Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXVII, вып. 2, 1974 г.

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПЕТРОХИМИИ

Доктор геол.-мин. наук С. П. СОЛОВЬЕВ
(Ленинградский горный ин-т)

Для геолога важно знать не просто химизм того или иного участка земной коры, а развитие его в историческом плане, в том числе эволюцию химизма магматических образований во времени. Иначе говоря, существенное значение приобретает динамическая петрохимия.

Многие химические данные, собранные в Советском Союзе, позволяют судить о поведении отдельных окислов, главных элементов и элементов-примесей, о распределении их в процессе (обычно многостадийном) формирования магматических тел, в разнообразных дифференциатах магм, различных членах комагматических серий.

Сначала остановимся на поведении ряда химических элементов в магматических горных породах, сформировавшихся не в один, а в несколько приемов в течение относительно ограниченного отрезка геологического времени и в пределах сравнительно небольшого участка земной коры.

Анализ имеющихся материалов о последовательности внедрения магматических масс в тех участках земной коры, где обнаружены нефелин (или лейцит), содержащие горные породы, дает основание говорить, что в большинстве случаев магматические массы с повышенным содержанием щелочей внедрялись позже интрузивных тел нормального состава. В качестве одного из примеров укажем район Бердяуш (Урал), где, согласно А. Н. Заварицкому [5], последовательность внедрения главных типов горных пород была следующей: *а*) граниты; *б*) сиениты; *в*) нефелиновые сиениты. Такая последовательность ясно указывает, что в конечные стадии интрузивной деятельности в Бердяушском участке происходило внедрение магматических масс с более значительным количеством щелочей.

Ряд подобных примеров, но касающихся каледонских ультраосновных и щелочных пород Кольского полуострова, описывается многими исследователями. Так, по А. А. Кухаренко [6], в большинстве случаев на Кольском полуострове последним интрузивным импульсам соответствуют более щелочные породы. Схема последовательности магматических образований (в сокращенном виде) здесь такова: *а*) оливиниты; *б*) пироксениты (разные); *в*) мельтейгиты, ийолиты; *г*) нефелиновые сиениты; тингуаиты и др.

В качестве одного из примеров последовательности щелочных эффузивных образований могут служить разновременные вулканические продукты Везувия (Италия), активность которого не прекращается до

настоящего времени. Как известно, в лавовых излияниях Соммы-Везувия последовательно происходит увеличение лейцита.

Эти и многие другие примеры свидетельствуют в большинстве случаев о тенденции нарастания щелочности в ходе магматического процесса (ограниченного как пространством, так и временем) независимо от того, начинался ли этот процесс с внедрения магматических расплавов кислого, основного или ультраосновного состава.

Следует также иметь в виду, что многие щелочные постмагматические (преимущественно метасоматического характера) образования тоже возникли одними из последних.

Исследования комагматических серий интрузивных пород кислого или преимущественного кислого состава выявили в значительном числе случаев тенденцию к обогащению последних членов этой серии калием и некоторыми другими элементами. Одним из таких примеров являются каледонские гранитоиды Центрального Тянь-Шаня [15]. Остановимся лишь на соотношении цинка и свинца. В гранитоидах последних интрузивных стадий шло относительно существенное накопление свинца, количество которого по сравнению с начальной стадией возросло почти в четыре раза, а поведение цинка было совершенно иным — его содержание резко падало. Изучение распределения свинца и цинка в породообразующих минералах гранитоидов последовательных каледонских интрузий показало, что главная масса свинца приурочена к полевым шпатам и лишь небольшая часть свинца падает на другие минералы. В отношении же цинка наблюдается иное положение. Основное количество цинка сосредоточивается в темноцветных минералах — темных слюдах и роговых обманках. Аналогичное поведение обнаруживают и некоторые другие элементы-примеси, например, таллий. Так, в гранитоидах Западного Узбекистана количество таллия (а также свинца и некоторых других элементов) возрастает от ранних к поздним гранитоидам пропорционально увеличению калия [16]. Обратная тенденция наблюдается с медью, в частности, в каледонских гранитоидах Северного Казахстана [10]. Здесь концентрация меди понижается от ранних к поздним дифференциатам.

Материалы по химизму существенно разновозрастных гранитоидов СССР дают основание считать, что химический состав их не совсем одинаков. Действительно, средние химические составы древних (докембрийских, частью палеозойских) и молодых (мезозойско-кайнозойских) гранитоидов, вычисленные по многочисленным данным как для отдельных областей, например Кавказа [12, 13] и Забайкалья [7], так и для СССР в целом (табл. 1), показывают, что докембрийские граниты в общем несколько отличаются по составу от молодых — мезозойских и кайнозойских. Средние химические составы древних (докембрийских) и молодых (мезозойско-кайнозойских) гранитов Советского Союза тоже не идентичны.

Приведенные и многие другие данные дают основание говорить о некотором снижении кислотности (а также изменении содержания ряда других химических компонентов) в более молодых гранитоидах. Однако из этого ни в коем случае не следует, что в любом участке будет наблюдаться подобная картина, особенно если речь идет о комагматических сериях пород, в которых нередко фиксируется обратное положение.

Многие исследования элементов-примесей в древних и молодых гранитоидах ряда районов СССР выявили специфические черты в их распространении в указанных разновозрастных породах и породообразующих минералах. Например, в результате изучения элементов-при-

Таблица 1

Средние химические составы (в весовых процентах) древних и молодых гранитоидов

Окислы	Кавказ		Забайкалье		В целом по СССР	
	Древние (Pcm — Pz)	Молодые (Mz — Cz)	Древние (Pz)	Молодые (Mz)	Древние (Pcm)	Молодые (Mz + Cz)
SiO_2	69,48	66,75	72,63	70,84	72,57	70,88
TiO_2	0,44	0,48	0,22	0,30	0,26	0,25
Al_2O_3	15,17	15,40	14,74	14,61	14,15	15,34
Fe_2O_3	1,24	1,83	0,92	1,10	1,03	1,10
FeO	1,94	2,29	0,77	1,40	1,34	1,32
MnO	0,08	0,08	0,03	0,05	0,04	0,05
MgO	1,02	1,78	0,51	0,78	0,54	0,73
CaO	2,20	4,01	1,31	1,60	1,38	1,74
Na_2O	3,76	3,34	3,95	3,71	3,19	3,42
K_2O	3,20	2,50	4,34	4,72	4,67	4,13
H_2O	1,32	1,33	0,57	0,79	0,70	0,90
P_2O_5	0,15	0,21	0,01	0,10	0,13	0,14
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

месей в древних и молодых гранитоидах Кавказа и Закавказья [1, 8] были установлены некоторые особенности их распространения в разновозрастных комплексах. В частности, встречены повышенные количества свинца и некоторых представителей редких земель (иттербия) в древних гранитоидах.

Проведенное нами изучение породообразующих минералов гранитоидов Большого Кавказа показало, что биотиты древних гранитоидов не имеют или содержат в виде следов фтор, тогда как в темных слюдах молодых кислых магматических тел фтор наблюдается в относительно существенных количествах (до 1%). Об этом же говорят новые материалы [9] о содержании фтора в биотитах Кавказа. Так, в биотитах палеозойского (герцинского) Дарьялского гранитного массива фтора содержится 0,15%, а в биотитах молодого (альпийского) Эльжуртинского гранита фтора в четыре раза больше (0,60%).

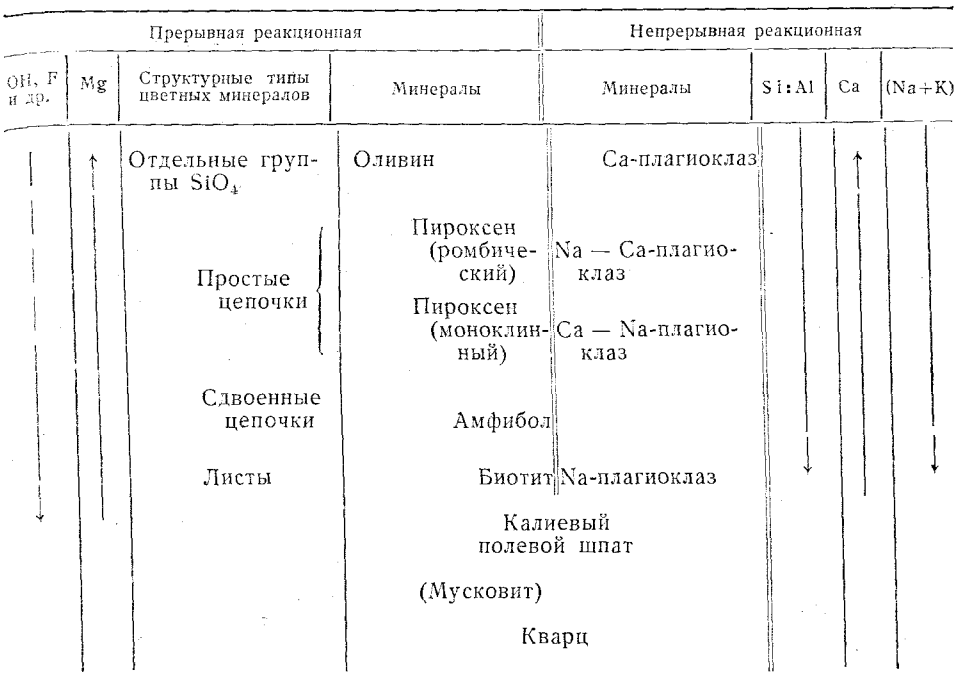
О наличии химических различий свидетельствуют и данные других исследователей [2, 3].

Можно было бы привести многие примеры различия в химических составах других разновозрастных групп магматических пород СССР. Следует также иметь в виду, что на распределение химических элементов в магматических массивах накладывает отпечаток ряд факторов, в том числе петрологических (дифференциация, гетерогенность исходных магм и др.).

Кратко остановимся на некоторых химических чертах последовательного выделения минералов из магматического расплава (магмы). В табл. 2 отмечены некоторые особенности динамики химизма этого процесса. В прерывном реакционном ряду, например, последовательно снижается содержание Mg и постепенно увеличивается содержание OH, F и некоторых других летучих компонентов, входящих в состав амфиболов и слюд, т. е. довольно широко распространенных минералов в магматических горных породах и, кстати сказать, имеющих более сложную структуру, чем пироксены и особенно оливины.

Таблица 2

Реакционные серии



Как известно, установлена сопряженность магния с рядом других элементов, например Ni, Co и некоторых других, которые выделяются из магматического расплава в первые стадии кристаллизации магмы [4].

Ряд других элементов, например скандий, ведет себя иначе. Он накапливается больше в пироксенах, чем в оливинах, в частности в пределах Малого Кавказа [17].

Что касается минералов непрерывного реакционного ряда (серии), то здесь происходит в общем постепенное нарастание в них щелочей (Na+K); а также отношения Si : Al и одновременное уменьшение Ca.

Являются ли средние химические составы магматических комплексов (в целом), возникших в различные отрезки геологического времени, одинаковыми? Этот вопрос имеет значение не только для петрологии, но и для геохимии, для учения о полезных ископаемых и других отраслей геолого-минералогических наук, поскольку решение его поможет понять характер общей эволюции магматической деятельности во времени и связанных с нею процессов рудообразования.

Чтобы ответить обоснованно на этот вопрос, нами были вычислены средние химические составы всех магматических продуктов в целом для различных (в смысле возраста) областей Советского Союза (табл. 3). При вычислениях учитывались как химические материалы, так и количественные данные о распространении этих горных пород в том или ином районе СССР [14]. Приведенные данные свидетельствуют, что средний химический состав магматических образований в различные геологические эры был неодинаков, по крайней мере в ряде участков земной коры. Помимо существенного различия в содержании кремнезема (в древних комплексах 68% и в мезозойско-кайнозойских 59% SiO_2) указанные магматические образования обнаруживают далеко не одинаковое поведение соединений Fe, Ca, Mg, Na, K и др.

Таблица 3

Средние химические составы (в весовых процентах) комплексов магматических горных пород Кавказа, Дальнего Востока, Кольского полуострова и Украины

Окислы	Молодые (мезо-кайнозой)		Древние (докембрий — нижний палеозой)	
	Кавказ	Дальний Восток	Кольский полуостров	Украина
SiO_2	58,58	59,18	67,39	68,45
TiO_2	0,83	1,02	0,67	0,45
Al_2O_3	16,65	16,03	14,45	14,73
Fe_2O_3	3,15	3,11	1,49	1,57
FeO	2,99	3,31	2,68	2,40
MnO	0,12	0,15	0,09	0,10
MgO	3,45	3,19	2,06	1,16
CaO	6,32	5,22	2,91	2,79
Na_2O	3,43	3,36	3,78	3,57
K_2O	2,17	2,86	3,30	3,80
H_2O	2,10	2,22	1,15	0,79
P_2O_5	0,21	0,35	0,03	0,19
Сумма	100,0	100,0	100,0	100,0

Указанные химические черты разновозрастных магматических об разований в некоторой мере подтверждаются особенностями распреде ления магматических пород во времени, в частности, развитием грани тоидов в различные геологические периоды. Множество данных свиде тельствует, что мезозойско-кайнозойские кислые интрузивные тела от носительно чаще сложены породами гранодиоритового ряда, чем дру гими разновидностями кислых горных пород.

С геологической точки зрения упомянутое различие в химическом составе рассмотренных разновозрастных магматических продуктов на блюдается между магматическими образованиями древних кристалли ческих щитов (Балтийского, Украинского) и мезозойско-кайнозойски складчатых областей.

В чем же причины различия средних химических составов древни и молодых магматических образований?

Одной продолжительностью эрозии эти явления трудно объяснить Различие в составе разновозрастных магматических образований зави сит от многих причин, а прежде всего от условий, в которых происходи ло их формирование. Не останавливаясь на разборе всех этих условий укажем лишь, что общий характер (в том числе и химический) продук тов магматической деятельности в различные геологические периоды был не однообразен, по крайней мере в ряде участков земной коры о чем свидетельствуют подсчеты распространения в пространстве и вре мени магматических пород [11].

Суммируя все сказанное, можно предположить, что в неоднократ ные петрогенетические циклы в течение палеозойской, мезозойско и кайнозойской эр вовлекаются в возрастающей мере нижние, более основные оболочки Земли. Все это в конце концов привело к соответ ствующим химическим изменениям, в том числе к общему относитель ному снижению кислотности (и изменению содержания ряда других хи

мических компонентов) общей массы магматических продуктов, возникших в более молодые эры. В известной мере на это же указывает ряд особенностей химизма петрогенетических циклов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белянкина Е. Д. Спектроскопическое исследование изверженных горных пород Кавказа и Закавказья. Труды Ин-та геолог. наук АН СССР. М., 1950.
2. Беус А. А. Бериллий. — В кн.: Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов. Т. 1. М., «Наука», 1964.
3. Беус А. А., Фабрикова Е. А. Распределение цезия в гранитах СССР. Геохимия, 1961, № 10.
4. Виноградов А. П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных пород земной коры. Геохимия, 1962, № 7.
5. Заварицкий А. Н. Петрография Бердяушского плутона. Избр. труды, т. 2. М., изд-во АН СССР, 1958.
6. Кухаренко А. А. и др. Каледонский комплекс ультраосновных щелочных пород и карбонатитов Кольского полуострова и Северной Карелии. М., «Недра», 1965.
7. Морковкина В. Ф. Химические анализы изверженных горных пород. М., «Наука», 1964.
8. Надарейшвили О. Ш. Основные черты петрохимии пород комплекса гранитоидов Главного хребта. Труды Кавказск. ин-та мин. сырья, вып. 1. Тбилиси, 1960.
9. Одикадзе Г. Л. Особенности распределения фтора в гранитоидах Большого Кавказа и Дзирульского массива. Геохимия, 1971, № 5.
10. Серых В. И. Распределение меди в генетически связанных сериях гранитоидов. Геохимия, 1963, № 11.
11. Соловьев С. П. Распределение магматических горных пород в СССР и некоторые вопросы петрологии. М., Госгеолиздат, 1952.
12. Соловьев С. П. Главнейшие особенности древнейших образований Большого Кавказа. Труды Лаб. геол. докембрия АН СССР, вып. 19. Л., «Наука», 1964.
13. Соловьев С. П. Некоторые вопросы химизма магматических горных пород. Зап. Всесоюзн. минерал. общ., ч. 93, вып. 6. Л., 1964.
14. Соловьев С. П. Химизм магматических горных пород и некоторые вопросы петрохимии. Л., «Наука», 1970.
15. Таусон Л. В. Геохимия редких элементов в гранитоидах. М., изд-во АН СССР, 1961.
16. Хамрабаев И. Х. Петролого-геохимические критерии рудоносности магматических комплексов. Ташкент, изд-во ФАН УзбССР, 1969.
17. Эфендиев Г. Х., Абдуллаев Э. Б., Бабаева З. Э. Скандий в ультраосновных породах Малого Кавказа (АзССР). Геохимия, 1966, № 12.