL \cdot BK \cdot CM}{BL \cdot CK \cdot AM} = 1.$$

Но по условіямъ построенія $\frac{AL}{BL} = \frac{b}{a}$ и $\frac{BK}{CK} = \frac{c}{b}$;

Слѣдовательно $\frac{CM}{AM} = \frac{a}{c}$, что и требовалось доказать.

2. Составленіе характеристичнаго химическаго отношенія по даннымъ количественнаго анализа.

Чаще всего результаты этого анализа выражаются въ процентныхъ вѣсовыхъ количествахъ окисловъ въ слѣдующей послѣдовательности: 1) Si_2O_4, 2) Ti_2O_4 3) Al_2O_3, 4) Fe_2O_3, 5) Fe_2O_2, 6) Mg_2O_2, 7) Ca_2O_2, 8) Na_2O, 9) K_2O. Къ этому прибавляется еще количество H_2O при прокаливаніи, а иногда еще и содержаніе CO_2. Два послѣднія числа въ большинствѣ случаевъ характеризуютъ степени несвѣжести анализируемой породы, а потому, если дано нѣсколько анализовъ какой-нибудь разности, слѣдуетъ отдать предпочтеніе тому изъ нихъ, въ которомъ послѣднія составныя части представлены въ наименьшемъ количествѣ.

Чтобы получить вмѣсто данныхъ частичныя отношенія нужно эти числа раздѣлить на соотвѣтственныя числа молекулярныхъ вѣсовъ. Однако, для этого приходится продѣлать столь значительное число операцій дѣленія, что предпочтительнѣе замѣнить эти операціи графическими. Правда, что графическія операціи даютъ вообще грубые результаты, а для очень маленькихъ чиселъ и прямо фиктивныя числа. Если напр. предположить, что допустимая графическая ошибка достигаетъ одного процента, то числа, меньшія чѣмъ одинъ процентъ, стоновятся фиктивными; то, что отмѣчено однимъ процентомъ, на самомъ дѣлѣ можетъ быть и полпроцентомъ и полуторапроцентомъ, но во всякомъ случаѣ эти числа не исчезаютъ и не дѣлаются большими.

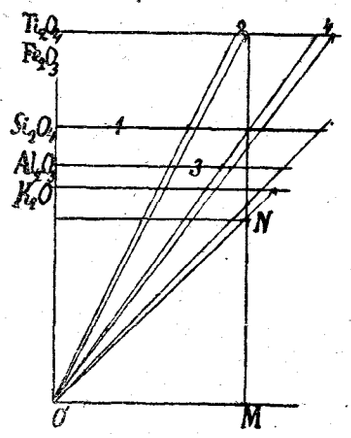
Для цѣлей сравненія двухъ породъ по химическому составу такія поспѣшности конечно значенія не имѣютъ; они фактически обозначаютъ только, что истинное положеніе фигуративной точки замѣнено другимъ, но весьма близкимъ, настолько близкимъ, что при общемъ обозрѣніи результатовъ различія и не замѣтишь.

По этой причинѣ теперь, какъ и прежде, я для полученія характеристичнаго отношенія пользовался приближеннымъ графическимъ пріемомъ.

Пріемъ этотъ всегда состоялъ въ томъ, что на квадратноклѣтчатой бумагѣ я проводилъ рядъ горизонтальныхъ прямыхъ, разстоянія которыхъ отъ начальной прямой (проходящей чрезъ точку O фиг. 7) пропорціональны молекулярнымъ вѣсомъ соотвѣтственнаго окисла. Такихъ прямыхъ, впрочемъ, приходится провести не девять, а только восемь, потому что молекулярныя вѣса Ti_2O_4 и Fe_2O_3 (160) равны другъ другу.

Сначала отлагаю число анализа, относящееся

къ Si_2O_4 на соотвѣтственной прямой, что отмѣчено на фиг. 7 цифрою 1 и провожу прямую изъ точки O чрезъ конецъ отрѣзка; затѣмъ отъ точки пересѣченія этой прямой съ прямою Ti_2O_4 отлагаю число анализа, относящееся къ этому окислу, что отмѣчено на



Фиг. 7.

фигурѣ цифрою 2, и опять провожу прямую изъ O, далѣе на линіи Al_2O_3 отлагаю отрѣзокъ по соотвѣтственному числу анализа, какъ отмѣчено на фигурѣ цифрою 3 и опять изъ O провожу прямую еще дальше отъ полученной точки пересѣченія на линіи Fe_2O_3 отлагаю отрѣзокъ по соотвѣтственному числу анализа и опять чрезъ полученную точку провожу прямую изъ O и т. д.

Послѣдній то есть девятый отрѣзокъ будетъ отложенъ на линіи K_2O, какъ показано на фигурѣ; тогда послѣднюю прямую я довожу до пересѣченія N съ перпендикуляромъ MN, отстоящимъ отъ O ровно на одинъ дециметръ, а изъ точки N провожу горизонтальную прямую, на которой по масштабу прямо читаю процентныя содержанія окисловъ, но уже выраженныя въ молекулярныхъ числахъ.

Сумма первыхъ двухъ даетъ число, относящееся къ четырехатомнымъ окисламъ то есть *d*, сумма слѣдующихъ двухъ даетъ число *c*, сумма слѣдующихъ трехъ даетъ *b* и наконецъ остатокъ даетъ число *a*. Искомое характеричное отношеніе такимъ образомъ опредѣлено.

Прежде я продѣлывалъ операціи непосредственно на клѣтчатой бумаги съ проведенными горизонтальными прямыми. Конечно, бумага скоро загрязнялась и приходилось ее на каждомъ шагу перемѣнять.

Теперь я пользуюсь наклонно-поставленнымъ освѣщеннымъ стекломъ, на которое накладываю сначала діаграмму съ параллельными прямыми, а затѣмъ уже на нее еще четвертушку чистой бумаги, на которой и провожу по линейкѣ прямыя изъ точки O, также какъ горизонтальную прямую чрезъ N.

Каждый перечисленный анализъ такимъ образомъ сохраняется на особой четвертушкѣ.