

**РОЛЬ СЕДИМЕНТАЦИИ И ТЕКТОНИКИ В ФОРМИРОВАНИИ ТЕЛ  
ВЫСОКОЧИСТЫХ КВАРЦИТОВ ВОСТОЧНОГО САЯНА***А.М. Федоров, В.А. Макрыгина*(Институт геохимии СО РАН, Иркутск, [sashaf@igc.irk.ru](mailto:sashaf@igc.irk.ru))

В рифейском чехле Гарганской глыбы Восточного Саяна открыто месторождение Бурал-Сарьдаг и ряд рудопроявлений сверхчистых кварцитов, являющихся ценным сырьем для солнечной энергетики. Они входят в кремнисто-карбонатный горизонт иркутной свиты, которая вместе с уртагольской перекрывает фундамент Гарганской глыбы с U-Pb возрастом  $2727 \pm 6$  млрд. лет [1]. Он сложен гнейсами, гнейсо-гранитами, амфиболитами, степень метаморфизма которых достигает гранулитовой фации, и мигматитами ( $2611 \pm 11$  млрд лет). По составу большая часть пород фундамента сопоставима с ТТГА. Вскрытая часть фундамента разбита разломами и местами интенсивно катаклазирована и милонитизирована.

Нижняя продуктивная на высокочистые кварциты пачка чехла сложена рифейскими сланцево-карбонат-кварцитовыми образованиями иркутной (монгошинской) свиты. Отложения иркутной свиты развиты в северном и северо-западном обрамлении ядра глыбы и перекрываются терригенно-осадочными породами уртагольской свиты. Обе свиты метаморфизованы в серицит-хлоритовой субфации зеленосланцевой фации. На метатерригенные породы чехла обдуцированы верхнерифейские офиолиты преддугового бассейна Дунжугурской островной дуги. Они обрамляют Гарганскую глыбу с запада, северо-запада, северо-востока и юго-востока и представляют фрагменты эродированного аллохтона. [2]. Полный разрез офиолитовой ассоциации обнаружен только на Дунжугурском участке (рис. 1). Ультрабазитовый комплекс представлен гарцбургитами и дунитами с линзами хромитов. Комплекс расслоенных интрузий выполнен ортопироксенсодержащими породами, в основном вебстеритами, ортопироксенитами, габбро-норитами, норитами. Дайковый комплекс сложен массивными зеленоватыми диабазами. Вулканический комплекс представлен различными гиалокластитовыми брекчиями, массивными и шаровыми лавами [3]. Остатки пластин офиолитов серпентинизированы, а у подошвы часто оталькованы. К юго-западу от месторождения Бурал\_Сарьдаг породы иркутной свиты прорываются плагиогранитами Гарганского плутона (790 млн лет), относящегося к сумсунурскому комплексу тоналит-трондьемитового типа.

При изучении кварцитов Восточносаянской кварцитоносной провинции (рис. 1) были проанализированы все основные разновидности кварцитов, развитых в пределах площади месторождения Бурал-Сарьдаг, участков Урдагарганский и Урунгэнурский. Практически все аналитические работы, за исключением внешнего контроля, по Восточносаянским кварцитам проводились в Институте геохимии СО РАН им. А.П.Виноградова (РФА, ИСП-МС, АЭСА).

По содержанию петрогенных, редких и редкоземельных элементов кварциты месторождения Бурал-Сарьдаг очень четко можно разделить на две группы. К первой группе относятся черные и темно-серые кремневидные кварциты, отличающиеся низкими содержаниями *породообразующих* (таблица 1) и *редких и редкоземельных элементов* (рис. 2) и в целом сопоставимые по этим элементам с осветленными кварцитами и даже «суперкварцитами». Черные и темно-серые кремневидные кварциты, осветленные (светло-серые и серые кварциты) и «суперкварциты» по сходным геохимическим признакам резонно объединить под названием продуктивной толщи или продуктивных пластовых тел.

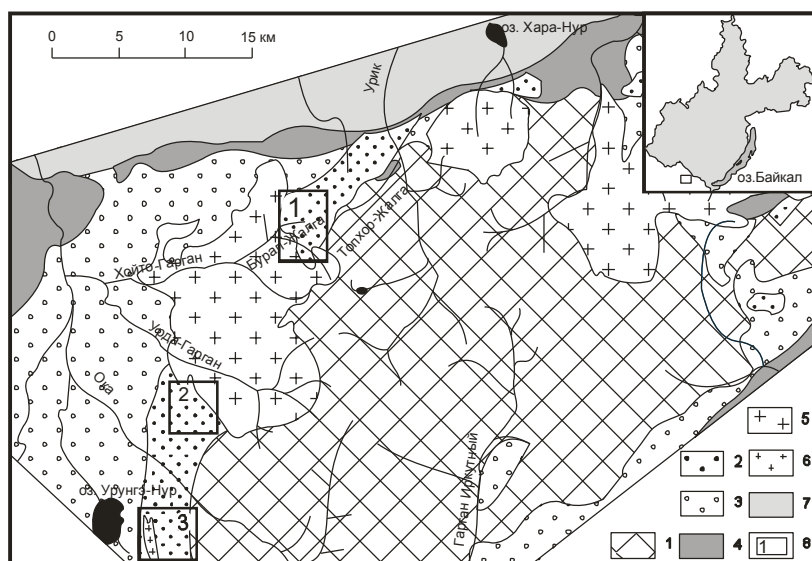


Рис. 1. Схематическая геологическая карта северной части Тувино-Монгольского массива: 1 – фундамент Гарганской глыбы (Ag-PR); 2 – поля распространения осветленных кварцитов иркутской и ургагольской свиты, средний–верхний рифей; 3 – чехол Гарганской глыбы; 4 – офиолитовый комплекс нерасчлненный, R<sub>3</sub>; 5 – гранитоиды сумсунурского комплекса, R<sub>3</sub>; 6 – гранитоиды мункусардыкского комплекса, PZ; 7 – чехол Тувино-Монгольского массива, венд-палеозой; 8 – границы участков и их номера: 1 – Буралсарьдагский, 2 – Урдагарганский, 3 – Урунгэнурский.

Ко второй группе относятся кварциты, пространственно тяготеющие к контакту с интрузией сумсунурского комплекса (приконтактовые), в которых содержание *петрогенных и редких элементов* выше, чем в черных кремневидных кварцитах пластовых тел по Mn, Fe, Ca, Na, K, B и Zr в 10-20 раз, по Ti, Li, Sc, Sr и Ba в 20-30 раз, по Al, V, Rb, Cs около двух порядков. В среднем содержание суммы *петрогенных* элементов в черных приконтактовых кварцитах более чем в 30 раз выше, чем в черных и темно-серых кварцитах пластовых продуктивных тел месторождения Бурал-Сарьдаг.

Также четко отличаются кварциты месторождения Бурал-Сарьдаг по содержанию *редкоземельных элементов (РЗЭ)* (рис. 2). Наименьшее содержание РЗЭ наблюдается в «суперкварцитах» и затем увеличивается в светло-серых (более, чем в 5 раз) и черных приконтактовых кварцитах (в 10–15 раз). При этом кривые распределения нормированных содержаний РЗЭ практически параллельны. Такое поведение РЗЭ говорит о генетической родственности всех типов кварцитов на месторождении.

Характерной особенностью кварцитов месторождения Бурал-Сарьдаг является отчетливый Eu минимум, появление которого нетипично для метаморфизованных хомогенно-осадочных пород и объясняется поздним наложенным влиянием гранитоидных интрузий поздних фаз дифференциации [4].

«Силициты» Урунгэнурского участка в геохимическом отношении представляют собой довольно чистые хомогенно-осадочные породы. Основными элементами-примесями в них являются Mg, Ca и Fe в карбонатной составляющей породы, Al и K в слюдах. Кроме того, «силициты» по геохимическим признакам четко подразделяются на две группы. Первую группу составляют исходные «силициты», развитые на удалении от выхода гранитоидов и характеризующиеся очень низкими содержаниями примесей, а вторые – вблизи от интрузивов (приконтактовые) с повышенными содержаниями практически всех

породообразующих, редких и редкоземельных элементов. Таким образом, новые геохимические данные опровергают гипотезу очистки кварцитов под воздействием гранитоидов [5] или чужеродных растворов [6]; напротив, все приконтактовые разности кварцитов заражены гранитофильными элементами.

Авторы предлагают новую модель формирования месторождения, которая заключается в том, что осветленные кварциты и «суперкварциты» сформировались в ходе динамотермально-метасоматических преобразований исходных первичных кремнисто-карбонатных пород иркутской свиты («силицитов») под действием продвигающегося по ним офиолитового покрова.

Таблица

Содержание главных элементов в кварцитах месторождения Бурал-Сарьдаг (ppm).

	Al	Ti	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	P	B	Сумма
"Суперкварциты" (39) *	30,5	4,44	28,36	0,61	27,4	6,63	8,6	35,8	1,49	1,01	145
Светло-серые кварциты (45)	81,8	3,36	59	0,46	19,3	12,35	9,03	73,7	2,75	1,82	263,6
Черные пластовые кварциты (13)	72,8	12,17	101	0,45	35,2	7,70	11,3	163	1,32	1,52	406,6
"Песчанистые" кварциты(5)	76,3	6,47	480	0,38	47,5	15,83	10,2	91,5	3,48	2,62	734.
Светло-серые и серые кварциты (6)	342,	109	2060	5	226	20	12,6	111	19,3	3,84	2909
Черные приконтактовые кварциты (4)	7318	378	1488	4,10	210	109	198	3242	2,21	25,6	12975

Примечания: Анализы выполнены в Институте геохимии им. А.П.Виноградова методом ИСП МС - аналитики Ю.В. Сокольниковой, и АЭСА - аналитик И.Е. Васильева. \* - кол. проб.

Высокий градиент давлений и отчасти температур (стресс-метаморфизм) приводит к мобилизации собственной флюидной составляющей исходных кремнистых пород и к ее миграции по разломным и ослабленным зонам в область пониженных температур и давлений. В результате этого, в верхней части разреза, подвергшейся максимальному термо-динамическому воздействию, происходила очистка кварцевого субстрата и его перекристаллизация с увеличением размеров и приобретением специфической субпараллельной ориентировки зёрен кварца. Участки кремнистой толщи, находящиеся на удалении от тектонического контакта, подверглись меньшему динамическому воздействию, вследствие чего они испытали перекристаллизацию в меньшей степени, и зачастую становятся областью разгрузки для элементов-примесей из вышележащих толщ. Снижение степени преобразования кварцитов при удалении от плоскости надвига, подтверждает отделение флюидов из самих пород и отсутствие притока эндогенных флюидов, как и отсутствие привноса чужеродного вещества. Осветление кварцитов в этой области произошло за счет выноса полностью или частично лишь пигментирующего углистого вещества.

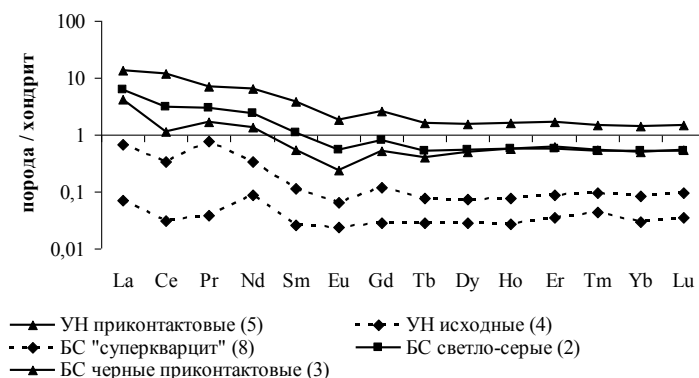


Рис. 2. Средние содержания редкоземельных элементов для кварцитов Окинско-Урикской кварцитоносной зоны. Примечания: УН – участок Урунгэнурский, БС – участок Буралсарьдагский. Цифры в скобках – количество проб. Нормировано по [7].

Метасоматические изменения кварцитов проходили в несколько этапов. Часть исходно чистых кварцитовых толщ, расположенных в непосредственном контакте с гранитоидами, испытали загрязнение. Очистка кварцитов месторождения Бурал-Сарьдаг происходила в процессе коллапса обдукционного режима в результате всплывания Гарганской глыбы и последовавшего за этим гравитационного оползания пород офиолитового комплекса с чехла глыбы. Это подтверждается широким развитием катаклазитов и милонитов в поверхностной части фундамента глыбы, зеркалами скольжения в ее чехле и оталькованием подошвы офиолитовых пластин, а также расположением сверхчистых кварцитов в верхних частях рельефа в виде пологозалегающих пластовых метасоматических тел.

#### Литература

1. Анисимова И.В., Левицкий И.В., Котов А.Б. и др. // Изотопные системы и время геологических процессов (мат-лы IV Российск. конф. по изотопной геохронологии). - СПб: ИГГД РАН, 2009. - Т.1. - С. 34-35.
2. Складов Е.В., Добрецов Н.Л. // Геология и геофизика. - 1987. - № 2. - С. 3-14.
3. Кузьмичев А.Б. Тектоническая история Тувино-Монгольского массива: раннебайкальский, позднебайкальский и раннекаледонский этапы. - М.: ПРОБЕЛ-2000. - 2004. - 192 с.
4. Федоров А.М., Макрыгина В.А., Будяк А.Е., Непомнящих А.И. // Докл. АН. - 2012. - Т. 442, № 2. - С. 244-249.
5. И.И. Воробьев [и др.] // Докл. РАН. - 2003. - Т. 390, № 2. - С. 219-223.
6. Быдтаева Н.Г., Киселева Р.А., Яшин В.Н. // Кварц. Кремнезем.: Материалы Междунар. Семинара. - Сыктывкар: Геопринт. - 2004. - С.185-187.
7. Evensen N.M., Hamilton P.J., O'Nions R.K. // Geochimica et Cosmochimica Acta. - 1978. - V. 42. - P. 1199-1212.

## ПОЗДНЕМЕЛОВОЙ КАЛИЕВЫЙ ВУЛКАНИЗМ СЕВЕРНОЙ КАМЧАТКИ

П.И. Федоров

(Геологический институт РАН, Москва, [pi\\_fedorov@mail.ru](mailto:pi_fedorov@mail.ru))

Проблема происхождения шошонитовых вулканических серий для геодинамических режимов островных дуг и активных континентальных окраин определяется в первую очередь их специфическими вещественными характеристиками и редким развитием по сравнению с типичными для данных обстановок известково-щелочными сериями пород.

Проявления позднемелового калиевого (шошонитового) вулканизма в пределах Северной Камчатки известны в составе вулканогенно-осадочных образований Ачайваям-Валагинской дуги [1, 2].