

ВАЛЕРИЙ ДМИТРИЕВИЧ КОЗЛОВ*

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И КОРРЕЛЯЦИЯ РУДОНОСНЫХ И БЕЗРУДНЫХ ГРАНИТОИДНЫХ ФОРМАЦИЙ

(Табл. 3)

Резюме: Выделение конкретных гранитоидных формаций — комплексов является в советской геологической практике основным методом картирования гранитоидных пород. Основанная на петрологических данных характеристика рудоносности гранитоидных формаций носит общий характер и не удовлетворяет задачам детальных геологических съемок. Конcretизация понятия рудоносности гранитоидных комплексов возможна на основе их детального геохимического изучения и только в отношении редкометального (Sn, W, Mo, Li, Be, Ta, Nb, Zr и др.) оруденения, связь которого с рудоносными гранитными интрузиями является генетической.

Установлено, что гранитам рудоносных интрузий свойственны повышенные в разной степени содержания индикаторных летучих и редких гранитофильных элементов, уровень накопления которых в общем случае коррелируется с интенсивностью сопровождающего оруденения. Рудоносным комплексам свойственна геохимическая неоднородность позволяющая подразделять комплексы на группы безрудных и рудоносных массивов, выделять среди последних наиболее рудоносные и тем самым решающим образом конкретизировать понятие рудоносности комплекса (гранитоидной формации).

Abstract: Distinguishing of concrete granitoid formations — complexes represents a basic method of granitoid rocks mapping in Soviet geological practice. Presence of ore in granitoid formations based on petrologic data bears a common character and it does not fulfil the tasks of detailed geological mapping. Concretization of ore-bearing character of the granitoid complexes is possible on the basis of their detailed geochemical study and, namely, in relation to rare metals (Sn, W, Mo, Li, Be, Ta, Nb, Zr, etc.) mineralization which has a genetic relation to ore-bearing granite intrusions.

It is stated that granites of ore-bearing intrusions are typical by increased contents of indicator volatiles and rare granitophilous elements whose degree of accumulation is correlated in a common case with intensity of accompanying mineralization. Ore-bearing complexes are typical by geochemical unhomogeneity enabling to divide the complexes into the groups of non-ore and ore-bearing massifs, to distinguish the most ore-bearing ones among the latter and, thus, to concretize substantially ore-bearing character of the complex (granitoid formation).

Постоянное внимание, уделяемое в геологической литературе формационному анализу, определяется тем, что он остается основным методом геологического картирования магматических, в том числе гранитоидных

* Д-р В. Д. Козлов, Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО АН СССР, Фаворского 1а, 664033 Иркутск — 33.

Эта статья была прочитана в качестве доклада на международной конференции «Структурная эволюция Карпато-Балканской орогенной зоны», которая проходила в Братиславе с 12ого по 15ого октября 1987 г.

пород. В последние годы в формационном анализе гранитоидов все большее значение придается петрохимическим данным, на основе которых проводится выделение обобщенных формационных типов гранитоидов.

Необходимым содержанием формационного анализа является характеристика потенциальной рудоносности гранитоидных формаций в отношении разнотипного эндогенного оруденения. В настоящее время на основе подробного анализа петрографического и петрохимического состава гранитоидных формаций и степени их петрологической дифференцированности разработаны достаточно надежные критерии, позволяющие прогнозировать типы эндогенного оруденения, ассоциирующие с соответствующими гранитоидными формациями. Вместе с тем, благодаря разнообразию оруденения, рудоносным по общим критериям оказывается практически каждый формационный тип гранитоидов или по крайней мере, подавляющее большинство типов.

Если исходить из объективных данных, следует признать, что подобный подход к определению рудоносности не соответствует реальной геологической ситуации, свидетельствующей что на практике оруденением сопровождаются лишь отдельные и очень немногочисленные гранитоидные массивы (интрузии), а подавляющее их большинство, представляющее ту или иную рудоносную формацию, являются тем не менее совершенно безрудными. По мнению автора, в настоящее время слишком общий подход к определению рудоносности объективно девальвирует это важное для прогнозирования оруденения понятие.

С одной стороны, несомненным достижением формационного анализа является возможность определения характера эндогенного оруденения, развитие которого в разной степени вероятно в связи с той или иной гранитоидной формацией. С другой стороны, невозможность прогнозирования методами формационного анализа районов непосредственного развития оруденения и степени его продуктивности объективно вызывают недоверие к прогнозным возможностям формационного анализа.

Многолетними работами Института геохимии им. А. П. Виноградова СО АН СССР в области гранитоидного магматизма показано, что конкретизация представлений о степени рудоносности гранитоидных интрузий возможна только на основе детального применения для этих целей геохимических данных. Поэтому, дальнейшее развитие формационного анализа без привлечения геохимических методов бесперспективно.

Вопросы конкретизации понятия рудоносности гранитоидов и методов ее количественной оценки самым непосредственным образом связаны с проблемой источника рудного вещества, которая однозначно может быть решена только геохимическими методами. Из прямого смыслового значения понятия «рудоносной гранит» следует, что источником рудного вещества должна быть сама гранитная интрузия, а связь оруденения с такой интрузией является генетической. Геохимическое сопоставление заведомо рудоносных и безрудных по геологическим данным гранитных интрузий показывает, что о рудоносности интрузий и генетической связи с ними можно уверенно говорить только в отношении т. наз. редкометального оруденения, элементный состав которого представлен оловом, вольфрамом и молибденом, а также группой собственно-редких металлов: Li, Rb, Be, Ta, Nb, Zr, TR. Гранитные интрузии, рудоносные в отношении

редкометального оруденения, характеризуются неизменно повышенными концентрациями большинства этих элементов, а также летучих-минерализаторов фтора и (или) бора, которые все вместе образуют группу т. наз. гранитофильных элементов. Поскольку рудоносные и безрудные гранитоидные интрузии отчетливо различаются уровнями содержаний гранитофильных элементов, концентрации последних являются индикаторными при оценке рудоносности интрузий на редкометальное оруденение. Изучение рудоносных интрузий показало, что уровень накопления в них гранитофильных элементов непостоянен и составляет от 1,5 до 4-х кларков и более. Точно также, уровень концентраций гранитофильных элементов непостоянен и в безрудных гранитах. Это открывает возможность количественного сравнения отдельных интрузий по уровням концентраций в гранитах гранитофильных элементов в единой сопоставимой шкале — единицах кларков. При этом, может быть рассчитана в единицах кларков суммарная степень избыточности или недостаточности по отношению к кларковому уровню концентраций постоянной в группы гранитофильных элементов в данной разновидности гранита. Эта величина получила название индекса концентрации (ИНК)*.

В табл. 1 приведена в качестве примера средняя геохимическая характеристика гранитов главной интрузивной фазы (наиболее распространенных) некоторых безрудных и рудоносных комплексов (конкретных формаций) Забайкалья. Таблица иллюстрирует постоянную обогащенность гранитофильными элементами гранитов рудоносных комплексов Забайкалья, (кукульбейский, харалгинский), объективно подтверждающую генетический характер связи с интрузиями названных комплексов редкометального оруденения. Индекс концентрации в гранитах рудоносных комплексов составляет 10—12 кларков. Из таблицы также видно, что и гранитоиды безрудных комплексов заметно различаются уровнями концентрации гранитофильных элементов, что подтверждает положение о важном значении геохимических данных при решении вопросов формационного расчленения гранитоидов.

Вместе с тем, в показанном в табл. 1 виде, геохимические данные лишь подтвердили правильность геологического выделения гранитоидных комплексов (формаций) региона, и могут по этому показаться даже излишними. Значение геохимического изучения гранитоидов в формационном анализе в полной мере вскрывается при индивидуальном изучении отдельных интрузий и при сопоставлении комплексов, представляющих один формационный тип.

В классическом формационном анализе выделение рудоносной гранитоидной формации (комплекса) означает общее прогнозирование оруденения в связи с любым массивом, представляющим этот комплекс. Однако, результаты систематического геохимического изучения отдельных

* $ИНК = КК_1 + КК_2 + КК_3 + \dots + КК_n - n$, где $КК_1, КК_2, \dots, КК_n$ коэффициенты концентрации по отношению к кларковому уровню отдельных гранитофильных элементов, а n — число выбранных гранитофильных элементов, участвующих в расчете ИНК. ИНК кларкового гранита равен нулю, отрицательное значение ИНК показывает степень суммарной недостаточности концентраций редких элементов в единицах кларков до кларкового уровня.

Таблица 1

Геохимическая характеристика гранитоидов распространенных интрузивных комплексов Забайкалья в единицах кларков (по Козлов, 1985)

Комплекс	Порода	Содержания гранитофильных элементов в кларках концентрации										ИНК
		F	B	Li	Rb	Be	Sn	W	Mo	Pb		
Баргузинский батолитовый PR — PZ ₁	граниты и лейкограниты Гф	0,4	0,5	0,4	1,0	0,4	0,7	0,7	2,1	1,3	—	1,5
Удинский батолитовый PZ ₃	гранодиориты Гф	0,8	1,4	1,0	0,7	0,6	1,4	0,5	1,3	0,7	—	0,6
Кыринский батолитовый T — J ₂	гранодиориты и граниты Гф граниты и лейкограниты ФДЦ	0,6	1,0	1,4	0,8	0,8	1,7	0,7	1,4	1,1	+	0,5
Шахтминский, амуджикано-сретенский, сохондинский, T — J ₃ , зоны разломов	монцодиориты, гранодиориты, граносиениты, граниты Гф	0,4	1,0	1,0	1,1	1,1	1,7	0,9	2,0	1,4	+	1,6
Кукульбейский комплекс, J ₂₋₃ , зоны разломов	адамеллиты и лейкограниты Гф	0,8	1,8	1,2	0,8	1,0	1,7	1,3	2,5	1,3	+	3,4
Харалтинский комплекс, J ₂₋₃ , зоны разломов	адамеллиты и лейкограниты Гф	1,9	2,1	2,5	1,7	2,2	3,1	1,9	1,6	1,6	+	9,6
Харалтинский комплекс, J ₂₋₃ , зоны разломов	лейкограниты Гф	3,5	1,1	1,8	2,1	2,1	3,2	2,5	3,4	1,5	+	12,2

гранитных интрузий (массивов) ряда рудоносных комплексов показали, что несмотря на принадлежность к единому комплексу реально рудоносными, особенно если иметь в виду промышленную минерализацию, является лишь часть, обычно небольшая, интрузий рудоносного комплекса. В рудоносных комплексах наблюдается резко выраженная геохимическая неоднородность слагающих гранитов, несмотря на идентичность их петрохимического состава. Эта геохимическая неоднородность проявляется как в гранитах главных фаз отдельных массивов, так и в дифференциатах отдельных интрузий, представленных гранитами главной фазы (ГФ), лейкогранитами фазы дополнительных интрузий (ФДИ) и заключительной фазы (ЗФ). Практически, каждый рудоносный комплекс геохимически неоднороден и может быть представлен иерархическим рядом разновидностей гранитов с нарастающей редкометальностью, что однозначно фиксируется в возрастании значений ИНК с 3—6 кларков до 50 и выше. При этом статистически доказано, что промышленное оруденение развивается с ультраредкометальными гранитными телами, индекс концентрации в которых составляет около 20 кларков и более для выбранной группы из девяти гранитофильных, наиболее индикаторных элементов (F, B, Li, Rb, Be, Sn, W, Mo, Pb). Как правило, тела ультраалексометальных лейкогранитов представляют собой поздние дифференциаты отдельных редкометальных интрузий — купольную фацию гранитов ГФ, лейкограниты ФДИ или, чаще, лейкограниты ЗФ. В гораздо более редких случаях ультраредкометальными являются граниты главной фазы отдельных интрузий или интрузивных систем, и тогда реальная продуктивность их в отношении редкометального оруденения резко повышена.

В настоящее время геохимическую неоднородность рудоносных комплексов можно считать доказанной. Например в Западном Забайкалье изучение В. К. Хрусталевым массивов рудоносного позднепалеозойского зазинского комплекса показало (1), что комплекс фактически распадается на две группы массивов — безрудных и рудоносных. В таблице 2 приведены средние данные по двум группам, показывающие, что безрудные массивы представлены нередкометальными гранитами, практически с кларковой геохимической характеристикой, а массивы, сопровождающиеся вольфрамовым и оловянным оруденением сложены редкометальными разновидностями гранитов, для которых в среднем индекс концентрации составляет $\pm 11,7$ кларков, при заметном непостоянстве уровня редкометальности в отдельных массивах. Недавно полученные геохимические данные по соготинскому позднепалеозойскому интрузивно-субвулканическому комплексу Западного Забайкалья (2) показали его резкую геохимическую неоднородность и подтвердили бесперспективность в отношении промышленного (вольфрам-молибденового) оруденения одних массивов (Хохюртовский, Соготинский, ИНК = 1,7—2 кларка) и высокую рудоносность других (Жарчихинский, Таширский массивы, ИНК > 20 кларков).

Анализ с изложенных позиций геохимически охарактеризованных рудоносных гранитных интрузивных систем разных регионов мира, в том числе, оловоносных гемеридных гранитов Западных Карпат Словакии (табл. 3) полностью подтверждает положение о геохимической неоднородности и индивидуальности разных рудоносных комплексов и тесной

Таблица 2

Геохимическая характеристика лейкогранитов отдельных массивов и их групп позднепалеозойских рудоносных комплексов Западного Забайкалья в единицах кларков (по Козлов, 1985; Козлов и др. 1985)

Комплекс, массивы	Рудоносность	Содержания гранитофильных элементов в кларках концентрации										ИНК
		F	B	Li	Rb	Be	Sn	W	Mo	Pb		
Зазинский PZ ₃	безрудные массивы	0,4	0,9	0,8	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	+ 0,1	
	рудоносные массивы	1,0	2,6	3,2	1,2	2,1	3,0	3,2	3,0	1,4	+ 11,7	
Соготинский комплекс PZ ₃ массивы : Хохюртовский	ограниченно-рудоносный	0,8	1,3	0,2	1,1	1,2	2,1	0,6	1,6	1,8	+ 1,7	
	ограниченно-рудоносный	1,1	0,4	0,1	1,6	1,6	2,7	0,5	1,1	1,9	+ 2,0	
Таширский	рудоносный	6,6	1,5	1,5	2,5	3,4	7,5	2,7	3,2	3,6	+ 23,5	
	рудоносный	2,7	2,3	0,5	3,2	8,2	7,2	2,4	1,5	3,8	+ 36,3	

Таблица 3

Геохимическая характеристика гранитов рудоносных комплексов разных регионов мира в единицах кларков (по Козлов, 1985)

Регион	Комплекс отдельные интрузии	Разновидности гранитов	Содержания гранитофильных элементов в кларках концентрации										ИНК
			F	B	Li	Rb	Be	Sn	W	Pb			
Восточное Забайкалье	Кукульбейский Шерловогорский купол	биотитовые Гф (в среднем)	1,9	2,1	2,5	1,7	2,2	3,1	1,8	1,5		+ 8,8	
		двуслюдяные купольной фации Гф	6,9	3,3	3,0	2,9	2,7	8,3	8,7	2,0		+ 29,8	
		кварцевые порфиры Зф (онгониты)	7,5	7,3	5,0	3,5	4,0	16,7	4,8	2,6		+ 43,4	
Западные Карпаты	Гемеридные граниты Гнилецкий купол	адамеллиты Гф (в среднем)	1,2	2,3	1,2	1,5	1,0	6,7	2,2	1,0		+ 9,1	
		двуслюдяные Гф	1,4	16,0	1,8	1,9	2,0	7,3	2,6	1,0		+ 26	
		мусковитовые Гф	3,6	22,0	7,8	3,8	1,7	13,3	5,3	1,0		+ 50	
Северный Вьетнам	Пна-Оак	двуслюдяные Гф	3,5	5,6	14,2	4,4	8,3	17,0	24,7	1,8	+ 71,5		
Рудные Горы	Горские Рудогорские	биотитовые Гф	1,3	1,8	2,7	1,3	1,7	3,0	3,2	1,7	+ 8,7		
		двуслюдяные Гф	7,0	2,1	10,2	5,3	5,3	7,7	7,5	1,0	+ 36,1		
		цинквальдит-содержащие купольной фации Гф	13,8	2,1	25,5	10,0	2,3	12,6	8,5	0,7	+ 67,5		

зависимости масштабов сопровождающего редкометального оруденения от достигнутого уровня редкометальности гранитов (с учетом объема последних). Как видно из данных табл. 3, при неодинаковом уровне концентраций в гранитах ГФ разных комплексов отдельных гранитофильных элементов, суммарный уровень накопления их сходен, и составляет, судя по всем накопленным к настоящему времени данным, от 6 до 12—14 кларков. Подобные граниты, слагающие основной объем большинства рудоносных интрузий, практически всегда сопровождаются редкометальной минерализацией, которая, вместе с тем, в подавляющем большинстве случаев практического значения не имеет (зоны рассеянной минерализации). Промышленное оруденение, сопровождающее такие интрузивные системы, развивается в непосредственной связи с их дифференциатами — лейкогранитами купольной фации ГФ и телами лейкогранитов ФДИ и ЗФ, редкометальность которых резко возрастает (Шерловгорский купол кукульбейского комплекса, Гнилецкий купол комплекса гемеридных гранитов).

Наиболее продуктивными являются интрузивные системы, граниты ГФ которых характеризуются очень высоким уровнем накопления гранитофильных элементов (ультраредкометальные граниты). Такие системы редки и практически единичны — это Рудные горы Центральной Европы, Корнубийская интрузия полуострова Корнуолл Юго-Западной Англии, возможно комплекс Пиа-Оак Северного Вьетнама, хотя не исключено, что геохимическая характеристика комплекса относится не к гранитам ГФ, а к их купольной фации. Высокая продуктивность оруденения, развивающегося как правило, также в связи с купольными выступами гранитов ГФ или их поздними дифференциатами (эльваны ЗФ Корнубийской интрузии) определяется высокой степенью редкометальности гранитов ГФ (> 30 —50 кларков) при их очень значительных объемах. Благодаря этому, промышленное оруденение в таких интрузивных системах развивается как в связи с гранитами ГФ, так и с их поздними дифференциатами.

В целом, использование геохимических данных в формационном анализе позволяет решающим образом конкретизировать вопросы оценки рудоносности гранитоидных комплексов, последовательно подразделяя комплексы на группы безрудных и реально-рудоносных интрузий, а среди последних выделяя наиболее перспективные интрузивные системы на развитие продуктивного редкометального оруденения.

ЛИТЕРАТУРА

- КОЗЛОВ, В. Д., 1985: Геохимия и рудоносность гранитоидов редкометальных провинций. Наука, Москва, 304 с.
КОЗЛОВ, В. Д. — СКРИПКИНА, В. В. — ИГНАТОВИЧ, В. И. — РЕЙФ, Л. И., 1985: Петрелого-геохимические особенности и рудоносность позднепермских интрузий субщелочных гранитоидов юга Западного Забайкалья. Геохимия (Москва), 2, с. 222—233.

Рукопись получена 19 Октября 1987 г.

Автор отвечает за правильность содержания статьи.