

Литература

1. *Абрамович Г.Я., Хренов П.М.* Эволюция магматизма и металлогении в докембрии юга Восточной Сибири // Проблемы эволюции докембрийской литосферы. Л.: Наука, 1986. С. 289-299.
2. *Бибикина Е.В., Левицкий В.И., Резницкий Л.З. и др.* Архейская тоналит-грандьемитовая ассоциация Присяянского выступа фундамента Сибирской платформы: U-Pb, Sm-Nd, и Sr изотопные данные // Геология, геохимия и геофизика на рубеже XX и XXI веков. РФФИ в Азиатской части России. Мат. конф. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2002. С. 175-176.
3. *Бибикина Е.В., Туркина О.М., Кирилова Т.И. и др.* Древнейшие плагиогнейсы Онотского блока шарыжалгайского выступа // Геохимия. 2006. №3. С. 347-352.
4. *Билибина Т.В., Казанский В.И., Лаверов Н.П.* Основные типы рудоносных структур докембрия // Металлогения раннего докембрия СССР. Л.: Наука. 1984. С. 14-32
5. *Левицкий В.И.* Петрология и геохимия метасоматоза при формировании континентальной коры. Новосибирск: Академическое из-во «ГЕО». 2005. 343 с.
6. *Левицкий В.И., Резницкий Л.З., Котов А.Б. и др.* Возраст и геохимические особенности посткинематических гранитоидов юга Сибири // Изотопная геохронология в решении проблем геодинамики и рудогенеза. Мат. конф. С-П.: ИГГД РАН, 2003. С. 278-280.
7. Редкометальные пегматиты. Т. 2. Новосибирск: Наука, СО РАН. 1997. 278 с.
8. *Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Левицкий В.И. и др.* Возрастные рубежи высокотемпературного метаморфизма в кристаллических комплексах шарыжалгайского выступа фундамента Сибирской платформы: результаты U-Pb датирования единичных зерен циркона // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2007. Т. 15, № 4. С. 3-19.

Железистые кварциты гранулитовых и зеленокаменных комплексов юга Восточной Сибири

Левицкий И.В., Левицкий В.И.

Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, e-mail: ilevit@igc.irk.ru

В геологическом строении юга Восточной Сибири участвуют породы Присяянского (Шарыжалгайского) краевого выступа фундамента Сибирской платформы и Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП). Необходимо отметить, что в регионе всегда существовала проблема выявления различий между породами близкого состава разных структурно-вещественных комплексов. В работе рассматривается одна из разновидностей таких пород - железистые кварциты. Они образуют промышленные залежи и известны во многих структурах Восточной Сибири. Задачей исследований является установление петролого-геохимических различий между железными рудами докембрийских и фанерозойских комплексов, а также выявление вещественных особенностей железистых кварцитов высоко- и низкометаморфизованных ассоциаций для решения проблем стратиграфии и генезиса глубокометаморфизованных толщ.

Присяянский краевой выступ состоит из Иркутского, Жидойского, Китойского, Булунского блоков [1], которые сложены: 1) высокометаморфизованными породами шарыжалгайской и китойской серий, объединяемых в Прибайкальскую гранулит-гнейсовую область (ПрГГО); 2) низкометаморфизованными тоналит-грандьемит-гранодиоритовыми (ТТГ) ассоциациями и зеленокаменными поясами, объединяемых в Восточно-Саянскую гранит-зеленокаменную область (ВСГЗО). В породах ПрГГО и ВСГЗО фиксируется проявление трех этапов их становления – этапа раннего регионального изохимического метаморфизма, этапа наложенных ультраметаморфических преобразований (гранитизации), этапа постультраметаморфических преобразований. В последнее время в обеих этих структурах Присяянского краевого выступа установлено два возрастных уровня проявления эндогенных процессов: позднеархейский (2,6 – 2,4 млн. лет) и раннепротерозойский (1,87 – 1.85 млн. лет) [5].

Породы слюдянского комплекса, в котором известны несколько месторождений железистых кварцитов, являются одной из составных частей Хамардабанского террейна. До 90 г.г. прошлого ве-

ка на основании присутствия в нем гранулитовых парагенезисов и близости минеральных ассоциаций и оруденения (флогопитового, железорудного) его относили к верхнеархейско-нижнепротерозойским образованиям складчатого обрамления фундамента Сибирской платформы [2]. Но в конце 90 г.г. прошлого века были получены геохронологические данные [3], которые указывали на палеозойский возраст - 420-515 млн. лет гранитоидных интрузий, секущих метаморфические породы слюдянского комплекса. Поэтому сейчас его возраст считается палеозойским.

Прибайкальская гранулит-гнейсовая область. Породы шарыжалгайской серии преобладают в Иркутном блоке в котором было установлено присутствие пород: 1) наиболее древней архейской инфраструктуры (2649±6 - 2557±28 млн. лет) [5] - метавулканических и метатерригенных плагиогнейсов, метагабброидов, кальцитовых мраморов, кальцифиров; 2) палеопротерозойской супраструктуры (2,3-2,4 млрд. лет) [6] – метатерригенных биотитовых, биотит-гранатовых плагиогнейсов, доломитовых мраморов, metabазальтоидных основных двупироксеновых плагиосланцев, железистых кварцитов. Более поздними являются секущие их раннепротерозойские пегматиты, граниты, чарнокитоиды, а в карбонатных породах - скарны и сиениты (1866±10 - 1853±1 млн. лет). Породы китойской серии распространены в Булунском и Китойском блоках и представлены умеренно- и высокоглиноземистыми гнейсами, двупироксеновыми плагиосланцами и плагиогнейсами, метагаббро-анортозитами, доломитовыми мраморами, реже кварцито-гнейсами, мономинеральными и железистыми кварцитами.

Магнетитовые кварциты в шарыжалгайской серии присутствуют в Жидойском блоке (Китойская группа месторождений) и объединяются в Восточно-Саянскую железорудную провинцию, которая включает Байкальское месторождение и проявления - Орингольское, Китойский Жидой, Харабаровское, Сарамтинское, Жидойское. Руды наблюдаются в пластах мощностью от 5 см до 5-25 метров. В строении месторождений участвуют породы трех этапов – метаморфического, ультраметаморфического, постультраметаморфического [4]. Наиболее ранняя группа – представлена переслаивающимися пластами кварц-магнетитовых, кварц-ортопироксен-магнетитовых, кварц-салит-магнетитовых, кварц-магнетит-салит-ортопироксеновых с метатолеитовыми двупироксеновыми плагиосланцами, метатерригенными низко-и умеренноглиноземистыми гранат-биотитовыми и высокоглиноземистыми кордиерит-гранат-силлиманитовыми гнейсами, мономинеральными и силлиманитовыми кварцитами, кальцитовыми мраморами, метатерригенными базитами. Наблюдаемое тонкое переслаивание руд и их петрогеохимические особенности свидетельствует об их вулканогенно-осадочном происхождении в мелководных условиях. Магнетит-пироксеновые разности (табл. выб. 4) по сравнению пироксен-магнетитовыми и кварц-магнетитовыми обогащены Al_2O_3 , MgO, CaO, щелочами, элементами группы железа (табл., выб. 5-6). На ультраметаморфическом этапе с одной стороны отмечается разубоживание руд (руды 3-4 типов – мигматизированные железистые кварциты и мигматиты) с образованием магнетитовых эндербитов и гранитоидов, а с другой промышленно значимых сливных магнетитовых руд. Для постультраметаморфического этапа характерно образование по железистым кварцитам метасоматитов с сине-зеленой роговой обманкой, куммигтонитом, серпентином, тальком, слюдами и сульфидами, гематитом. Интенсивные постультраметаморфические преобразования иногда приводят к такому изменению руд, что делает их использование в качестве сырья невозможным (Харабаровское проявление).

Восточно-Саянская гранит-зеленокаменная область слагает Булунский и северную часть Китойского блока. В строении ВСГЗО выделяются: 1) породы инфраструктуры – тоналит-трондьемитовые гнейсы (ТТГ) комплекса основания; 2) породы супраструктуры, образующие Онотский, Таргазыйский и другие зеленокаменные пояса (ЗП). Зеленокаменные пояса ВСГЗО, как и в других регионах [4] подвергаются преобразованиям, в которых выделяются метаморфический; ультраметаморфический, постультраметаморфический этапы. Породы Онотского зеленокаменного пояса метаморфизованы в условиях амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций и наблюдаются в виде полосы между тоналит-трондьемитовыми комплексами и китойской серией ПрГГО. В строении пояса (снизу вверх) выделяется бурухтуйская, малоиретская, камчадальская свиты и свита Соснового Байца. Железистые кварциты известны во всех свитах, кроме малоиретской. В свите Соснового Байца амфиболиты и биотит-гранатовые гнейсы тонко перемежаются с гематит-магнетитовыми, гематитовыми, силлиманитовыми и мономинеральными кварцитами. В камчадальской и бурухтуйской свитах доминируют магнетитовые и пироксен-магнетитовые кварциты.

МИНЕРАГЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ

Вообще в ВСГЗО выделяется две группы железорудных месторождений Таежно-Ерминская в Булунском и Онотская в Китойском блоках. Таежно-Ерминская группа месторождений расположена в Таргазойском ЗП и включает самое крупное Таежно-Ерминское месторождение, Одайско-Андотское и Мало-Бельское рудопроявления. Они представлены магнетитовыми рудами, метаморфизованными в условиях амфиболитовой фации, но так интенсивно измененным, что их иногда относят к гидротермальным образованиям. Но первичный состав руд, слоистость, особенности руд свидетельствуют о том, что месторождение образовались в процессе седиментации вулканогенно-осадочных толщ с последующим метаморфизмом. Онотская группа месторождений включает месторождение Сосновый Байц и рудопроявления - Новое, Южное, Бибойское, Западное и Харантульское. В процессах ультраметаморфических преобразований железистых кварцитов происходит ухудшение их технологических свойств, что связано с выносом SiO₂, железа и концентрирование Al₂O₃, CaO, MgO, щелочей и большинства редких элементов [4].

Несмотря на различия в минеральном составе железистые кварциты разных свит Онотского ЗП близки между собой, что говорит о едином источнике и близких условиях их образования. Так гематитовые кварциты свиты Сосновый Байц по своим петрогеохимическим особенностям близки к магнетитовым кварцитам камчадальской свиты, отличаясь от них несколько более высокими содержаниями Al₂O₃, Li, B, Sn, Zr, V и более низкими MgO, F, Cu (табл., выб. 1-2).

Средний химический (мас.%) и редкоэлементный (г/т) состав железистых кварцитов Онотского зеленокаменного пояса, шарыжалгайского и слюдянского комплекса

	1 (3)	2 (4)	3	4 (3)	5(4)	6(4)	7	8 (8)
SiO ₂	43,77	44,02	43,89	32,04	46,47	41,83	40,11	29,55
TiO ₂	0,02	0,02	0,02	0,53	0,05	0,10	0,23	0,14
Al ₂ O ₃	0,86	0,18	0,52	2,05	0,50	0,80	1,12	0,21
Fe ₂ O ₃ общ.	55,96	54,71	55,34	52,92	52,04	54,52	53,16	67,05
MnO	0,01	0,03	0,02	0,17	0,07	0,06	0,10	0,04
MgO	0,37	1,65	1,01	6,60	1,47	2,45	3,51	1,54
CaO	0,20	0,50	0,35	8,12	0,77	1,76	3,55	2,76
P ₂ O ₅	0,09	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,07	0,81
K ₂ O	0,05	0,04	0,04	0,06	0,01	0,01	0,03	0,17
Na ₂ O	0,11	0,11	0,11	0,33	0,03	0,11	0,16	0,3
Li	3,0	0,7	1,9	1,5	0,1	0,1	0,5	5
Rb	2	2	2	3	3	3	3	6
Ba	26	24	25	25	30	25	26	146
Sr	12	10	11	22	11	21	18	110
B	22	11	16,2	10	9	10	9,5	29
Be	1,0	1,1	1,04	0,8	1,1	1,2	1,0	1,6
F	143	243	193	205	400	230	278	297
Mo	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Sn	8,1	5,3	6,7	11,1	5,2	16,6	11	12
Y	1,1	1,3	1,2	18,0	7,0	10,0	11,7	41
Zr	31	8	19	16	10	8	11	43
Zn	52	54	53	730	160	720	537	171
Pb	1,2	0,4	0,8	0,8	0,5	0,5	0,6	5
Cu	7,2	20,3	13,7	18,5	7,4	9,5	11,8	10
Cr	1	2	1	119	13	45	59	42
V	51	12	31	180	16	41	79	98
Ni	11,9	9	10	61	30	26	39	23
Co	11	11	11	29	7	6	14	9
Sc	1	3	2	28	1	4	11	7

Примечание. 1-3 – Онотский зеленокаменный пояс: гематитовые кварциты свиты Соснового Байца (1), магнетитовые кварциты камчадальской свиты (2), средний состав железистых кварцитов Онотского зеленокаменного пояса (3); 4-7 – шарыжалгайский комплекс: магнетит-пироксеновые кварциты (4), магнетитовые кварциты (5), пироксен-магнетитовые кварциты (6), средний состав магнетитовых кварцитов шарыжалгайского комплекса (7); 8 – магнетитовые кварциты слюдянского комплекса.

Метаморфические комплексы ЦАСП – рассмотрены на примере слюдянского комплекса, где известны месторождения железистых кварцитов. В слюдянском комплексе железистые кварциты изучены в хангарульской серии, метаморфизованной в условиях гранулитовой фации – в безымянской (р. Безымянная) и амфиболитовой фации в харагольской (р. Мысовая) свитах. В первом случае руды представлены пластовыми залежами магнетитовых и пироксен-магнетитовых кварцитов, а во втором оливин-магнетитовыми и магнетитовыми кварцитами. На ультраметаморфическом этапе по ним развиваются метасоматиты с ферригиперстеном, салитом, феррисалитом и плагиоклазом, а на постультраметаморфическом – метасоматиты со скаполитом, амфиболом, биотитом, куммингтонитом, пистацитом, грюнеритом, хлоритом. Железистые кварциты, как и многие другие типы пород слюдянского комплекса (мраморы, мономинеральные кварциты, гнейсы [4]) существенно обогащены P_2O_5 , Ba, Sr, Y (табл., выб. 8).

В заключении необходимо отметить, что железистые кварциты, развитые в различных структурно-вещественных комплексах юга Восточной Сибири характеризуются четкими петрогеохимическими характеристиками. Так более древние железистые кварциты гранулитовых и зеленокаменных комплексов по сравнению с палеозойскими образованиями слюдянского комплекса характеризуются повышенными содержаниями V и пониженными P_2O_5 , K_2O , Li, Rb, Ba, Sr, B, Y, Zr, Pb (табл., выб. 3,7,8). Железистые кварциты зеленокаменных комплексов относительно гранулитовых - обогащены Li, B и обеднены TiO_2 , Al_2O_3 , MnO, MgO, CaO, F, Sn, Y, Zn, Cr, V, Ni, Co, Sc (табл. выб. 3, 7), что позволяет говорить о том, что их формирование происходило в разных условиях. Такие различия свидетельствуют о том, что железистые кварциты зеленокаменных поясов по большинству своих петрогеохимических характеристик существенно различаются и поэтому никак не могли быть протолитом для железистых кварцитов шарыжалгайского и китойского гранулитовых комплексов.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (проект 09-05-00563)

Литература

1. *Грабкин О.В., Мельников А.И.* Структура фундамента Сибирской платформы в зоне краевого шва. Новосибирск: Наука СО, 1980. 90 с.
2. *Замараев С.М.* Краевые структуры юго-восточной части Сибирской платформы. М.: Наука, 1967. 248 с.
3. *Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Резницкий Л.З. и др.* О возрасте метаморфизма слюдянского кристаллического комплекса (Южное Прибайкалье): результаты U-Pb геохронологических исследований гранитоидов // Петрология. 1997. Т. 5, № 3. С. 227-235.
4. *Левцкий В.И.* Петрология и геохимия метасоматоза при формировании континентальной коры. Новосибирск: Академическое из-во «ГЕО», 2005. 343 с.
5. *Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Левцкий В.И. и др.* Возрастные рубежи высокотемпературного метаморфизма в кристаллических комплексах шарыжалгайского выступа фундамента Сибирской платформы: результаты U-Pb датирования единичных зерен циркона // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2007. Т.15, № 4. С. 3-19.
6. *Aftalion M, Bibikova E.V. et al.* Timing of Early Proterozoic collisional and extensional events in the Sharyzhalgay granulite-gneiss-charnockite-granite complex, Lake Baikal, USSR (U-Pb, Rb-Sr, and Sm-Nd isotopic study) // Jour. Geol. 1991. V. 99. P. 851-862.

Современные парадигмы структурной геологии и некоторые проблемы минерагении докембрия

Леонов М.Г.

Учреждение Российской академии наук Геологический институт РАН,
г. Москва, e-mail: m_leonov@ginras.ru

Когда речь идет о возрасте месторождений полезных ископаемых, то зачастую возникает вопрос, что мы имеем в виду – возраст породных комплексов, в которых находятся рудные компоненты, или возраст собственно процесса формирования рудной залежи? Вопрос этот далеко не праздный, так