

В. А. Симонов¹, В. В. Масленников²

¹ – *Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск
simonov@jgm.nsc.ru*

² – *Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс*

Геодинамика магматических систем на Валенторском медно-цинково-колчеданном месторождении (Северный Урал)

Валенторское медно-цинково-колчеданное месторождение располагается в северной части Тагило-Сакмарской зоны на Северном Урале. В пределах рудного поля разведаны 15 рудных тел, сложенных прожилково-вкрапленными и, реже, массивными рудами. Все рудные залежи расположены под экраном гематитизированных пород верхней толщи, образуя единый рудный уровень. Массивные разновидности руд образуют пластообразные залежи [Медноколчеданные..., 1988]. Наиболее крупное рудное тело залегает на верхнем уровне под риодацитами. Рудная залежь реконструируется как слаборазрушенный сульфидный холм [Масленников, 2006]. Нижняя часть холма сложена массивным крупнозернистым пиритом с реликтами первичных участков сфалерита. В средней части в ядре тела преобладают богатые халькопирит-пиритовые руды.

Рудные тела месторождения тесно ассоциируют с силурийским риолит-базальтовым комплексом. В разрезе месторождения выделяются три толщи: подушечные базальты, диабазы, гиалокластиты, яшмы и силициты; андезиты и дациты, с телами базальтов и колчеданными залежами; надрудные гематитизированные риодациты [Медноколчеданные..., 1988; Масленников, 2006]. Таким образом, геологические данные свидетельствуют о явной связи риолит-базальтового магматизма и сульфидных руд. В связи с этим представляется интересным выяснение условий магматических систем, действовавших в непосредственной близости и практически одновременно с формированием месторождения.

Полученные ранее данные по составу клинопироксенов и расплавных включений совместно с геологической информацией позволили рассмотреть некоторые особенности палеогеодинамической обстановки образования Валенторского месторождения [Симонов и др., 2009]. В частности, Валенторское и Яман-Касинское (Южный Урал) месторождения относятся к одному рудно-фациальному типу [Масленников, 2006] и поэтому вполне вероятно формировались в близких условиях, которые для Яман-Касинского месторождения соответствуют задуговому бассейну [Симонов и др., 2006]. Таким образом, учитывая то, что данные по включениям свидетельствуют об участии известково-щелочных расплавов, Валенторское месторождение наиболее вероятно формировалось в условиях сложной системы островная дуга – задуговой бассейн, причем последний находился в начальной стадии своего развития [Симонов и др., 2009]. В целом, намечается явная связь формирования Валенторского месторождения с развитием древней зоны субдукции.

Актуальность исследований геодинамических процессов в зонах субдукции с выявлением резервуаров расплавов и с установлением путей движения магм не вызывает сомнений. Именно в этом направлении проводятся многие сейсмотомографические исследования современных субдукционных зон [Кулаков и др., 2016; Добрецов и др., 2017]. Наши работы показали, что с помощью анализа минералов и расплавных включений можно получать информацию о параметрах магматических

очагов в зонах субдукции, хорошо согласующуюся с сейсмическими данными [Добрецов и др., 2016]. В частности, таким способом рассмотрены особенности надсубдукционных магматических камер на примере островодужной системы Камчатки [Добрецов и др., 2016; 2017]. Данный подход приобретает особое значение при исследовании древних зон субдукции, когда невозможно применить сейсмические методы. В этом случае изучение минералов и расплавных включений позволяет не только рассматривать особенности формирования и развития промежуточных магматических камер, но и реконструировать физико-химические параметры палеогеодинамических процессов.

Предлагаемый методический подход на основе данных по минералам и включениям использован нами ранее при выяснении геодинамических условий развития древних субдукционных магматических систем на примере палеосубдукционных структур Горного Алтая, Северо-Востока Казахстана и Кузнецкого Алатау [Симонов и др., 2017]. Эти объекты отражают последовательное развитие субдукционных зон от примитивной островной дуги с бонинитами (Курайские офиолиты, Горный Алтай) через развитую островную дугу (Чарская зона, Казахстан) к расколу островной дуги и к началу формирования задугового бассейна (офиолиты Кузнецкого Алатау) [Добрецов и др., 2005; Симонов и др., 2010]. Расчетное моделирование параметров глубинных исходных расплавов по составу расплавных включений [Schilling et al., 1995] показало закономерное повышение уровня магмогенерации с падением температуры при последовательном формировании вулканических комплексов Курайских офиолитов (65–105 км, 1410–1590 °С [Добрецов и др., 2005]), Чарской зоны (50–95 км, 1350–1530 °С [Симонов и др., 2010]) и офиолитов Кузнецкого Алатау (33–57 км, 1280–1380 °С). Необходимо подчеркнуть, что условия генерации первичных расплавов древних (Горный Алтай) и современных (Идзу-Бонинская дуга, Тихий океан) бонинитов фактически совпадают [Добрецов и др., 2005]. Первичные бонинитовые расплавы формируются при плавлении неистощенной водосодержащей надсубдукционной мантии на начальной стадии субдукционных процессов при температурах 1400–1600 °С и на глубинах 65–90 км под воздействием потоков водных флюидов, выделяющихся из зоны субдукции [Добрецов и др., 2005]. Расчеты также показали, что параметры формирования исходных магм для даек из офиолитов Кузнецкого Алатау практически идентичны данным по магматизму бассейна Вудларк (Тихий океан) [Симонов и др., 2017].

Подобное расчетное моделирование параметров формирования глубинных расплавов по методике [Schilling et al., 1995] по составу расплавных включений в клинопироксенах из базальтов Валенторского месторождения показало закономерное повышение уровня магмогенерации с падением температуры (110–115 км, 1580–1600 °С → 100–105 км, 1530–1560 °С → 80–90 км, 1460–1500 °С → 60–75 км, 1380–1445 °С), отражающееся в развитии палеогеодинамической ситуации: островная дуга → задуговой бассейн.

Как показали исследования современных и древних зон субдукции, подъем глубинных первичных расплавов сопровождается формированием ряда промежуточных надсубдукционных магматических камер [Кулаков и др., 2016; Добрецов и др., 2016; 2017; Симонов и др., 2016; 2017]. С целью выяснения роли промежуточных камер при формировании магматических комплексов Валенторского месторождения нами использованы результаты экспериментов с расплавными включениями и оригинальные данные по составу включений и минералов. Для оценки давления в магма-

тических камерах применялся сравнительный анализ экспериментальных температур гомогенизации включений и расчетных ликвидусных температур, полученных на основе состава включений по программе PETROLOG [Danyushevsky, Plechov, 2011] при разных давлениях. В качестве наиболее вероятных давлений принимались значения, при которых расчетные температуры были максимально близки к экспериментальным температурам гомогенизации. Дополнительная информация о параметрах кристаллизации получена при использовании минеральных термометров и барометров (на основе состава клинопироксенов), протестированных с помощью данных по расплавленным включениям.

На основе расчетов установлено, что клинопироксены базальтов Валенторского месторождения начали образовываться на тех же глубинах (~25 км), что и пироксены из эффузивов Идзу-Бонинской островной дуги. Основная камера, где происходила кристаллизация большей части пироксенов при температурах 1170–1130 °С, находилась на глубинах 20–12 км. Использование состава пироксенов показало, что на высоких горизонтах (10–3 км) они могли кристаллизоваться в более широком диапазоне температур от 1185 до 1090 °С (рис.).

Таким образом, исследования клинопироксенов базальтовых порфиритов и расплавленных включений из них позволили выяснить особенности геодинамического развития магматических систем Валенторского колчеданного месторождения. Установлено закономерное повышение уровня и падение температур генерации первичных

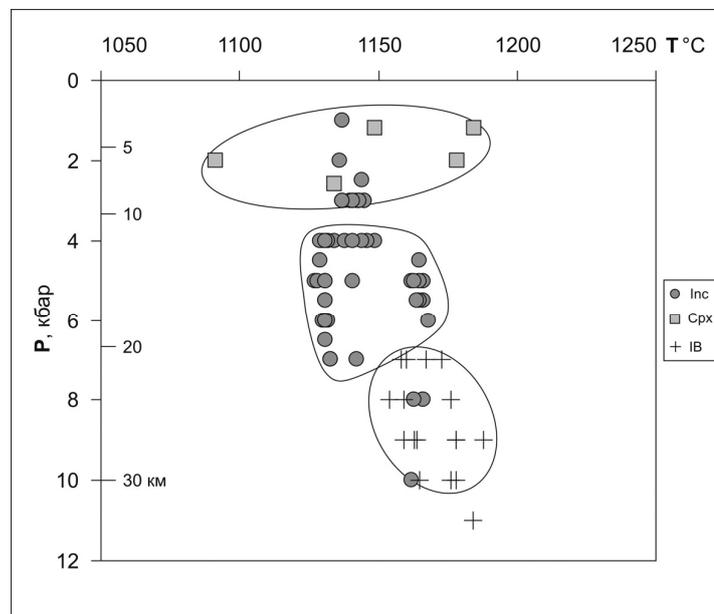


Рис. Условия кристаллизации клинопироксенов из базальтовых порфиритов Валенторского колчеданного месторождения.

Данные по: Inc – расплавленным включениям в клинопироксене; Cpx – составу клинопироксена; IB – составу включений в клинопироксене из бонинитов Идзу-Бонинской дуги, Тихий океан. Рисунок построен на основе оригинальных данных с использованием материалов [Симонов и др., 1994].

расплавов в древней надсубдукционной зоне, связанные с развитием палеогеодинамической ситуации: островная дуга → задуговой бассейн. Выяснено наличие двух промежуточных магматических камер, в которых кристаллизовались клинопироксены базальтовых порфиритов из поднимающихся глубинных исходных расплавов.

Работа выполнена при поддержке государственного задания ИГМ СО РАН (Проект № 0330-2016-0014) и проекта совместных исследований СО РАН и УрО РАН.

Литература

Добрецов Н. Л., Симонов В. А., Буслов М. М., Котляров А. В. Магматизм и геодинамика Палеоазиатского океана на венд-кембрийском этапе его развития // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. № 9. С. 962–967.

Добрецов Н. Л., Симонов В. А., Котляров А. В., Кулаков Р. Ю., Карманов Н. С. Физико-химические параметры кристаллизации расплавов в промежуточных надсубдукционных камерах (на примере вулканов Толбачинский и Ичинский, Камчатка) // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 7. С. 1265–1291.

Добрецов Н. Л., Симонов В. А., Кулаков И. Ю., Котляров А. В. Проблемы фильтрации флюидов и расплавов в зонах субдукции и общие вопросы теплофизического моделирования в геологии // Геология и геофизика. 2017. Т. 58. № 5. С. 701–722.

Кулаков И. Ю., Кукарина Е. В., Гордеев Е. И., Чебров В. Н., Верниковский В. А. Магматические источники в мантийном клине под вулканами Ключевской группы и Кизимен (Камчатка) по данным сейсмической томографии // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 1. С. 109–124.

Масленников В. В. Литогенез и колчеданообразование. Миасс: ИМин УрО РАН, 2006. 384 с.

Медноколчеданные месторождения Урала: Геологическое строение. Свердловск: УрО АН СССР, 1988. 241 с.

Симонов В. А., Добрецов Н. Л., Буслов М. М. Бонинитовые серии в структурах Палеоазиатского океана // Геология и геофизика. 1994. Т. 35. № 7–8. С. 182–199.

Симонов В. А., Ковязин С. В., Масленников В. В. Физико-химические параметры магматических систем на Валенторском колчеданном месторождении (Северный Урал) // Металлогения древних и современных океанов–2009. Модели рудообразования и оценка месторождений. Миасс: ИМин УрО РАН, 2009. С. 184–186.

Симонов В. А., Ковязин С. В., Тереня Е. О., Масленников В. В., Зайков В. В., Масленникова С. П. Физико-химические параметры магматических и гидротермальных процессов на колчеданном месторождении Яман-Касы, Южный Урал // Геология рудных месторождений. 2006. Т. 48. № 5. С. 423–438.

Симонов В. А., Котляров А. В., Сафонова И. Ю. Геодинамика магматических систем в древних зонах субдукции // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Вып. 15. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2017. С. 246–248.

Симонов В. А., Котляров А. В., Ступаков С. И. Условия формирования бонинитов в палеоостроводужных комплексах Горного Алтая // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Вып. 14. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2016. С. 265–267.

Симонов В. А., Сафонова И. Ю., Ковязин С. В. Петрогенезис островодужных комплексов Чарской зоны, Восточный Казахстан // Петрология. 2010. Т. 18. № 6. С. 59–72.

Danyushevsky L. V., Plechov P. Yu. Petrolog 3: Integrated software for modeling crystallization processes // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 2011. Vol. 12. № 7. Q07021, doi: 10.1029/2011GC003516.

Schilling J.-G., Ruppel C., Davis A. N., McCully B., Tighe S. A., Kingsley R. H., Lin J. Thermal structure of the mantle beneath the equatorial Mid-Atlantic Ridge: Influences from the spatial variation of dredged basalt glass compositions // Journal of Geophysical Research. 1995. Vol. 100. № B7. P. 10057–10076.

С. Е. Знаменский
Институт геологии УФИЦ РАН, г. Уфа
Znamensky_Sergey@mail.ru

Условия формирования золото-порфировых проявлений зоны Главного Уральского разлома на Южном Урале

В зоне Главного Уральского разлома (ГУР) установлено оруденение нетрадиционного для Южного Урала золото-порфирового типа. По нашим данным к этому типу относятся Николаевское и Большекаранское месторождения, расположенные в разломной зоне на севере Учалинского рудного района. Изучение условий формирования золото-порфирового оруденения, приобретающего в последние годы на Урале все возрастающее экономическое значение, представляется весьма актуальной задачей. Наши геохимические и структурные исследования Николаевского и Большекаранского месторождений позволили выяснить петролого-геохимические особенности, формационную и сериальную принадлежность рудовмещающих магматических пород и геодинамические обстановки их формирования. На месторождении Большой Каран изучен структурный контроль золото-порфировой минерализации.

Николаевское месторождение приурочено к тектоническому блоку, сложенному породами островодужной вулкано-интрузивной ассоциации [Знаменский, Знаменская, 2017]. Вулканогенные члены этой ассоциации представлены плагиофировыми и пироксен-плагиофировыми базальтами, гиалокластитами, туфами и тефроидами основного состава, а интрузивная часть – в основном, силлами габбро и многочисленными дайками плагиофировых долерит-порфиритов и габбро-диорит-порфиритов. Размещение прожилковой сульфидно-карбонатно-кварцевой минерализации, сопровождающейся обширными ореолами пропилитизации, контролируется дайками порфировых пород. Иногда в дайках проявлены маломощные зоны серицит-, реже биотит-кварцевых метасоматитов. Среди вулканогенных комплексов, фаунистически датированных в зоне ГУР в пределах Учалинского рудного района, по петрохимическим и геохимическим параметрам породы продуктивной ассоциации наиболее близки к вулканитам баймак-бурибаевской свиты (D_{1ems2}) и рассматриваются нами в качестве их возрастного аналога. Долерит-порфириты и габбро-диорит-порфириты месторождения относятся к нормальному ряду и, в отличие от большинства островодужных интрузий порфировых месторождений Южного Урала, принадлежащих к известково-щелочной серии, имеют толеитовый и переходный от толеитового к известково-щелочному состав. К числу их геохимических особенностей относятся также повышенные содержания Ti, что, по-видимому, обусловлено особенностями геодинамической обстановки формирования вулкано-интрузивного комплекса. По геохимическим данным наиболее обоснованной представляется геодинамическая позиция Николаевского золото-порфирового месторождения в зоне