

УДК 552.321.5

S-ТИП ГРАНИТОИДОВ: НОМЕНКЛАТУРА, ПЕТРОЛОГИЯ И РУДОНОСНОСТЬ НА ОСНОВЕ СОСТАВОВ БИОТИТОВ**Гусев А.И.***Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукишина, Бийск,
e-mail: anzerg@mail.ru*

Приведены данные о составе орогенных S-типа гранитов. По составам биотита и геологическим условиям в петрогенетическом S-типе выделены 2 подтипа: S1 – ультраметаморфические автохтонные и параавтохтонные биотитовые, двуслюдяные граниты и S2 – аллохтонные палингенные лейкократовые «стресс»-граниты. В этом подтипе выделены 2 группы гранитов: S2 S – собственно «стресс» – граниты и S2 D – «дуплекс» – граниты. S2S – «стресс»-граниты – это синдвиговые («strike slip») граниты, преимущественно дайковой и жильной фации, локализующиеся в плоскостях вязких разломов и срывов, а также оперяющие жилы и дайки, контролируемые оперяющими разломами. «Дуплекс»-граниты S2D формируют пластообразные залежи, локализованные вместе с супракрустальной инфраструктурой. Обе группы гранитов относятся к рудогенерирующим и могут нести различные типы оруденения вольфрама, молибдена, тантала, ниобия, бериллия.

Ключевые слова: орогенные граниты, состав биотита, аллохтонные, параавтохтонные, автохтонные граниты, «стресс»-граниты, «дуплекс»-граниты, оруденение, W, Ta, Nb, Mo, Be.

S-TYPE GRANITOIDS: NOMENCLATURE, PETROLOGY AND ORE MINERALIZATION ON COMPOSITION OF BIOTITES**Gusev A.I.***The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail.ru*

Data on composition of orogenic S-type granites lead. Two subtypes: S1 – ultrametamorphic autochthonous and paraautochthonous biotite, two mica granites and S2 – allochthonous palingenic leucocratic “stress”-granite detached in petrogenetic S-type on composition of biotites and geologic conditions. Two groups: S2 S – own “stress”-granites and S2 D – “duplex”-granites detached in it subtype. S2 S – own “stress”-granites are strike slip granites, predominantly dike and lode facies, localizing in level viscous fractures and failures and auxiliary lodes and dikes, controlling auxiliary faults. “Duplex”-granites S2D form sheet, localizing together with supracrustal infrastructure. Two groups granites treat to ore-generated granitoids and can be bear different types of ore mineralization of tungsten, molybdenous, tantal, niobium.

Keywords: orogenic granites, composition of biotites, allochthonous, paraautochthonous, autochthonous granites, “stress”-granites, “duplex”-granites, ore mineralization, W, Ta, Nb, Mo, Be.

Введение

S-тип гранитов был впервые выделен Б. Чаппелом и А. Уайтом [8]. Они рассматривали их как результат частичного плавления метасадочных пород. Характерной особенностью этого типа гранитов является наличие реститов протолита, за счёт которых происходило плавление. Нередко массивы таких гранитов сопровождаются мигматитами. Это гиперглинозёмистые граниты с нормативными и модалными высокоглинозёмистыми минералами: кордиеритом, андалузитом, силлиманитом, гранатом. S-тип гранитов, как считают многие петрологии, характерен для коллизионных геодинамических обстановок [1, 2, 7]. Детальное изучение S-типа гранитоидов последних лет показало, что номенклатура их должна быть расширена, так как они образуют различные группы, сформировавшиеся в различных условиях [3].

Результаты исследования

Состав биотита является своеобразным «геном», отражающим условия генерации

гранитоидов и поэтому совместно с геологическими и термодинамическими условиями генерации S-типа гранитоидов может использоваться для выделения различных групп по составу биотита и условиям генерации расплавов. Среди гранитидов этого типа выделяются две подгруппы: 1 – ультраметаморфические автохтонные и параавтохтонные биотитовые, двуслюдяные и 2 – аллохтонные палингенные лейкократовые «стресс-граниты» и граниты в первичном понимании Б. Чаппелла и А. Уайта [8].

Ультраметаморфические пара- и автохтонные граниты S₁ – подтипа повсеместно встречаются среди супракрустальных и сопровождаются полями мигматитов. Это конформные тела с метаморфическими породами вмещающей их инфраструктуры. Размеры массивов от 1,5 до нескольких сотен км², а также жилы и дайкообразные тела. Распространены они в древних кристаллических массивах платформ, гранито-гнейсовых куполах среди структурно-вещественных комплексов коллизионных геодинамических об-

становок, комплексов метаморфических ядер Алтае-Шотландского типа (по Г.А. Владимирову). Повсеместно обнаруживается приуроченность этих гранитоидов к зонам глубинных разломов мантийного заложения. Неотъемлемой частью таких разломов являются обширные поля фельдшпатизации, гнейсификации и милонитизации кристаллических пород. Фельдшпатизация и щелочной метасоматоз, являющиеся результатом дегазации мантии, дренируемой по глубинным разломам, являются начальным этапом гранитизации и приближают состав протолита к появлению так называемого минимального расплава, и превращению его в лейкоому мигматитов и в гнейсогранит.

Палингенные аллохтонные граниты S_2 – подтипа («стресс-граниты») встречаются лишь среди структурно-вещественных комплексов позднеколлизийных геодинамических обстановок, нередко в ассоциации с ультраметаморфическими пара- и автохтонными гранитами. Их формирование связано с крупными региональными сдвигами. По времени формирования они образуются позднее S_1 – подтипа гранитов, нередко имеют интрузивные контакты с ними и дают поля ороговикования во вмещающих породах экзоконтакта. Эти граниты дают дис-

кордантные тела изометричной и округлой формы, в виде пластовых залежей, дайкообразных тел.

Химические составы пород обсуждаемых S_1 – и S_2 – подтипов гранитов близки. Для их различия предпринята попытка разграничения по составам биотитов. Известно, что более достоверные результаты для классификационных целей и генетических представлений даёт изучение составов минералов, так как последние отражают геохимические особенности среды минералообразования [6], являясь своего рода «генотипом» породы.

На основе опубликованных составов биотитов их S – гранитов и авторских данных (596 анализов) по многочисленным регионам проведена оценка средних содержаний элементов в биотитах вышеуказанных подтипов S – гранитов (табл. 1). В выборки вошли составы биотитов S – гранитов Алтае-Саянской складчатой области, Прибайкалья, Забайкалья, Калба-Нарымской зоны Казахстана, Кольского полуострова, Большого Кавказа, Алдана, Воронежского кристаллического массива, Дальнего Востока, Средней Азии, Англии, Австралии, Западной Европы, Высоких Гималаев, Южного Китая, Вьетнама и других регионов.

Т а б л и ц а 1

Составы биотитов подтипов S - гранитов

Компоненты	S_1 – подтип, автохтонные и параавтохтонные граниты, n=311		S_2 – подтип, палингенные «стресс»-граниты, n=285	
	X	S	X	S
SiO ₂	35,08	0,55	35,42	1,44
TiO ₂	2,6	0,42	3,07	0,508
Al ₂ O ₃	17,97	1,94	17,31	1,82
Fe ₂ O ₃	3,37	0,67	4,15	2,904
FeO	20,05	1,35	17,27	2,87
MnO	0,38	0,14	0,602	0,43
MgO	5,69	1,69	8,53	2,29
CaO	0,082	0,06	0,649	0,366
Na ₂ O	0,15	0,047	0,241	0,094
K ₂ O	9,22	0,715	7,66	0,701
P ₂ O ₅	0,158	0,065	0,157	0,118
F	1,137	0,107	0,543	0,247
H ₂ O ⁺	2,71	0,25	3,56	1,096
Cl	0,0926	0,057	0,148	0,1
Li ₂ O	0,036	0,017	0,073	0,036
Rb ₂ O	0,041	0,019	0,088	0,0405

Примечание. X – средние содержания компонентов (масс. %); S – стандартные отклонения; n – объём выборки.

Как видно из таблицы 1, S_1 – подтип автохтонных и паравтохтонных гранитов характеризуется более высокими концентрациями Al_2O_3 , FeO , K_2O , F , а S_2 – подтип «стресс» гранитов имеет повышенные содержания TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , H_2O^+ , Cl , Li_2O , Rb_2O .

S_1 – подтип гранитов по термодинамическим условиям образования даёт широкие вариации. Наиболее высокотемпературные S_1 – подтипы (калгутинский комплекс Калба-Нарымской зоны Казахстана) образуются в породах гранулитовой фации метаморфизма при $P > 13,75$ кбар (по появлению в них альмандин-пиропового граната) и температурах 1000–1100 °C. При этом генерируются сухие гранитные расплавы в очень высоких восстановительных условиях. В таких гранитах образуется F – биотит с низкими содержаниями воды (0.1–0.3 мас. %) и аномально низкой кислотностью (условный потенциал ионизации составляет 171–173). Что, видимо, объясняется изначально высокой меланократовостью протолита и кислым его составом, претерпевшего гранулитовый метаморфизм.

На противоположном конце температурного спектра формировались высокощелочные граниты S_1 – подтипа среди пород эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций метаморфизма (южно-чуйский комплекс Горного Алтая; томский комплекс Томско-Колыванской зоны; уллукамский комплекс Большого Кавказа и др.).

Температуры кристаллизации таких гранитов варьируют от 520 до 720 °C и давлениях 1.5–3.0 кбар при высокой восстановленности флюидов и значительной активности воды и щелочей. В условиях наибольшего стресса флюиды (H_2O , HCl) могут удаляться из участков гранитизации, а щёлочи могут играть роль плавней. Известно, что щёлочи снижают температуры плавления алюмосиликатных пород на сотни градусов. С гранитоидами S_1 – подтипа формирование оруденения не отмечено.

S_2 – подтип «стресс» – гранитов аллохтонных формировался в более окислительных условиях, чем S_1 – подтип. Температуры кристаллизации этих гранитов имеют широкий диапазон – от 660 до 850 °C при давлениях 1.3–2.2 кбар. В многофазных плутонах степень окисленности и кислотность расплавов увеличивались в заключительных фазах. Аксессуарный гранат в S_2 – подтипе гранитов варьирует по составу в аль-

мандин-спессартиновом изоморфном ряду. Рудогенерирующие гранитоиды S_2 – подтипа характеризуются более высокими парциальными давлениями и фугитивностями H_2O , CO_2 , HF во флюдах.

По первичным анализам построена дискриминационная диаграмма в координатах $\log(X_F/X_{OH}) - \log(X_{Mg}/X_{Fe})$ в биотитах, позволяющая чётко разграничивать два подтипа гранитоидов, а в составе S_2 подтипа выделить две группы: $S_2 S$ – собственно «стресс» – граниты и $S_2 D$ – «дуплекс» – граниты (рис. 1).

Поля гранитоидов: S_1 – двуслюдяных, биотитовых, редко – лейкогранитов автохтонных и параавтохтонных коллизионных обстановок, покровных зон, комплексов метаморфических ядер; S_2 – аллохтонных лейкогранитов сдвиговых зон позднеколлизионных обстановок: $S_2 S$ – собственно «стресс»-гранитов, $S_2 D$ – «дуплекс»-гранитов. Гранитоиды различных регионов: Горный Алтай: 1 – лейкосома мигматитов южно-чуйского комплекса; 2 – биотитовые граниты Кубадринского массива; Салаир: 3 – лейкосома мигматитов ангурепского метаморфического комплекса; Колывань-Томский выступ: 4 – лейкосома мигматитов томского комплекса; 5 – биотитовые граниты томского компоекса; Восточная Калба (Казахстан): 6 – лейкосома мигматитов извесково-глинозёмистого комплекса, 7 – гранат-биотитовый гранодиорит Калгутинского массива, 8 – двупироксеновые амфибол-биотитовые граниты Курчумского массива; Памир: 9 – двуслюдяные граниты Памирско-Шунгайского плутона; Забайкалье: 10 – биотиовые граниты борщёвочного комплекса, 11 – биотитовые граниты урулюнгаевского комплекса; Олёкминский Становик: 12 – биотитовые адамеллиты олёкминского комплекса, 13 – биотитовые граниты олёкминского комплекса, 14 – двуслюдяные граниты олёкминского комплекса; Алданский щит: 15 – лейкосома мигматитов; Большой Кавказ: 16 – лейкосома мигматитов (р. Тызыл), 17 – биотитовые граниты Тызыльского массива, 18 – лейкосома плагмомигматитов (Куртык), 19 – биотитовый лейкогранит Куртыкского массива, 20 – биотитовый гранит Уллукамского массива, 21 – двуслюдяные граниты Кти-Тебердинского массива (1 фаза), 22 – биотитовые лейкограниты Кти-Тебердинского массива (2 фаза); Высокие Гималаи: 23 – битоитовые граниты Манаслу; Англия: 24 – двуслюдяные граниты Корнубианского батолита; Франция:

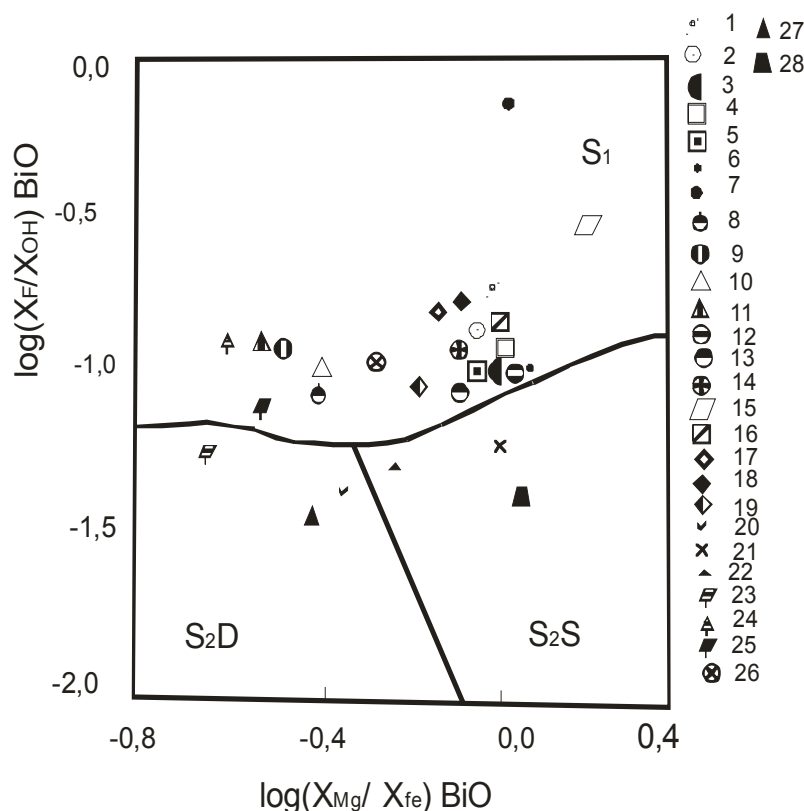


Рис. 1. Дискриминационная диаграмма $\log(X_F/X_{OH}) - \log(X_{Mg}/X_{Fe})$ в биотитах по [3] для гранитоидов коллизионных обстановок и комплексов метаморфических ядер

25 – двуслюдяные лейкограниты плутона Лимузен (Центральный Французский массив); Австралия: 26 – биотитовые граниты плутона Кума (Новый Южный Уэльс); Прибайкалье: 27 – лейкограниты пластообразных залежей шаранурского комплекса, 28 – лейкограниты даек шаранурского комплекса.

S_2S – «стресс»-граниты – это синсдвиговые («strike slip») граниты, преимущественно дайковой и жильной фации, локализующиеся в плоскостях вязких разломов и срывов, а также оперяющие жилы и дайки, контролируемые оперяющими разломами, ориентированными под углами 20–45 ° к плоскостям сдвигов.

«Дуплекс»-граниты S_2D формируют пластообразные залежи, локализованные вместе с супракрустальной инфраструктурой, нередко меланжированной в виде структур «пальмового дерева». Вмещающая Инфраструктура может быть представлена кристаллическими сланцами и гнейсами с пластами мраморов (Прибайкалье), или амфиболитов (Большой Кавказ). Образование этих структур обусловлено обстановкой транспрессии, возникающей при реализации сдвиговой деформации.

С анализируемыми гранитоидами (S_2D и S_2S) связаны различные типы оруденения. С «дуплекс»-гранитами связано молибденовое оруденение жильного типа (Уллукамское месторождение на Большом Кавказе, многочисленные месторождения Южного Китая, связанные с янь-шаньскими гранитоидами). Биотиты этих гранитов имеют более железистый состав.

Двуслюдяные лейкограниты уллукамского (р. Кыртык) и фаснальского (Ход, Фаснал) комплексов на Большом Кавказе локализовались в поле S_2 - типа (стресс-граниты) на диаграмме. В качестве акцессориев в них присутствуют ильменит и гранат и рассматриваются как восстановленные граниты. Эти гранитоиды размещены вблизи крупных разломов сдвиговой кинематики (Пшекиш-Тырныузской шовной зоны, Фаснальского разлома).

С гранитами «стресс» типа (S_2S) связано оруденение вольфрама, тантала, ниобия, бериллия. Биотиты этих гранитов имеют относительное обогащение магнием. С гранитоидами S_2S – типа связано крупное стратиформное шеелитовое месторождение Кти-Тебердинское на Большом Кавказе. Месторождение

рождение локализовано в экзоконтакте Кти-Тебердинского массива, развиваясь в метаморфических породах макерской серии. Основное прожилково-вкрапленное оруденение сосредоточено в полого падающих амфиболитах верхней толщи дуппхской свиты (PR). Мощности пластов варьируют от 2 до 32 м (в среднем 8-10 м) и протяжённости в впервые сотни метров. Основные запасы промышленного оруденения приурочены к участкам штокверкового прожилково-вкрапленного оруденения в гидротермально изменённых амфиболитах (в основном биотитизированных). В рудных телах выделяются 6 стадий позднепалеозойского возраста: биотит-актинолитовая, берилл-турмалиновая, грейзеновая, полевошпат-кварцевая, вольфрамит-шеелит-арсенопиритовая, пренит-шеелитовая, сульфидная. В киммерийский этап формировалась сульфидно-кальцитовая стадия. Рудные минералы представлены шеелитом, титанитом, апатитом, бериллом, касситеритом, вольфрамитом, анатазом, цирконом, ортитом, арсенопиритом, лёллингитом, пиритом, пирротинитом, халькопиритом, сфалеритом, пенталандитом, бравоитом, галенитом, самородным золотом, висмутином, самородным висмутом, блеклыми рудами, сульфосолями висмута и свинца, сульфосолями висмута и теллура. Жильные минералы в рудах: антигорит, актинолит, биотит, тальк, кварц нескольких генераций, альбит-олигоклаз, микроклин, турмалин, мусковит, хлорит, пренит, кальцит, эпидот, флюорит, анкерит. Основной рудный минерал – шеелит кристаллизовался во многих стадиях и даёт 3 основных генерации. Содержания триоксида вольфрама в рудах варьируют от 0,012 до 7,066 % (средние содержания 0,61-0,75 %). Запасы WO_3 на месторождении превышают 155 тыс. тонн.

Интерпретация результатов

Приведенные данные показывают, что по составу биотитов и геологическим данным S –тип гранитов в настоящее время подразделяется на 2 подтипа: S_1 – подтип,

автохтонные и параавтохтонные граниты и 2 – S_2 – подтип, палингенные «стресс»-граниты. Генерация гранитоидов S_1 и S_2 подгрупп отличаются по геологическим условиям залегания, составам биотитов и их флюидному режиму [2-5]. В составе последнего подтипа (S_2) выделяются 2 группы: $S_2 S$ – собственно «стресс» – граниты и $S_2 D$ – «дуплекс» – граниты. Обе группы гранитов относятся к рудогенерирующим и могут нести различные типы оруденения вольфрама, молибдена, тантала, ниобия, бериллия [2].

Заключение

S-тип гранитоидов по составу биотитов и геологическим условиям генерации подразделён на несколько подтипов и групп. Выделены 2 группы позднеколлизийных гранитоидов, различающиеся по условиям генерации и связанными с ними типами оруденения. Результаты исследования найдут применение для разделения громадных выходов S – типов гранитоидов в некоторых регионах, в которых подобные гранитоиды занимают площади тысячи км² (Большой Кавказ, Южный Китай и другие).

Список литературы

1. Гусев А.И. Типы гранитоидов Большого Кавказа и геодинамические обстановки их формирования // Бюллетень Московского Общества Испытателей Природы, отдел геол. – 1991. – Т.66. – Вып.2. – С.139.
2. Гусев А.И., Кузубов П.П. Петрогенетические типы и флюидный режим палеозойских гранитоидов Большого Кавказа // Отечественная геология. – 2001. – № 2. – С.42-48.
3. Гусев А.И. Петрология S-типов гранитов: материалы научной конференции «Проблемы геологии и геохимии юга Сибири». – Томск, 2000. – С.125-128.
4. Гусев А.И. Типизация гранитоидов на основе составов биотитов // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 4. – С.54-57.
5. Гусев А.И. Классификация гранитоидов на основе составов биотитов // Успехи современного естествознания. – 2010. – № 4. – С.57-59.
6. Ляхович В.В. Состав минералов – индикатор происхождения пород // Минералогический журнал. – 1997. – Т. 9. – №1. – С. 16-24.
7. Barbarin B. A Review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments // Lithos. – 1999. – V. 46. – PP. 605-626.
8. Chappell B.W., White A.I.R. Two contrasting granite types // Pacific Geology. – 1974. – № 8. – P.173-174.