

ПРОБЛЕМА СВЯЗИ ПЕГМАТИТОВ С ГРАНИТАМИ И ТИПЫ ГРАНИТНО-ПЕГМАТИТОВЫХ СИСТЕМ

Загорский В.Е., Макагон В.М.

Институт геохимии им. А.П.Виноградова СО РАН, Иркутск, e-mail: victzag@igc.irk.ru

Под гранитно-пегматитовыми системами понимаются участки (объемы земной коры), в которых процессы эволюции кислых расплавов сопровождаются образованием пегматитов. Гранитно-пегматитовые системы объединяют ассоциацию пространственно и (пара)генетически связанных гранитов, пегматитов, сингранитных и синпегматитовых метасоматитов. Поскольку пегматиты образуются в очень широком диапазоне геологических и термодинамических условий, особенности их связи с гранитами характеризуются значительным разнообразием. Если для сингенетических внутригранитных флюоритохрусталеносных миароловых (камерных) пегматитов тесная пространственная и генетическая связь с гранитами является характерной геологической особенностью, то в полях редкометалльных и слюдоносных пегматитов их связь с гранитами иногда очень ослаблена и даже проблематична, хотя в генетическом аспекте она всё же подразумевается. Традиционно большинством исследователей считается, что пегматитовые расплавы формируются на основе гранитной магмы в качестве её эманационно-кристаллизационного остатка. Однако возможности этой модели трансформации гранитной магмы в пегматитовую магму оказываются явно недостаточными для удовлетворительного объяснения широкого разнообразия и неоднозначности характера связи пегматитов с гранитами. Решение вопроса о «материнских» (пегматитоносных) гранитах часто основывается на пространственной близости пегматитов к тому или иному массиву гранитов, однако при отсутствии надежных изотопно-возрастных датировок для тех и других оно нередко оказывается ошибочным. Имеющиеся материалы позволяют выделить 4 варианта (сценария) пространственно-временных и генетических взаимоотношений пегматитов с гранитами, т.е. 4 типа гранитно-пегматитовых систем [Zagorsky, 2009].

Тип I. Для многих пегматитовых полей геохронологические данные указывают на значительный временной разрыв между формированием так называемых пегматитоносных гранитов и пространственно ассоциирующих с ними пегматитов. В наибольшей степени это характерно для полей с редкометалльной, в меньшей степени – с редкометалльно-редкоземельной геохимической специализацией. В разных регионах временной разрыв между гранитами и пегматитами колеблется от нескольких десятков до сотен миллионов лет. Крупное Гольцовое поле сподуменовых пегматитов в Урикско-Ийском грабене пространственно ассоциирует с Зимовнинским массивом гранодиоритов саянского комплекса, а Вишняковское поле танталоносных сподумен-петалитовых пегматитов в Елашском грабене – с Елашско-Тенишетским массивом гранодиоритов-низкощелочных гранитов того же комплекса. Для гранитов комплекса U-Pb методом получен возраст 1.86 млрд лет [Левицкий и др., 2002], тогда, как сподуменовые пегматиты Гольцового поля датируются Rb-Sr-методом в 1.69 млрд лет, а сподумен-петалитовые пегматиты Вишняковского месторождения – 1.49 млрд лет [Макагон и др., 2000], т.е. разница в возрасте между «саянскими» гранитами и пегматитами составляет 170 и 370 млн лет соответственно. Еще более значительный временной разрыв (около 1 млрд лет !) установлен для щелочных гранитов и пространственно тесно ассоциирующих с ними амазонитовых пегматитов в Кейвской структуре Кольского полуострова, обладающих близкой редкометалльно-редкоземельной геохимической специализацией, свойственной комплексам щелочных гранитоидов. Возраст щелочных гранитов – 2.67 млрд лет, тогда как возраст амазонитовых пегматитов – 1.67-1.7 млрд лет [Ветрин, Родионов, 2009]. В таких случаях возможно и необходимо выделять *самостоятельный пегматитовый этап* в истории магматизма пегматитоносных структур.

Тип II характеризуется *парагенетической связью пегматитов с гранитами при последовательном их внедрении* из одного или нескольких взаимосвязанных очагов в пределах единой магматической колонны. Примером может служить редкометалльная Завитинская полихронная гранитно-пегматитовая система в Восточном Забайкалье, для разных типов пород которой получены изотопно-возрастные данные U-Pb-методом [Загорский и др., 2011]. В ее пределах по структурно-текстурным особенностям, минеральному и химическому составам выделено три разновозрастных разновидности гранитов, объединяемых обычно в кукульбейский магматический комплекс: 1) порфирировидные амфибол-биотитовые и биотитовые граниты (адамеллиты) (169.0±3.0 млн лет); 2) неравнозернистые двуслюдяные субщелочные граниты-лейкограниты (147.5±3.1 млн лет); 3) равнозернистые, участками мелкопегматоидные мусковитовые (иногда двуслюдяные) гранатсодержащие субщелочные граниты-лейкограниты (140.0±3.0 млн лет).

Таблица 1. Состав гранитоидов в разных типах гранитно-пегматитовых систем

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	68.02	70.06	74.33	61.68	66.47	66.29	66.64	69.32	74.98
TiO ₂	0.72	0.59	0.28	0.80	0.56	0.55	0.63	0.53	0.14
Al ₂ O ₃	14.56	12.54	11.15	14.84	15.06	17.14	15.18	14.58	13.10
Fe ₂ O ₃	4.39	6.03	3.78	7.03	5.83	3.85	5.13	4.72	2.72
MnO	0.06	0.10	0.05	0.09	0.06	0.07	0.07	0.07	0.05
MgO	1.21	0.34	0.05	3.77	1.75	1.10	1.84	1.60	0.43
CaO	2.81	1.97	0.40	4.49	2.98	2.52	3.32	3.03	0.81
Na ₂ O	3.88	3.39	4.15	3.76	3.38	4.40	4.14	4.02	3.53
K ₂ O	3.55	4.44	4.81	2.56	3.46	1.78	1.66	2.61	4.13
P ₂ O ₅	-	-	-	0.24	0.16	0.24	0.16	0.12	0.01
П.п.п.	-	-	-	0.80	0.21	0.87	1.03	0.68	0.36
B	-	-	-	10	25	4	20	10	11
F	-	-	-	1860	815	1500	650	500	400
Li	13.8	34.9	80	120	95	305	38	33	30
Rb	84	126	252	149	152	146	85	105	235
Cs	-	0.5	3.4	20	8	24	5	7.9	21
Be	2.2	6.2	9.5	2.3	1.4	10.7	2.6	2.2	3.0
Sn	4	8.9	9.8	5.8	8.5	75	3.4	2.1	5.3
Sr	300	300	133	310	410	1560	320	335	110
Ba	700	1232	598	510	900	2000	910	565	1200
Pb	13	23	28	24	35	34	14	12.8	19
Zn	100	128	158	99	100	100	63	71	74
Ni	20	-	5.7	75	47	14	15	18.6	2.8
Co	18.5	-	-	24	17	7.8	11	10.8	1.0
Cr	60	2.2	0.3	240	71	18	18	27.4	3.3
V	87.5	10	0.7	100	68	36	42	59.2	1.0
Sc	-	-	-	24	13	8	11	9.8	2.7
La	33	70	87	14.3	21	93	49	38	65
Ce	76	148	169	38	50	208	83	74	117
Nd	46	78	79	28	23	71.1	27	33	55
Yb	7.0	10	12	2.06	1.97	1.19	1.5	1.88	4.1
Y	29	32.4	278	16	14.4	15.5	18	17	37
Ta	8	16.9	8.8	0.5	2.2	0.9	0.9	1.31	1.2
Nb	19	36.9	44.8	10.6	10.6	13.9	7.6	9.1	16
Zr	284	1092	715	210	224	167.5	170	185	275
Hf	-	-	12.8	6.5	7.1	4.7	5.5	5.0	7.7

Продолжение таблицы 1

Компонент	10	11	12	13	14	15	16	17
SiO ₂	67.90	73.50	73.50	74.60	71.64	72.24	5.75	75.22
TiO ₂	0.43	0.11	0.03	0.04	0.36	0.23	0.0	0.08
Al ₂ O ₃	16.00	15.00	15.50	15.20	14.59	14.63	13.38	13.99
Fe ₂ O ₃	3.16	1.36	0.96	1.01	2.54	2.03	1.1	1.10
MnO	0.04	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.17
MgO	1.25	0.17	0.11	0.11	0.65	0.41	0.12	0.13
CaO	2.38	0.64	0.51	0.56	1.78	1.38	0.69	0.61
Na ₂ O	4.10	3.87	4.67	5.31	3.79	3.73	3.93	3.83
K ₂ O	3.52	4.43	4.11	2.25	4.11	4.78	4.40	4.57
P ₂ O ₅	0.16	0.18	0.29	0.11	0.12	0.08	0.03	0.04
П.п.п.	0.80	0.60	0.37	0.57	0.34	0.39	0.25	0.36
B	33	6	22	41	16	21	11	20
F	1100	1300	1000	1600	676	707	435	579
Li	76	222	83	116	40	70	54	94
Rb	170	413	339	248	153	163	263	441
Cs	20	34	33	12	5.1	13	6.5	12
Be	4.7	18	8.0	9.6	2.8	4.1	3.2	6.1
Sn	5.2	34	21	26	2.3	4.8	2.7	11
Sr	700	71	80	33	352	208	90	41
Ba	920	180	177	48	934	711	176	85
Pb	29	26	23	12	35	36	46	38
Zn	47	50	34	36	52	45	28	21
Ni	20	7.4	4.4	4.4	5.8	6.1	7.0	4.3
Co	12	1.0	1.0	1.4	6.5	4.0	2.1	<1
Cr	68	10	5.5	8.4	8.7	6.8	7.0	3.7
V	32	6.2	3.4	2.2	22	14	5.3	5.0
Sc	14	2.3	1.5	3.1	6.3	6.0	5.8	8.4
La	3.9	55	18	2.27	22		17	8.7
Ce	39	116	38	5.80	54		35	1.8
Nd	4.06	42	13	1.95	18		16	1.9
Yb	0.53	0.44	0.92	0.73	0.96		1.97	2.0
Y	4.09	5.11	7.58	6.33	9.7		24	25
Ta	1.4	6.0	8.8	9.7	0.7	1.1	0.8	7.3
Nb	8.1	19	22	39	12	14	11	48
Zr	201	56	34	41	236	157	98	63
Hf	5.	1.7	0.9	1.1	3.8	3.3	3.7	2.3

Примечание. 1-9 – тип I: 1-3 – Кейвы: 1–авгит-лепидомелановые гранодиориты; 2 – порфиридные лепидомелан-феррогастингситовые граниты; 3–арфведсонит-эгириновые и эгирин-арфведсонитовые граниты; 4-6 – Гольцовое поле, Зимовнинский массив: 4 – диориты, 5 – гранодиориты, 6 – малые интрузии гранодиоритов; 7, 8 – Вишняковское поле, Елашско-Тенишетский массив: 7 – гранодиориты, 8 – низкощелочные граниты; 9 – Вишняковское поле, Топорокский массив, рапаквивиподобные граниты; 10-14 – тип II, Завитинское поле: 10 – биотитовые граниты, 11 – двуслюдяные граниты, 12, 13 – пегматоидные « калиевые» (12) и «натриевые» (13) граниты; 14-17 –тип III, Малханское поле: 14, 15 – биотитовые граниты Большереченского (14) и Орешного (15) массивов, 16, 17 – лейкограниты Большереченского (16) и Орешного (17) массивов. Прочерк – нет данных. Источники: 1-3 – [Батиева,1976], 4-9 – [Макагон, оригинальные данные], 10-13 – [Загорский, Кузнецова, 1990], 14-17 – [Загорский, Перетяжко, 1992].

По тем же признакам выделено четыре типа пегматитовых образований: гранит-пегматиты (тип 1); неравнозернистые (до блоковых) калишпатовые либо двуполевошпатовые (тип 2); существенно альбитовые (тип 3); полосчатые сподумен-альбитовые аплит-пегматиты (тип 4). Пегматиты 1 и 2 типов очень тесно ассоциируют с малыми телами мусковитовых гранитов-лейкогранитов и имеют одинаковый (в пределах ошибки определения) с ними возраст (139.6 ± 3.1 млн. лет), тогда как сподуменовые пегматиты 4 типа существенно моложе (129.6 ± 2.7 млн лет) [Загорский и др., 2011].

Типу III свойственна *тесная связь пегматитов с конкретными гранитными массивами* при одинаковом возрасте гранитов и пегматитов. Генетическая связь между гранитами и пегматитами в таких системах, если пользоваться терминологией родственных отношений, реализуется не по схеме «родители–дети», а по схеме «братья–сестры». Пегматиты здесь не являются результатом внутрикамерной дифференциации в объеме гранитного массива. В этих случаях расплавы пегматитоносных, как правило, двуслюдяных и/или мусковитовых гранитов и пегматитов, являясь продуктами эволюции кислой магмы в глубинных магматических очагах, внедряются на более высокие уровни коры совместно. В качестве примера может служить Малханская гранитно-пегматитовая система в Центральном Забайкалье, возраст гранитов и пегматитов которой полностью перекрывается в интервале 123.8-127.6 млн лет [Загорский, Перетяжко, 2010].

IV тип представляет вариант прямой генетической связи с образованием небольших объемов преимущественно шпировых пегматитов в результате внутрикамерной дифференциации гранитной магмы на уровне становления массивов.

Масштабы процессов пегматитообразования снижаются от I к IV типу систем. Для I типа характерны укороченные тренды дифференциации гранитов, а наиболее длинные и сложные тренды, с широким фациально-фазовым разнообразием пород – для систем II типа (табл.). В системах III типа наблюдается постепенное обогащение гранитов гранитофильными редкими элементами по мере приближения к пегматитовым полям.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 10-05-00964-а.

Литература

Батиева И.Д. Петрология щелочных гранитоидов Кольского полуострова. – Л.: Наука, 1976. – 224с.

Ветрин В.Р., Родионов Н.В. Геология и геохронология неархейского анорогенного магматизма Кейвской структуры Кольского полуострова // Петрология. 2009. Т.17. №6. С.578-600.

Загорский В.Е., Бескин С.М., Шокальский С.П. Литиеносные пегматиты Восточного Забайкалья // Литий России: минерально-сырьевые ресурсы, инновационные технологии, экологическая безопасность. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. С. 51-55.

Загорский В.Е., Кузнецова Л.Г. Геохимия сподуменовых пегматитов и щелочно-редкометалльных метасоматитов. – Новосибирск: Наука, 1990. – 140с.

Загорский В. Е., Перетяжко И.С. Первые результаты $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования Малханской гранитно-пегматитовой системы: геодинамические следствия // Доклады Академии наук. 2010. Т. 430. № 5. С. 658-661.

Загорский В.Е., Перетяжко И.С. Пегматиты с самоцветами Центрального Забайкалья. – Новосибирск: Наука, 1992. – 224с.

Левицкий В.И., Мельников А.И., Резницкий Л.З. и др. Посткинематические раннепротерозойские гранитоиды юго-западной части Сибирской платформы // Геология и геофизика. 2002. т. 43. № 8. С. 717-731.

Макагон В.М., Лепин В.М., Брандт С.Б. Рубидий-стронциевое датирование редкометалльных пегматитов Вишняковского месторождения // Геология и геофизика. 2000. № 12. С. 1783-1789.

Zagorsky V.Ye. On emplacement of compositionally heterogeneous pegmatite melts: petrogenetic implications // Estudios Geológicos. 2009. V. 19(2). P. 365-369.