

## **ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ВЫСОКОЧИСТОГО КВАРЦЕВОГО СЫРЬЯ ВОСТОЧНОГО САЯНА**

**Федоров А.М., Макрыгина В.А.**

*Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск,  
e-mail: sashaf@igc.irk.ru, vmakr@igc.irk.ru*

В восточном секторе Тувино-Монгольского массива расположен выход фундамента Гарганской глыбы (2.3-2.4 млрд лет), представленный гнейсами, гнейсо-гранитами, амфиболитами и мигматитами, степень метаморфизма которых достигает гранулитовой фации. Фундамент перекрыт чехлом, нижняя продуктивная на высокочистые кварциты пачка которого сложена рифейскими сланцево-карбонат-кварцитовыми образованиями иркутской (монгошинской) свиты (1.25 млрд. лет, Sr-хемостратиграфия по карбонатам [Кузнецов и др., 2010], широко развитой в северном и северо-западном обрамлении ядра глыбы. Породы верхнерифейских офиолитов, обрамляющие Гарганскую глыбу с запада, северо-запада, северо-востока и юго-востока, представляют собой фрагменты деформированного и эродированного аллохтона, надвинутого на глыбу с севера–северо-запада [Добрецов и др., 1985; Скляр, Добрецов, 1987; Кузьмичев, 2004]. На участке, расположенном к западу от Гарганской глыбы, офиолиты представляют собой три главных покрова, разбитых на ряд чешуй. Полный разрез офиолитовой ассоциации на Дунжугурском участке выделяется в стандартной последовательности. Ультрабазитовый комплекс представлен серпентинизированными 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 [Кузьмичев, 2004].

Интрузии сумсунурского комплекса плагиогранитов (790 млн лет) [Кузьмичев, 2004] тоналит-трондьемит-дацитовый серии распространены к юго-западу от месторождения Бурал-Сарьдаг и к северо-востоку от Урдагарганского участка (Гарганский плутон). С юга Гарганскую глыбу обрамляют интрузивные породы гранитоидов хребта Мунку-Сардык [Ефремов, 2009, 2010]. На всех участках отмечаются дайки, силлы и штоки порфиритов, андезитов, дацитов и гранитоидных пород барунхолбинского комплекса.

В пределах изученного района наблюдаются тектонические нарушения, связанные со всеми вышеперечисленными структурами.

В результате проведенных минералого-петрографических исследований пород чехла Гарганской глыбы установлено, что на большинстве изученных участков развития кварцитов имеется сопоставимый набор разновидностей, связанных постепенными переходами от исходных слабометаморфизованных «силицитов», черных и темно-серых микрокварцитов до «суперкварцитов» и их аналогов.

Морфология кварцевых зерен кварцитов, развитых на разных участках, несет ряд отличий. На Урунгуруском участке микрокварциты («силициты») характеризуются слабовытянутой формой с более крупными зернами, формирующимися, в основном, по трещинам. Подобные гнейсовидные структуры характерны для низкоградиентного регионального метаморфизма. Петрографически «силициты» представляют собой микрозернистые (величина зерна основной массы не превышает 0.01 мм) практически мономинеральные кварцевые породы с незначительным количеством карбоната и тонких чешуек серицита.

Черные и темно-серые разновидности кварцитов, залегающие в низах разрезов и подвергшиеся незначительному метасоматическому воздействию, как на Буралсарьдагском, так и на Урдагарганском участках, сложены кварцевыми зернами размерностью от

0.008×0.008 мм до 0.5×0.5 мм и содержат участки с реликтовыми микрозернистыми кварцитами с зернами до 0.004 мм на первом и до 0.008 мм на втором. На месторождении Бурал-Сарьдаг отмечаются участки с интенсивной углеродизацией, тяготеющей к низам черных и темно-серых микрокварцитов и, вероятно, представляющих собой тела замещения трещиноватых пород углеродом, отгоняющимся при перекристаллизации верхних пачек кварцитов.

Выше по разрезу на Буралсарьдагском и Урдагарганском участках развиты более светлые, серые среднезернистые кварциты (0.2-0.6 мм) с включениями более крупных кристаллов кварца. Они сменяются белоснежными кварцитами и порфиroidными «суперкварцитами», впервые описанными на месторождении Бурал-Сарьдаг, но встречающимися и на проявлении Семерка Урдагарганского участка. Более крупные зерна формируются в результате метасоматической деятельности в более поздние периоды преобразования кварцевой толщи.

Кварциты иркутской свиты на 97-99.99% сложены кварцем. Для кварцитов месторождения Бурал-Сарьдаг и проявления Урунгэнурского участка доминирующими примесями являются углеродистое вещество, серицит и карбонаты. На Урдагарганском участке отмечается мусковитовая, хлоритовая, клиноцоизитовая и диопсидовая минерализация, а также карбонатизация кварцевых пачек и окварцевание доломитов и известняков, особенно вблизи контактов с гранитоидами, что связано, по-видимому, с воздействием последних.

Осветленные кварциты и «суперкварциты» месторождения Бурал-Сарьдаг и Урдагарганского участка сложены ориентированными зернами с более крупными удлинёнными порфиroidными включениями. Субпараллельная ориентировка порфиroidных выделений в «суперкварцитах» и их аналогах свидетельствует об их формировании (перекристаллизации) в условиях длительного динамического стресса. Подобные порфиroidбластовые структуры отмечаются при экспериментальном изучении деформации, регенерации и рекристаллизации кварца [Вернон, 1980].

Детальные геохимические исследования исходных «силицитов» Урунгэнурского участка и метасоматических кварцитов месторождения Бурал-Сарьдаг, а также проявлений Семерка и Белая Сопка на Урдагарганском участке привели к совершенно новым выводам относительно их генезиса [Федоров и др., 2012] и позволяют рассмотреть возможность расширения минерально-сырьевой базы высокочистого кварцевого сырья за счет слабометаморфизованных «силицитов».

В первую очередь отмечается приуроченность всех участков развития кварцитов к одному стратиграфическому уровню иркутской свиты, сформировавшейся в условиях перехода от шельфа к океаническому склону в результате привноса вещества, вероятнее всего, в процессе апвеллинга [Дубинин, 2006; Семейкин, Шевелева, 2011]. На это указывает относительно однородный минеральный состав исходных кварцитов на разных участках. Характерной типохимической особенностью кварцевой толщи иркутской свиты являются низкие содержания Mn, Co, Cu и других редких элементов и повышенные в разной степени за счет карбонатной примеси содержания Ca, Mg и Fe при малых суммарных их концентрациях (рис. 1). Низкие содержания терригенной составляющей пород говорят об относительной удаленности осадочного бассейна от береговой линии, а незначительные вариации в содержании карбонатов и исключительная химическая чистота исходных микрокварцитов свидетельствуют об их формировании в зоне нижней границы осаждения карбонатных пород, т.е. в верхней части океанического склона [Дегенс, 1967]. Высокая химическая чистота исходных кварцитов является главной предпосылкой более позднего появления особо чистых «суперкварцитов».

Вторым важным результатом геохимических исследований разрезов кварцитов иркутской свиты вблизи гранитоидов на всех изученных участках является открытие наложенного процесса их загрязнения в зонах контакта с интрузивными телами различных

генераций и возраста. Это выражается в значительном повышении в кварцитах содержаний петрогенных элементов, а также редких гранитофильных и редкоземельных элементов (Al,

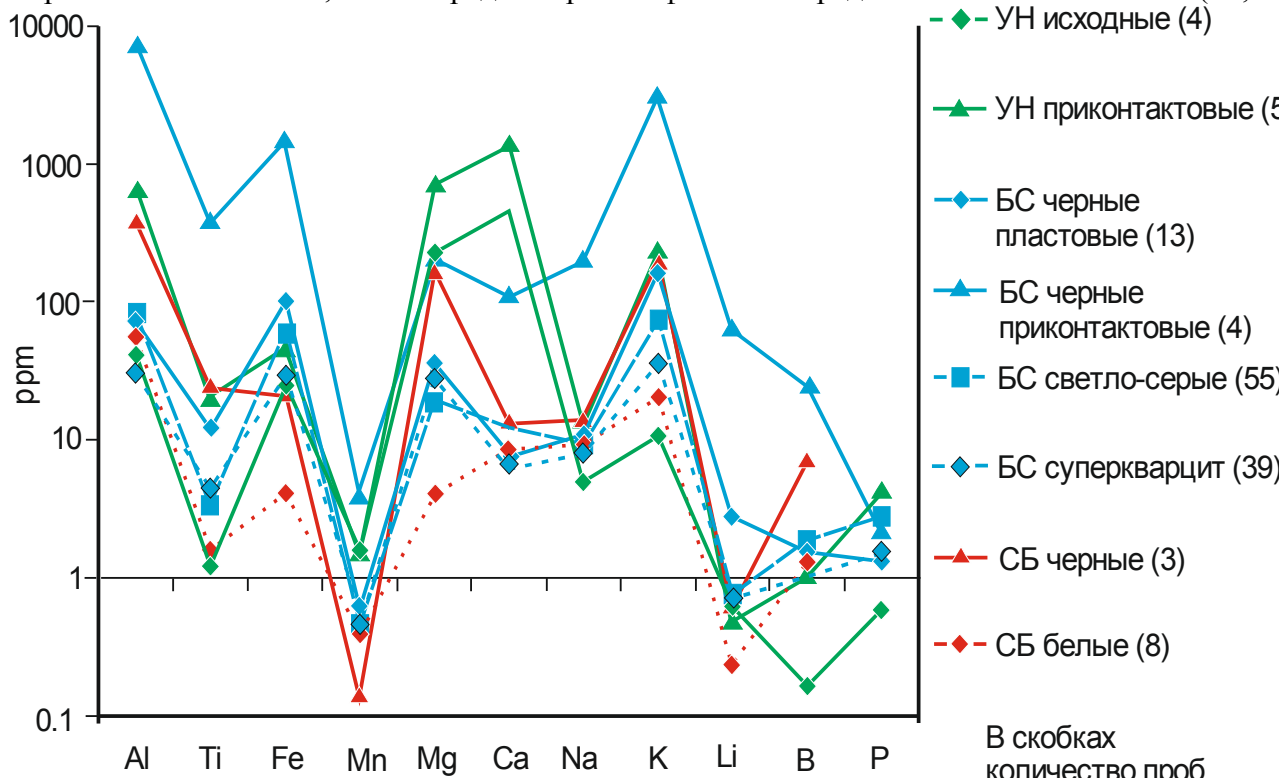


Рис. 1. Средние содержания петрогенных элементов во всех проанализированных разновидностях кварцитов Окинско-Урикской кварцитоносной зоны.

Примечания: Анализы выполнены методами ИСП МС и АЭСА.

УН – участок Урунгэнурский, БС – участок Буралсарьдагский, СБ – проявление Семерка Урдагарганского участка.

Цифры в скобках – количество проб.

Ti, K, REE и Y, а также Ba, Rb, B, Cs). На месторождении Бурал-Сарьдаг, кроме того, отмечаются повышенные содержания в кварцитах элементов основной и ультраосновной специализации (V, Ni, Cr), подтверждающие возможное влияние на них перекрывающих пластин офиолитового комплекса.

В то же время вверх по разрезам кварцевой пачки отмечается усиление перекристаллизации и уменьшение количества примесей в кварцитах. Очистка кварцитов подтверждается кривыми распределения редкоземельных и гранитофильных элементов.

Содержание редкоземельных элементов в кварцитах различных типов варьирует в широких пределах от самых низких в исходных «силицитах», развитых более, чем в 500 м, от контакта с интрузивом, до увеличения на два порядка в приконтактных (ближе 500 м) кварцитах на Урунгэнурском участке. На месторождении Бурал-Сарьдаг содержания редких земель определяются в «суперкварцитах» как самые низкие, в осветленных кварцитах они в десять раз больше, а в черных приконтактных – на два порядка больше. При этом кривая распределения редкоземельных элементов только в исходных «силицитах» относительно ровная, а во всех остальных кварцитах имеет форму распределения, сходную с гранитоидами поздних фаз дифференциации с ярко выраженным Eu минимумом и относительно повышенными содержаниями ЛРЗЭ [Федоров и др., 2012]. Резкое снижение концентраций РЗЭ в «суперкварцитах» и осветленных кварцитах месторождения Бурал-Сарьдаг при сохранении «гранитоидной» формы их спектра свидетельствует о том, что в кварцевых метасоматитах наблюдаются остаточные концентрации РЗЭ, привнесенных ранее гранитоидами. Они ярко выражены для редкоземельных и менее контрастны для гранитофильных элементов.

Слабоизмененные «силициты» представляют собой изначально химически чистую хемогенно-осадочную толщу, в которой содержания элементов-примесей в кремнистом компоненте не превышает 100 ppm, и, таким образом, слабоизмененные «силициты», при условии отработки технологии предварительного обогащения, удаляющей карбонатную составляющую из них, можно отнести к продуктивной высокочистой толще.

### Литература

Вернон Р.Х. Метаморфические процессы. Реакции и развитие микроструктуры / Пер. англ. – М.: Недра, 1980. – 227 с.

Дегенс Э.Т. Геохимия осадочных образований / Пер. с англ. Ю.В. Пашкова и Г.В. Семерниковой. – Под ред. Н.Б. Вассоевича и А.А. Карцева. – Москва: Мир, 1967. – 299 с.

Добрецов Н.Л. О покровной «тектонике» Восточного Саяна // Геотектоника. 1985. № 1. С. 39-50.

Добрецов Н.Л., Конников Э.Г., Медведев В.Н., Скляр Е.В. Офиолиты и олистостромы Восточного Саяна // Рифейско-нижнепалеозойские офиолиты Северной Евразии. – Новосибирск: Наука, 1985. С. 34-58.

Дубинин А.В. Геохимия редкоземельных элементов в океане. – М.: Наука, 2006. – 360 с.

Ефремов С.В. Главные причины эволюции вещественных характеристик раннепалеозойских гранитоидов Восточного Саяна (на примере хребта Мунку-Сардык) // Геохимия. 2009. № 3. С.283-298.

Ефремов С.В. Раннепалеозойские адакиты Восточного Саяна. Геохимические особенности источники вещества // Геохимия. 2010. № 11. С. 1185-1201.

Кузнецов А.Б., Летникова Е.Ф., Вишневская И.А., Константинова Г.В., Кутявин Э.П., Гелетий Н.К. Sr-хемостратиграфия карбонатных отложений осадочного чехла Тувино-Монгольского микроконтинента // Доклады Академии наук. 2010. Т. 432. № 3. С. 350-355.

Кузьмичев А.Б. Тектоническая история Тувино-Монгольского массива: раннебайкальский, позднебайкальский и раннекаледонский этапы. – М.: ПРОБЕЛ-2000. – 2004. – 192 с.

Семейкин И.Н., Шевелева Н.И. Фациальные ряды морских карбонатных осадков и их рудоносность // Известия Сибирского Отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2011. № 1 (38). С. 139-150.

Скляр Е.В., Добрецов Н.Л. Метаморфизм древних офиолитов Восточного и Западного Саяна // Геология и геофизика. 1987. № 2. С. 3-14.

Федоров А.М., Макрыгина В.А., Будяк А.Е., Непомнящих А.И. Новые данные о геохимии и механизме формирования кварцитов месторождения Бурал-Сарьдаг (Восточный Саян) // Доклады Академии наук. 2012. Т. 442, № 2. С. 244-249.