

УДК 553.3/4

КОСМОСТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ ЗЫРЯНОВСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (РУДНЫЙ АЛТАЙ)

Ю.С. Ананьев, А.А. Поцелуев, В.Г. Житков, В.Н. Назаров*, А.С. Кузнецов**

Томский политехнический университет

E-mail: AnanyevYS@ignd.tpu.ru

*ТОО «КазЦинк», г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан

E-mail: VNazarov@kazinc.com

**ТОО «GeoMineProject», г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан

E-mail: akuzn909@rambler.ru

Изучены космоструктуры Зырянского рудного района (Рудный Алтай) по материалам мультиспектральных космических систем Landsat ETM+, IRS и радиолокационной съемки SRTM. Показано, что Зырянский рудный район разбит крупными линейными блоками с различным геологическим строением. В южной части площади выделены четыре очаговые структуры. Выявлены закономерности размещения рудных объектов в линейных, кольцевых и очаговых структурах. Совокупность выявленных закономерностей позволяет рассматривать их в качестве прогнозно-поисковых критериев участков перспективных на выявление полиметаллического оруденения ранга рудный узел – рудное поле.

Ключевые слова:

Рудный Алтай, Зырянский рудный район, космоматериалы, линейные структуры, кольцевые структуры, очаговые структуры.

Key words:

Rudny Altay, Zyryanovsk ore region, cosmic materials, linear structures, ring structures, focal structures.

Введение

Рудный Алтай является одной из крупнейших полиметаллических провинций мира. По запасам и ресурсам руд, масштабам добытых металлов (свинца, цинка, меди) Рудный Алтай сопоставим, а по ряду параметров превосходит известные рудные районы США, Австралии и Канады [1]. По оценкам ряда авторов суммарные ресурсы свинца, цинка и меди провинции с учетом отработанных за весь период с XVIII в. составляют 65...68 млн т [2]. При этом в рудах содержатся значительные количества золота (2...2,5 тыс. т), серебра (45...50 тыс. т) и редких элементов. Основная часть этих ресурсов сконцентрирована на площади 25...28 тыс. км². Большинство известных полиметаллических месторождений провинции объединяются в четыре основных рудных района: Змеиногорский, Рубцовский, Лениногорский и Зырянский. Первые два района находятся на территории России, последние два на территории Казахстана.

Не смотря на большое количество открытых месторождений и значительные ресурсы полиметаллов, отмечается устойчивая тенденция истощения запасов, особенно высоко рентабельных руд. Это обусловлено в первую очередь значительным увеличением объемов горно-добычных работ.

За последние 5...10 лет значительно возросли темпы добычи руды, в результате чего обеспеченность действующих рудников запасами сократилась до критического предела – 10...25 лет.

Необходимо отметить, что в целом территория Рудного Алтая в геологическом отношении довольно хорошо изучена и опосредована. Поэтому здесь можно рассчитывать, главным образом, на выявление скрытых колчеданно-полиметаллических объектов (глубоко залегающих и/или перекрытых рыхлыми отложениями). Это требует перехода на

новые технологии прогноза и поиска месторождений, которые позволяют на начальном этапе в короткие сроки при минимальных затратах средств значительно сократить размер перспективных площадей для постановки детальных глубинных поисковых работ. И здесь на первый план выходят космо- и аэрометоды геологических исследований.

В обобщающих работах по металлогении Казахстана [3] эта область рассматривается в качестве Рудноалтайской структурно-формационной металлогенической зоны, которая имеет северо-западное простирание и прослеживается на расстоянии более 800 км [3, 4]. Она отделена на юго-западе от Восточно-Калбинской (Калбо-Нарымской) структурно-формационной металлогенической зоны Иртышской зоной смятия, на северо-востоке от структур Белоубинско-Сарымсактинской зоны – разрывными нарушениями, оперяющимися с юго-запада Северо-Восточную зону смятия (рис. 1, 2).

В геодинамическом отношении Рудный Алтай рассматривается в качестве энсиалической островодужной вулканно-плутонической системы, образованной на активной континентальной окраине Алтае-Саяно-Монгольской салаиро-каледонской складчатой области [2, 3]. Именно для этих обстановок Казахской минерогенической провинции отмечается наибольшее разнообразие рудных формаций, высокая плотность месторождений и соответственно высокий минерогенический потенциал [5].

Главный рудообразующий герцинский металлогенический цикл Рудного Алтая проявился в специфических по отношению к окружающим структурам условиях. Колчеданно-полиметаллическое оруденение и рудовмещающие девонские базальт-риолит-кремнисто-терригенные отложения формировались над зоной Беньюфа в условиях растя-

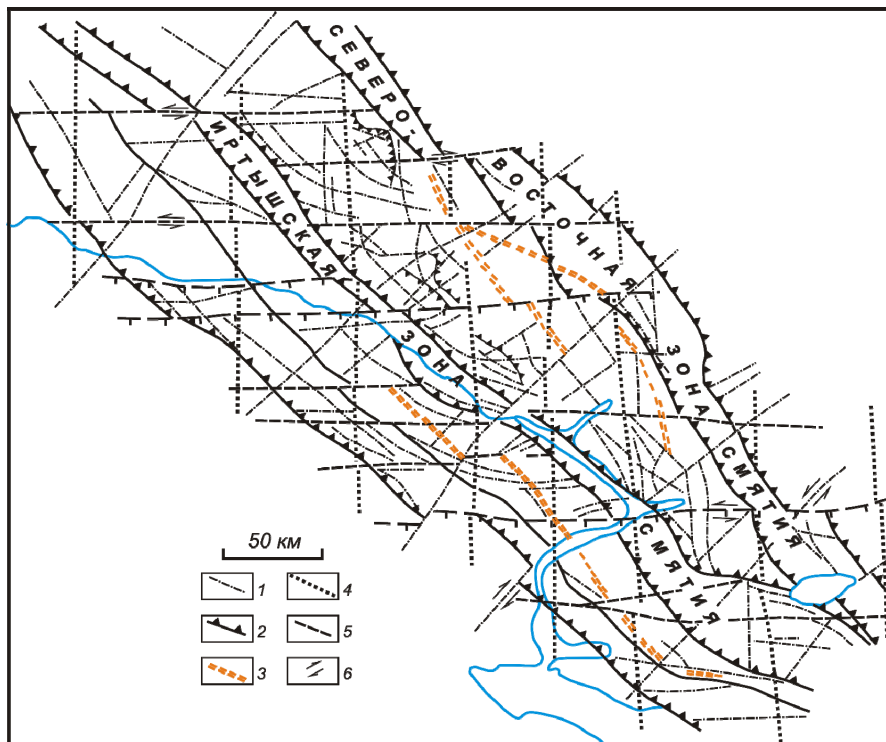


Рис. 1. Схема разрывных структур Рудного Алтая и Восточной Калбы [4]: 1) разломы высокого порядка; 2) надвиги; 3) зоны повышенной трещиноватости и смятия; 4) меридиональные глубинные разломы каледонского заложения; 5) широтные глубинные разломы; 6) сдвиги

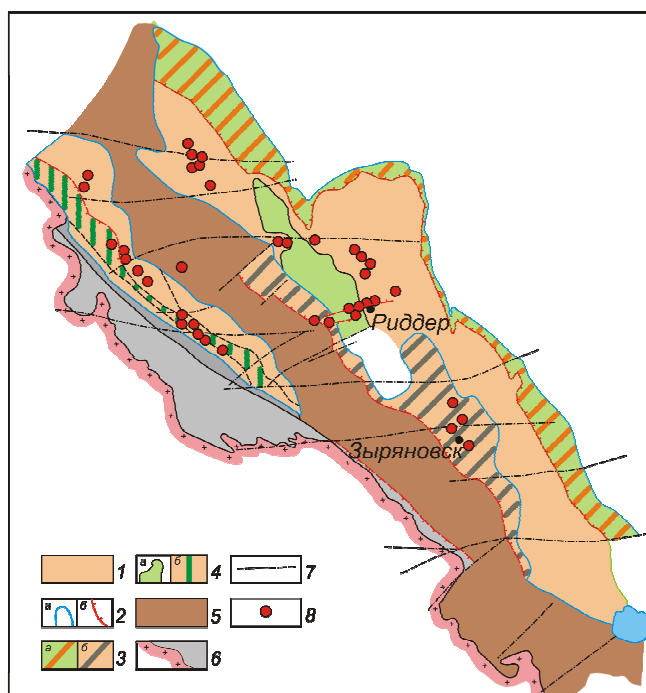


Рис. 2. Схема размещения палеорифтовых зон Рудного Алтая [3]: 1) палеорифты девонского возраста; 2) современные границы палеорифтов: а) установленные по геофизическим данным; б) установленные на поверхности, надвиговые; 3) борты палеорифтов: а) перекрытые аллохтоном, сложенным складчатыми комплексами пограничных структур; б) находящиеся в аллохтоне на чужеродном основании пограничных структур; 4) внутренние поднятия и горстовые структуры палеорифтов, в пределах которых фундамент: а) выведен на эрозионный срез; б) залегает сравнительно неглубоко; 5) Срединная (Алейско-Кальджирская) подзона Рудного Алтая – устойчивое поднятие в девоне с приближением к поверхности фундаментом окраинно-континентального пояса; 6) контакт коллизионных гранитов Калба-Нарымского батолита с отложениями такырской свиты, морфология которого отражает амплитуду латеральных напряжений и сдвигов; 7) субширотные тектонические структуры; 8) месторождения

жения блоков салаиро-каледонской континентальной коры, воздымания поверхности мантии и активизации мантийно-корового взаимодействия [3, 6, 2]. Главная особенность строения земной коры Рудно-Алтайской структурно-формационной металлогенической зоны (по данным глубинных геофизических исследований) выражается в валлообразном поднятии глубинных слоев, которое вытянуто, соответственно, в северо-западном направлении. Здесь отмечается [6] положительная аномалия силы тяжести, увеличена (по сравнению с Калбо-Нарымской и Иртышской зонами) мощность базальтового слоя (28...36 км), а гранитного — понижена (8...14 км). По мере погружения глубинных структур к юго-востоку и в сторону Горного Алтая возрастает мощность земной коры, особенно герцинского структурного этажа, при уменьшении доли вулканитов в составе отложений. Параллельно резко сокращаются масштабы оруденения [2].

Общей закономерностью на территории Рудного Алтая считается узловый характер размещения оруденения. Особенно четко он проявляется в локализации крупнейших рудных районов на сопряжении главных структур, поскольку эти сопряжения, разграничивающие структурно-формационные зоны и подзоны Рудного Алтая, контролировали центры с наиболее глубокой и продолжительной магматической активностью, центры взаимодействия мантийного и корового вещества, проявления вулканизма и гидротермальных процессов [2].

Месторождения обычно приурочены к длительно развивающимся вулканическим и вулкано-тектоническим структурам (вулканические купола и депрессии, кальдеры, жерла и др.), насыщенным субвулканическими интрузиями [7–10].

Методика исследований

В работе использованы материалы мультиспектральных космических съемок Landsat ETM+ и IRS, табл. 1, 2. Дополнительно по данным радиолокационной съемки радаром SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) создана цифровая модель рельефа.

Таблица 1. Основные характеристики съемочной аппаратуры ETM+

Номера каналов	Спектральный диапазон, мкм	Пространственное разрешение, м
1	0,45...0,52	30
2	0,53...0,61	30
3	0,63...0,69	30
4	0,75...0,90	30
5	1,55...1,75	30
6	10,4...12,5	60
7	2,09...2,35	30
8	0,52...0,90	15

Обработка, дешифрирование, анализ космоматериалов и моделирование геологических и рудных систем выполнены в соответствии с методическими

рекомендациями и подходами [11, 12]. Принципиальная схема работ состояла из:

- формирования массива исходных данных;
- обработки и дешифрирования исходных растровых изображений с использованием алгоритмов классификации, процедур улучшения, комплекса методов фильтрации и передискретизации изображения;
- создания и обработки синтезированного изображения мультиспектральных снимков. Перекалибровка исходных изображений низкого пространственного разрешения Landsat в изображения более высокого разрешения с использованием пиксельной матрицы PAN IRS;
- создания производных растровых изображений с использованием «алгебры карт»;
- корреляционного анализа синтезированных изображений;
- обработки и анализа цифровой модели рельефа;
- совместного анализа растровых изображений и цифровой модели рельефа, дешифрирования с использованием 3D-визуализации и анаглифических (стерео) изображений.

Таблица 2. Основные характеристики съемочной аппаратуры спутников IRS-1C/1D

Прибор	Спектральный диапазон, мкм	Пространственное разрешение, м
PAN	0,50...0,75	5,8
LISS-3	0,52...0,59	23
	0,62...0,68	
	0,77...0,86	

Интерпретация полученных данных проводилась с использованием материалов по геологическому строению района.

Геологическое строение

Зырянский рудный район (ЗРР) расположен в юго-восточной части Рудно-Алтайской и Белоубинско-Южноалтайской структурно-формационных зон. Традиционно, в составе рудного района выделяются четыре рудных узла (с юго-востока на северо-запад) Бухтарминско-Долинский, Заводинско-Орманский, Ревнюшинский и Северо-Восточной зоны смятия. Промышленные месторождения известны только в Ревнюшинском рудном узле — это Зырянское, Греховское, Богатыревское, Осочихинское, Малеевское и Путинцевское месторождения.

Стратиграфический разрез ЗРР включает отложения нижнего и среднего палеозоя — от верхнего силура до нижнекаменноугольных. Магматические образования в пределах района занимают около 10 % площади и включают в себя широкий спектр разнотипных образований — от вулканических до абиссальных.

В региональном тектоническом отношении ЗРР располагается в пределах Рудно-Алтайской и

Белоубинско-Южноалтайской структурно-формационных зон, охватывает их восточную и западную части, т. е. Лениногорско-Зыряновскую и Белоубинско-Маймырскую подзоны.

Лениногорско-Зыряновская структурно-формационная подзона представляет собой систему вулкано-тектонических поднятий и разделяющих их прогибов. В центральной части подзоны расположено Ревнюшинское горст-антиклинальное поднятие.

Известные промышленные колчеданно-полиметаллические месторождения располагаются в пределах сложнодислоцированной Ревнюшинской структуры, ядерная часть которой сложена зелеными сланцами каледонского структурного этажа, крылья — несогласнозалегающими эффузивными и осадочными отложениями от эмса до живета.

К настоящему времени промышленное оруденение в пределах района установлено на двух стратиграфических уровнях — эмс-эйфельском (Зыряновское, Греховское-II, Путинцевское и др. месторождения) и эйфель-живетском (Малеевское и Греховское-I месторождения).

Вся территория ЗРР изучена по материалам космической съемки Landsat ETM+, среднего пространственного разрешения. Южная часть района изучена более детально по материалам космической съемки IRS PAN+LISS-3 высокого пространственного разрешения. Помимо пространственного разрешения данные съемки имеют различные, в большей или меньшей степени предпочтительные (информативные) спектральные и радиометрические характеристики. Это позволило получить дополнительную прогнозно-поисковую информацию и решить некоторые методические вопросы комплексного анализа материалов космосъемочных систем.

Основные результаты

Проведенные исследования материалов космической съемки Landsat ETM+, IRS и анализ цифровой модели рельефа позволяют сделать вывод о том, что в Зыряновском рудном районе широко развиты крупные структуры линейной и кольцевой формы.

Космогеологическое картографирование предполагает проведение интерпретации данных дистанционного зондирования в различных масштабах — от обзорных до детальных, что позволяет установить принадлежность непротяженных линейных элементов или малых кольцевых структур к более крупным объектам, выявить особенности строения этих крупных объектов, их взаимоотношения между собой, что в свою очередь ведет к реставрации истории геологического развития исследуемого региона в целом.

Линейные структуры района отчетливо проявлены следующими признаками: прямолинейными участками элементов рельефа, прямолинейны-

ми фрагментами границ между блоками с различной текстурой рельефа, линейными границами разновидностей растительного покрова, ландшафтными неоднородностями линейной морфологии, прямолинейными участками границ между геологическими телами и некоторыми др.

В пределах ЗРР выявлены и закартированы более тысячи линеаментов различной ориентировки, протяженности, интерпретируемые как разрывные нарушения, зоны повышенной трещиноватости, линейные магматические тела (дайки) и др. Протяженность линейных структур различная — от первых сотен метров до десятков и первых сотен километров. Наиболее протяженные линеаменты имеют северо-восточное ($30...45^\circ$), северо-западное ($315...330^\circ$) и субширотное простирание. Среди малопротяженных структур преобладают северо-восточные ($45...65^\circ$) и субмеридиональные (рис. 3).

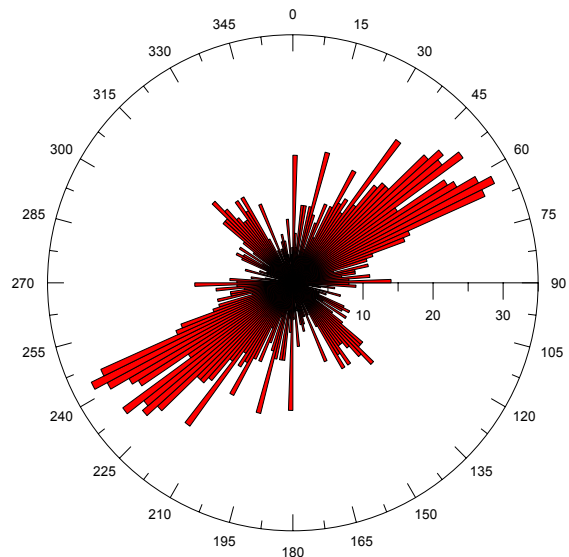


Рис. 3. Роза-диаграмма линеаментов ЗРР

Протяженные линейные структуры отчетливо делят район на несколько блоков — Северо-Восточную зону смятия, «южную зону дислокаций», Зыряновский блок и «южный блок» (рис. 4).

Северо-Восточная зона смятия в традиционном понимании имеет четкие границы, которые подчеркиваются рельефом. Зона разбита субширотными сбросами и имеет ступенчатое строение (рис. 5). При этом северные блоки подняты относительно южных. Опущенные блоки выглядят более узкими, чем поднятые, что свидетельствует об антиформном строении зоны, либо о расширении ее на глубину. Размеры блоков в поперечнике варьируют от 16 км на севере до 6 км в южной части зоны. Такое строение Северо-Восточной зоны смятия дает право сделать вывод о более молодом возрасте субширотных структур по отношению к северо-западным. Но это может являться и признаком продолжительности их развития и свидетельствовать о наиболее поздней активизации.

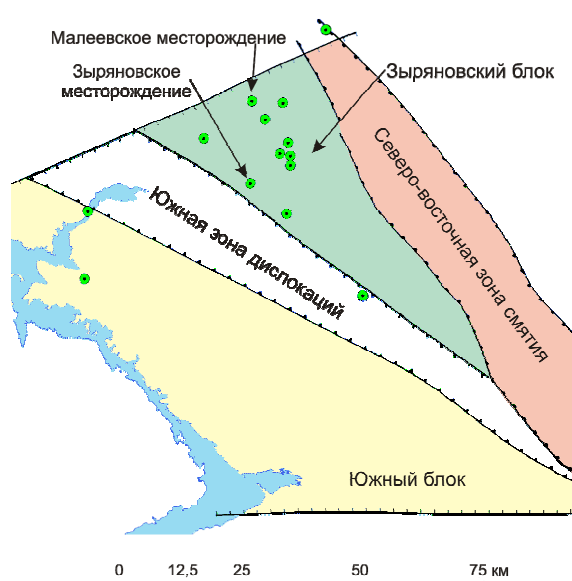


Рис. 4. Главные космогеологические структуры ЗРР. Зеленые точки – месторождения полиметаллов

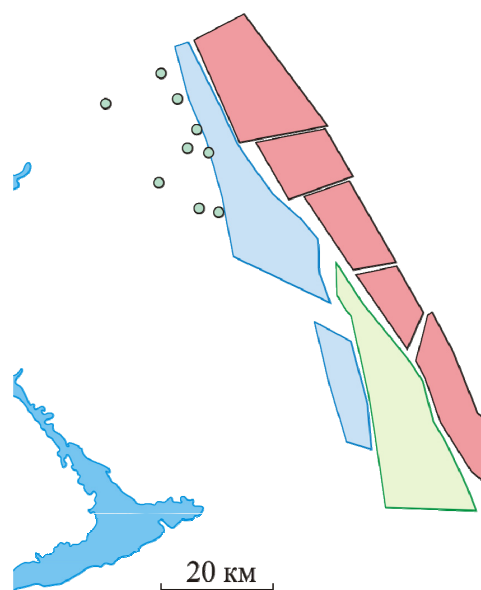


Рис. 5. Блочное строение Северо-Восточной зоны смятия (розовый цвет). Зеленые точки – месторождения полиметаллов

«Южная зона дислокаций» ограничена линейментными структурами северо-западного простирания. Ширина зоны в пределах Зыряновского блока варьирует от 18 км на севере до 8 км на юге Зыряновского блока. Южная зона дислокаций по возрасту древнее северо-восточной зоны смятия, которая срезает зону в юго-восточном окончании. По морфологии южная шовная зона смотрится как грабенообразная структура. На современном уровне эрозионного среза зона сложена преимущественно породами девонского и каменноугольного возрастов.

Зыряновский блок имеет форму треугольника, все три стороны которого представлены хорошо выраженными тектоническими структурами. Северо-восточная граница представлена северо-восточной зоной смятия. Юго-западная граница определяется южной зоной дислокаций. Северо-западная граница Зыряновского блока определяет линеймент северо-восточного простирания, который интерпретируется как разрывное нарушение. По своей внутренней морфологии Зыряновский блок уникален и не имеет аналогов в пределах изученных структур Рудного Алтая.

«Южный блок» имеет треугольную форму и ограничен с северо-востока – «южной зоной дислокаций», с юга – Нарымской субширотной зоной скрытого разлома, с юго-запада – Иртышской зоной смятия. Блок характеризуется разнородным геологическим строением, в котором принимают участие как осадочные породы девона и карбона, так и магматические породы различных комплексов. Является обособленным блоком, который менее изучен и, находясь в Алейской структурно-формационной подзоне, имеет специфичное строение, отличаясь от блоков ЗРР.

В пределах ЗРР выявлено и закартировано около пятисот дуговых и кольцевых структур. Признаками для их выделения послужили: кольцевые и дуговые границы между блоками с различной текстурой рельефа; кольцевые и дуговые границы между дешифрируемыми геологическими телами; границы ландшафтных неоднородностей, дуговой и кольцевой морфологии.

Радиусы кольцевых структур меняются в значительных пределах – от менее 1 до 74 км. По характеру гистограммы распределения радиусов кольцевые и дуговые структуры разделены на три группы: 0,3...9,5, 9,5...22 и 36...74 км. Самые крупные структуры, вероятнее всего, связаны с эндогенной деятельностью и плутолизмом. Они распространены по всей площади ЗРР достаточно равномерно и представляют собой как собственно кольцевые, так и дуговые линейменты. Структуры с радиусами 9,5...22 км распространены повсеместно и имеют, вероятно, как плутоногенную, так и гидротермально-метасоматическую природу. В ряде случаев устанавливается их тесная связь с массивами гранитоидов, субвулканическими телами и месторождениями полиметаллов. Малые кольцевые структуры чаще связаны с интрузивными массивами, отражая их внутреннее строение, в отдельных случаях однозначно устанавливается их связь с мало-глубинными субвулканическими телами.

Другой важной характеристикой кольцевых структур является положение их центроидов и глубина заложения очага, с которым связано их образование.

Анализ распределения центроидов структур с радиусами до 9,5 км показал, что максимумы плотности распространения центроидов приходится на

Южную зону дислокаций и южный блок. Именно в этих районах наибольшим распространением пользуются интрузивные образования. В других структурах центроиды этих кольцевых структур пользуются ограниченным распространением.

Центроиды структур с радиусом 9,5...22 км распространены на исследуемой территории с различной плотностью. При этом максимумы их развития находятся также в Южной зоне дислокаций.

Центроиды структур радиуса 36...74 км тяготеют к северной части Зыряновского блока.

В соответствии с представлениями [13, 11] видимый диаметр структур на поверхности в 2...4 раза больше, чем глубина очага. Нами принимается средняя величина – 3. Таким образом, глубины очагов формирования КС в ЗРР составляют следующие значения (табл. 3).

Таблица 3. Основные параметры кольцевых структур

Радиусы кольцевых структур, км	Глубина заложения, км
0,3...9,5	0,2...6,3
9,5...22	6,3...14,6
36...74	24...49,3

Таким образом, с учетом данных [2, 4] о глубинном строении Рудного Алтая, заложение крупных кольцевых структур в пределах ЗРР связано с очагами, расположенными в нижней части земной коры – верхней мантии, а остальных – со средней и верхней частями земной коры.

Часть линейных и кольцевых структур южной части ЗРР имеют единую генетическую природу, которая обусловлена развитием очаговых (вулканотектонических и др.) структур. Совместный анализ космоструктур с использованием методических подходов [14] позволил выявить на изученной территории 4 очаговые структуры (рис. 6).

Мурзинцевская очагово-купольная структура является самой крупной. Ее радиус около 25 км. Ядерная часть структуры в рельефе выражена положительной формой. В целом она представлена сочетанием 9 телескопированных кольцевых структур разного диаметра, разбитых меридиональными, северо-восточными и северо-западными радиальными линеаментами.

Греховская очагово-депрессийная структура имеет радиус около 10 км. В рельефе выражена отрицательными формами. Она образована сочета-

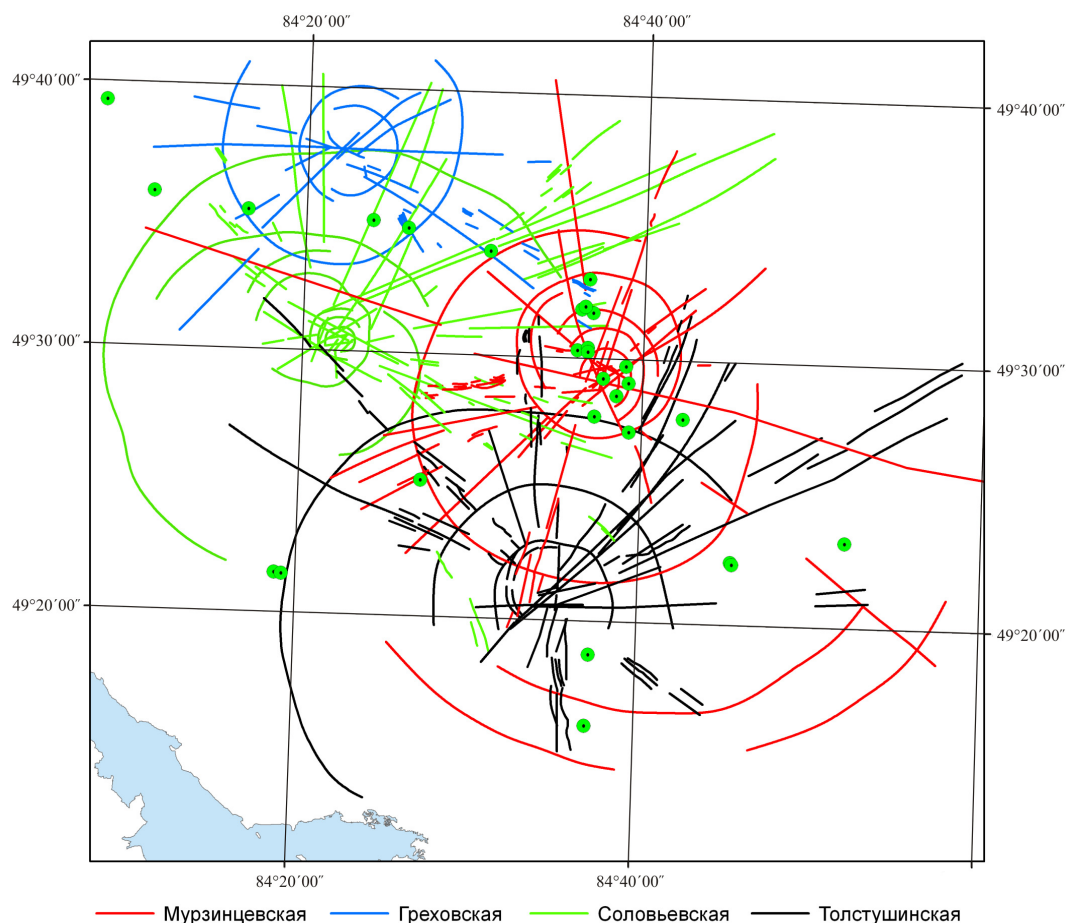


Рис. 6. Очаговые структуры южной части ЗРР. Зеленые точки – проявления полиметаллической минерализации

нием трех телескопированных кольцевых структур, разбитых северо-западными, северо-восточными и широтными радиальными линеаментами.

Геохимическая специализация Греховской и Мурзинцевской структур различна. По данным площадных литогеохимических работ первая отличается от второй повышенными концентрациями Co, Ag и Ba.

Соловьевская очагово-купольная структура имеет радиус около 16 км и выражена в рельефе положительными формами. Она представлена сочетанием 7-и телескопированных кольцевых структур, пересекаемых меридиональными, северо-восточными, широтными и северо-западными радиальными линеаментами.

Толстушинская очагово-купольная структура имеет радиус около 15 км и выражена в современном рельефе положительными формами. Она представлена сочетанием 4-х телескопированных кольцевых структур, рассекаемых меридиональными, северо-восточными, широтными и северо-западными радиальными линеаментами.

Пространственное совмещение Соловьевской и Толстушинской структур с магматическими комплексами позволяет заключить, что формирование этих структур обусловлено становлением интрузивных комплексов.

Оценена пространственная эволюция эндогенных систем, приведших к формированию очаговых структур [15]. Установлено, что вектор развития Греховской и Мурзинцевской структур имеет четко выраженное северо-западное восстание, а Соловьевской и Толстушинской — субвертикальный. Особый характер их развития свидетельствует о различных геологических процессах, приведших к их формированию.

Используя данные по расположению 14 месторождений и 18 рудопроявлений Зыряновского района, проведен статистический анализ связи месторождений с выявленными структурами.

Установлено, что большинство месторождений ЗРР располагаются в пределах, либо у тектонических границ Зыряновского блока.

В пределах Зыряновского блока месторождения контролируются линейными структурами трех основных направлений — субмеридиональными (0°), северо-восточными (60°) и северо-западными (340°). При этом рудные объекты располагаются в западных крыльях меридиональных структур. Полученные данные согласуются с геолого-генетическими представлениями [15] о рудоконтролирующем значении различных систем разломов в Рудном Алтае, что позволяет рассматривать линеamentы определенной ориентировки и их комбинации в качестве поисковых критериев оруденения, и что

особенно важно, слепого, не выходящего на дневную поверхность.

Связь с рудными объектами с кольцевыми структурами не столь очевидна. Тем не менее, положение месторождений контролируются крупными кольцевыми структурами, располагаясь от их центроидов на расстоянии 25...40 км и малыми кольцевыми структурами, располагаясь от их центроидов на расстоянии 1...3 км.

В южной части ЗРР положение большинства рудопроявлений полиметаллической специализации контролируются Греховской и Мурзинцевской очаговыми структурами, а именно участками сопряжения их дуговых и радиальных элементов.

Основные выводы

Изучены космоструктуры Зыряновского рудного района (Рудный Алтай) по материалам мультиспектральных космических систем Landsat ETM+, IRS и радиолокационной съемки SRTM.

Использование в комплексе данных космических съемок среднего и высокого пространственного разрешения позволило уточнить геологическое строение и получить новую минерагеническую информацию:

- Регион разбит крупными линеаментами на блоки с различным геологическим строением. Уточнено положение и строение Северо-восточной зоны смятия, выделены Зыряновский блок, «Южная зона дислокаций» и явно не входящий в Зыряновский рудный район — «Южный блок».
- Месторождения колчеданно-полиметаллической специализации располагаются преимущественно внутри Зыряновского блока и контролируются линейными (субмеридиональными, северо-восточными и северо-западными), крупными и малыми кольцевыми структурами.
- Положение известных рудопроявлений южной части рудного района контролируется двумя очаговыми структурами — Греховской и Мурзинцевской. Именно участки развития этих очаговых структур и являются наиболее перспективными для обнаружения промышленной колчеданно-полиметаллической минерализации, но на значительной глубине от поверхности (более 1,5...2 км).
- Совокупность выявленных закономерностей позволяет рассматривать их в качестве прогнозно-поисковых критериев участков перспективных на выявление полиметаллического оруденения ранга рудный узел — рудное поле.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 10-05-00115).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ужженов Б.С. и др. Минерально-сырьевая база меди, свинца, цинка, золота Республики Казахстан. Состояние. Прогноз развития // Сырьевая база свинца и цинка, меди, золота Казахстана: Материалы совещ. — Алматы: Казахстанское геологическое общество «КазГЕО», 2002. — С. 4–5.
2. Попов В.В. Региональные палеотектонические факторы образования крупных полиметаллических месторождений Рудного Алтая // Геология рудных месторождений. — 1998. — Т. 40. — № 4. — С. 370–378.
3. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана / под ред. С.Ж. Даукеева, Б.С. Ужженова, А.А. Абдулина и др. — Алматы: РГП ИАЦ РК, 2002. — Т. 1. — 224 с.; Т. 2. — 272 с.
4. Щерба Г.Н., Дьячков Б.А., Нахтигаль Г.П. Металлогения Рудного Алтая и Калбы. — Алма-Ата: Наука, 1984. — 240 с.
5. Рафаилович М.С., Смирнов А.В., Федоренко О.А. и др. Крупные месторождения Казахстана: новая геодинамическая и формационная систематика // Геология и охрана недр. — 2006. — № 1. — С. 2–10.
6. Кузбный В.С., Стучевский Н.И., Пономарев Э.С. Вулканогенные формации и металлогеническое районирование юго-западного Алтая // Вулканизм и металлогения геосинклиналей / под ред. И.Б. Серавкина. — Уфа: БФАН СССР, 1986. — С. 24–35.
7. Кузбный В.С., Павлов А.Л., Ананьев Ф.М. и др. Флюидный режим Земли и проблема крупномасштабного рудообразования (на примере халькофильных металлов). — Новосибирск: Наука, 1991. — 161 с.
8. Дистанов Э.Г. Колчеданно-полиметаллические месторождения Сибири. — Новосибирск: Наука, 1977. — 351 с.
9. Кузбный В.С. Магматические формации Юго-Западного Алтая и их металлогения. — Алма-Ата: Наука, 1975. — 342 с.
10. Назаров В.Н., Гаврилец В.Н. Структурные условия локализации колчеданно-полиметаллических руд Зыряновского и Малеевского месторождений (Рудный Алтай) // Геология рудных месторождений. — 1982. — Т. 24. — № 2. — С. 91–96.
11. Аэрокосмические методы геологических исследований / под ред. А.В. Перцова. — СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. — 316 с.
12. Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Житков В.Г., Назаров В.Н., Кузнецов А.С. Дистанционные методы геологических исследований, прогноза и поиска полезных ископаемых (на примере Рудного Алтая). — Томск: СТТ, 2007. — 228 с.
13. Ваганов В.И., Иванкин П.Ф., Кропоткин П.Н. и др. Взрывные кольцевые структуры щитов и платформ. — М.: Наука, 1985. — 200 с.
14. Серокуров Ю.Н., Калмыков В.Д., Зуев В.М. Космические методы при прогнозе и поисках месторождений алмазов. — М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2001. — 198 с.
15. Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Анникова И.Ю. и др. Космоструктурная модель района Калгутинского редкометалльного месторождения (Горный Алтай) // Известия Томского политехнического университета. — 2007. — Т. 311. — № 1. — С. 45–53.

Поступила 23.12.2009 г.

УДК 55(1/9):552.1

ПЕТРОЛОГИЯ И ЗОЛОТОНОСНОСТЬ АДАКИТОВЫХ ГРАНИТОИДОВ КАЛБЫ

А.Ф. Коробейников, А.И. Гусев*, Г.Г. Русанов*

Томский политехнический университет,

*Бийский педагогический государственный университет им. В.М. Шукшина

E-mail: lev@tpu.ru; anzerg@mail.ru; gapse@biysk.mail.ru

Впервые приводится обоснование отнесения кислых разностей кунушского комплекса Калбы (Казахстан) к высокремнистым адакитовым гранитоидам. Предложена комбинированная модель формирования адакитовых гранитоидов региона в результате плавления субдущающего слэба, в котором отмечается переход от процесса дегидратации слэба к частичному плавлению и значительная роль метасоматизирующих флюидов мантийного клина. Показана высокая золотоносность комплекса в целом и особенно даек заключительных фаз внедрения.

Ключевые слова:

Адакитовые гранитоиды, петрология, рудоносность, флюидный режим, мантийно-коровое взаимодействие, золото.

Key words:

Adakite granitoids, petrology, ore content, fluid regime, mantle-crust interaction, gold.

К адакитовому типу гранитоидов относятся специфические кислые интрузивные породы, обнаруживающие сходство с эффузивными адакитами. К числу таких признаков относятся очень низкие концентрации иттрия (менее 18 г/т), иттербия (менее 1,8 г/т) [1, 2], повышенные содержания ванадия и хрома, высокие нормированные к хондриту отношения лантана к иттербию (более 8...10), указывающие на сильно дифференцированный тип распре-

деления РЗЭ в породах. К адакитовым гранитоидам в регионе относятся кислые разности кунушского комплекса (C₂) Калбинского хребта Казахстана.

Актуальность изучения этих образований более чем очевидна, так как пространственно и парагенетически с ними связаны многочисленные месторождения и проявления золота, в том числе объект мирового класса золото-черносланцевого типа — Бакырчик.