

Изслѣдованіе гранита съ рѣки Уруха.

Г. Д. Мерейнесъ.

Профессоръ П. П. Пятницкій передалъ мнѣ для полного изслѣдованія образецъ горной породы, привезенный имъ съ Кавказа съ лѣваго берега р. Уруха, выше с. Наръ и выше впаденія р. Агамуги-донъ.

Макроскопически видно, что изслѣдуемая порода состоитъ изъ кварца, ортоклаза, мусковита и минерала зеленого цвѣта, который по внѣшнему виду не можетъ быть опредѣленъ.

Удѣльный вѣсъ породы = 2,644.

Для полного химическаго изученія изслѣдуемой породы, мною былъ произведенъ анализъ, какъ общій, такъ и главныхъ минераловъ ее составляющихъ.

Прежде чѣмъ говорить о результатахъ химическаго анализа, считаю нелишнимъ вкратцѣ изложить тѣ методы, которыми я пользовался. Каждое опредѣленіе производилось не менѣе двухъ разъ и ходъ анализа во всѣхъ случаяхъ былъ совершенно одинаковъ.

Изъ одной порціи порошка опредѣлялись SiO_2 , TiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, Ca и Mg. Для опредѣленія SiO_2 вещество сплавлялось съ содой, сплавъ растворялся въ HCl и послѣ двукратнаго выпариванія и фильтрованія взвѣшивалась SiO_2 . Осадокъ этотъ обрабатывался HF въ присутствіи SO_4H_2 для полученія той части TiO_2 , Al_2O_3 и Fe_2O_3 , которая увлекается SiO_2 . Изъ фильтрата, полученнаго послѣ отдѣленія SiO_2 , осаждались амміакомъ Fe, Al и Ti, при чемъ осѣдала и P_2O_5 въ видѣ PO_4Al ; осадокъ этотъ на фильтрѣ растворялся въ разбавленной HCl и вновь производилось осажденіе тѣмъ же способомъ. Послѣ взвѣшиванія сумма окисловъ переводилась въ растворимое состояніе путемъ сплавленія съ пиросульфатомъ калия; сплавъ выщелачивался водой и по прибавленіи H_2O и достаточнаго количества SO_4H_2 и фосфорной кислоты опредѣлялся Ti при помощи колориметра Вольфа.

Са осаждался щавелевокислымъ аммоніемъ и взвѣшивался въ видѣ CaO , а изъ полученнаго фильтрата Mg осаждался фосфорнокислой аммоніево-натріевой солью въ присутствіи амміака и взвѣшивался въ видѣ $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$. Для опредѣленія P_2O_5 бралась отдѣльная порція порошка и, послѣ сплавленія съ содой, растворялась въ NO_3H . Къ раствору приливался молибденовокислый аммоній, полученный осадокъ растворялся на фильтрѣ же въ разбавленномъ амміакѣ и затѣмъ фосфорная кислота осаждалась магnezіальной смѣсью и послѣ прокаливанія взвѣшивалась въ видѣ $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$. Щелочи опредѣлялись по методу Lawrence Smith'a, для чего новая порція порошка смѣшивалась съ NH_4Cl и CaCO_3 . Послѣ сплавленія спекшаяся масса обрабатывалась водой, избытокъ кальція удалялся углекислымъ аммоніемъ и, послѣ удаленія аммоніевыхъ солей прокаливаніемъ, послѣдніе слѣды кальція удалялись щавелевокислымъ аммоніемъ. Сумма щелочей взвѣшивалась въ видѣ хлоридовъ, а калий въ видѣ хлороплатина. Этотъ способъ вполне точный и удобоисполнимый имѣетъ то преимущество, что магній въ самомъ началѣ выдѣляется количественно. Количество всего желѣза опредѣлялось титрованіемъ по Zimmermann-Reinhardt'у ¹⁾, для опредѣленія же закиси желѣза бралась отдѣльная порція порошка; разложеніе производилось по Cooke'овскому методу въ платиновой чашкѣ HF въ присутствіи SO_4H_2 на водяной банѣ въ атмосферѣ CO_2 ; содержимое чашки смывалось въ стаканъ, содержащій воду и SO_4H_2 и титрованіе марганцовокислымъ калиемъ производилось тотчасъ же. Для опредѣленія S бралась отдѣльная порція породы, которая сплавлялась съ содой въ присутствіи селитры для окисленія S въ SO_4H_2 . Послѣ обработки сплава водой S осаждалась BaCl_2 и, послѣ прокаливанія, взвѣшивалась въ видѣ BaSO_4 . Гигроскопическая влажность порошка породы и минераловъ опредѣлялась потерей его въ вѣсѣ послѣ нагрѣванія въ термостатѣ при 125°C , а общее содержаніе воды и CO_2 опредѣлялось по Jannasch'у.

Во всѣхъ случаяхъ мною также опредѣлялась такъ-называемая „потеря при прокаливаніи“, при чемъ прокаливаніе производилось въ атмосферѣ CO_2 и „потеря“ всегда совпадала съ суммой H_2O и CO_2 .

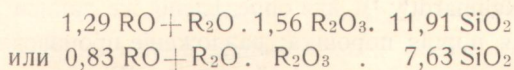
Результаты химическаго анализа горной породы получились слѣдующіе:

¹⁾ «Курсъ аналит. хим. «Treadwell». Т. II, стр. 413.

VIII

	% содер.	эквивал. колич.
SiO ₂	72,04	1,191
TiO ₂	0,12	
Al ₂ O ₃	15,03	0,147
Fe ₂ O ₃	1,46	0,009
FeO	0,38	0,005
MnO	слѣды	—
CaO	1,72	0,031
MgO	0,57	0,014
Na ₂ O	2,49	0,040
K ₂ O	4,15	0,044
P ₂ O ₅	0,29	—
S	0,06	—
H ₂ O	1,01	—
CO ₂	0,90	—
Потеря при 125°C	0,07	—
Сумма	100,29	—

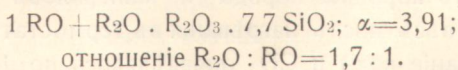
На основаніи вычисленныхъ эквивалентныхъ количествъ получаемъ магматическую формулу породы:



Изъ этой формулы имѣемъ:

отношеніе окисловъ $\text{R}_2\text{O} : \text{RO} = 0,84 : 0,50 = 1,7 : 1$
число основаній на 100 единицъ SiO_2 , $\beta = 23,9$
коэффициентъ кислотности $\alpha = 3,99$.

По формулѣ химическаго состава, изслѣдуемая порода должна быть отнесена къ типичнымъ гранитамъ, средній составъ которъ хъ, по вычисленіямъ проф. Левинсонъ-Лессинга, выражается слѣдующей формулой: ¹⁾



Для сравненія я привожу слѣдующіе 2 анализа мусковитовыхъ гранитовъ: ²⁾

	№ 54	№ 59
SiO ₂	71,58	71,93
TiO ₂	—	Sp.
Al ₂ O ₃	14,08	15,27

¹⁾ «Изслѣдованіе по теоритич. петрографіи». Ф. Левинсонъ-Лессингъ. 1908 г., стр. 42.

²⁾ „Beiträge zur chemischen Petrographie“. А. Osann. 1905 г. стр. 6.

IX

Fe ₂ O ₃	1,40	0,59
FeO	1,27	2,10
MgO	0,93	0,46
CaO	2,01	1,60
Na ₂ O	3,31	2,61
K ₂ O	4,85	5,30
H ₂ O	1,18	0,69
P ₂ O ₅	0,31	0,27
Сумма	100,92	100,82
Уд. в.	2,668	2,664

Сравненіе съ этими анализами вполне подтверждаетъ заключеніе о принадлежности изслѣдуемой породы къ типичнымъ гранитамъ и именно къ мусковитовымъ гранитамъ.

Раздѣленіе породы на отдѣльные минералы было сдѣлано при помощи тяжелой жидкости Toulet; при этомъ я получилъ 18 порцій при слѣдующихъ удѣльныхъ вѣсахъ:

Осадки	Уд. в.	Осадки	Уд. в.
№ 1	3,183	№ 10	2,677
№ 2	2,932	№ 11	2,649
№ 3	2,874	№ 12	2,638
№ 4	2,847	№ 13	2,631
№ 5	2,828	№ 14	2,612
№ 6	2,791	№ 15	2,595
№ 7	2,756	№ 16	2,580
№ 8	2,732	№ 17	2,555
№ 9	2,706	№ 18	2,547

Осадки № 1 и 2 состояли почти исключительно изъ титанита и сростковъ его съ полевыми шпатами. Осадокъ № 4 состоялъ исключительно изъ слюды. Осадки отъ № 6 до № 10 состояли изъ минерала зеленого цвѣта, при чемъ въ наиболѣе чистомъ видѣ зеленый минералъ выдѣлился въ осадкѣ 9-мъ. Осадки № 17 и 18 представляли собой вполне чисто выдѣлившійся ортоклазъ, а осадокъ № 11 былъ образованъ плагиоклазомъ съ примѣсью довольно значительнаго количества кварца, отъ котораго его не удалось отдѣлить, вслѣдствіе близости удѣльныхъ вѣсовъ.

Каждый осадокъ изслѣдовался подъ микроскопомъ въ отношеніи однородности по минералогическому составу и тѣ осадки, которые выбирались для анализа, подвергались вторичному осажденію при тѣхъ же предѣлахъ удѣльныхъ вѣсовъ.

Многу были произведены анализы ортоклаза, плагиоклаза съ примѣсью кварца, слюды и зеленого минерала.

Составъ ортоклаза, уд. вѣсъ котораго заключенъ въ предѣлахъ 2,547—2,555, слѣдующій:

	% содер.
SiO ₂	63,36
Al ₂ O ₃	19,28
Fe ₂ O ₃	0,57
CaO	0,95
MgO	0,51
K ₂ O	13,52
Na ₂ O	1,67
H ₂ O	0,21
Потеря при 125°C	0,05
Сумма	100,12

Результатъ химическаго анализа показываетъ намъ, что ортоклазъ не является вполне свѣжимъ, но немного коалинизированнымъ и содержитъ небольшія количества Na₂O.

Вычислимъ эквивалентныя количества окисловъ и на основаніи полученныхъ данныхъ содержаніе веществъ ортоклаза, альбита и каолина въ минералѣ:

Окислы	Сумма	Орток.	Альбитъ	Каолинъ	Остатки
SiO ₂	1,049	0,858	0,162	0,012	0,017
Al ₂ O ₃	0,188	0,143	0,027	0,006	0,012
Fe ₂ O ₃	0,003	—	—	—	0,003
CaO	0,017	—	—	—	0,017
MgO	0,012	—	—	—	0,012
K ₂ O	0,143	0,143	—	—	—
Na ₂ O	0,027	—	0,027	—	—
H ₂ O	0,012	—	—	0,012	—

Этому химическому составу отвѣчаетъ приблизительно формула Or₅₃ Ab₁.

Для характеристики степени вывѣтрѣлости ортоклаза выразимъ въ процентахъ содержаніе различныхъ веществъ:

Ортоклазъ: 82,30%

Альбитъ: 15,54%

Каолинъ: 2,16%

Результатъ анализа слюды, уд. вѣсъ которой заключенъ въ предѣлахъ 2,847—2,874, оказался слѣдующимъ:

	% содер.
SiO ₂	42,79
TiO ₂	0,43
Al ₂ O ₃	38,48
Fe ₂ O ₃	2,67
FeO	0,24
CaO	0,32
MgO	0,86
K ₂ O	10,23
Na ₂ O	1,23
H ₂ O	1,70
CO ₂	0,31
Потеря при 125°C	0,90
Сумма	100,16

Слюда выдѣлилась въ листочкахъ настолько значительной величины, что оказалось вполнѣ возможнымъ опредѣлить уголь между оптическими осями. Это опредѣленіе производилось при помощи универсальнаго прибора Грота. Каждое изъ измѣреній отличалось отъ другихъ на нѣсколько минутъ и въ среднемъ уголь между оптическими осями оказывается равнымъ 66°25, для краснаго луча. Какъ величина угла, такъ и химическій составъ говорятъ за то, что мы имѣемъ мусковитъ.

Для сравненія я привожу слѣдующій анализъ мусковита изъ Rubislaw'a ¹⁾:

	% содер.
SiO ₂	44,51
Al ₂ O ₃	37,36
Fe ₂ O ₃	2,04
MgO	0,57
K ₂ O	9,87
H ₂ O	1,84
Summe	98,01
incl. CaO	0,78
Na ₂ O	0,93
Fl	0,11

Это сравненіе также говоритъ за то, что нашу слюду слѣдуетъ отнести къ мусковиту.

¹⁾ «Handbuch d. Mineralogie». C. Hintze, В. II 1897 г. стр. 636; анализъ II.

Анализъ плагіоклаза, который, какъ сказано, не удалось отдѣлить отъ кварца, и уд. вѣсъ котораго заключенъ въ предѣлахъ 2,649—2,677, далъ слѣдующіе результаты:

	‰ содер.
SiO ₂	79,04
Al ₂ O ₃	11,13
Fe ₂ O ₃	1,41
FeO	0,12
CaO	1,25
MgO	0,41
K ₂ O	2,04
Na ₂ O	3,86
H ₂ O	0,63
CO ₂	0,57
Потеря при 125°C	0,11
Сумма	100,57

Вычислимъ эквивалентныя количества окисловъ и содержаніе различныхъ веществъ въ минералѣ.

Окислы	Сумма	Орток.	Альбитъ	Анорт.	Каол.	Остатки
SiO ₂	1,309	0,132	0,372	0,044	0,035	0,726
Al ₂ O ₃ } Fe ₂ O ₃ }	0,118	0,022	0,062	0,022	0,017	—0,005
FeO	0,002	—	—	—	—	0,002
CaO	0,022	—	—	0,022	—	—
MgO	0,010	—	—	—	—	0,010
K ₂ O	0,022	0,022	—	—	—	—
Na ₂ O	0,062	—	0,062	—	—	—
H ₂ O	0,035	—	—	—	0,035	—
CO ₂	0,013	—	—	—	—	0,013

На основаніи приведенныхъ данныхъ получаемъ формулу минерала: $\text{Or}_{10}\text{Ab}_{28}\text{An}_5$.

Для характеристики степени вывѣтрѣлости плагіоклаза выразимъ въ процентахъ содержаніе различныхъ веществъ:

Ортоклазъ:	20,78%
Альбитъ:	58,56
Анортитъ:	10,39
Каолинъ:	10,27

Всѣ эти вычисленія могутъ имѣть лишь приблизительное значеніе и указываютъ намъ на довольно глубокія измѣненія, происшедшія въ химической природѣ минерала.

Довольно значительное количество K_2O можетъ быть объяснено присутствіемъ въ породѣ сростковъ плагіоклаза съ ортоклазомъ, а большой избытокъ SiO_2 зависитъ отъ примѣси кварца. Однако, это не оказываетъ вліянія на отношеніе Na_2O къ CaO въ минералѣ.

Принимая во вниманіе это отношеніе, а также углы угасаній, которые на плоскости Р очень малы—приближаются къ нулю, а на плоскости М приближаются къ 13° , мы можемъ отнести изслѣдуемый нами плагіоклазъ къ очень кислымъ олигоклазамъ. Этому выводу также не противорѣчитъ и удѣльный вѣсъ плагіоклаза, лежащій въ предѣлахъ 2,649—2,677.

Зеленый минералъ, уд. вѣсъ котораго заключенъ въ предѣлахъ 2,68—2,73, былъ выдѣленъ мною въ довольно чистомъ видѣ и химическій составъ его оказался слѣдующимъ:

	‰ содер.
SiO_2	58,39
TiO_2	0,13
Al_2O_3	21,05
Fe_2O_3	2,77
FeO	0,50
CaO	4,79
MgO	1,33
K_2O	3,74
Na_2O	5,18
H_2O	1,51
CO_2	0,37
Потеря при $125^\circ C.$	0,20
Сумма	99,96

Какъ показываетъ изслѣдованіе шлифовъ, зеленый минералъ является продуктомъ видоизмѣненія плагіоклаза. Для наиболѣе нагляднаго сравненія химическихъ анализовъ зеленого минерала и плагіоклаза, вычислимъ составъ послѣдняго, отбросивъ избытокъ SiO_2 , получившійся вслѣдствіе примѣси кварца. Для этого остатокъ SiO_2 перечислимъ на проценты, вычтемъ изъ общаго содержанія SiO_2 и полученный составъ минерала перечислимъ на 100. Тогда составъ плагіоклаза окажется слѣдующимъ:

	‰ содерж.
SiO_2	62,04
Al_2O_3	19,62

Fe ₂ O ₃	2,49
FeO	0,21
CaO	2,20
MgO	0,72
K ₂ O	3,59
Na ₂ O	6,81
H ₂ O	1,11
CO ₂	1,00
Потеря при 125° С.	0,21
Сумма	100,00

Если сравнить эти данные съ составомъ зеленого минерала, то мы замѣтимъ, что процессъ сводился къ выщелачиванію кремнекислаго натра, накопленію полуторныхъ окисловъ, а главнымъ образомъ къ значительному увеличенію CaO и MgO. Такимъ образомъ, химическій составъ зеленого минерала указываетъ намъ на эпидотизацію плагіоклаза.

Структура породы гранитовая или гипидіоморфно-зернистая; пластинки слюды съ волнистыми линіями спайности, что указываетъ на явленіе динамометаморфизма.

Первые продукты кристаллизаціи—апатитъ и цирконъ—являются включенными какъ въ полевыхъ шпатахъ, такъ и въ кварцѣ.

Слѣдующимъ выкристаллизовался мусковитъ; съ одной стороны, онъ является въ видѣ скопленій между плагіоклазомъ и кварцемъ, съ другой стороны—небольшіе, но хорошо образованные кристаллы мусковита включены какъ въ плагіоклазѣ, такъ и въ кварцѣ.

Затѣмъ слѣдуетъ выдѣленіе ортоклаза и олигоклаза, которые выкристаллизовались почти одновременно, на что указываетъ одинаковая степень ихъ идіоморфизма. Наконецъ, все пространство между упомянутыми минералами выполняютъ зерна кварца.

Изъ всего выше сказаннаго мы можемъ заключить, что порядокъ кристаллизаціи въ изучаемой нами породѣ нормальный—свойственный интрузивнымъ гранитамъ.

Главные составныя части породы: кварцъ, ортоклазъ, микроклинъ, мусковитъ, плагіоклазъ и видоизмѣненный плагіоклазъ; второстепенныя—апатитъ, магнетитъ и цирконъ.

Въ кварцѣ видны многочисленныя мелкія включенія—трихиты рутила; также нерѣдко включены въ немъ мелкія кристаллы шпинеля призматической формы съ темной каймой. Они являются выпуклыми, вслѣдствіе высокаго показателя преломленія.

Ортоклазъ встрѣчается то въ одиночныхъ кристаллахъ, то въ видѣ сростковъ съ плагіоклазомъ; нерѣдко также образуетъ двойники по Карлсбадскому закону.

Микроклинъ встрѣчается довольно рѣдко, при чемъ сѣтчатое строеніе его при скрещенныхъ николяхъ наблюдается совершенно ясно.

Мусковитъ, какъ сказано выше, встрѣчается въ большомъ количествѣ; очень характерна для него высокая поляризационная окраска. Въ немъ мы наблюдаемъ выдѣленіе бураго вещества титанистаго желѣзняка, который образуетъ скопленія въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ мусковита много и иногда встрѣчается ромбическое сѣченіе его же. Кромѣ того, въ слюдѣ по спайности наблюдается выдѣленіе магнетита.

Плагіоклазы образуютъ многочисленные двойники по Альбитовому закону съ очень тонкой штриховкой.

Наиболѣе интереснымъ элементомъ въ изучаемой нами породѣ является минералъ зеленого цвѣта, который на основаніи химическихъ изслѣдованій мы признали за видоизмѣненный плагіоклазъ. Это измѣненіе плагіоклаза мы прекрасно наблюдаемъ при изученіи шлифовъ подъ микроскопомъ. Мы видимъ, какъ сначала теряется двойниковая штриховка плагіоклаза и появляется зернистая структура; въ силу неравномѣрной поляризационной окраски эта зернистая структура хорошо наблюдается при скрещенныхъ николяхъ. Въ этомъ измѣненномъ веществѣ плагіоклаза мѣстами появляются зеленые пятна. Въ дальнѣйшей стадіи измѣненія увеличивается содержаніе зеленого вещества; поляризационная окраска становится болѣе яркой, чѣмъ въ полевыхъ шпатахъ, но неравномѣрная. Эти же измѣненія очень ярко обнаруживаются при сильномъ увеличеніи особенно по краямъ трещинъ.

Такимъ образомъ, микроскопическое изученіе зеленого минерала приводитъ насъ къ тому же заключенію, которое мы сдѣлали на основаніи химическаго анализа, а именно, что онъ есть продуктъ видоизмѣненія плагіоклаза.

Въ заключеніи считаю своимъ долгомъ выразить благодарность проф. П. П. Пятницкому, прив.-доц. К. Н. Савичъ-Заблоцкому и лаб. мин. каб. М. М. Лапину, совѣтами и указа-
ніями которыхъ я пользовался.

Минералогическій Кабинетъ Имп. Харьк. Унив. 1913 г.
