

продуцирует высокомагнезиальные вулканы – практически полные аналоги коматиитов. При этом однако если коматииты сопровождалась сульфидными рудами и месторождениями последних, то фанерозойские пикриты стерильны от сульфидов. Следовательно, деплетированность источника на элементном уровне, отличающая DM, определяет такие особенности распределения халькофильных элементов и серы, которые не позволяют сульфидной составляющей перемещаться в кору.

Кроме того, в связи с источником типа OIB в фанерозое появляются специфические высокотитанистые пикриты - меймечиты (Гулинский комплекс, Сибирь). Они отличаются особой для высокомагнезиальных пород насыщенностью литофилами (ниобием, цирконием), но сохраняют при этом некоторые черты соответствующих титанистых пород докембрия. В частности величина Nb/Zr в меймечитах Сибири и ферропикритах Печенги практически одинаковая (~ 0,12). В общегеологическом же плане существенно, что докембрийские вулканы не имеют связи со щелочными породами, меймечиты же являются членом сообщества щелочно-ультраосновных и щелочных пород. Изотопные особенности пород Гулинского комплекса указывают на его возрастную гетерогенность. Их источник, богатый титаном и одновременно изотопно-истощенный (т. е. однотипный с источником докембрийских титанистых вулканидов), появился вероятно задолго (сотни млн. лет) до излияния меймечитов и внедрения пород гулинского комплекса в верхние горизонты земной коры. Его же особое насыщение литофилами предшествовало плавлению и внедрению пород комплекса и было обусловлено дополнительным воздействием расплавных фаз, близких по составу кимберлитам.

Особым типом эволюции источников является образование ими групп пород, которые при перемещении в кору сами становятся источником рудного вещества. Таковы в частности коматииты и коматиитовые базальты. Р. Кис [4] показал, что в коматиитах отношение Au/Ir выше, чем в верхней мантии и в некоторых других высокомагнезиальных вулканидах, что указывает на некоторую обогащенность золотом. Соответственно Р. Кис предположил, что базальт-коматиитовые толщи являются источником золота характерных для золоторудных месторождений архейских зеленокаменных поясов. Изотопные исследования А. Кента и др. [5] установили, что коматииты могут быть источником золота и в месторождениях более молодого возраста. Не исключено, что такого рода процессы совершались и в фанерозое. В частности источником руд гигантского золотого месторождения Ладолам (о-в Лихир, Индийский океан) возможно [2] были базальты COX производные DM.

#### *Литература*

1. *Condie K.* High field element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes. *Lithos* 2005. V.79. №3/4. P.491-516.
2. *Kamenov G., Perfit M., Jonasson I., Mueller P.* High-precision Pb measurement reveal magma recharge as a mechanism for ore deposit formation: Examples from Lihir Island and Conical seamount, Papua New Guinea // *Chem, Geol.* 2005. V.219. P. 151-148.
3. *Hart S.* Heterogeneous mantle domains : signatures, genesis and mixing chronologies // *Earth.Planet. Sci. Lett.* V. 90. № 3. 1988. P. 273-296.
4. *Keas R.* The role of komatiitic and picritic magmatism and S-saturation in the formation of ore deposit // *Lithos.* 1995. V. 34. 1-3.P. 1-18
5. *Kent A, Johnson Y., Campbell I., McCulloch M.* Using isotopic fingerprints to understand ore deposit. *Annual reports, Research School of Earth Sci.* 1994. V.1. P.122-124.

### **Минерагеническая типизация Присяянского краевого выступа фундамента Сибирской платформы**

**Левицкий В.И., Левицкий И.В.**

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

Присяянский крайовой выступ фундамента Сибирской платформы является крупнейшей в России минерагенической провинцией. Разрабатываются и имеются существенные запасы железа, магнетита, талька, золота, редкометалльных руд (Nb, Ta, Li, Cs, Be), Sn, U, V, Ti, Mn, Hg, Ni, Co, Zn, Pb,

платиноидов, редкоземельных элементов, мусковита, графита, полевого шпата, флюорита. Существуют перспективы обнаружения месторождений алмазов, шпинели, корунда, скаполита, нефрита, кордиерита, граната, берилла, силлиманита, а также добычи высокохудожественных мраморов, гранитов, габбро, офиокальцитов, железистых кварцитов. Для региона имеются различные подходы к проведению металлогенического анализа [1, 4]. Предлагаемая минерагеническая типизация основана на результатах, полученных за последние 10 лет при геолого-петрологических, изотопно-геохронологических исследованиях месторождений юга Восточной Сибири.

1. В Присаянском (Шарыжгалгайском) краевом выступе фундамента Сибирской платформы, состоящим из Иркутского, Китайского, Булунского и Бирюсинского блоков выделяют следующие структурно-вещественные комплексы:

- 1) Комплекс древнейших тоналит-трондьемитовых гнейсов.
- 2) Прибайкальская гранулит-гнейсовая область.
- 3) Восточно-Саянская гранит-зеленокаменная область.
- 4) Низкометаморфизованные комплексы в эпикратонных протоорогенных прогибах.
- 5) Посткинематические гранитоиды.
- 6) Метаморфические и метасоматические комплексы в зонах разлома.

В каждом из комплексов по геолого-петрологическим, минералого-геохимическим, изотопно-геохронологическим данным выделяют породы метаморфического, наложенных ультраметаморфического и постультраметаморфического этапов [5].

1.1. Комплекс древнейших тоналит-трондьемитовых гнейсов (ТТГ). Эти ассоциации наблюдаются или в виде инфраструктуры в основании зеленокаменных поясов, или в виде отдельных многочисленных выступов, блоках и пластинах в фундаменте и за его пределами. Среди них доминируют – биотитовые и биотит-амфиболовые разности тоналитового и трондьемитового составов, амфиболиты. Для трондьемитов U-Pb методом по цирконам получен возраст -  $3287 \pm 8$  млн. лет [2], для тоналитов -  $3386 \pm 14$  млн. лет при модельном T(DM) Sm/Nd равным 3527 млн. лет [3].

1.2. Прибайкальская гранулит-гнейсовая область (ПрГГО) представлена породами шарыжгалгайской, китайской, бирюсинской (шельминской, хайламинской) серий соответственно приуроченных к Иркутскому, Китайскому, Булунскому и Бирюсинскому блокам. В них фиксируется двукратное проявление процессов метаморфизма и ультраметаморфизма (гранитизации) в условиях гранулитовой фации: 1) наиболее древней архейской инфраструктуры - метаандезитовых метасадочных плагиогнейсов, метагабброидов, кальцитовых мраморов; 2) раннепротерозойской супраструктуры –метатерригенных биотитовых, биотит-гранатовых плагиогнейсов, доломитовых мраморов, метабазальтоидных основных двупироксеновых плагиосланцев, железистых кварцитов [8].

1.3. Восточно-Саянская гранит-зеленокаменная область (ВСГЗО) расположена в Китайском, Булунском и Бирюсинском блоках [5]. Зеленокаменные пояса (ЗП) образуют линейные или линзовидные с извилистой ветвящейся формы зоны [5]. В строении ВСГЗО выделяются: 1) породы инфраструктуры – тоналит-трондьемитовые гнейсы (ТТГ) комплекса основания (рассмотрены выше); 2) породы супраструктуры, образующие Онотский, Таргазойский, Монкресский и другие ЗП [5].

1.4. Породы Онотского ЗП метаморфизованы в условиях амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций. В его строении (снизу вверх) выделяется бурхутуйская (амфиболиты, плагиогнейсы, известняки), малоиретская (гнейсы, амфиболиты), камчадальская (магнезиты, амфиболиты, железистые кварциты, гнейсы), свита Соснового Байца (амфиболиты, кварциты железистые и мономинеральные). Rb-Sr методом по амфиболитам и гнейсам для разных свит получены изохроны с возрастными от 2,675 до 2,786 млрд. лет. Породы пояса подвержены ультраметаморфическим и постультраметаморфическим преобразованиям в интервале 1994-2180 млн. лет [5].

1.5. Посткинематические гранитоидные комплексы (саянский, шумихинский, игнокский, приморский и др.) широко распространены как в ПрГГО, так и в ВСГЗО и Урикско-Ийском грабене [6]. На диаграммах составы главных фаз располагаются в поле гранитов А-типа или вблизи границы полей гранитоидов вулканических дуг и внутриплитных, что характерно для постколлизиионных гранитов. Возраст их формирования - 1855-1871 млн. лет [6].

1.6. Слабо - и низкометаморфизованные комплексы в эпикратонных протоорогенных прогибах - Урикско-Ийский и Елашский [7]. Нижнепротерозойские отложения образуют Урикско-

Ийский грабен, а верхнепротерозойские (рифейские) — Присаянский краевой прогиб Сибирской платформы. Доминируют терригенные породы, с незначительной долей метавулканитов. Степень метаморфизма редко достигает эпидот-амфиболитовой фации.

1.7. Метаморфические и метасоматические комплексы в зонах разлома приурочены к ТТГ, ПрГГО, ВСГГО, эпикратонным протоорогенным прогибам, посткинематическим гранитоидам [5]. По возрасту выделяют архейские, ранне- и позднепротерозойские, ранне-, средне-, позднепалеозойские, мезозойские и кайнозойские образования. Зоны глубинных разломов характеризуются условиями петрогенезиса в условиях от гранулитовой фации повышенных давлений до зеленосланцевой. Относительно субстрата преобразования могли носить прогрессивную [повышение  $T$  и (или)  $P$ ] или регрессивную (понижение  $T$  и (или)  $P$ ) направленность. Различия в парагенезисах обусловлены глубиной их формирования [5].

2. Выделенные структурно-вещественные комплексы могут рассматриваться как минерагенические зоны Присаянского краевого выступа.

2.1. ТТГ комплекс. Сейчас большинство исследователей считает, что в регионе нет месторождений генетически связанных с ТТГ, хотя в мире месторождения золота и редкометальные пегматиты приурочены или к ТТГ структурам [7], или к зеленокаменным поясам. Восточно-Саянская золоторудная провинция также располагается в пределах ТТГ и зеленокаменных поясов ВСГГО. Так в Гарганской глыбе большая часть проявлений золота отмечаются в ТТГ комплексе. В мире формирование редкометальных пегматитов связывают с архейскими (2,4-2,6 млрд. лет) или нижнепротерозойскими (1,7-2,0 млрд. лет) анорогенными посткинематическими гранитоидами, приуроченными к древнейшим ТТГ и зеленокаменным поясам [7]. В Восточно-Сибирской редкометальной пегматитовой провинции нижнепротерозойские пегматиты обнаружены только в Таргазском ЗП и Урикско-Ийском эпикратонном прогибе и пока неизвестны в ТТГ.

2.2. Прибайкальской гранулит-гнейсовой области - присуща металлогеническая специализация на железо, силлиманит, дистен, мусковит, никель, графит, флогопит, кианит, мусковит, Mn, Au, Ag, есть находки и перспективы обнаружения промышленной минерализации со шпинелью красных, розовых и синих цветов, рубина, сапфира. В строении месторождений участвуют породы метаморфического, ультраметаморфического этапов [5]. Имеются промышленные залежи железистых кварцитов в шарыжалгайской серии Иркутского блока и силлиманита в Китойской серии Китойского блока. Они соответственно представляют метаморфизованные вулканогенно-осадочные образования и латеритные коры выветривания. На ультраметаморфическом и постультраметаморфическом этапе происходит ухудшение качества руд. Кианитовые и мусковитовые месторождения отмечены и эксплуатировались в Бирюсинском блоке. В последнем обнаружено 14 пегматитовых полей и огромное количество единичных жил: 1) магматических инъекционных двуполевошпатовых 2) метаморфических плагиоклазовых; 3) послемагматических пегматитоподобных. Месторождения и проявления графита присущи китойской серии и шарыжалгайской сериям и представлены секущими телами равномерно и неравномерно распределенной вкрапленности графита (10-80%) с сульфидами, с которыми и связаны повышенные промышленные содержания Sn, Zn, Pb, Mo, Ag, иногда Au. Марганцевая минерализация отмечается в мраморах китойской свиты.

2.3. Восточно-Саянская гранит-зеленокаменная область специализирована на магnezит, железистые кварциты, никель, платиноиды, золото, титан-железо-ванадиевое оруденение в габброидах и редкометальное в пегматитах. К зеленокаменным поясам приурочены месторождения талька и офиокальцита, но они, строго говоря, относятся к наложенным образованиям зон разломов. Регион крупнейшая в мире провинция развития магnezита, где в камчадальской свите Онотского ЗП Китойского блока разведаны и изучены Савинское и Онотское магnezитовые месторождения. Железистые кварциты группируются в две группы месторождений - Таежно-Ерминскую в Булунском блоке и Онотскую в Китойском. Они представлены магнетитовыми и гематит-магнетитовыми рудами, метаморфизованными в условиях от амфиболитовой до зеленосланцевой фации в различной степени преобразованными, особенно в Таежно-Ерминской группе. Но для всех месторождений их первичная вулканогенно-осадочная природа несомненна. Месторождения титана отмечаются в габброидах Малотагульского месторождения в Тагульского (Бирюсинского) ЗП Бирюсинского блока. Руды являются комплексными - железо-титан-ванадиевыми. Никель и плати-

ноиды (золото, медь) известны в расслоенных метагипербазитах и метагабброидах Орингол-Арбанской металлогенической зоны Восточно-Саянской провинции, которые залегают в шарыжалгайской и китойской сериях ПрГГО, в Онотском, Таргазойском, Бирюсинском зеленокаменных поясах. Золото - отмечается в основном россыпях. Повышенные его содержания известны во многих типах пород, главным образом глиноземистых и терригенных, в меньшей степени амфиболитах и даже в мраморах. Золотом обогащены хлорит-и серитсодержащие метасоматиты с пиритом, развитые по алюмосиликатным породам в зонах глубинных разломов [5].

2.4. Посткинематические гранитоиды пользуются широким распространением в пределах распространения ТТГ комплексов, всех серий ПрГГО, зеленокаменных поясов ВСГЗО, в эпикратонных протоорогенных Урикско-Ийском и Елашском прогибах. В регионе с ними традиционно связывается редкометальное (Ta, Nb, Sn, Be, Li, Cs, Pb, Zn, Cu, W, Mo, REE) оруденение по всей площади в пегматитах, грейзенах, скарнах, гидротермальных жилах, апоалюмосиликатных метасоматитах.

2.5. Низкотемпературные комплексы в эпикратонных протоорогенных прогибах Урикско-Ийском и Елашском содержат месторождения и проявления редкометалльных пегматитов (Ta, Nb, Li, Cs, Be, Sn), Au, Mn, Hg, полиметаллов (Pb, Zn). Редкометалльные пегматиты и карбонатиты образуют одну из крупнейших в стране редкометалльную провинцию Nb, Ta, Li, Be, Cs. Пегматиты приурочены к Восточно-Саянскому пегматитовому поясу - одному из крупнейших в мире [7] и в основном наблюдаются в пределах Урикско-Ийского и Елашского прогибов, но отдельные жилы известны в зеленокаменных поясах ВСГГО. Отмечается их пространственная совмещенность с посткинематическими гранитами саянского, шумихинского и игнокского комплексов. Проявления и месторождения марганца отмечаны в Присаянской (Восточно-Саянской) металлогенической зоне - три рудоносных поля, приуроченных к карбонатно-терригенным породам карагасской свиты. Ртуть в Восточно-Саянском ртутном поясе обнаружена в 4 участках, локализованных вблизи зон глубинных разломов в пределах древних структур.

2.6. Метаморфические и метасоматические комплексы в зонах разлома развиты по разному субстрату. По ТТГ образуются средне и низкотемпературные метасоматиты с сульфидами (пирит, пирротин, молибденит, галенит, сфалерит, киноварь и др.), или с окислами и силикатами (тантало-ниобаты, циркон, монацит, ортит, касситерит, рутил и др.), альбититы с урановой минерализацией. В шарыжалгайском, китойском и бирюсинском комплексах ПрГГО возникают метасоматиты разных Р-Т режимов, иногда с аномально высокими содержаниями LREE, Ta, Nb, Zr, Sn, Mo, Zn, Pb, Be, U. В Онотском поясе ВСГЗО в зонах разлома по магнетитам и скарнам развиваются талькиты, а по доломитовым мраморам – офиокальциты, офит, серпентин-асбест. По сланцам, гранитоидам, мигматитам формируются метасоматиты с кобальтпиритовой (обогащенные Ag, Au, Ni) и сульфидной минерализацией (Fe, Cu, Zn, Pb). В магнетитах и скарнах известны кварц-доломитовые жилы с пьезооптическим кварцем. Посткинематические гранитоиды, относимые к саянскому, шумихинскому, игнокскому комплексам подвергаются преобразованиям в зонах глубинных разломов с образованием среднетемпературных микроклиновых и низкотемпературных альбитовых, хлоритовых, серицитовых метасоматитов, обогащенных до промышленных значений LREE, Ta, Nb, Sn, Be, W, U, Mo. Примером такого месторождения является Зашихинское редкометальное циркон-колумбитовых руд месторождение в щелочных полевошпатовых метасоматитах. В Урикском и Елашском прогибах в зонах разлома отмечаются низкотемпературные метасоматиты с редкометальной (Ta, Nb, Cs, LREE, U), полиметаллической, золотой, ртутной минерализацией.

Приведенная минерагеническая типизация базируется на выделении структурно-вещественных комплексов в Присаянском краевом выступе фундамента Сибирской платформы и обобщает всю совокупность имеющихся современных петролого-геохимических, изотопно-геохронологических, минерагенических данных. Каждый из выделенных структурно-вещественных комплексов характеризуется своей специализацией, обусловленной сочетанием факторов, необходимых для формирования в них определенного оруденения. Это позволяет создать основы научного обоснования поиска и оценки месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых, включая обнаружение их новых типов, в условиях горно-таежной и горной местности Восточного Саяна и Прибайкалья.

*Исследования выполнены при поддержке РФФИ (проекты 09-05-00563 и 08-05-00322)*

*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](mailto: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-