II О щелочныхъ магматическихъ горныхъ породахъ.

Н. И. Свитальскаго.

(Доложено 19 октября).

Общая постановка вопроса.

Въ вопросѣ о щелочныхъ горныхъ породахъ петрографія оказалась въ весьма трудномъ положеніи и случилось это, мнѣ кажется, благодаря той неудачной и логически ошибочной постановкѣ, которую далъ этому вопросу проф. Розенбушъ, а потомъ и всѣ его послѣдователи.

Въ этой статьѣ мы не можемъ шагъ за шагомъ прослѣдить постепенное развитіе идей проф. Розенбуша и должны ограничиться лишь указаніемъ тѣхъ основныхъ положеній, которыя онъ выставилъ и на которыхъ построилъ свое ученіе о щелочныхъ горныхъ породахъ.

Разсматривая химическія отношенія между различными типами магматическихъ горныхъ породъ, проф. Розенбушъ, какъ извѣстно, расположилъ ихъ въ два самостоятельные ряда:

1. Производныя гранито-діоритовой и габбро-перидотитовой магмъ и

2. Производныя фоянитовой и тералитовой магмъ.

Изучая затѣмъ геологическія отношенія между различными магматическими горными породами, онъ пришелъ къ первому своему положенію, что представители намѣченныхъ двухъ рядовъ породъ группируются въ самостоятельныя петрографическія провинціи и никогда не встрѣчаются совмѣстно.

Съ дальнѣйшимъ развитіемъ знанія о петрографическихъ провинціяхъ, Розенбушъ выставилъ и второе свое положеніе, что провинціи перваго ряда и провинціи второго ряда имѣютъ различныя сопровождающія жильныя породы, различную „свиту жилъ“.

Возьмемъ теперь оба основныя положенія Розенбуша въ примѣненіи къ щелочнымъ породамъ:

1. Щелочныя породы группируются въ самостоятельныя щелочныя петрографическія провинціи и 2. Щелочныя породы сопровождаются своеобразными, ихъ провинціямъ лишь свойственными, жильными породами, и изслѣдуемъ ихъ съ логической ихъ стороны.

Оба они представляютъ сужденія, называемыя въ логикѣ синтетическими, т. е. такія „сказуемое которыхъ не заключается цѣликомъ въ составѣ подлежащаго, какъ часть его содержанія“ *), а потому ни въ какомъ случаѣ не можетъ разсматриваться какъ признакъ понятія, выраженнаго подлежащимъ.

Въ самомъ дѣлѣ, понятія, выражаемыя сказуемыми разбираемыхъ сужденій, не вытекаютъ изъ понятія щелочной породы, ибо мы можемъ мыслить тѣ же сужденія и какъ отрицательныя, не впадая съ понятіемъ щелочной породы ни въ какое противорѣчіе.

Кромѣ того положенія Розенбуша врядъ ли могутъ быть поставлены на ступень высшую чѣмъ „приблизительныя обобщенія“, ибо слишкомъ много въ нихъ гипотетическаго, чтобы назвать ихъ „эмпирическими законами“. Но если даже мы примемъ ихъ какъ эмпирическіе законы, то и тогда они вѣрны будутъ лишь до тѣхъ поръ, пока не найдутся факты имъ противорѣчащіе.

Изъ сказаннаго слѣдуетъ, что разсматриваемыя положенія Розенбуша отнюдь нельзя принимать какъ опредѣленія понятія щелочной породы и что сказуемыя разбираемыхъ сужденій не могутъ разсматриваться какъ признаки понятія щелочной породы.

Эти важнѣйшія требованія логики и были упущены Розенбушемъ и его школой.

---

*) Проф. А. И. Введенскій. Логика, какъ часть теоріи познанія, стр. 94.

Вотъ наугадъ примѣры аргументаціи, по которой Розенбушъ выдѣляетъ нѣкоторыя группы щелочныхъ породъ: „Уже раньше неоднократно указывалось, что точное раздѣленіе щелочныхъ гранитовъ и щелочноземельныхъ не во всѣхъ случаяхъ можетъ быть проведено на основаніи ихъ минералогическаго и химическаго состава"... и въ такомъ случаѣ „только лишь наличность сопровождающихъ жильныхъ породъ (Ganggefolgschaft) или ассоціація съ другими типами породъ, производными фоянитовой и тералитовой магмъ, можетъ привести къ опредѣленному рѣшенію" *).

И въ другомъ мѣстѣ: „что они (монцониты) въ дѣйствительности родственны щелочнымъ породамъ, доказываетъ прежде всего ихъ совмѣстное нахожденіе съ типичными щелочными породами и сопровождающими ихъ жильными" **).

Вотъ образцы той ошибки въ постановкѣ вопроса, которую допустили Розенбушъ и его послѣдователи, начавъ оперировать съ гипотетическими положеніями, какъ съ опредѣленіями понятія щелочныхъ породъ.

Въ логикѣ эта ошибка извѣстна подъ названіемъ petitio principii.

Не трудно увидѣть и причину Розенбушевскаго заблужденія. Если мы обратимся къ петрографіи какъ къ наукѣ, то сразу замѣтимъ, что въ своемъ содержаніи она давно уже раздвоилась. Предметомъ ея изученія является горная порода съ одной стороны какъ тѣло опредѣленнаго минералогическаго и химическаго состава, а съ другой стороны какъ геологическое тѣло, находящееся въ извѣстныхъ генетическомъ и пространственномъ отношеніяхъ къ другимъ подобнымъ же тѣламъ, къ другимъ горнымъ породамъ.

Легко понять, что изученіе горныхъ породъ съ первой точки зрѣнія шло быстрѣе и, благодаря примѣненію точныхъ методовъ опредѣленія минералогическаго и химическаго состава породъ, достигло такой степени развитія, что не далеко то время когда петрографію можно будетъ поставить въ рядъ съ такими науками, какъ минералогія и химія.

Изученіе же горныхъ породъ со второй точки зрѣнія значительно отстало. Причина этой отсталости лежитъ въ неравноцѣнности методовъ изслѣдованія. Въ самомъ дѣлѣ, собственно петрографія, обладая оптическимъ и химическимъ анализомъ горныхъ породъ, имѣетъ то орудіе для точной научной работы, которое въ такой же мѣрѣ устраняетъ субъективность изслѣдованія, какъ и въ любой другой точной наукѣ.

Въ петрографической же геологіи наоборотъ все знаніе носитъ вполнѣ субъективный характеръ и всѣ сообщаемыя ею данныя далеко не въ равной степени достовѣрны.

Степень обнаженности изслѣдуемой мѣстности, детальность работъ, личная наблюдательность полевого геолога, его безпристрастность и другія качества какъ изслѣдователя, кладутъ тотъ отпечатокъ несовершеннаго и неравноцѣннаго знанія на эту отрасль петрографіи, который сознается вѣроятно всѣми петрографами.

Изъ этого сопоставленія методовъ видно, что положенія, выставленныя Розенбушемъ и относящіеся къ области петрографической геологіи, весьма гипотетичны, обо не только не достаточно провѣрены, но не могутъ быть достаточно провѣрены при настоящемъ состояніи знанія петрографической геологіи.

Эта то недостаточность знанія и даетъ просторъ для всякихъ построеній и обобщеній, а потому, выставляя свои положенія и тѣмъ самымъ перенося центръ тяжести вопроса о щелочныхъ породахъ изъ области собственно петрографіи въ область петрографической геологіи, онъ встрѣтилъ ту благодарную почву, на которой могъ свободно оперировать со своими положеніями, какъ съ незыблимыми постулатами.

По моему мнѣнію петрографическая геологія какъ наука должна и будетъ еще создаваться и въ ея область петрографы должны идти съ опредѣленными уже понятіями о всѣхъ типахъ горныхъ породъ, что и должна дать собственно петрографія.

Только тогда мы не сдѣлаемъ той логической ошибки, которую сдѣлала школа Розенбуша, ибо всякое обобщеніе въ области петрографической геологіи лишь въ лучшемъ случаѣ можетъ имѣть характеръ эмпирическаго закона, который никогда не можетъ имѣть обратнаго значенія.

Обращаясь къ вопросу, поставленному въ заголовкѣ статьи, мы слѣдовательно должны прежде всего заняться опредѣленіемъ понятія щелочной магматической горной породы.

---

*) H. Rosenbusch. Mikroskopische Physiographie d. mass. Gesteine. Band II. s. 71. 1907.

**) H. Rosenbusch. Elemente d. Gesteinslehre. 1910. s. 124.

О кислотномъ параметрѣ.

Разсматривая щелочные силикаты, наиболѣе распространенные въ изверженныхъ горныхъ породахъ, мы прежде всего замѣчаемъ, что они обычно содержатъ аллюминій. Чистый щелочной силикатъ, напр. Na_2SiO_3, входитъ лишь какъ незначительная примѣсь въ другіе минералы, напр. въ составъ пектолита, розенбушита и его мы будемъ разсматривать какъ соединеніе двухъ частицъ окисловъ

$$Na_2O + SiO_2 = Na_2SiO_3.$$

Такъ какъ самостоятельно этотъ силикатъ въ магматическихъ горныхъ породахъ не существуетъ, а всегда встрѣчается въ соединеніи съ аллюмосиликатомъ, то мы вправѣ предположить, что въ условіяхъ минералообразованія онъ соединяется съ молекулой соотвѣтствующаго аллюмосиликата—андалузита:

$$Al_2O_3 + SiO_2 = Al_2SiO_5$$

въ результатѣ чего получается щелочной аллюмосиликатъ—нефелинъ:

$$Na_2SiO_3 + Al_2SiO_5 = Na_2Al_2Si_2O_8.$$

Если въ магмѣ будутъ въ наличности свободныя молекулы кремнекислоты, то предыдущая реакція пойдетъ съ образованіемъ щелочного амфибола или пироксена:

$$Na_2SiO_3 + Al_2SiO_5 + 2SiO_2 = Na_2Al_2Si_4O_{12},$$

а при большемъ количествѣ SiO_2 — альбита:

$$Na_2SiO_3 + Al_2SiO_5 + 4SiO_2 = Na_2Al_2Si_6O_{16}$$

Но альбитъ уже является предѣльнымъ щелочнымъ аллюмосиликатомъ.

Силикаты же нефелинъ, щелочные амфиболы, лейцитъ, содалитъ и др., изъ которыхъ путемъ присоединенія нѣсколькихъ молекулъ SiO_2 можно получить предѣльные аллюмосиликаты, будемъ называть для краткости непредѣльными.

Если обратимся къ силикатамъ щелочныхъ земель, то подобныя же отношенія найдемъ и среди нихъ, съ той лишь разницей, что здѣсь аллюмосиликаты уже не играютъ той роли. Главная роль здѣсь принадлежитъ магнезіальнымъ силикатамъ:

$$2\,MgO + SiO_2 = Mg_2SiO_4$$ —оливину

и $$2\,MgO + 2SiO_2 = 2MgSiO_3$$ —энстатиту,

причемъ энстатитъ является предѣльнымъ и оливинъ непредѣльнымъ силикатомъ.

Изъ всѣхъ этихъ уравній мы видимъ, что 1) магмы могутъ быть насыщены кремнекислотой въ различной степени, что выражается въ присутствіи или отсутствіи свободной кремнекислоты—кварца и въ наличности того или иного непредѣльнаго минерала, и 2) что возможными комбинаціями упомянутыхъ минераловъ въ породахъ могутъ быть такія:

1. кварцъ альбитъ,
2. щелочной амфиболь, альбитъ,
3. нефелинъ, альбитъ, или
   нефелинъ, амфиболъ, альбитъ.

(Послѣдняя комбинація не должна была бы существовать, ибо нефелинъ + альбитъ = 2 амфиболъ, но опытъ показываетъ, что всѣ три минерала могутъ существовать совмѣстно, т. е. очевидно для этихъ минераловъ точка превращенія лежитъ близко къ температурѣ затвердѣванія магмы).

Для щелочноземельнаго ряда возможными комбинаціями будутъ:

1. кварцъ, энстатитъ.
2. энстатитъ, оливинъ.

Вообще же невозможной комбинаціей будетъ:

кварцъ, непредѣльный силикатъ.

Въ степени насыщенія основаній магмы кремнекислотой мы можемъ, пользуясь присутствіемъ тѣхъ или другихъ минераловъ, установить даже отдѣльныя градаціи; т. е. наиболѣе основной магмой считать ту, въ которой щелочные аллюмосиликаты напр. представлены лишь нефелиномъ; болѣе кислой считать ту, въ которой встрѣчается щелочной амфиболъ и т. д. и самой кислой считать магму, содержащую свободную кремнекислоту.

Изъ этого слѣдуетъ, что подъ кислотностью магмы или породы нужно понимать не количество (вѣсовое или молекулярное) кремнекислоты въ ней находящееся, а степень насыщенія кремнекислотою всѣхъ основаній магмы.

Чтобы показать, что это не одно и то же, я позволю себѣ обратиться къ тетраэдрической схемѣ проф. Федорова.

Проф. Федоровъ въ своемъ тетраэдрѣ провелъ плоскость ($\bar{5}\ \bar{2}\ \bar{1}\ 2$) чрезъ три точки: альбита, анортита и энстатита. Послѣдніе два минерала являются, подобно альбиту, предѣльными въ смыслѣ насыщенія кремнекислотою основаній, а потому эта плоскость отдѣляетъ всѣ магмы, содержащія свободную кремнекислоту, отъ магмъ несодержащихъ ея, т. е. кварцевыя породы отъ безкварцевыхъ.

Если мы возьмемъ химическій анализъ данной намъ породы и перечислимъ его, согласно требованіямъ Федорова, на $R_2O, R_2O_2, R_2O_3, R_2O_4$, то получимъ

символъ породы (a, b, c, d). Умножая индексы этого символа на соотвѣтствующіе индексы символа плоскости, получимъ $\overline{5}$a, $\overline{2}$b, $\overline{c}$, 2 d, гдѣ первые три числа—отрицательные—выразятъ относительную сумму основаній, а четвертое—относительное количество кремнекислоты.

Беря алгебраическую сумму этихъ четырехъ чиселъ, мы получимъ нѣкоторое количество + или —K, пропорціональное степени насыщенія основаній кремнекислотой и знакомъ указывающее избытокъ основаній (—) или избытокъ кремнекислоты (+).

Это количество K мы и назовемъ кислотнымъ параметромъ (Мнѣ могутъ сдѣлать здѣсь возраженіе, что я произвольно опредѣляю роль окисловъ какъ основаній и кислотъ, ибо таковая ихъ роль не вполнѣ выяснена. На это я отвѣчу, что къ такому распредѣленію ролей окисловъ я прибѣгаю лишь для большей ясности изложенія, на дѣлѣ же я имѣю въ виду всегда и только минералы и ихъ дѣйствительныя взаимоотношенія и по существу роль окисловъ здѣсь совершенно безразлична.)

Такимъ образомъ вмѣсто тѣхъ грубыхъ градацій для опредѣленія кислотности породы, которыя были намѣчены выше, мы имѣемъ и болѣе тонкій способъ для опредѣленія кислотности въ видѣ кислотнаго параметра.

По существу нашъ кислотный параметръ тотъ же, что и параметръ „Ф“ Мишеля Леви. Вся разница лишь въ томъ, что Мишель Леви пользовался менѣе совершеннымъ „методомъ химическихъ подсчетовъ“: онъ насыщалъ кремнекислотой щелочныя земли, а оставшееся ея количество связывалъ со щелочами и получалъ либо избытокъ SiO_2 по отношенію къ предѣльнымъ минераламъ (альбиту и ортоклазу)—случай наличности свободной кремнекислоты, $Ф > 1.93$ —либо недостатокъ ея—случай появленія нефелина, лейцита и другихъ непредѣльныхъ минераловъ, $Ф < 1.93$.

Пользуясь же методомъ Федорова, мы можемъ обойтись безъ тѣхъ спекуляцій, которыя необходимы при всякихъ расчетахъ производимыхъ съ химическими анализами.

Для того, чтобы сравнить насколько истинная кислотность не совпадаетъ съ обычнопринимаемой кислотностью, я воспользовался тѣмъ же матеріаломъ, которымъ пользовался проф. Левинсонъ-Лессингъ для созданія своей классификаціи, и опубликованномъ въ приложеніи къ его „Изслѣдованіямъ по теоретической петрографіи“.

Анализы мнѣ пришлось пересчитать на половинныя количества молекулъ SiO_2 и RO, согласно формуламъ Si_2O_4 и R_2O_2, принимаемымъ проф. Федоровымъ, и такимъ образомъ я получилъ символы всѣхъ породъ, съ которыми имѣлъ дѣло проф. Левинсонъ-Лессингъ и легко опредѣлилъ для всѣхъ ихъ кислотный параметръ.

Ниже я помѣщаю таблицу всѣхъ породъ, распредѣляя ихъ по величинѣ кислотнаго параметра, начиная съ самыхъ основныхъ, имѣющихъ наименьшій параметръ:

1.	Ійолитъ	—63,0
2.	Кыштымитъ	—54,0
3.	Тингуаитъ	—48,6
4.	Нефелинов. базальтъ	—47,8
5.	Тералитъ	—45,0
6.	Малиньитъ	—42,5
7.	Мончикитъ	—42,4
8.	Бороланитъ	—42,4
9.	Перидотитъ	—41,9
10.	Элеолит. сіенитъ	—40,7
11.	Лимбургитъ	—36,3
12.	Миссуритъ	—35,3
13.	Тешенитъ I.	—35,2
14.	Лейцит. базальтъ	—33,4
15.	Тешенитъ II.	—30,6
16.	Шонкинитъ	—26,2
17.	Трахититъ	—24,0
18.	Комптонитъ	—23,4
19.	Фонолитъ	—20,8
20.	Оливин. діабазъ	—11,4
21.	Нефелин. тефритъ	—10,6
22.	Діабазъ	— 7,4
23.	Габбро	— 5,0
24.	Ортофиръ	— 4,8
25.	Базальтъ	— 3,8
26.	Варіолитъ	— 3,6
27.	Монцонитъ	— 3,5
28.	Пироксенитъ	— 3,3
29.	Мелафиръ	— 2,9
30.	Слюдян. діоритъ	+ 3,6
31.	Трахитъ	+ 4,0
32.	Норитъ	+ 5,2
33.	Вихтизитъ	+ 5,3
34.	Діоритъ	+ 8,5
35.	Сіенитъ	+ 9,2
36.	Нордмаркитъ	+14,5
37.	Андезитъ	+15,0
38.	Порфиритъ	+17,1
39.	Лампрофиръ	+18,5
40.	Пантеллеритъ	+19,9
41.	Фельзидолеритъ	+20,0
42.	Кв. порфиритъ	+31,9
43.	Дацитъ	+35,3

44.	Кв. діоритъ	+36,2
45.	Гранитъ	+38,9
46.	Адамелитъ	+44,8
47.	Кв. кератофиръ	+50,4
48.	Липаритъ	+56,6
49.	Кв. порфиръ	+59,6

Измѣненіе величины кислотнаго параметра показываетъ, что точки состава породъ этого ряда постепенно приближаются къ плоскости $(\bar{5}\ 2\ \bar{1}\ 2)$ и, пройдя ее, удаляются по другую сторону. Сравнивая этотъ рядъ съ рядомъ, который даетъ проф. Левинсонъ—Лессингъ, мы видимъ, что они имѣютъ очень мало общаго между собой, хотя бы изъ сравненія напримѣръ, положенія перидотита и элеолитоваго сіенита, стоящихъ въ вышеприведенномъ ряду рядомъ, а въ ряду Левинсонъ-Лессинга раздѣленныхъ 20 промежуточными породами съ коэфиціентами кислости отъ 1, 17 (перидотитъ) до 1,92 (элеолитовый сіенитъ) Кромѣ того истинная граница основныхъ и кислыхъ породъ не отвѣчаетъ ни одной изъ границъ проф. Левинсонъ—Лессинга.

Здѣсь рядъ приведенныхъ породъ строго раздѣленъ на двѣ группы основныхъ и кислыхъ породъ, но практически мы могли бы выдѣлить и переходную группу съ небольшой абсолютной величиной К, каковая теоретически должна быть равной О.

Опредѣленіе понятія щелочной породы.

Изъ вышеприведенныхъ возможныхъ комбинацій минераловъ во всякой магматической породѣ мы уже вывели антагонизмъ между всѣми непредѣльными минералами и кварцемъ, т. е. вывели, что кварцъ и непредѣльные минерала совмѣстно въ породѣ не встрѣчаются[1])

Повидимому между этими минералами и кварцемъ происходитъ реакція съ образованіемъ предѣльныхъ минераловъ, альбита, ортоклаза и др, которые мы можемъ назвать также нейтральными.

Дѣйствительно, въ виду выведенныхъ выше взаимоотношеній между интересующими насъ минералами, взаимоотношеній достаточно провѣреныхъ на опытѣ, мы можемъ себѣ представить напримѣръ нефелиновую магму, какъ основную, которую путемъ прибавленія кремнекислоты мы можемъ все болѣе и болѣе нейтрализовать вплоть до превращенія ея въ магму предѣльныхъ минераловъ, въ данномъ случаѣ альбита т. е. въ магму нейтральную.

Дальнѣйшее прибавленіе кремнекислоты уже не вызоветъ измѣненія находящихся въ ней минераловъ и кремнекислота останется въ свободномъ состояніи, т. е. мы получимъ кислую магму.

Среди основныхъ магмъ мы должны различать такія, въ которыхъ не усреднены щелочныя основанія и такія въ которыхъ не усреднены щелочноземельныя основанія.

Производныя первыхъ магмъ должны характеризоваться присутствіемъ непредѣльныхъ щелочныхъ аллюмосиликатовъ, и эти магмы мы назовемъ щелочными.

Производныя вторыхъ магмъ должны характеризоваться присутствіемъ оливина и эти магмы мы назовемъ щелочноземельными.

Такимъ образомъ съ нашей точки зрѣнія должны быть различаемы магмы:

1. Кислая, содержащая свободную SiO_2,
2. Нейтральная, несодержащая свободной SiO_2 и непредѣльныхъ силикатовъ и

Основная
3. щелочная, содержащая непредѣльные щелочные аллюмосиликаты
4. щелочноземельная содержащая оливинъ.

Обращаясь къ приведенной выше таблицѣ всѣхъ породъ, расположенныхъ въ порядкѣ возрастанія ихъ кислотнаго параметра и помня, что кислотный параметръ и указываетъ степень насыщенія магмы кремнекислотой, мы должны къ кислымъ отнести всѣ породы съ положительнымъ параметромъ (+ К), къ нейтральнымъ переходную группу съ К=около (О практически напримѣръ ± 5) и къ основнымъ съ отрицательнымъ параметромъ (—К).

Постепенно мы подошли и къ опредѣленію понятія щелочныхъ породъ: это производныя основныхъ (—К) щелочныхъ магмъ, характеризующіяся присутствіемъ въ ихъ составѣ непредѣльнаго щелочного аллюмосиката, т. е. минераловъ нефелиновой лейцитовой, содалитовой щелочно-амфиболовой и т. п. группъ и, слѣдовательно, отсутствіемъ кварца.

Кислотный параметръ имѣетъ рѣшающую роль въ опредѣленіи щелочныхъ породъ, хотя и не исчерпывающую.

[1]) Этотъ фактъ давно извѣстенъ изъ непосредственныхъ наблюденій и впервый теоретически объясненъ проф. Федоровымъ въ его статьѣ «Химич. отнош. горныхъ породъ и ихъ графич. изображеніе».

О щелочныхъ гранитахъ.

Приведенное выше опредѣленіе щелочной породы необходимо требуетъ пересмотра нѣкоторыхъ группъ породъ, получившихъ уже права гражданства въ нашей наукѣ.

Такъ съ указанной точки зрѣнія невозможно существованіе щелочного гранита, какъ породы щелочной и въ то же время содержащей кварцъ. Граниты имѣютъ положительный кислотный параметръ, а щелочныя породы—отрицательный. Съ нашей точки зрѣнія, слѣдовательно, щелочной гранитъ—nonsens.

Но Розенбушъ, выдѣляя эту группу гранитовъ, имѣлъ въ виду не только его „родственныя“ къ щелочнымъ породамъ отношенія, но и присутствіе въ этихъ породахъ щелочныхъ минераловъ.

Необходимо поэтому нѣсколько остановиться на этихъ породахъ.

Недоразумѣніе быстро разъяснится, если принять во вниманіе, что, говоря о щелочныхъ бисиликатахъ, мы все время имѣли въ виду бисиликаты глиноземистые, т. е. тѣ щелочныя роговыя обманки и пироксены, которыя содержатъ Al_2O_3. Поэтому съ нашей точки зрѣнія показателями основности и щелочности породы отнюдь не должны быть бисиликаты, содержащіе Fe_2O_3, каковы эгиринъ, акмитъ, рибекитъ и другіе, ибо они сами являются предѣльными минералами, т. е. характерными для нейтральныхъ магмъ. Ихъ появленіе въ породѣ обусловливается не недостаткомъ кремнекислоты для образованія предѣльнаго минерала, а недостаткомъ глинозема, т. е. щелочные граниты являются малоглиноземными кислыми породами, а отнюдь не щелочными.

Вотъ примѣръ анализа эгириноваго гранита, приводимый Розенбушемъ:

TiO_2,	Al_2O_3,	Fe_2O_3,	FeO,	MnO,	MgO,	CaO,	Na_2O,	K_2O,	H_2O
0,26;	6,85;	9,93;	1.14;	Sp.;	1,26;	1,33;	7,91;	1,58;	0,50;

Здѣсь ясно виденъ недостатокъ Al_2O_3, чтобы связать всѣ щелочи въ молекулы предѣльныхъ щелочныхъ аллюмосиликатовъ и необходимость для Na_2O вступить въ соединеніе съ Fe_2O_3 и образовать эгиринъ. Присутствіе же кварца въ породѣ говоритъ за то, что въ магмѣ основанія были насыщены кремнекислотой и что породу надо относить къ кислымъ.

Но можно поставить вопросъ такъ: если бы въ этомъ гранитѣ было достаточно Al_2O_3, то для образованія альбита потребовалось бы больше SiO_2 и м. б. весь кварцъ былъ бы израсходованъ и мы имѣли бы все же щелочную породу.

Самъ по себѣ фактъ этотъ мало вѣроятенъ, но въ нашихъ рукахъ есть простой способъ справиться и съ этимъ затрудненіемъ, именно нужно опредѣлить кислотный параметръ породы.

Для этого перечислимъ анализъ на молекулярный составъ и возьмемъ суммы однотипныхъ окисловъ:

SiO_2;	TiO_2,	Al_2O_3,	Fe_2O_3,	FeO	MgO,	CaO,	Na_2O,	K_2O
56,8	—;	6,70,	6,21;	0,76:	0,33;	1.20:	11,28:	1,6
56,8:		12,91:			2,29:		12,95	

Символъ породы будетъ таковъ: (12,9, 2,3, 12,9, 56,8)

Символъ нашей плоскости (5, 2, 1, 2)

Перемножая соотвѣтствующіе индексы этихъ символовъ и беря ихъ алгебрическую сумму получимъ

$$K = -12{,}9\times5 - 2{,}3\times2 - 12{,}9\times1 + 56{,}8\times2 = +31,$$

отвѣчающій весма кислымъ породамъ, хотя и меньшій, чѣмъ K средняго гранита, равный +38,9.

Такимъ образомъ съ нашей точки зрѣнія щелочные граниты являются породами кислыми а не щелочными.

То же надо сказать и о щелочныхъ сіенитахъ, безкварцевыхъ аналогахъ щелочныхъ гранитовъ: ихъ надо относить къ нейтральнымъ породамъ, а не щелочнымъ.

О петрографическихъ провинціяхъ.

Предположимъ нѣкоторый магматическій очагъ до момента начала какой бы то ни было дифференціаціи его магмы.

Очевидно въ такомъ очагѣ магма можетъ быть либо основной, либо нейтральной, либо кислой. Не можетъ быть она въ одномъ мѣстѣ очага основной въ другомъ кислой, ибо мы предполагаемъ, что процессовъ дифференціаціи въ ней не было, а слѣдовательно она должна быть во всей массѣ однородной.

Предположимъ, что магма была кислой, т. е. представляла растворъ, содержащій свободную кремнекислоту. Изъ всего, что мы говорили выше, ясно слѣдуетъ, что никакими послѣдующими процессами дифференціаціи эта магма не можетъ дать основную породу, ибо появленіе въ ней непредѣльныхъ минераловъ, напр. оливина, нефелина и др., совершенно невозможно. Въ лучшемъ случаѣ могутъ отдѣлиться нейтральныя породы, т. е. такія которыя не содержатъ кварца, а потому вся провинція, сложенная производными магмы предполагаемаго очага, должна быть представлена лишь кислыми и нейтральными породами.

Такую провинцію назовемъ провинціей кислыхъ породъ.

Въ случаѣ магмы основной, т. е. основанія которой не насыщены кремнекислотой, а слѣдовательно которая не имѣетъ въ растворѣ свободной кремнекислоты, образованіе кислыхъ породъ, т. е. породъ, содержащихъ кварцъ, невозможно и вся провинція должна быть представлена породами безкварцевыми и содержащими непредѣльные силикаты.

Такую провинцію назовемъ провинціей основныхъ породъ.

Ясно, что магма нейтральная можетъ дать только лишь нейтральныя породы, а потому и провинцію назовемъ нейтральной или провинціей нейтральныхъ породъ.

Напримѣръ магма діоритовая, представляющая (беремъ простѣйшій случай) растворъ роговой обманки и андезина, можетъ дать такія породы: діоритъ, амфиболитъ и андезинитъ съ постепенными переходами.

Но обыкновенная роговая обманка есть предѣльный бисиликатъ, андезинъ есть предѣльный аллюмосиликатъ, а потому и всѣ породы, начиная отъ амфиболита и кончая андезинитомъ, являются типичными представителями нейтральной провинціи.

Если въ основной магмѣ преобладающими основаніями *являются* щелочи, то магмы будетъ давать производныя, характерныя непредѣльными щелочными минералами и мы будемъ имѣть щелочную провинцію, въ составъ которой могутъ входить какъ щелочныя, такъ и нейтральныя породы, но не могутъ входить кислыя породы.

Такимъ образомъ щелочныя провинціи, съ нашей точки зрѣнія, отнюдь не должны быть представлены *исключительно щелочными породами и вовсе* не надо обыкновенный сіенитъ, который встрѣчается напримѣръ совмѣстно съ нефелиновымъ сіенитомъ, считать щелочной породой, какъ то дѣлаетъ Розенбушъ. Это и ошибочно съ точки зрѣнія простой логики и совершенно не нужно, ибо нейтральная порода и щелочная могутъ быть производными одной магмы.

Въ томъ же случаѣ, если въ основной магмѣ преобладаютъ основанія щелочноземельныя, магма будетъ давать производныя, характерныя содержаніемъ оливина и мы будемъ имѣть щелочноземельную провинцію, въ составъ которой будутъ входить основныя щелочноземельныя породы и нейтральныя породы.

Нѣтъ совершенно никакихъ данныхъ предполагать, что щелочныя и щелочноземельныя основныя провинціи не могутъ существовать совмѣстно, т. е. что основная провинція не можетъ быть смѣшанной, Напротивъ надо думать, что могутъ существовать магмы, въ которыхъ будутъ ненасыщены основанія вообще и производныя которыхъ будутъ наряду со щелочными минералами содержать и оливинъ.

Такія провинціи можно назвать смѣшанными основными провинціями.

Всего, слѣдовательно, на основаніяхъ чисто теоретическихъ, мы можемъ установить 5 видовъ петрографическихъ провинцій:

Основныя
1. Кислыя провинціи.
2. Нейтральныя провинціи.
3. Щелочныя провинціи.
4. Смѣшанныя провинціи.
5. Щелочноземельныя провинціи.

Изъ сказаннаго видно, что съ нашей точки зрѣнія Розенбушъ высказалъ дѣйствительно плодотворную идею о существованіи особыхъ родовъ петрографическихъ провинцій, но благодаря неудачной постановкѣ вопроса, онъ его лишь запуталъ, а его послѣдователи еще крѣпче затянули тотъ узелъ который онъ завязалъ.

Еще о петрографическихъ провинціяхъ.

На всѣ выводы къ которымъ мы пришли выше, мы должны смотрѣть какъ на чисто теоретическіе которымъ природа вовсе не обязана подчиняться. Поэтому мы прежде всего должны провѣрить ихъ на фактахъ, на данныхъ полевыхъ наблюденій.

Для этого разсмотримъ нѣсколько петрографическихъ провинцій хорошо и детально изученныхъ и прежде всего провинцію области Христіаніи, *описанную* Брёггеромъ.

Эта провинція, въ смыслѣ Розенбуша, является типичной щелочной провинціей. Брёггеръ не только изучилъ представленныя въ ней породы, но даже вычислилъ приблизительно объемы, занимаемые различными видами этихъ породъ, и вычислилъ составъ средней первоначальной магмы.

Виды породъ, представленные здѣсь, таковы:

гранититъ	560	куб.	килом.
щелочной гранитъ	210	„	„
нордмаркитъ	870	„	„
акеритъ	15	„	„
нефелиновый сіенитъ	7	„	„
слюдяный сіенитъ	15	„	„
авгитовый сіенитъ	700	„	„
габбро и діабазъ	20	„	„

Средней магмой, давшей путемъ дефференціаціи всѣ эти породы, Брёггеръ считаетъ магму нордмаркитовую.

Но нордмаркитовая магма съ нашей точки зрѣнія есть магма к и с л а я (нардмаркитъ—щелочной гранитъ. а о послѣднемъ мы особо говорили), и мы уже знаемъ, что эта магма не можетъ изъ себя выдѣлить породъ, содержащихъ основные минералы, т. е. не можетъ выдѣлить ни нефелиноваго сіенита, ни оливиновыхъ габбро и діабаза, а потому Брёггеръ очевидно предположилъ невозможное.

Однако мы видимъ, что факты говорятъ противъ нашихъ положеній, ибо здѣсь мы имѣемъ въ одной провинціи представителей и кислой и о сновной магмъ.

Для большей убѣдительности обратимся къ другой провинціи, изученной А. К. Местеромъ, именно къ провинціи южной части Енисейскаго Округа. Въ этой провиніи представленны такія породы:

щелочноземельные граниты
пироксеновый банатитъ
пироксеновый монцонитъ
роговообманковый пироксенитъ
натровые граниты.
умптекитъ
адамелиты
роговообманковые банатиты
пироксеновый сіенитъ
н е ф е л и н о в ы й с і е н и т ъ
сельвсбергитъ
камтонитъ
діабазы
габбро-діабазы
оливиновые діабазы
слюдяные діабазы

и еще нѣсколько второстепенныхъ типовъ.

А. К. Мейстеръ склоненъ думать, что всѣ эти породы составляютъ одну провинцію и что произошли онѣ отъ единой первичной магмы путемъ ея расщепленія[1]) Мы не будемъ входить въ детали предполагаемыхъ А. К. Мейстеромъ процессовъ дифференціаціи; для насъ важно лишь то, что это предположеніе, какъ и предположеніе Брёггера, и потѣмъ же причинамъ, невозможно въ самой своей основѣ. Беря породы въ ихъ совокупности, мы видимъ, что и здѣсь встрѣчаются совмѣстно и кислыя породы и основныя (нефелиновыя и оливиновыя), это опять говоритъ противъ нашихъ положеній.

Обратимся еще къ петрографической провинціи, изученной проф. Левинсонъ-Лессингомъ, именно къ вулканической области Центральнаго Кавказа.

Подавляющее большинство лавъ относится здѣсь къ кислымъ породамъ, но есть и основныя, содержащія оливинъ.

Вотъ таблица всѣхъ породъ, въ ихъ взаимоотношеніяхъ, данная проф. Левинсонъ-Лессингомъ:

Андезито-базальты
Андезиты
Андезитодациты
Пантеллериты . . Пантеллеритодациты . . Дациты . . Трахидациты . . Трахиты
Липаритодациты
Липариты

Я вычислялъ для всѣхъ этихъ породъ кислотный параметръ и онъ оказался положительнымъ (+К) для всѣхъ, исключая нѣкоторыхъ андезито-базальтовъ, имѣющихъ его отрицательный (—К). Эти то послѣднія породы и содержатъ оливинъ.

Профессоръ Левинсонъ-Лессингъ также полагаетъ[1]) что всѣ приведенныя выше породы получились путемъ дифференціаціи средней магмы—андезитовой—на болѣе кислыя, извергавшіяся первыми и болѣе основныя, извергавшіяся послѣдними.

Съ нашей точки зрѣнія, повторяю, такое предположеніе является невозможнымъ, ибо магма, давшая всю совокупность упомянутыхъ выше породъ, была кислой, т. е. содержала избытокъ свободной кремнекислоты, а потому не могла содержать въ растворѣ молекулъ оливина.

Приведенныхъ трехъ примѣровъ петрографическихъ провинцій я думаю уже достаточно, чтобы показать, что, если не всѣ, то значительное число фактовъ будетъ противъ нашихъ положеній и мы теперь постараемся вскрыть причину такого несогласія.

Такъ какъ основанія, на которыхъ мы пришли къ вышеуказаннымъ выводамъ, и ходъ разсужденій мы считаемъ правильными, то и выводы мы должны

[1]) Левинсонъ-Лессингъ. Вулканы и лавы Центральнаго Кавказа. стр. 125.

[1]) А. К. Мейстеръ. Горныя пор. и услов. золотон. въ южн. ч. Енис. Округа. стр. 452 и далѣе.

считать вѣрными и расхожденіе ихъ съ фактами придется объяснить вліяніемъ посторонніхъ причинъ, которыя мы не приняли во вниманіе.

Въ самомъ дѣлѣ, для всѣхъ трехъ, разсмотрѣнныхъ выше провинцій, мы видимъ что главная масса породъ въ нихъ должна быть относима къ кислымъ, и что основныя породы составляютъ лишь ничтожную ихъ часть.

Поэтому мы должны предположить, что первоначальная магма этихъ провинцій была кислой и что или до изверженія или въ періодъ изверженія она получила извнѣ нѣкоторое количество основаній, причемъ вся въ цѣломъ до момента отвердѣванія не успѣла еще притти въ состояніе равновѣсія и, оставшись въ нѣкоторыхъ своихъ частяхъ обогащенной избыткомъ основаній, дала основныя породы.

Притокъ извнѣ основаній въ такую магму мы легко объяснимъ раствореніемъ въ магмѣ осадочныхъ породъ, согласно взгляду проф. Левинсонъ-Лессинга, Daly и др.

Въ этомъ я думаю и кроется причина расхожденія нашихъ выводовъ съ данными полевыхъ наблюденій.

Мы умышленно не принимали во вниманіе этого новаго фактора въ началѣ разбора вопроса о петрографическихъ провинціяхъ, дабы имѣть возможность разсмотрѣть процессы дифференціаціи магмы въ ихъ чистомъ видѣ.

И только теперь, изъ приведеннаго сопоставленія нашихъ выводовъ съ данными полевого опыта, мы можемъ вполнѣ оцѣнить значеніе этого фактора, которое давно уже указывалось многими учеными и первенствующее значеніе которому было придано проф. Левинсонъ-Лессингомъ въ извѣстной его синтектически—ликваціонной гипотезѣ[1])

Мы не будемъ приводить здѣсь тѣ очевидныя истины, которыя показываютъ не только вѣроятность такихъ процессовъ но прямо необходимость ихъ; ими весьма богата наша геологическая и петрографическая литература[1]).

Но мы укажемъ на тотъ выводъ, который непосредственно изъ этого слѣдуетъ, именно: признавая значеніе этого новаго фактора, мы тѣмъ самымъ приходимъ къ невозможности существованія какой бы то ни было правильности въ группировкѣ магматическихъ породъ по провинціямъ.

Во всякой провинціи мы можемъ встрѣтить самыя разнообразныя породы, ибо при вліяніи процессовъ растворенія въ магмѣ боковыхъ породъ, невозможныхъ комбинацій породъ быть не можетъ, а слѣдовательно не можетъ быть и особыхъ типовъ петрографическихъ провинцій.

Но вездѣ бываютъ исключенія и несомнѣнно среди хаоса петрографическихъ провинцій мы найдемъ, быть можетъ, и такія, которыя уложатся въ схему, выведенную нами выше, но это уже будетъ исключеніе, а не правило.

Иначе говоря наша вышеприведенная схема петрографическихъ провинцій имѣетъ значеніе той идеальной схемы, которой дѣйствительность не можетъ достигнуть, благодаря вліянію этого особаго фактора.

Заключеніе.

Въ заключеніе позволю себѣ остановиться на разсмотрѣніи съ нашей точки зрѣнія вопроса о дифференціаціи первичной планетной магмы.

Если мы возьмемъ нашу планету въ періодъ ея состоянія, опредѣляемаго обычно какъ огненно-жидкое плавленіе, то мы не сможемъ себѣ представить ее иначе, какъ въ нѣкоторый періодъ времени однородную во всей своей массѣ.

Но тогда, на основаніи вышесказаннаго, планетная магма должна была быть обязательно либо кислой, либо нейтральной, либо основной и при послѣдовавшихъ затѣмъ процессахъ дифференціаціи она должна была дать частичныя магмы обязательно укладывающіяся во всей своей совокупности въ одинъ изъ трехъ видовъ нашихъ провинцій (кислыя, нейтральныя, основныя).

Тотъ фактъ, что подавляющая масса нашихъ изверженныхъ породъ содержитъ кварцъ, говоритъ, что и планетная магма содержала избытокъ кремнекислоты, а потому не могла содержать въ растворѣ такихъ минераловъ какъ нефелинъ, оливинъ и т. п., и появленіе основныхъ магматическихъ породъ не должно было бы имѣть мѣста на нашей планетѣ.

Поэтому надо признать, что кромѣ факторовъ дѣйствовавшихъ и опредѣлившихъ магматическую дифференціацію въ періодъ остыванія планеты и ея отвердѣванія, дѣйствовали впослѣдствіи и другіе факторы, которые продолжали работу своихъ предшественниковъ. Таковыми факторами надо признать воду и атмосферу послѣ ихъ появленія на землѣ. Эти дѣятели продолжали дефференцировать породы, раздѣляя основанія и кислоты и концентрируя ихъ

---

[1]) Ф. Левинсонъ-Лессингъ. Объ основнымъ проблемахъ петрогенезиса. Изв. Спб. Полит. Инст. 1910 г. т. XI.

въ отдѣльныхъ пунктахъ, наприм. отлагая мощныя толщи известняковъ, кварцевыхъ песчаниковъ, щелочныхъ хлоридовъ и др. соединеній. Эти концентрированныя основанія и кислоты, поглощаемыя вновь магмою, возможно и были причиной нарушенія ея однородности и чрезмѣрнаго обогащенія основаніями, обусловившаго появленіе основныхъ породъ, какъ щелочныхъ, такъ и щелочноземельныхъ.

Стоя на такой точкѣ зрѣнія мы можемъ, исходя изъ единой первичной, напр. г р а н и т о в о й, магмы, объяснить все разнообразіе магмъ, породившихъ выходящіе на земную поверхность магматическія породы, съ которыми мы постепенно знакомимся.