

В. В. СВИРИДОВ

О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ГРАНИТОИДНЫХ ПОРОД УКРАИНСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

(Представлено академиком В. С. Соболевым 22 VI 1970)

На докембрийских массивах и щитах — Украинском, Балтийском, Анабарском, Алданском и др. — гранитоидные породы являются ведущим составным звеном целого ряда магматических формаций.

Однако отсутствие сведений по средним химическим типам гранитоидов для конкретных формаций тормозит достаточно полное решение таких актуальных вопросов, как петрографическая характеристика древних гранитоидных формаций, выяснение сходства и различия между этими формациями, общих закономерностей эволюции магматизма и связанных с ним месторождений полезных ископаемых.

Учитывая все это, мы собрали, систематизировали и детально статистически обработали опубликованные химические анализы гранитоидных пород Украинского кристаллического массива, часто сопровождавшиеся геолого-петрографическим описанием.

Вычисленные нами для различных гранитоидов средневзвешенные содержания ($\bar{x}$), среднеквадратичные отклонения ($\hat{s}$) и парные коэффициенты корреляции (r) приведены в табл. 1.

Нами также рассчитывались коэффициенты асимметрии и эксцесса, на основании которых установлено, что распределение окислов близко к нормальному, за исключением K_2O в № 1-6 и MnO в № 2.

При обобщении петрохимических материалов и в процессе полевых исследований мы пришли к выводу, что не следует брать анализы аплито-пегматоидных фаций, ибо в их возрасте легко ошибиться, да и состав их подчас отличен от главных массивов, и что пока надо исключить данные по архейским гранитоидам Приазовья, поскольку они сильно изменяются под воздействием молодых тектонических, магматических и метасоматических процессов.

Гиперстен-гранат-кордиеритсодержащие граниты тесно связаны с гнейсами гранулитовой фации, получившей четкое отражение на Карте метаморфических фаций СССР (1).

В соответствии с классификацией формаций Ю. А. Кузнецова (2), мы имеем здесь дело с нижнеархейской формацией мигматитов фации гиперстеновых гнейсов и чарнокитов. Как и большинство архейских гранитоидов, они приурочены к антиклинальным структурам, в данном случае Бугской складчатой системы северо-западного простирания (3), залегают согласно с вмещающими гнейсами и мигматитами, давая с ними постепенные переходы.

Граниты-чарнокиты и так называемые чудново-бердичевские граниты — это разновидности одного и того же указанного типа. Но граниты-чарнокиты тесно взаимосвязаны со средними и основными породами чарнокитовой группы. Их главные минералы: кварц, олигоклаз с антипертитовой структурой, ортоклаз-пертит и гиперстен. В чудново-бердичевских же гранитах развитие получают микроклин, биотит, а гиперстен встречается реже. По химизму эти граниты различаются только лишь в отношении Al_2O_3 . Но не только гиперстен, но и гранат (типа альмандина), и кордиерит очень изменчивы в своем количественном содержании. Аксессуары в гранитах — обыкновенная роговая обманка, рутил, силлиманит, апатит, циркон, монацит, сфен и титаномagnetит.

Химический состав гранитоидных пород Украинского кристаллического массива

Таблица 1

Оксиды, вес. %	№ 1	№ 1-a	№ 1-6	№ 2	№ 2-a	№ 3	№ 3-a	№ 3-6	№ 4
SiO ₂	71,77 2,00 (19)	72,50 2,12 (24)	65,84 1,18 (20)	71,62 1,79 (77)	66,91 0,87 (33)	73,22 1,66 (60)	73,00 1,89 (23)	74,05 2,16 (62)	72,61 2,22 (26)
TiO ₂	0,30 0,19 (10)	0,21 0,11 (21)	0,43 0,17 (16)	0,23 0,12 (75)	0,40 0,14 (28)	0,18 0,10 (48)	0,18 0,08 (27)	0,23 0,13 (56)	0,15 0,10 (18)
Al ₂ O ₃	14,56 1,28 (19)	13,07 1,30 (24)	15,28 1,16 (20)	13,86 1,12 (75)	15,20 0,88 (32)	12,81 1,03 (60)	13,64 0,99 (29)	12,84 1,54 (62)	13,60 1,02 (26)
Fe ₂ O ₃	1,91 0,30 (19)	1,27 1,00 (21)	1,25 0,58 (20)	0,63 0,43 (62)	1,09 0,65 (28)	0,98 0,55 (51)	0,87 0,495 (29)	1,12 0,63 (59)	1,31 0,80 (24)
FeO	1,36 0,57 (15)	1,18 0,53 (21)	4,14 1,03 (20)	1,81 0,94 (65)	3,32 0,97 (33)	1,18 0,46 (51)	1,32 0,62 (29)	0,97 0,57 (59)	1,57 0,83 (24)
MnO	0,05 0,03 (8)	0,04 0,014 (7)	0,06 0,025 (13)	0,04 0,022 (61)	0,05 0,02 (18)	0,03 0,016 (47)	0,025 0,010 (26)	0,03 0,02 (40)	0,022 0,010 (19)
MgO	0,90 0,49 (19)	0,99 0,38 (24)	2,23 0,50 (20)	0,99 0,44 (72)	1,67 0,52 (28)	0,60 0,34 (60)	0,63 0,29 (29)	0,52 0,35 (62)	0,25 0,12 (23)
CaO	2,23 0,94 (19)	2,00 0,98 (24)	2,73 0,89 (20)	1,64 0,85 (74)	2,69 0,96 (31)	1,89 0,65 (60)	1,41 0,43 (29)	0,89 0,47 (62)	0,96 0,48 (26)
Na ₂ O	3,07 1,03 (19)	3,36 1,04 (24)	3,55 0,86 (20)	3,79 1,01 (76)	3,69 0,73 (31)	3,27 0,64 (60)	3,31 0,73 (29)	3,30 1,14 (62)	3,34 0,87 (26)
K ₂ O	3,89 1,63 (19)	3,13 1,70 (24)	3,28 1,37 (20)	3,52 1,48 (76)	3,69 1,44 (31)	4,68 0,93 (57)	4,64 1,06 (29)	5,13 1,65 (62)	4,99 0,88 (26)
P ₂ O ₅	0,15 0,116 (7)	0,08 0,054 (7)	0,14 0,10 (12)	0,131 0,082 (47)	0,19 0,10 (12)	0,065 0,038 (43)	0,07 0,05 (24)	0,10 0,09 (21)	0,05 0,03 (14)
H ₂ O ⁺	0,27 0,19 (15)	0,41 0,11 (14)	0,45 0,28 (11)	0,79 0,67 (21)	0,29 0,25 (19)	0,72 0,39 (20)	0,45 0,26 (7)	0,45 0,20 (56)	0,54 0,22 (21)
H ₂ O ⁻				0,16 0,08 (23)		0,14 0,06 (24)			

П р и м е ч а н и я. Нижний архей: № 1 — гиперстен-гранит-кордиеритово-родинкиевые граниты (граниты-харюкиты); № 1-а — то же (тулунго-бродичские граниты); № 1-б — трилобитовые (трематриболевские, званогородские); верхний архей: № 2 — биотитовые граниты (ингулецкие, гидрограф-накомисские); № 2-а — гранодиориты; нижний протерозой: № 3 — микроклиновые граниты (дисперсно-полевые, боловские); № 3-а — то же (автономские, умалетские); № 3-б — то же (Фондмент-Безборуссин); верхний протерозой: № 4 — альбитизированные и мусковитизированные биотитовые граниты (енгериевские, каменномогильные). В скобках — численные значения. Над чертой — значение δ , в скобках n . Существенные, при 5% уровне значимости, парные коэффициенты корреляции между оксидами для гипохлоридов: для № 1 $r_{SiCa} = -0,65$; $r_{SiAl} = -0,8$; $r_{NaTi} = -0,73$; $r_{NaFe^{+}} = -0,55$; $r_{KFe^{+}} = -0,67$; $r_{Fe^{+}Ti} = +0,71$; $r_{Fe^{+}Mg} = +0,56$; $r_{CaFe^{+}} = +0,43$; для № 1-а $r_{SiCa} = -0,6$; $r_{SiAl} = -0,43$; $r_{SiTi} = -0,57$; $r_{SiFe^{+}} = -0,62$; $r_{SiFe^{+}} = -0,7$; $r_{KMg} = +0,55$; $r_{KCa} = -0,71$; $r_{CaTi} = +0,6$; $r_{CaFe^{+}} = +0,81$; $r_{TMg} = +0,92$; $r_{TFe^{+}} = +0,52$; $r_{TPe^{+}} = +0,65$; для № 1-б $r_{SiNa} = -0,53$; $r_{AlFe^{+}} = -0,46$; $r_{Fe^{+}Na} = -0,52$; $r_{Fe^{+}Fe^{+}} = -0,6$; для № 2 $r_{SiCa} = -0,64$; $r_{SiMg} = -0,32$; $r_{SiFe^{+}} = -0,73$; $r_{SiAl} = -0,4$; $r_{SiTi} = -0,7$; $r_{KCa} = -0,36$; $r_{KNa} = -0,56$; $r_{NaP} = -0,34$; $r_{TiCa} = +0,47$; $r_{TMg} = +0,48$; $r_{TFe^{+}} = +0,56$; $r_{TPe^{+}} = +0,35$; $r_{AP} = +0,44$; $r_{AINa} = +0,28$; $r_{Fe^{+}Ca} = +0,36$; $r_{Fe^{+}Mg} = +0,4$; $r_{CaMg} = +0,27$; для № 2-а $r_{SiTi} = -0,58$; $r_{AlFe^{+}} = -0,52$; $r_{AlK} = -0,52$; $r_{AlK} = -0,52$; $r_{TiK} = -0,45$; $r_{SiMg} = -0,35$; $r_{SiAl} = -0,6$; $r_{SiTi} = -0,6$; $r_{Fe^{+}K} = -0,36$; $r_{MnCa} = -0,5$; для № 2-б $r_{Fe^{+}K} = -0,48$; $r_{KP} = -0,4$; $r_{TiNa} = +0,3$; $r_{TiAl} = +0,3$; $r_{AINa} = +0,27$; $r_{Fe^{+}Na} = +0,32$; $r_{Fe^{+}Ca} = +0,43$; $r_{MP} = +0,33$; $r_{MgCa} = +0,3$; для № 4 $r_{SiP} = -0,7$; $r_{SiMg} = -0,53$; $r_{SiFe^{+}} = -0,68$; $r_{SiTi} = -0,54$; $r_{NaFe^{+}} = -0,5$; $r_{NaMn} = -0,53$; $r_{TPe^{+}} = +0,76$; $r_{TMg} = +0,56$; $r_{TiFe^{+}} = +0,62$; $r_{TiP} = +0,64$; $r_{Fe^{+}Mn} = +0,6$; $r_{MgP} = +0,6$.

Заметим, что различие в химизме пород всегда устанавливается нами на основании применения либо t -критерия Стьюдента при близости дисперсий содержаний, либо приближенного T -критерия при существенном различии этих дисперсий (⁴).

К формации мигматитов нерасчлененной гранулитовой и амфиболитовой фации принадлежат нижнеархейские гранодиориты. Они залегают среди биотит-амфиболовых, реже пироксен-плагиоклазовых гнейсов. Их главные минералы — кварц, олигоклаз-андезин, биотит, обыкновенная роговая обманка, иногда гиперстен, диопсид и акцессорные — гранат, кордиерит, апатит, циркон, ортит, турмалин, топаз, сфен магнетит и пирит.

Верхнеархейские биотитовые граниты связаны с субмеридиональными складчатыми поясами, заложенными и развившимися на переработанном нижнеархейском фундаменте. Вмещающие их кристаллические толщи часто содержат биотитовые гнейсы.

Эти граниты можно отнести к формации мигматитов амфиболитовой фации и связанных с ними анатектитов. Главные минералы гранитов — кварц, олигоклаз, микроклин, биотит, иногда обыкновенная роговая обманка, мусковит; акцессорные — апатит, циркон, монацит, сфен, ильменит, магнетит и сульфиды.

По химическому составу они несколько близки чудново-бердичевским гранитам. Но в них больше Al_2O_3 , P_2O_5 и иные соотношения между закисным и окисным железом. От гранитов-чарнокитов они отличаются по Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO и Na_2O .

По-видимому, краевой фацией верхнеархейских гранитных массивов являются разновозрастные с ними гранодиориты. В гранодиоритах плагиоклаз представлен олигоклаз-андезином, а среди акцессорных минералов также встречаются диопсид, рутил, гранат и турмалин.

По сравнению с нижнеархейскими гранодиоритами в них больше SiO_2 и меньше FeO , MgO .

Нижнепротерозойские массивы микроклиновых гранитов контролируются складчатыми структурами субширотного простирания. Хотя общая картина их залегания не резко отлична от той, которую мы видели при изучении архейских гранитоидов, но иногда для них типичны интрузивные контакты, и они рвут древние граниты. Вмещающие гнейсы и кристаллические сланцы мигматизируются и микроклинизируются.

Часто розовый, красный цвет, богатство микроклином, а местами и мусковитом, из акцессориев флюоритом — все это хорошо отличает их от древних гранитов.

Эти нижнепротерозойские граниты причисляются нами к формации гранитных батолитов. Характерно отсутствие более основных гранитоидов. По химизму и минеральному составу с ними сходны антоновские и уманские биотитовые граниты, но они выделяются повышенным содержанием Al_2O_3 . Из-за того что их возраст чаще всего дискутируется (⁵), мы решили их показать отдельно.

Нижнепротерозойские граниты разнятся с верхнеархейскими по SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , K_2O , с гранитами-чарнокитами по SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , K_2O , P_2O_5 , а с чудново-бердичевскими гранитами — только по MgO и K_2O .

Нам кажется, что чудново-бердичевские граниты испытывают значительное воздействие поздних этапов гранитизации и поэтому не могут служить специфическими породами для нижнего архея. Самыми близкими к Украинскому массиву участками докембрийского фундамента Русской платформы являются районы Белоруссии. Встреченные в докембрии Белоруссии нижнепротерозойские граниты близки к аналогичным по возрасту гранитам Украинского массива. Статистические характеристики ($\bar{x}$, s) для белорусских гранитов мы вычислили по опубликованным апалазам (⁶).

В белорусских гранитах больше SiO_2 и меньше CaO . Это объясняется тем, что они испытали более позднее окварцевание.

Наконец, с верхнепротерозойской магматической формацией раннего этапа развития древней платформы связаны Коростеньский и Октябрьский (Мариупольский) сложные плутоны.

Некоторые химико-статистические данные по гранитам Коростеньского плутона имеются (⁷). Однако дополнительно отметим следующее. По В. С. Соболеву (⁸), породы Коростеньского плутона в общем носят гипабиссальный облик. Интересно, что такой же облик имеют верхнепротерозойские альбитизированные и мусковитизированные порфировидные биотитовые граниты Приазовья, образующие мелкие штокообразные тела вблизи Октябрьского массива и являющиеся, вероятно, его сателлитами. По химизму и в известной мере по минеральному составу эти граниты обнаруживают сходство с биотитовыми гранитами (лезниковскими) Коростеньского плутона, возникшими, согласно В. С. Соболеву, в более позднюю фазу по сравнению с доминирующими в плутоне рапакивидными гранитами. Химический состав этой разновидности коростеньских гранитов, вычисленный по 16 анализам, таков (вес. %):

* SiO_2 $\frac{73,60}{1,94}$; TiO_2 $\frac{0,26}{0,14}$; Al_2O_3 $\frac{13,25}{1,52}$; Fe_2O_3 $\frac{1,06}{0,58}$; FeO $\frac{1,37}{1,00}$; MnO $\frac{0,02}{0,02}$; MgO $\frac{0,38}{0,29}$; CaO $\frac{0,92}{0,50}$; Na_2O $\frac{3,21}{0,59}$; K_2O $\frac{5,18}{0,69}$; P_2O_5 $\frac{0,03}{0,02}$. Различия между указанными гранитами наблюдается только по SiO_2 и TiO_2 .

Акцессорные минералы гранитов Приазовья — циркон, флюорит, цитролит, монацит, ильменит, гранат, топаз, ортит, берилл, колумбит, сфен, магнетит, пирит и коростеньских биотитовых гранитов — апатит, циркон, флюорит, цитролит и монацит.

Возможно, эти граниты имеют между собой более тесное родство, чем до этого считалось.

Что касается Октябрьского массива, то в основном он сложен щелочными сиенитами, и лишь на его периферии редко встречаются микроклиновые граниты, постепенно переходящие к сиенитам. Помимо микроклина, естественно в меньшем количестве, наблюдаются альбит-олигоклаз, кварц, биотит, щелочной амфибол (типа гастингсита), эгирин-авгит и диаллаг. Его химический состав (% , среднее из 11 анализов):

SiO_2 71,50; TiO_2 0,37; Al_2O_3 13,62; Fe_2O_3 2,07; FeO 1,53; MnO 0,08; MgO 0,63; CaO 1,29; NaO 3,39; K_2O 4,38; P_2O_5 0,11; H_2O^+ 0,48; H_2O^- 0,38.

В заключение отметим, что породы типа кварцевых диоритов в пределах Украинского кристаллического массива встречаются эпизодически и не имеют большого значения. Однако чаще всего они ассоциируют с гранитоидами верхнеархейской формации.

Итак, благодаря проведенному обобщению с привлечением метода математической статистики впервые установлены обоснованные средние типы гранитоидов Украинского кристаллического массива, которые могут способствовать дальнейшему углубленному познанию древних магматических формаций.

Институт минеральных ресурсов
Симферополь

Поступило
12 VI 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 Н. Л. Добрецов, В. В. Ревердатто и др., Фации регионального метаморфизма СССР, Новосибирск, 1966. ² Ю. А. Кузнецов, Главные типы магматических формаций, «Наука», 1964. ³ Н. П. Семенов, Структурно-петрографическая карта Украинского кристаллического массива, Киев, 1957. ⁴ Е. И. Пустыльник, Статистические методы анализа и обработки наблюдений, «Наука», 1968. ⁵ Ю. Ю. Юрк, Петрология Уманского и Антоновского плутонов, Киев, 1953. ⁶ А. М. Пап, В. М. Барковская, Петрохимические особенности изверженных и метаморфических пород докембрия БССР, Минск, 1968. ⁷ В. В. Свиридов, ДАН, 176, № 3 (1967). ⁸ В. Соболев, Уч. зап. Львовск. ун-в., 6, сер. геол., в. 5 (1947).

* Над чертой $\bar{x}$, под чертой s .