

Можно заключить, что орогеническая обстановка была благоприятной для «выдавливания» сульфидов из промежуточных камер и формирования богатых сульфидами интрузивов.

Примечательно, что среди многочисленных интрузивов комплекса Кабанга-Мусонгати рудоносным является только один. В рудном поле Хунчилин рудоносны только два из девяти интрузивов. В Зайсан-Гобийского складчатом поясе процент рудоносных массивов вообще ничтожен. По-видимому, если сульфидная жидкость и существовала на глубине, она «выдавливалась» не во все интрузивы. Если какие-то базит-ультрабазитовые интрузивы данного орогенического пояса оказываются пустыми, это не означает, что другие сходные интрузивы тоже будут безрудными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глозов А.И., Кривенко А.П., Поляков Г.В., Уварова Е.А. Петрология сульфидного медно-никелевого месторождения Колотонк (Северо-Западный Китай) // Геология и геофизика. 2002. Т. 43. № 11. С. 990-1001.
2. Конников Э.Г., Янь Хунцуйань, Си Айхуа, Дэю Сун. Сульфидные никелевые месторождения рудного поля Хунчилин (провинция Цзилинь, Китай) // Геология рудных месторождений. 2004. Т. 46, № 1. С. 346-354.
3. Налдретт А. Дж. Магматические сульфидные месторождения медно-никелевых и платинометаллических руд. СПб: Изд. СПбГУ, 2003. 487 с.
4. Поляков Г.В., Кривенко А.П., Изох А.Э., Глозов А.И. Медь-никеленосная пикрит-долеритовая формация Зайсано-Гобийской складчатой зоны // Доклады РАН. 1994. Т. 336, № 2. С. 229-233.
5. Evans D.M., Vyemelwa L., Gilligan J. Variability of magmatic sulphide compositions at the Kabanga nickel prospect, Tanzania // Journal of African Earth Sciences. 1999. V. 29. № 2. P. 329-351.
6. Ortega L., Lunar R., Garcia-Palomero F., et al. The Aguaglanca Ni-Cu-PGE deposit, Southwestern Iberia: magmatic ore-forming processes and retrograde evolution // Canadian Mineralogist. 2004. V. 42. P. 325-350.
7. Zhou M.F., Yang Z.X., Song X.Y., et al. Magmatic Ni-Cu-(PGE) sulfide deposits in China // Cabri L.J. (ed.). The geology geochemistry mineralogy and mineral beneficiation of the platinum-group elements. Can. Inst. Min. Metall. Petrol. Spec. V. 54. 2002. P. 619-636.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ АССОЦИАЦИЙ ПОРОД МАФИТ-УЛЬТРАМАФИТОВОГО ПОЯСА ПОЛЯРНОГО УРАЛА

Федотова А.А.*, Хаин Е.В.*, Ремизов Д.Н., Некрасов Г.Е.*, Разумовский А.А.***

**Геологический институт РАН, Москва, Россия*

e-mail: fedotova@ginras.ru

***Всероссийский научно-исследовательский геологический институт, Санкт-Петербург, Россия*

e-mail: dmitry_remizov@vsegei.ru

THE SUCCESSION OF MAGMATIC EVENTS RESULTED IN THE CRYSTALLIZATION OF ROCK ASSOCIATIONS IN THE POLAR URAL'S MAFIC-ULTRAMAFIC BELT

Fedotova A.A.*, Khain E.V.*, Remizov D.N., Nekrasov G.E.*, Razumovsky A.A.***

**Geological Institute RAS, Moscow, Russia*

e-mail: fedotova@ginras.ru

***All-Russian Geological Research Institute, Saint-Petersburg, Russia*

e-mail: dmitry_remizov@vsegei.ru

According to the previously published and new geological and geochronological data the succession of geological events reflected in the Polar Ural's mafic-ultramafic belt evolution was reconstructed. The belt incorporates rock units of different age derived from a variety of geodynamic settings. Well known Syumkeu, Rai-Iz and Voykar-Syn'ya complexes are representing a typical ophiolite rock association. These rocks subjected to low-grade alteration occur as a series of tectonic sheets. Magmatic bodies of fresh gabbro-norites, websterites and olivine gabbro-norites are recognized as a chain of large massifs and small lenses intruded into rocks forming earlier tectonic sheets. The chain is situated

along the eastern boundary of dunites-harzburgites association in the Voikar-Synya massif. Khord'us-Dzela mafic belt occupy an opposite position extending along the western contact of Voikar-Syn'ya massif. U-Pb zircon data prove the Pre-Ordovician age for the ophiolite complex. Previously published and new Sm-Nd data correspond to the Early Devonian age showing a mantle origin for both intrusive association of the eastern part of the mafic-ultramafic belt and the magmatic rocks of the Khord'us complex. The Devonian magmatic event supposed to be a result of slab detachment and decompression melting in an «asthenospheric window» in the suprasubduction tectonic setting.

Мафит-ультрамафитовый пояс Полярного Урала включает массивы Сыумкеу, Рай-Из и Войкаро-Сыньинский с широким развитием пород офиолитовой ассоциации, и отличные от них по составу и степени метаморфизма мафитовые комплексы Хордьюс и Дзелаю (Хулгинский), прилегающие к западной границе Войкаро-Сыньинского массива. Полученные к настоящему времени данные показали, что пояс объединяет породы различного возраста и происхождения, однако последовательность формирования ассоциаций пород оставалась неясной. На основании синтеза ранее опубликованных и новых геологических и изотопно-геохронологических данных нами предпринята попытка составить непротиворечивую модель формирования крупнейшего мафит-ультрамафитового пояса.

Массивы Сыумкеу-Войкарского пояса охарактеризованы рядом геохронологических определений. Sm-Nd методом по породам в целом получена оценка возраста Войкаро-Сыньинского массива 387 ± 34 млн. лет [13], которая с методической точки зрения вызывала большие сомнения, поскольку для датирования были отобраны породы разных частей заведомо тектонически разобранного офиолитового «разреза». В результате изучения габброидов и диабазов массива Сыумкеу Ar-Ar методом получены данные, отвечающие большому интервалу времени от 491 до 419 млн. лет, а для габброидов и пород дайкового комплекса Войкаро-Сыньинского массива – интервалу от 497 до 426 млн. лет [3]. U-Pb исследование цирконов из рудных тел хромитов в дунитах и гарцбургитах показало, что тектономагматическое событие, зафиксированное в строении верхнемантийного комплекса пород Войкаро-Сыньинского массива произошло 585 ± 6 млн. лет назад [7]. Sm-Nd методом по породам и минералам массива Сыумкеу получена оценка возраста 604 ± 39 млн. лет [1]. Для Дзелаюско-Хордьюсской подзоны U-Pb методом по единичным зернам цирконов определен возраст кристаллизации габброидов комплекса Дзелаю, он составляет 578 ± 9 млн. лет [11].

Нами проведены комплексные геологические и изотопно-геохронологические исследования мафитовой части Войкаро-Сыньинского массива, комплексов Хордьюс и Дзелаю. Получены новые данные о геологических соотношениях, U-Pb данные по цирконам из плагиогранитов офиолитовой ассоциации Войкаро-Сыньинского массива [8] и результаты Sm-Nd изотопного исследования габброидов и формирующих их минералов Хордьюсского комплекса.

Войкаро-Сыньинский массив хорошо изучен: расшифрована его внутренняя структура, дана геохимическая характеристика слагающих его пород [2, 12 и др.]. В его строении традиционно выделяются более ранние породы офиолитовой ассоциации и прорывающие их габброиды, вопрос о принадлежности которых к офиолитам остается открытым. Раннюю офиолитовую ассоциацию образуют три комплекса. Дунит-гарцбургитовый комплекс сохранился наиболее полно: он формирует всю водораздельную часть Полярного Урала; породы дунит-верлит-пироксенит-габбрового комплекса хорошо представлены в нескольких пересечениях; подчиненным распространением пользуется ассоциация изотропных габброидов и диабазов, содержащих фрагменты комплекса «дайка в дайке». Эффузивы офиолитовой ассоциации в составе массива не выявлены. Перечисленные породы, большей частью испытавшие низкотемпературные изменения, формируют пакет тектонических чешуй

Состав и объем позднего комплекса трактуется по-разному разными исследователями. По нашим данным он представлен практически свежими габброноритами, в том числе оливинсодержащими, и отдельными телами вебстеритов. Габбронориты формируют крупные чечевицеобразные тела, хорошо выраженные в рельефе восточного склона Полярного Урала. В раздувах тела граничат с дунитами и верлитами, их контакты приближаются к восточной границе поля распространения дунитов и гарцбургитов.

В перемычках, напротив, сохранились наиболее полные «разрезы» ранней офиолитовой ассоциации, включающие габброиды и параллельные дайки. В разрезе по р. Лагортаю внутри дайкового комплекса нами была обнаружена жила (мощностью около 20 см) плагиогранитов, по цирконам из которой был установлен возраст 490 ± 7 млн. лет, рассматриваемый в качестве оценки возраста кристаллизации плагиогранитов офиолитовой ассоциации Войкаро-Сыньинского массива [8].

Вопрос о возрасте габброидов поздней ассоциации оставался открытым. Новые данные по цирконам, выделенным из габброидов поздней ассоциации показали, что возраст кристаллизации этих пород составляет 447 ± 4 млн. лет [6]. Дополнительную информацию для сопоставления с данными по Войкаро-Сыньинскому массиву дали результаты Sm-Nd исследования комплекса Хордьюс.

В составе комплекса Хордьюс в пересечении по р. Пальникшор нами была отобрана проба из небольшого тела гранатсодержащих габброидов, отличающихся от широко распространенных вблизи восточной границы комплекса гранатовых амфиболитов. Установлено, что отличительной чертой этих пород является наличие в них субсолидусного граната (Alm₅₄, Py₂₇, Gross₁₉), формирующего реакционные каймы на границе кумулятивной пары натровый авгит-плагиоклаз, и отсутствие каких-либо существенных признаков деформаций. Температуры кристаллизации граната в центре кайм и на границе гранат-пироксен указывают на формирование его на спаде температур в изобарических условиях, что не позволяет объяснить его происхождение метаморфическим преобразованием кристаллической породы. Полученные результаты сопоставлены с данными по условиям кристаллизации гранатсодержащих габброидов и ультрамафитов в ультрабазит-метагаббро-гранулитовых комплексах Тихоокеанского (Тонзина, Пекульней) [9, 4] и Альпийского (Ивреа) [10]. Сделан вывод о том, что формирование гранатсодержащих габброидов комплекса Хордьюс Полярного Урала связано с кристаллизацией и последующим остыванием базитового расплава в условиях, отвечающих по интервалу давлений нижней части коры континентальной окраины или океанического плато.

Исследование Sm-Nd изотопной системы, проведенное по минералам гранатовых габброидов и породе в целом показало, что время образования магматического минерального парагенезиса является значительно более поздним по отношению к возрасту пород ранней офиолитовой ассоциации Войкаро-Сыньинского массива. Сопоставление этих данных с опубликованными результатами исследования Sm-Nd изотопной системы пород Войкаро-Сыньинского массива [13] дает неожиданные результаты, свидетельствующие о параллельном по времени формировании гранатовых габброидов комплекса Хордьюс и оливиновых пироксенитов, вебстеритов и части гарцбургитов, принадлежащих к поздней ассоциации Войкаро-Сыньинского массива [13] в интервале времени 411 ± 9 млн. лет за счет плавления единого мантийного источника ($\epsilon_{Nd(T)} = 7$).

Определение происхождения и возраста комплексов Хордьюс и Дзелаю, занимающих сходное положение в структуре, приобрело решающее значение для расшифровки геологической истории Полярного Урала после получения данных по условиям формирования габброидов Хордьюсского комплекса. Комплекс Дзелаю, судя по возрасту магматических цирконов, был сформирован в венде [11]; магматический минеральный парагенезис гранатовых габброидов комплекса Хордьюс образован в значительно более позднее время. Таким образом, возник вопрос, можно ли отождествлять ультрамафит-мафитовые ассоциации Хордьюс и Дзелаю на основании их положения в структуре, считая вендским возраст магматизма, а девонским – время повторного проявления тектономагматического события.

Для решения этого вопроса в 2008 году нами были проведены работы в бассейне р. Хоймадю в одном из наиболее широких пересечений комплекса Дзелаю. Выявлена субширотная ориентировка первичной магматической полосчатости, не совпадающая с простиранием наложенной метаморфической полосчатости и общими выдержанными простираниями уральских структур. Для комплекса Хордьюс также отмечалось дискордантное по отношению к общим простираниям пояса внутреннее строение [2]. Эти геологические свидетельства, наряду с приведенными в работе [11] данными о возрасте молодой популяции цирконов, дают предварительные основания для сопоставления комплексов Хордьюс и Дзелаю.

С учетом перечисленных выше фактов может быть предложена следующая модель формирования ассоциаций пород мафит-ультрамафитового пояса Полярного Урала. Наиболее ран-

нее событие в истории формирования пояса, согласно имеющимся данным, отвечает вендскому времени, это формирование ультрамафит-мафитового комплекса Дзелаю. Вероятно в это же время в другой обстановке уже происходили процессы, связанные с формированием коры океанического типа, и завершившиеся не ранее начала ордовика образованием пакета тектонических чешуй, включающих типичные породы офиолитовой ассоциации. Не позднее раннего девона, пакет чешуй был интродуцирован породами магматической ассоциации, включающей дуниты, верлиты и оливинные габбронориты, формирующие обширные плутоны вдоль восточного фланга Войкаро-Сыньинского массива. Вероятно, этому же этапу магматизма, соответствует формирование вдоль западного фланга Войкаро-Сыньинского массива тел гранатовых габброидов, отвечающих более глубинным уровням коры, чем габброиды восточного фланга. Мощная вспышка мантийного магматизма могла быть следствием отрыва (деламинации) субдуцируемого слэба и образования «астеносферного окна» в результате заклинивания зоны субдукции [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурская Л.И., Смелова Л.В. Платинометалльное минералообразование и строение массива Сьум-Кей (Полярный Урал) // Геология рудных месторождений. 2003. Т. 45. № 4. С. 353-371.
2. Ефимов А.А., Ленных В.И., Пучков В.Н. и др. Путеводитель экскурсии «Офиолиты Полярного Урала». Четвертая полевая офиолитовая конференция МПГК. Проект № 39. М.: Наука, 1978. 165 с.
3. Куренков С.А., Диденко А.Н., Симонов В.А. Геодинамика палеоспрединга. М.: ГЕОС, 2002. 294 с.
4. Некрасов Г.Е. Комплексы зоны раздела кора-мантия континентальных и переходных структур и вопросы вертикальной аккреции континентальной литосферы // Вертикальная аккреция земной коры: факторы и механизмы. Отв. ред. М.Г. Леонов. М.: Наука, 2002. С. 237-267.
5. Ремизов Д.Н., Хаин Е.В., Федотова А.А. Концепция астеносферных окон в связи с особенностями строения и магматизма юга Сибири и Полярного Урала // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2004. Т. 2. 69-72.
6. Ремизов Д.Н., Григорьев С.И., Петров С.Ю. и др. Магматизм Малоуральской островной дуги (Полярный Урал) // XV Геологический съезд республики Коми. Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России. (в печати)
7. Савельева Г.Н., Суслов П.В., Ларионов А.Н. Вендские тектоно-магматические события в мантийных комплексах офиолитов Полярного Урала: данные U-Pb датирования циркона из хромититов // Геотектоника. 2007. № 2. С. 23-33.
8. Хаин Е.В., Сальникова Е.Б., Котов А.Б. и др. U-Pb возраст плагиогранитов офиолитовой ассоциации Войкаро-Сыньинского массива (Полярный Урал) // ДАН. 2008. Т. 419. № 4. С. 524-529.
9. DeBari S.M., Coleman R.G. Examination of the deep levels of an island arc evidence from the Tonsina ultramafic-mafic assemblage, Tonsina Alaska // Journ. of Geophys. Res. 1989. V. 94. P. 4373-4391.
10. Pin J.D., Sills J.D. Petrogenesis of layered gabbros and ultramafic rocks from val Sesia the Ivrea zone, NW Italy: trace element and isotope geochemistry // The nature of lower continental crust / J.B. Dawson, D.A. Carswell, J. Hall, K.H. Wedepohl (eds.). Geological Soc. Special. 1986. No 2. P. 231-249.
11. Remizov D., Pease V. The Dzela complex, Polar Urals, Russia: a Neoproterozoic island arc // The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica. Ed. by Gee D.G., Pease V. London: GSL, 2005. V. 30. P. 107-123.
12. Saveliev A.A., Sharaskin A.Ja., D'Orazio M. Plutonic to volcanic rocks of the Voykar ophiolite massif (Polar Urals): structural and geochemical constraints on their origin // Ofioliti. 1999. V. 24. P. 21-30.
13. Sharma M., Wasserburg G.J. et al. High $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ in extremely depleted mantle rocks // EPSL. 1995. V. 135. P. 101-114.