

О результатах разработки моделей рудно-магматических систем девонских колчеданосных вулканических комплексов Магнитогорской островодужной мегазоны, Южный Урал

По результатам исследования колчеданосных комплексов Магнитогорской мегазоны и интерпретации материалов с позиций тектоники плит нами [Косарев и др., 2014а; Серавкин и др., 2017] выделено шесть геодинамических типов колчеданных месторождений и вмещающих их колчеданосных комплексов.

1. *Ивановский тип*, который формировался в пределах Вознесенско-Присакмарской зоны (зоны Главного Уральского разлома (ГУР)) в раннем девоне на островодужном склоне глубоководного желоба, в области накопления эдафогенных серпентинитокластовых брекчий и проявлений толеит-бонинит-риодацитового вулканизма, наиболее детально изученных на Ишкининском, Ивановском и Дергамышском рудных полях [Jonas, 2004; Зайков и др., 2009]. Толща эдафогенных брекчий серпентинитов иногда имеет стратиграфический контакт с массивными серпентинизированными ультрабазитами и часто сочетается с вмещающими брекчиями габброидов, диоритов и кремнисто-обломочных пород, также принадлежащих к генетическому типу эдафогенных брекчий. Иногда брекчии переходят в конглобрекчии, гравелиты и песчаники. По простиранию вдоль зоны ГУР толща эдафогенных брекчий прослежена нами более чем на 400 км от западной окраины г. Орска и Ишкининского рудного поля до южной окраины д. Вознесенка в Учалинском рудном районе и далее на север. На рудных полях с Со-Си колчеданным оруденением формируются массивные руды. С юга на север масштаб вулканизма и рудообразования уменьшается, исчезают кислые породы. В Учалинском районе колчеданные руды ассоциируют с более ранним (?) Au-Cu порфировым оруденением с возрастом ранних габбро-диоритовых интрузий 418–412 млн лет по цирконовому и Sm-Nd методам [Косарев и др., 2014б].

2. *Модель фронтальной надсубдукционной зоны ($D_1e_2^1$)*, включающей бурибайский вулканический комплекс позднеэмского возраста с Бурибайским (средним) и Юбилейным (крупным) колчеданными месторождениями (Cu>Zn) и верхнетаналыкский комплекс также позднеэмского возраста, перекрывающий бурибайский и слагающий Тубинско-Гайский колчеданосный пояс, включающий Баймакский рудный район, Мокан-Октябрьское и Гайское рудные поля. В Баймакском районе, где проявилось оруденение золото-колчеданно-полиметаллического типа, характерно обилие полифациальных кислых пород. В Мокан-Октябрьском и Гайском районах руды имеют состав Cu>Zn, в глубинном разрезе повышены мощности базитовой коры, коромантийного слоя, минимален «гранитный» слой. В Баймакском рудном районе разрез колчеданосной формации сложен вулканитами базальт-андезит-риодацитового состава известково-щелочной магнезиальной серии. На Мокан-Октябрьском и Гайском рудных полях последовательно нарастают объемы толеитовых островодужных магнезиальных базальтов [Никешин, 1986]. Таким образом, составы и объемы вулканических пород коррелируют с составом руд колчеданных месторождений и глубинным строением.

3. *Модель развитой надсубдукционной зоны ($D_2ef_1 ir_{1-4}$)* разработана на материалах по Подольскому колчеданному рудному полю на площади Южно-Ирендыкской подзоны. На Подольском рудном поле расположены Подольское крупное (Cu>Zn), Северо-Подольское среднее (Cu>Zn), Восточно-Подольское среднее барит-полиметаллическое месторождения и ряд

рудопроявлений с оруденением серноколчеданного типа, $\text{Cu} > \text{Zn}$ и $\text{Zn} > \text{Cu}$. На рудном поле в пределах Подольского вулкана присутствуют гибридные кварцсодержащие андезиты и андезибазальты и кислые породы, слагающие экстрезивные купола и толщи ($ir_{1,3}$), надрудные островодужные толеитовые базальты.

Анализ имеющихся материалов позволяет сделать вывод, что начальные этапы рудоотложения имели серноколчеданную и медную специфику, эволюционировавшую в медноцинковую минерализацию; позднее оруденение в кислых породах обладает цинковой специализацией, что свидетельствует об автономности источников с $\text{Cu} > \text{Zn}$ и цинковой ($\text{Zn} \gg \text{Cu}$) минерализацией. Первая из них связана с зонами магмообразования мантийного клина, вторая могла получить автономный статус в зоне выплавления кислых магм из амфиболизированных базитов нижней коры [Ходоревская, 2017].

4. *Модель тыловой надсубдукционной зоны.* В Западно-Магнитогорской зоне (ЗМЗ) фрагмент рудно-магматической системы представлен Восточно-Подольским рудным полем, где развита трахидацитовая пятая толща ирендыкской свиты (ir_5) с Восточно-Подольским барит-полиметаллическим месторождением. В Восточно-Магнитогорской зоне (ВМЗ) в состав тыловой островной дуги входят рудные поля барит-полиметаллических месторождений Джусинского и Барсучий Лог.

Восточно-Подольское месторождение (ЗМЗ) располагается в 6 км к северо-востоку от Подольского колчеданного месторождения ($\text{Cu} > \text{Zn}$) в пределах Кизило-Уртазымской зоны. Ирендыкская и Кизило-Уртазымская зоны отделены друг от друга Султангузинским разломом крутого восточного падения (скв. П-12), который фиксируется мощной зоной серицит-кварцевых метасоматитов и представляет собой фрагмент Восточно-Ирендыкского разлома. Барит-полиметаллические месторождения Восточно-Подольское, Джусинское и Барсучий Лог по составу руд близки колчеданным месторождениям Рудного Алтая. Тыловая островная дуга в современных островодужных системах смещена по отношению к фронтальной дуге в сторону падения зоны субдукции. Исследователи островных дуг считают, что существуют два уровня дегидратации водосодержащих минералов в погружающейся субдукционной плите [Авдейко и др., 2006]. В тыловой зоне, где субдукционная плита достигает глубин 150–200 км, дегидратации подвергаются клинохлор, тальк, форстерит, серпентин, и происходит процесс эклогитизации базитов, в связи с чем возрастает плотность пород субдукционной плиты. На глубинных разрезах, на границе развитой и тыловой островных дуг, по данным томографии, наблюдаются излом плиты и дальнейшее более крутое погружение ее в мантию. В нашем случае Султангузинский разлом может быть одной из ветвей разрывного нарушения, связанного генетически с изломом субдукционной плиты. Если это так, то внутридуговая спрединговая карамалыташская зона заложилась не случайно, а возможно, в связи с изломом, а затем с разрывом субдукционной плиты. В северной части Джусинско-Зингейской зоны ВМЗ получил развитие разновозрастный с джусинским комплексом нижнезингейский комплекс (безрудный) известково-щелочной серии, сходный по составу с вулканитами Северо-Ирендыкской подзоны. Глубокое погружение субдукционной плиты и эклогитизация слагающих ее пород создают условия для разрушения решеток темноцветных и рудных минералов и для подвижного поведения Zn, Pb и Ba, определяющих тип оруденения.

5. *Домбаровский задуговой бассейн* образовался в тыловой зоне фронтальной дуги в раннедевонское (раннеэмское) время. Вулканогенные породы, развитые в этом бассейне, представлены двумя комплексами. Джаилганский комплекс высокотитанистых трахибазальтов входит в состав тюлькубайской толщи и протягивается на север около 100 км до пос. Третьяковского в верховьях р. Гумбейки. Этот комплекс датируется ранним эмсом. Киёмбаевский комплекс субокеанических толеитовых базальтов вмещает рудные тела средних колчеданных месторождений (Летнего, Осеннего), датирован поздним эмсом (D_{1e}) по конодонтам из пере-

крывающих яшмоидов. Базальты киембаевского комплекса близки N-MORB [Вулканизм..., 1992]. От океанических базальтов срединно-океанических хребтов они отличаются повышенными концентрациями элементов КИР, пониженными – ВЗЭ (Nb, Zr) и более низкими значениями отношений Ni/Co. Совокупность геохимических материалов позволяет классифицировать базальты киембаевского комплекса как толеитовые, близкие к N-MORB, обладающие островодужным уклоном. Последнее связано с участием в петрогенезе субдукционных флюидов, обогащенных элементами КИР. В рудах Домбаровских месторождений установлены повышенные концентрации Ni и Co.

6. *Карамалыташско-Шуулдакская зона* внутридугового спрединга возникла в результате расщепления Ирендыкско-Джусинской островной дуги в позднеэйфельское время. Эта зона прослеживается от района г. Карабаш на севере до урочища Шуулдак в Мугоджарах на юге (всего около 700 км). Карамалыташский комплекс и его аналоги представлены разрезами трех главных типов: 1 – базальт-риолитовым, продуктивным на колчеданное оруденение ($Zn > Cu$), 2 – базальт-андезит-риолитовым, характерным для вмещающих оруденение с полиметаллическим уклоном, и 3 – базальтовым безрудным.

В колчеданосных комплексах (Сибай–Учалы) преобладают подушечные базальты островодужной толеитовой серии. На рудных полях эти базальты представлены нормально-щелочными натриевыми низко-титанистыми, умеренно-магнезиальными разновидностями, по соотношениям FeO_{tot} с MgO в них обнаруживается тренд накопления железа, характерный для толеитовых петрогенетических серий. Полиметаллический уклон в колчеданных рудах обнаружен на месторождениях Верхнеуральского и Александринского рудных районов. Колчеданосные комплексы названных районов в рамках надсубдукционной системы занимают тыловодужные позиции, заметно различающиеся между собой. В Александринском рудном районе колчеданное оруденение (Cu-Zn-Pb) завершает первый цикл вулканизма, базальты – андезиты – риодациты. В разрезах подрудных толщ присутствуют также умеренно-щелочные базальты, количество которых возрастает в восточных разрезах (Фестивальный участок) в направлении погружения субдукционной плиты.

В Верхнеуральском рудном районе стратиграфический уровень колчеданного оруденения более высокий ($km_4-ul_1^1$), чем на Учалинском (km_2) и Александринском рудных полях. Кроме того, в Верхнеуральском рудном районе омоложение стратиграфического уровня колчеданного оруденения произошло в направлении с юго-востока (Молодежное месторождение) на северо-запад (Узельгинское, Западно-Озерное месторождения). Сложившуюся геодинамическую обстановку мы связываем с «откатом» субдукционной плиты в направлении, обратном по отношению к главному погружению зоны субдукции в Магнитогорской зоне [Косарев и др., 2006].

В безрудных зонах наблюдается уменьшение мощностей карамалыташской свиты вплоть до исчезновения эффузивных базальтов и полного замещения вулканогенного разреза на вулканогенно-осадочный (яшмы ярлыкаповской свиты). Базальты безрудных зон представлены двумя типами: 1) умеренно-титанистыми (TiO_2 1.2–2.8 мас. %) умеренно-щелочными и толеитовыми (Юлдашевская зона) и 2) низко-титанистыми умеренно-щелочными со слегка повышенным TiO_2 (0.6–0.9 мас. %) и повышенными концентрациями элементов КИР (Савельевско-Калиновская зона).

Таким образом, материалы по геодинамическим реконструкциям (с учетом наличия в Магнитогорской мегазоне субширотных «цепочек» надсубдукционных вулканических комплексов и колчеданных месторождений), а также сведения о глубинном строении региона позволяют сделать вывод о контроле вулканизма и оруденения рудно-магматической системой (РМС) с погружающейся на восток субдукционной плитой. Эта РМС продуцировала субдукционные флюиды, способствовала образованию магматических очагов и формированию

поднимающегося к поверхности морского дна мантийного диапира и, в конечном счете, образованию вулканических сооружений и отложению колчеданных руд.

Работа выполнена в соответствии с госзаданием № 0246-2019-0078 «Геодинамика и металлогения меди и золота зоны Главного Уральского разлома на Южном Урале».

Литература

Авдейко Г.П., Палуева А.А., Хлебородова О.А. Геодинамические условия вулканизма и магнообразования Курило-Камчатской островодужной системы // *Петрология*. 2006. Т. 14. № 3. С. 248–265.

Вулканизм Южного Урала / И.Б. Серавкин, А.М. Косарев, Д.Н. Салихов и др. М.: Наука, 1992. 197 с.
Зайков В.В., Мелекесцева И.Ю., Артемьев Д.А. и др. Геология и колчеданное оруденение южного фланга Главного Уральского разлома. Миасс: ИМин УрО РАН, 2009. 376 с.

Косарев А.М., Пучков В.Н., Серавкин И.Б. Петролого-геохимические особенности среднедевонско-раннекаменноугольных островодужных и коллизионных вулканитов Магнитогорской зоны в геодинамическом контексте // *Литосфера*. 2006. № 1. С. 3–21.

Косарев А.М., Серавкин И.Б., Холоднов В.В. Геодинамические и петролого-геохимические аспекты зональности Магнитогорской колчеданоносной мегазоны на Южном Урале // *Литосфера*. 2014а. № 2. С. 3–25.

Косарев А.М., Пучков В.Н., Ронкин Ю.Л., Серавкин И.Б., Холоднов В.В., Грабежжев А.И. Новые данные о возрасте и геодинамической позиции медно-порфировых проявлений зоны Главного уральского разлома на Южном Урале // *Доклады Академии наук*. 2014б. Т. 459. № 1. С. 62–66.

Никешин Ю.В. Палеовулканические структуры и условия локализации колчеданного оруденения Гайского рудного поля (Южный Урал). Автореф. дисс. канд. геол.-мин. наук. М.: ЦНИГРИ, 1986. 24 с.

Серавкин И.Б., Косарев А.М., Пучков В.Н. Геодинамические условия формирования колчеданных месторождений Магнитогорской мегазоны Южного Урала и критерии их поисков // *Геология рудных месторождений*. 2017. Т. 59. № 3. С. 220–237.

Ходоревская Л.И. Влияние флюидального режима на плавление пород океанической коры (экспериментальные данные) при 900–1000 °С, 5–10 кбар // *Граниты и эволюция Земли: мантия и кора в гранитообразовании*. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2017. С. 328–329.

Jonas P. Tectonostratigraphy of oceanic crustal terrains hosting serpentinite-associated massive sulfide deposits in the Main Uralian Fault Zone (South Urals) // *Geowissenschaften, Freiberg*, 2004. 123 p.

В.И. Сначев

*Уфимский федеральный исследовательский центр РАН,
Институт геологии, г. Уфа
SAVant@inbox.ru*

Геодинамические условия формирования Восточно-Уральской мегазоны (Южный Урал)

В истории развития Восточно-Уральской мегазоны на Южном Урале можно выделить два крупных периода – верхнедокембрийский и палеозойский. В последнем из них, в свою очередь, установлено несколько стадий, каждая из которых обладает строго определенным набором магматических и рудных формаций.

Верхнедокембрийский период. В позднедокембрийское время Южный Урал представлял собой ослабленную зону в пределах единого Восточно-Европейско-Казахстанского палеоконтинента. Это была, вероятно, депрессионная структура с системой грабен. Однако расположение последних было закономерно и фиксировалось локальными подъемами мантийного