

УДК 55(47+57):553.3/4

## МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ (АССО) НА ГЕРЦИНСКИЙ ЭТАП

Гусев А.И.

*Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукишина, Бийск,  
e-mail: anzerg@mail.ru*

Металлогеническая зональность западной части Алтае-Саянской области рассмотрена с позиций комплексного учёта геодинамического развития региона на герцинском этапе развития, осложнённого плюм-тектоникой. Выделены металлогенические области и зоны с различным набором металлов в эндогенных рудах, овеществлённых в различных геолого-промышленных типах оруденения Fe, Mn, W, Mo, Sc, Co, Au, Pb, Zn, Cu, Ag. Металлогенические таксоны отличаются разным глубинным строением, мантийно-коровым взаимодействием, петрогенетическими и петрогеохимическими типами гранитоидов, рудогенерирующим магматизмом и его флюидным режимом,

**Ключевые слова:** геодинамические обстановки, плюмтектоника, металлогения, рудогенерирующий магматизм, мантийно-коровое взаимодействие, флюидный режим, месторождения, Fe, Mn, W, Mo, Sc, Co, Au, Pb, Zn, Cu, Ag

## METALLOGENIC ZONING OF WEST PART ALTAI-SAJAN FOLDED AREA (ASFA) ON THE GERCYNIAN OROGENY STAGE

Gusev A.I.

*The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, anzerg@mail.ru*

Metallogenic zoning of west part Altai-Sajan folded area discerned with positions complex registration geodynamic development region on the Gercynian Orogeny stage, complicating by plumtectonic. The metaalogenic zones and districts with different enrollments of metals in the endogenic ores that there are substancing in the different geology-industrial types ore mineralization Fe, Mn, W, Mo, Sc, Co, Au, Pb, Zn, Cu, Ag. Metallogenic taxons distinguish different geological construction, mantle-crust interaction, petrogenetic and petro-geochemical types of granitoids, ore generating magmatism and it fluid regime.

**Keywords:** geodynamic setting, plumtectonic, metallogeny, ore-generating magmatism, mantle-crust interaction, fluid regime, deposits, Fe, Mn, W, Mo, Sc, Co, Au, Pb, Zn, Cu, Ag

Региональная металлогеническая зональность имеет важнейшее значение в понимании закономерностей рудолокализации и прогнозных построениях. В последние годы установлено, что региональная зональность базируется на глубинном строении составляющих геоблоков и процессов взаимодействия мантии и земной коры. Не является исключением в этом плане и западная часть Алтае-Саянской складчатой области, характеризующаяся полициклическим эндогенным развитием от докембрия до мезозоя. Наиболее продуктивным в отношении различных эндогенных месторождений имеет герцинский этап тектогенеза в развитии АССО. Целью настоящего исследования является выявление факторов региональной зональности АССО с использованием геохимических, геофизических, петрологических данных и флюидного режима рудогенерирующего магматизма.

**Результаты исследования.** Ранее причину металлогенической зональности Горного и Рудного Алтая, Салаира, Горной Шории усматривали в строгом подчинении структурно-формационным зонам (СФЗ), которые рассматривались как сквозные эле-

менты (от докембрия до юры) и имели «алтайскую», северо-западную ориентировку для Горного и Рудного Алтая и северо-восточную для Горной Шории. Палеотектонические построения последнего времени, особенности развития тектонических блоков, проявленных в них вулканоплутонических поясов, специализированные на различные комплексы металлов (Fe, Mn, W, Mo, Au, Hg, Ag, Co, Sc и другие), позволяют предложить новый вариант металлогенической зональности с учетом данных по петро- и рудогенезу, геохимическим и геофизическим аномальным полям. Базисными элементами районирования в предлагаемом варианте являются крупные геоблоки Алтайского, Салаирского и Горно-Шорского регионов, отвечающие бассейнам седиментации и вулканоплутоническим поясам (ВПП) с плутоническими и интрузивными комплексами, отличающимися специфическими условиями петрогенеза и флюидного режима. Магматизм и оруденение в этих блоках являются продуктами мантийно-корового взаимодействия, характеризуются различными особенностями глубинного строения, мощностями гранито-метамор-

фического, базито-метаморфического слоёв и земной коры [1], специфическими геофизическими полями. Они подстилаются мантией с разными свойствами и различным режимом активизации, что сказалось на металлогеническом потенциале каждого тектонического блока. Металлогеническая зональность при таком подходе для региона в большинстве таксонов оказалась более сложной и часто не совпадающей с традиционными СФЗ. За исключением Рудно-Алтайской металлогенической зоны, все осталь-

ные таксоны ранга металлогенических зон имеют неправильную форму, близкую к изометричной и их, в таком случае, логичней определить как металлогенические области.

Герцинский этап развития региона стал ареной весьма разнообразной вулканической и интрузивной деятельности и сопровождающего их оруденения. Зональность обусловлена крупными геоблоками, в которых проявлено различное оруденение (рисунок) – как продукт мантийно-корового взаимодействия.

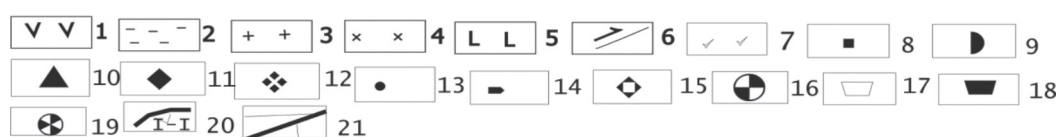


Рис. 1. Схематическая региональная зональность западной части Алтае-Саянской складчатой области на герцинский этап

Структурно-вещественные комплексы активной континентальной окраины: 1 - вулканогенные образования нижнего-среднего девона (базальты, трахибазальты, андезиты, риолиты и их туфы); 2 – туфогенные образования ордовика-нижнего девона (конгломераты, песчаники, алевролиты, аргиллиты); коллизионные комплексы: 3 – граниты, умеренно-щелочные граниты (I-типы), кварцевые сиениты среднего девона; 4 – габбро, диориты, тоналиты, граниты (I-типа) нижнего силура-нижнего девона; 5 – габбро, плагиограниты среднего кембрия; 6-глубинный

разлом; наименование прогибов: 1 – Тельтебесский, 2 – Ануйско-Чуйский, 3 – Лебедской, 4 – Уйменский; названия глубинных разломов: I – Бийский, II- Тельтебесский (ответвление Бийского), III- Чарышско-Теректинский; 7 – кремнисто-метабазальтовые океанические образования (С<sub>3</sub>-О). Типы оруденения: 8 – золотомедно-скарновый, 9 – медно-молибден-золото-порфировый, 10 – медно-золото-порфировый, 11 – золото-порфировый, 12 – скарново-золото-порфировый, 13 – жильный золото-сульфидно-кварцевый, 14- золото-черносланцевый,

15 – эпitherмальный золото-серебряный; 16 – золото-барит-колчеданно-полиметаллический; 17 – вулканогенно-осадочный марганцевый; 18 – вулканогенно-осадочный железорудный; 19 – грейзеновый молибден-вольфрамовый. Месторождения и проявления золота: 1 – Джелсайское, 2 – Байгол, 3 – Чакпундобэ, 4 – Синюхинское, 5 – Кульбич, 6 – Чуринское, 7 – Баяниха, 8 – Баранчинское, 9 – Суричское, 10 – Семёновское. 20 – границы металлогенических областей: I-I – Северо-Алтайско-Горно-Шорской, II-II – Южно-Алтайской; 21 – крупные геоблоки, определяющие региональную зональность

Рудно-Алтайский колчеданно-полиметаллический металлогенический пояс выделяется по девонско-раннекаменноугольные ВПП (Рубцовско-Змеиногорский, Лениногорский, Зыряновский секторы) протяжённостью более 2,5 тыс. км. с последовательно-дифференцированными вулканитами риолит-андезит-базальтовых, базальт-дацит-риолитовых вулканогенных и габбро-диорит-гранодиоритовых, габбро-гранит-лейкогранитовых плутонических комплексов. По нашим данным вулканы Рудно-Алтайской СФЗ характеризуются повышенной щёлочностью, что, наряду с повышенной щёлочностью интрузивных образований этого же возраста, позволяет рассматривать её как океанический рифт. Помимо традиционных колчеданно-полиметаллических месторождений с золотом в зоне формировалось самостоятельное жильное оруденение золото-сульфидно-кварцевого и железно-окисно-медно-золоторудного (IOCG) типов, пространственно ассоциированные с массивами габбро-диорит-гранодиоритовых и гранодиорит-лейкогранитовых интрузий усть-беловского и змеиногорского комплексов. С субвулканическими образованиями девонского возраста связано золото-серебряное оруденение (Черепановское месторождение). Наиболее характерные региональные метасоматиты пропилиты и березиты, развитые не только по вулканогенным породам (средне-верхнего девона), но и по терригенным подстилающим разрезам (силура-нижнего девона). Региональное геохимическое поле Рудно-Алтайской металлогенической зоны характеризуется аномальными значениями меди, свинца, цинка, бария, железа.

Северо-Алтайско-Горно-Шорская металлогеническая область отвечает шельфовым комплексам осадков позднекембрийско-среднедевонского палеобассейна

и включает девонско-раннекаменноугольные ВПП северо-западной и северо-восточной частей Горного Алтая и юга Горной Шории. Основную роль в этой области играют I – типы гранитоидов с оптимальными параметрами флюидного режима для формирования оруденения золота, меди, молибдена. Высокая щёлочность вулканитов девона и наличие анорогенных гранитов  $A_1$ - и  $A_2$ -типов этого же возраста указывают на сложный режим развития этого этапа (трансформно-континентальный, осложнённый функционированием плюма). Эта металлогеническая область содержит стратиформное золото-медно-скарновое, золото-скарновое, жильное золото-сульфидно-кварцевое, медно-молибден-золото-порфиоровое, медно-золото-порфиоровое оруденение. Параметры флюидного режима I-типов гранитоидов приведены в таблице.

Преобладающие региональные метасоматиты: пропилиты, березиты. Их формирование связано с деятельностью долгоживущих зон эндогенного тепломассопотока. Начало их формирования следует относить к системам разломов контролировавших впоследствии положение вулкано-плутонических поясов в Уйменском, Лебедском, Чарышском, Ануйском прогибах и конкретных вулкано-плутонических центров и ареалов. Формирование региональных метасоматитов продолжалось и в период активной магматической деятельности и после её завершения.

В геофизических полях рудным узлам характерны отрицательные магнитные и гравитационные аномалии. Региональные геохимические поля этого этапа характеризуются ведущей ролью мышьяка, меди, золота, свинца, цинка, олова. Дефицитная группа элементов включает стронций, молибден, цирконий, иттербий, фосфор, скандий, серебро, титан, ниобий, литий, бор. Рудогенерирующий магматизм продуктивных систем классифицируется I-типами гранитов мантийной природы с различной степенью контаминации корового материала путем глубинного синтексиса и ассимиляции пород рамы, что подтверждается данными отношений  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в гранитоидах и отношений изотопов серы сульфидов в рудах [1]. Металлогеническая область характеризуется зональным распределением оруденения. Так, если на крайнем западе области развиты редкометалльно-золоторудные районы, то на востоке – существенно медно-золоторудные. При этом в первых совмещено оруденение вольфрама, бериллия молибдена,

связанное с гранитоидами  $A_1$ -типа и золото-скарновое и жильное золото-сульфидно-кварцевое, обнаруживающее связь с гранитоидами I-типа (усть-беловский комплекс). Кроме того, на западе присутствует субвулканическое золото-серебряное оруденение (м-е Сурич), приуроченное к Суричской структуре пул-апарт. На востоке металлогенической области выявлено аналогичное оруденение Майско-Семёновского в Горной Шории и прогнозируемого Богучакского рудных полей в Республике Алтай. Самая крупная и продуктивная Синюхинская МРМС характеризуется наиболее благоприятным сочетанием параметров флюидного режима рудогенерирующего магматизма, сравнительно с другими, аналогичными ей. Из нетрадиционных типов следует отметить жильное и штокверковое золото-сульфидно-кварцевое оруденение Синюхинского и Ашпанакского рудных полей, где ранее отрабатывался только золото-медно-скарновый тип. Определённые перспективы имеет золото-порфиновый тип оруденения Черёмуховой Сопки [3]. Определённые перспективы связаны с Верхне-Башчелакским рудным районом, где золото-сульфидно-кварцевое оруденение обнаруживает пространственную связь с верхнедевонскими гранитоидами усть-беловского комплекса. Для последних реставрируются благоприятные параметры флюидного режима, которые в сочетании с чередовавшимися процессами дилатантного нагнетания флюидов в ос-

новной лево-сдвиговой Сарасино-Инской зоне разлома и опережающих право-сдвиговых нарушениях создавали благоприятные условия для рудолокализации в последних. В Уйменском вулcano-плутоническом ареале на его северо-западной выклинке среди туфогенных и лавовых образований нижнего-среднего девона сформировано золото-порфировое проявление Чуря, имеющее благоприятную структурную позицию. Оно приурочено к узлу сопряжения крупных разломов: Куёмского и Бийско-Ташелгинского. Оруденение локализуется в пределах флюидно-эксплозивных брекчий в составе золото-кварц-гидрослюдистого агрегата с сульфидами. Чуринская МРМС сопровождается метасоматитами пропиловитового и березитового составов с вкрапленностью пирита. Метасоматиты имеют зональное строение. Вблизи рудного тела преобладают пропилиты и аргиллизиты гидрослюдистого состава, а на удалении – аргиллизиты с баритом. Повсеместно вблизи рудного тела присутствуют прожилки адуляра. Оруденение подобного типа может быть обнаружено в Саганы-Кылайском ареале андезито-дацитовых и дацит-риолитовых вулканитов одноименной вулканической постройки, которая приурочена к пересечению крупных разломов С-З и С-В ориентировок. В этом ареале также выявлены криптовулканические аппараты эксплозивно-флюидальных брекчий и субвулканические иитрузии.

Параметры флюидного режима I- типов гранитоидов Алтае-Саянской складчатой области (фугитивности и парциальные давления в барах)

Рудно-магматические системы, породы	n	T °C	lg fO <sub>2</sub>	f H <sub>2</sub> O	pH <sub>2</sub> O	pCO <sub>2</sub>	lgfO <sub>2</sub> /fH <sub>2</sub> O	lgfHF/fHCl	k	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кузнецкий Алатау										
Берикульская										
Гранодиориты	7	780	-14,7	1,7	2,3	1,9	-17,7	-3,5	0,66	193,4
Федоровская										
Гранодиориты	6	770	-14,3	1,1	1,4	1,6	-17,3	-4,0	0,68	193,2
Натальевская										
Гранодиориты	8	780	-12,4	0,96	1,2	1,3	-15,5	-3,6	0,37	187,4
Центральнинская										
Гранодиориты	7	740	-13,5	1,06	1,28	1,22	-16,5	-3,2	0,62	191,6
Диориты кварц. (дайки)	3	750	-13,6	1,4	1,55	1,83	-16,6	-3,5	0,72	190,3
Салаир										
Кварцитовая Сопка										
Гранодиориты	5	850	-5,0	0,42	0,51	0,49	-8,2	-3,9	0,12	190,9

## Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Горная Шория										
Майская										
Тоналиты	7	730	-13,5	2,1	3,2	1,9	-15,1	-3,0	0,60	191,4
Монцониты (дайки)	6	725	-13,8	2,5	4,0	3,1	-16,8	-2,9	0,78	191,6
Тува										
Тарданская										
Гранодиориты	12	705	-11,2	0,42	0,50	0,50	-14,3	-3,6	0,24	189,3
Монцодиориты (Зубов)	3	760	-8,5	0,30	0,31	0,29	-11,5	-3,4	0,21	187,5
Восточный Саян										
Зун-Холбинская										
Тоналиты	6	800	-10,1	0,76	0,92	1,1	-13,1	-2,9	0,32	193,2
Гранит-аплиты (дайки)	4	720	-15,2	3,45	5,0	2,0	-18,2	-2,3	0,81	199,9
Ольховская										
Гранодиориты	9	700	-16,1	0,38	0,45	0,35	-19,1	-2,7	0,70	191,0
Горный Алтай										
Синюхинская										
Тоналиты	15	840	-4,9	0,9	1,1	1,3	-7,9	-3,8	0,12	190,3
Гранодиориты (дайки)	9	845	-4,8	1,2	1,7	1,8	-7,8	-3,9	0,14	190,6
Гранодиориты (Арганак)	6	830	-4,9	0,5	0,7	0,5	-7,9	-3,9	0,10	188,6
Ульменская										
Монцониты кварцевые	8	785	-13,5	3,1	4,5	2,1	-17,5	-3,3	0,70	189,3
Сиениты	5	790	-14,1	3,3	4,8	3,5	-17,1	-3,5	0,72	189,2
Югалинская										
Монцониты (дайки)	5	760	-4,1	1,7	2,7	1,9	-7,1	-2,9	0,09	189,8
Сиениты (дайки)	4	710	-10,5	2,1	3,6	4,4	-13,5	-2,9	0,27	189,1
Чойская										
Гранодиориты	11	645	-15,0	0,47	0,56	0,55	-18,0	-2,7	0,55	189,0
Керсантиты (дайки)	9	670	-12,5	0,9	1,4	3,6	-15,5	-2,9	0,58	188,7
Караминская										
Лейкограниты	8	610	-12,4	0,5	0,61	0,87	-17,4	-2,4	0,18	191,8
Гранодиориты (дайки)	6	680	-13,0	0,7	0,85	1,05	-17,0	-2,5	0,57	190,4
Сиениты (дайки)	3	730	-12,1	2,2	2,5	3,7	-15,1	-2,7	0,40	189,8

Примечания:  $n$  – количество проб биотита;  $T^{\circ}C$  – температура кристаллизации;  $lg fO_2$  – логарифм фугитивности кислорода;  $fH_2O$  – фугитивность воды;  $pH_2O$ ,  $pCO_2$  – парциальное давление воды и углекислоты, соответственно;  $lg fO_2/fH_2O$  – логарифм отношений фугитивностей кислорода и воды;  $lg fHF/fHCl$  – логарифм отношений фугитивностей плавиковой и соляной кислот;  $k$  – коэффициент восстановления флюидов по Летникову Ф.А.;  $y$  – условный потенциал ионизации биотита по Жарикову В.А.

Южно-Алтайская кобальт-скандий-железо-марганец-золоторудная область с ранне-средне-девонскими ВПП Южно-го и Юго-Западного Алтая и терригенным бассейном осадконакопления (позднекембрийско-среднедевонского возраста) расположена южнее предыдущей и вмещает марганцевые, железорудные, кобальтовые, скандиевые, а также проявления золото-сульфидно-кварцевого и золото-скарнового типов. Последний проявлен в контактах Актуринского и Верхне-Аккаинского массивов (топольнинский комплекс,  $D_2$ ) и Усть-

Чуйского (усть-беловский комплекс,  $D_3$ ). В этой металлогенической области сформировались крупные месторождения скандия (Кумирское), кобальта (Каракульское), железа (Холзунское), имеющие базитовую специфику и признаки мантийно-корового взаимодействия. В них выявлены промышленные скопления редкоземельных элементов [2]. Рудным узлам свойственны положительные магнитные и гравитационные аномалии. Для зоны характерен региональный пропилитовый тип метасоматитов. Геохимические поля регионального масштаба

этой зоны характеризуются аномальными значениями железа, марганца, ванадия, хрома, цинка, бора, иттрия, фосфора, кобальта, скандия. Дефицитный баланс составляют стронций и свинец. Некоторые из месторождений, сопровождающиеся пропилитами, содержат промышленные концентрации золота.

**Обсуждение результатов.** Металлогеническая зональность западной части Алтае-Саянской области обусловлена сложным сочетанием комплекса факторов, традиционно используемых в минерагеническом анализе: тектонические и структурные, литологические, магматические, геохимические и другие. В предложенном варианте региональной зональности использованы нетрадиционные факторы: особенности расчлененности литосферы, геодинамические обстановки генерации и параметры флюидного режима рудогенерирующего магматизма, что обусловило металлогению региона рассмотреть сквозь призму глубинного строения и глубинной петрологии, участия плюмтектоники, насыщенности и активности летучих компонентов – основных переносчиков металлов в гидротермах [1-3]. Помимо традицион-

ных геолого-промышленных типов выделены и нетрадиционные типы оруденения. Впервые дана металлогеническая оценка нового редкоземельного оруденения.

#### **Выводы**

Таким образом, для региональной зональности АССО доминирующее значение имеют: 1 – мантийно-коровое взаимодействие при формировании рудогенерирующего магматизма и особенности его распределения и связанного с ним оруденения в пространстве и времени; 2 – факторы, определяющие специфику флюидного режима на всех этапах формирования рудогенерирующих магматитов, метасоматитов, геохимических и геофизических аномальных полей и оруденения.

#### **Список литературы**

1. Гусев А.И. Металлогения золота Горного Алтая и юга Горной Шории. Дис. ... д-ра. геол.-мин. наук. – Томск, 2006. – 340 с.
2. Гусев А.И., Гусев Н.И. Полихронное комплексное Cu-Bi-Co-Ni-W месторождение Каракуль Горного Алтая // Руды и металлы, 2012, № 1. С. 33-41.
3. Гусев А.И. Золото-порфировое оруденение Черёмуховой Сопки Синохинского рудного поля (Горный Алтай) // Современные наукоёмкие технологии, 2013, № 1. – С.94-98.