

ОСОБЕННОСТИ ЭНДОГЕННОЙ МЕТАЛЛОГЕНИИ ГОРНОГО И РУДНОГО АЛТАЯ (Россия)

И.В. Гаськов

*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Котляго, 3, Россия*

Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия

Различная металлогения в Рудном и Горном Алтае обусловлена разной геологической историей этих регионов. Горный Алтай является регионом полициклического развития, в котором в период с венда—раннего кембрия до пермотриасового времени установлены этапы проявления субдукционных, аккреционно-коллизийных и рифтогенных процессов, сопровождаемые образованием определенного типа магматизма и эндогенного оруденения. Развитие металлогении в геологической истории региона было дискретным, и наиболее широко она проявилась в герцинский и постгерцинский этапы, когда сформировался широкий и разнообразный комплекс минеральных ресурсов, часть из которых имеют промышленные параметры. Это железо, ртуть, золото, серебро, молибден, вольфрам, кобальт, полиметаллы и редкоземельные металлы. На территории Горного Алтая выделяются несколько крупных рудных районов, развитых в разных структурно-формационных зонах. На западе это Белорецко-Холзунский железорудный, на северо-востоке — Каянчинско-Синюхинский флюорит-золоторудный, на юго-востоке — Курайский золото-ртутнорудный и Юстыдский редкометалльно-сереборудный, на юге — Калгутинский редкометалльно-вольфрамовый и Уландрыкский уран-редкоземельно-медный рудные районы. Наиболее крупными рудными месторождениями в этих районах являются: Холзунское (Fe, P₂O₅), Каракульское (Co, Bi), Синюхинское (Au), Акташское (Hg), Чаган-Узунское (Hg), Озерное и Пограничное (Ag), Калгутинское (Mo, W), Алахинское (Li, Ta), Рудный Лог (Y, Fe-спекуларит) и Урзарсайское (W-шеелит). В отличие от Горного Алтая металлогения Рудного Алтая представлена в основном колчеданным оруденением разных минеральных типов — медно-колчеданным, колчеданно-полиметаллическим и барит-полиметаллическим. Оруденение тесно связано с вулканизмом базальт-риолитовой формации, сформировавшейся в связи с субдукционными процессами и развитием герцинской островодужной системы. Колчеданное оруденение проявилось в возрастном диапазоне от эмса до франа включительно, имеет узловое распределение с образованием шести рудных районов и локализуется на разных стратиграфических уровнях девонских вулканогенно-осадочных отложений. В пределах высокометаморфизованного Курчумского блока развито медно-колчеданное и золото-кварцевое оруденение, связанное с герцинским вулканизмом основного состава.

Металлогения, месторождения, магматизм, оруденение, Горный Алтай, Рудный Алтай.

FEATURES OF MAGMATISM-RELATED METALLOGENY OF GORNY ALTAI AND RUDNY ALTAI (Russia)

I.V. Gaskov

The Rudny Altai and Gorny Altai regions had different geologic histories and differ in metallogenic patterns. The Vendian–Early Cambrian to Permian–Triassic multistage evolution of Gorny Altai included subduction, accretion–collision, and rifting events accompanied by magmatism and related mineralization. Metallogeny evolved in discrete pulses, with especially abundant Late Paleozoic–earliest Mesozoic mineralization. The Devonian–Carboniferous pulse produced diverse mineral deposits (iron, mercury, gold, silver, molybdenum, tungsten, cobalt, complex ores, and rare earths), some of considerable economic value. The territory of Gorny Altai includes several large ore districts that belong to different zones. They are the Beloretsk–Kholzun iron district in the west, the Kayancha–Sinyukha fluorine–gold district in the northeast, the Kurai gold–mercury and Yustyd rare-metal–silver districts in the southeast, and the Kalguty rare-metal–tungsten and Ulandryk U–REE–Cu districts in the south. The largest mineral deposits are Kholzun (Fe, P₂O₅), Karakul (Co, Bi), Sinyukha (Au), Aktash and Chagan-Uzun (Hg), Ozernoe and Pogranichnoe (Ag), Kalguty (Mo, W), Alakha (Li, Ta), Rudnyi Log (Y, Fe-specularite), and Urzarsai (W-scheelite). Mineralization in Rudny Altai is mainly pyritic: copper–pyrite, pyrite–complex ore, and barite–complex ore. It resides in suprasubduction basalts and rhyolites and in Emsian to Frasnian island-arc volcanics at different stratigraphic levels of Devonian volcanosedimentary sequences in six ore districts. The Kurchum high-grade metamorphic block hosts copper–pyrite and gold–quartz mineralization related to Late Paleozoic–Early Mesozoic volcanism.

Metallogeny, mineral deposits, mineralization, magmatism, Gorny Altai, Rudny Altai

ВВЕДЕНИЕ

Алтай занимает западную часть Алтае-Саянской складчатой области и включает в себя два разновеликих блока — Юго-Западный Алтай и Горный Алтай (рис. 1). В пределах Юго-Западного Алтая выделяют Рудный Алтай, расположенный в его северо-западной части (Россия—Казахстан) и протягивающийся в юго-восточном направлении на 500 км при ширине около 100 км, и собственно Юго-Западный Алтай, уходящий в Китай и Монголию еще на 500 км. Западной границей Рудного Алтая является Иртышский глубинный разлом, по которому он граничит с Калбинской зоной. На востоке Рудный Алтай граничит с Горным Алтаем по Северо-Восточной зоне смятия, простирающейся в северо-западном направлении более 600 км. Горный Алтай слагает северо-восточную часть территории Алтая и прослеживается от Северо-Восточной зоны на восток более 300 км вплоть до Западного Саяна, граничащего с ним по Шапшальскому разлому.

Проведенные в последние десятилетия геологические исследования на территории Горного и Рудного Алтая установили их разную историю геологического развития и показали различную металлогению этих регионов. Первые обобщающие данные по металлогении Горного Алтая были приведены в работе В.А. Кузнецова [1963]. Более поздние работы посвящены в основном общей характеристике минерально-сырьевой базы Горного Алтая, среди которых можно выделить публикации [Рихванов, 1998; Говердовский, 1998]. Металлогения Рудного Алтая в силу его уникальности отражена более широко и детально рассматривалась еще в работах прошлого века [Горжевский и др., 1955; Щерба и др., 1984; и др.]. Также этой проблеме посвящены и более поздние публикации [Чекалин, Дьячков, 2013; Гаськов, 2015]. Однако, в связи с ограниченными данными по хронологии оруденения и магматических образований, особенно для Горного Алтая, вопросы обоснования связи рудных образований с теми или иными магматическими комплексами остаются дискуссионными. В настоящей работе мы попытаемся на основании обобщения последних геологических и хронологических данных показать особенности развития металлогении в этих регионах, ее этапность и связь с магматизмом.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ГОРНОГО АЛТАЯ

Горный Алтай имеет длительную и многоэтапную историю развития. Геологическое строение и тектоническая история региона подробно охарактеризованы в работах [Зоненшайн и др., 1990; Буслов, 1992, 1998; Берзин и др., 1994; Берзин, Кунгурцев, 1996; Шокальский и др., 2000; Владимиров и др., 2003; Добрецов и др., 2004, 2005; Добрецов, Буслов, 2007; Буслов и др., 2013; Крук, 2015a]. В целом по данным этих исследователей, в развитии Горного Алтая выделяются шесть этапов: 1) венд-раннекембрийский, связанный с образованием океанических, окраинно-морских и островодужных систем; 2) среднекембрийско-раннеордовикский аккреционно-коллизионный, отражающий приращение периканнических и островодужных систем к краю Сибирского континента; 3) среднеордовикско-раннедевонский, соответствующий обстановке пассивной континентальной окраины; 4) девон-раннекаменноугольный, обусловленный зарождением и эволюцией активной континентальной окраины; 5) каменноугольно-раннепермский, соответствующий коллизии Сибирского и Казахстанского палеоконтинентов на фоне активности Таримского плюма; 6) пермско-раннемезозойский, характеризующийся проявлениями внутриплитного магматизма, связанного с Сибирским суперплюмом. В результате этой длительной истории была сформирована современная мозаично-блоковая структура Горного Алтая, в которой по глубинным разломам совмещены блоки разной природы и возраста, рассматриваемые отдельными исследователями как отдельные террейны [Берзин и др., 1996; Буслов, 1998]. По геологи-

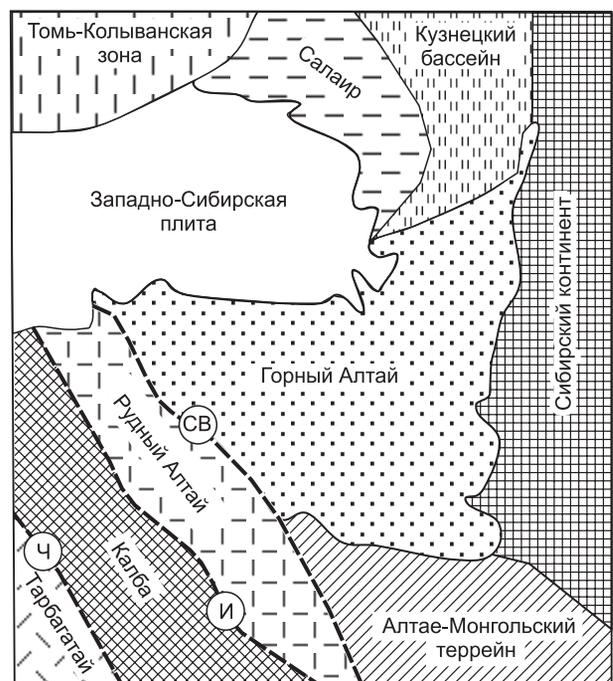


Рис. 1. Положение Рудного и Горного Алтая в структурах Алтае-Саянской складчатой области.

Глубинные зоны разломов: Ч — Чарская, И — Иртышская, СВ — Северо-Восточная. Схема составлена по данным [Буслов и др., 2013].

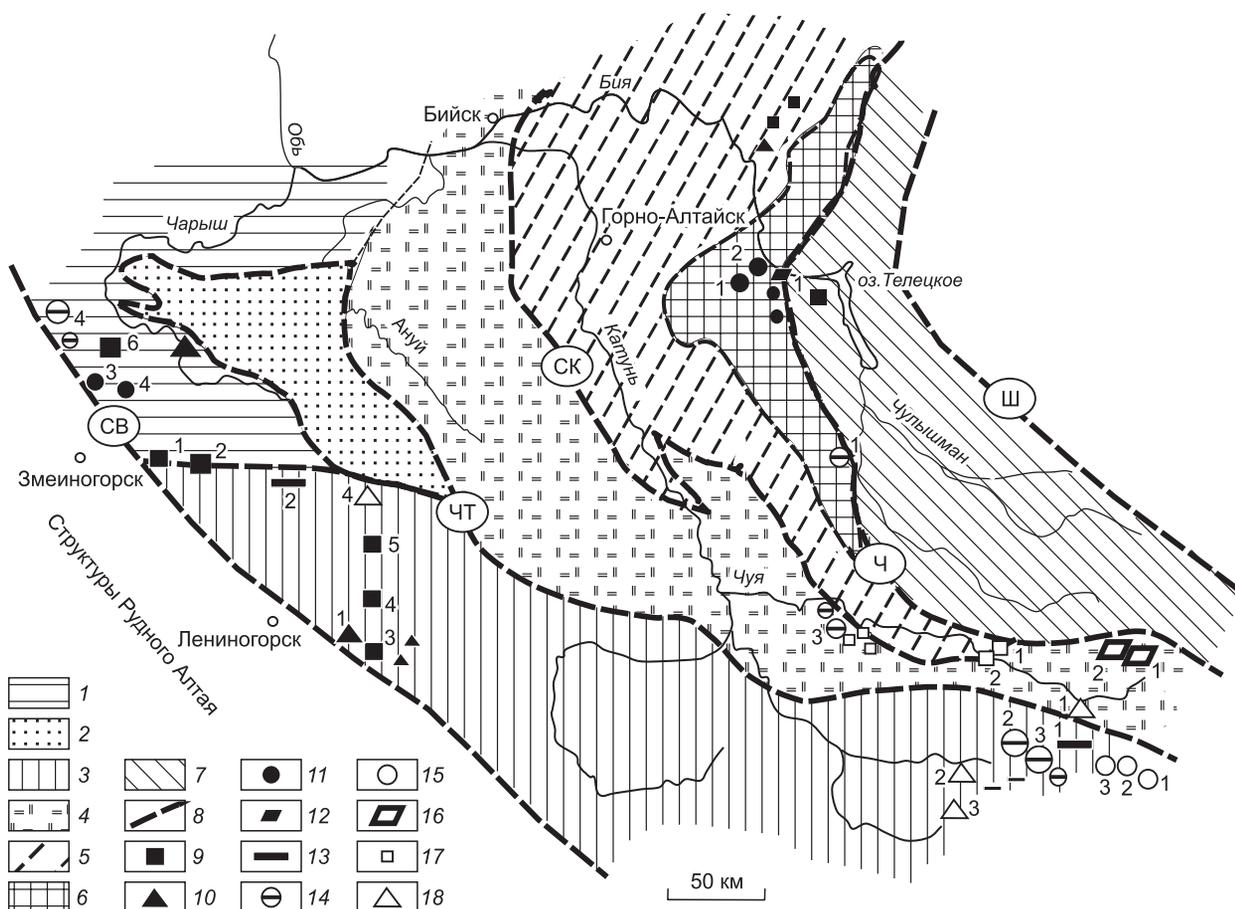


Рис. 2. Структурно-металлогеническая схема Горного Алтая.

В основу схемы положена тектоническая карта В.А. Кузнецова [1963].

1—7 — структурно-формационные зоны: 1 — Чарышско-Инская, 2 — Талицкая, 3 — Холзунско-Чуйская, 4 — Ануйско-Чуйская, 5 — Бийско-Катунская, 6 — Уйменско-Лебедская, 7 — Телецкая; 8 — зоны разломов: СВ — Северо-Восточная, ЧТ — Чарышско-Теректинская, СК — Сарасинско-Курайская, Ч — Чокракская, Ш — Шапшальская; 9—18 — полезные ископаемые: 9 — железорудные месторождения Белорецкое (1), Инское (2), Холзунское (3), Коргонское (4), Кедровское (5), Харловское (6); 10 — марганцевое месторождение Прозрачное (1) и рудопроявления; 11 — золоторудные месторождения Синохинское (1), Чойское (2), Новофирсовское (3), Мурзинское (4) и рудопроявления; 12 — медно-молибденовое месторождение Кульбич (1); 13 — комплексные Со-содержащие месторождения Каракуль (1), Владимировское (2); 14 — шеелит-полиметаллические и полиметаллические месторождения Урзарсайское (1), Красноярское (2), Урсульское (3), Новоचाгырское (4) и рудопроявления; 15 — Sb-Ag месторождения Асхатин (1), Озерное (2), Пограничное (3); 16 — молибден-вольфрамовые месторождения Калгутинское (1), Джумалинское (2); 17 — ртутные месторождения Акташ (1), Чаган-Узун (2) и рудопроявления; 18 — редкометалльно-редкоземельные месторождения: Алахинское Li-Ta (1), железо-редкоземельное Рудный Лог (2), Коксинское (3), Кумирское (4).

чекскому строению эти террейны (блоки) отвечают синклинорным или антиклинорным образованиям либо представляют собой сочетание более локальных, близких по возрасту структур, в пределах которых выделяются структурно-формационные зоны, различающиеся геологическим строением, магматизмом и металлогенией. Согласно схеме тектонического районирования, основанной на принципах террейнового подхода [Northeast Asia..., 2004], с запада на восток Горного Алтая выделяются Чарышская, Холзунско-Чуйская, Талицкая, Ануйско-Чуйская, Бийско-Катунская, Уйменско-Лебедская и Телецкая зоны (рис. 2), которые в целом согласуются со структурно-формационными зонами, выделенными В.А. Кузнецовым [1963]. Границами между этими зонами являются, как правило, тектонические разломы, среди которых выделяют региональные структуры, контролирующие проявление магматизма и эндогенного оруденения, локальные, выполняющие лишь роль тектонических границ между блоками без признаков проявления магматизма и оруденения. Среди региональных структур, прежде всего, выделяется Северо-Восточная зона смятия, разделяющая каледонскую систему Горного Алтая и герциниды Рудного Алтая. Она представляет собой систему сложноветвистых кулисообразных зон интенсивного расланцевания пород (Успено-Кареленская, Кедрово-Бутачихинская, Локтевская и др.), прослеженную в виде зоны расланцевания и милонитизации на 600 км при ширине 2—20 км.

К ней приурочены массивы гранитов пермско-юрского возраста. Также структурой регионального масштаба является Чарышско-Теректинский глубинный разлом, отделяющий Чарышскую и Холзуно-Чуйскую структурно-формационные зоны от соседних Талицкой и Ануйско-Чуйской. Это крупнейшая структура, прослеживаемая на территории Горного Алтая свыше 400 км и продолжающаяся в Северо-Западной Монголии. Вдоль Чарышско-Теректинской зоны разлома располагаются разновозрастные и разнотипные проявления магматизма. Таким же крупным по масштабу и металлогеническому значению является Сарасинско-Курайский глубинный разлом, обрамляющий Ануйско-Чуйскую структурно-фациальную зону с северо-восточной стороны. Он имеет очень сложное строение и является в сущности сложнопостроенной зоной региональных разломов общего кулисного строения: Сарасинского, Кадринского и Курайского. Эта зона также контролирует проявления магматизма и эндогенной минерализации. К региональным глубинным структурам относятся также Чокракский глубинный разлом, разделяющий Бийско-Катунскую и Ануйско-Чуйскую структурно-формационные зоны, и Шапшальский разлом, расположенный в крайней восточной части Алтая и отделяющий его от структур Западного Саяна. Также границами отдельных структурно-формационных зон являются тектонические структуры локального развития без признаков проявления магматизма и оруденения.

Фрагменты ранних этапов развития Горного Алтая — океанического и островодужного — установлены в Бийско-Катунской и Уйменско-Лебедской структурно-формационных зонах. Бийско-Катунская, выделенная в пределах одноименной антиклинорной структуры, в основании сложена верхнепротерозойскими карбонатными отложениями с горизонтами кварцитов и зеленокаменных эффузивов. Выше лежит нижнесреднекембрийская толща вулканогенно-терригенного состава, с прослоями рифогенных археоциатовых известняков и доломитов. Все эти отложения интенсивно дислоцированы. В разрезе этой зоны практически отсутствуют ордовикские и силурийские отложения, и девонские толщи во многих случаях ложатся непосредственно на кембрийские и верхнепротерозойские породы. Наиболее древние интрузивные образования в этой зоне представлены мелкими плагиогранит-габбро-пироксенитовыми телами мештуерьковского комплекса (E_1) и небольшими многофазными интрузиями пироксенитов, габброидов и гранитоидов барангольского комплекса (496 ± 5 млн лет), пространственно связанными с ареалами развития среднекембрийских вулканитов. Кроме того, здесь установлены габбро-диорит-гранитные образования киндерлинского комплекса (384 ± 4 млн лет), связанные с субдукционными процессами [Крук, 2015a]. Минерально-сырьевые ресурсы в пределах этой зоны имеют ограниченное развитие. Установлены лишь мелкие рудопроявления магнетита гидротермально-метасоматического типа среди кембрийских вулканитов и рудопроявления железистых кварцитов и сидеритов среди карбонатных отложений, а также титаномагнетитов в габброидах и ультраосновных массивах барангольского комплекса. В перетолженных корях выветривания выявлено Селезенское проявление валунчатых марганцевых руд, а в докембрийских карбонатах на северо-востоке региона — золото-карбонатная минерализация (Сарасинская и Сибирячихинская площади). С малыми телами основного состава связано золото-сульфидное вкрапленное оруденение (рудопроявления Сухонькое, Ночной Лог, Новое, Черемшанское), относящиеся к золото-ртутной формации с содержаниями золота от 0.2 до 34.5 г/т.

Уйменско-Лебедская зона выделяется в пределах одноименного синклинорного прогиба сложного геологического строения. В основании его разреза лежат карбонатные толщи верхнего протерозоя и вулканогенно-осадочные отложения нижнего—среднего кембрия, которые в северной части несогласно перекрыты пестроцветными песчано-сланцевыми отложениями ордовика и силура, а в южной — вулканогенно-осадочной толщей среднего и верхнего девона. Интрузивный магматизм в этой зоне представлен среднепозднекембрийскими габбро-гранитными интрузиями саракочшинского комплекса (512.2 ± 6.2 млн лет) и девонскими образованиями югалинского (406 ± 4 — 399 ± 2), турочакского (390 ± 7) и кызылташского (D_2) комплексов, связанных с этапом активной континентальной окраины [Бабин и др., 2004; Kruk, 2011; Крук, 2015b]. В контактовой части диорит-гранитного массива югалинского комплекса и карбонатных пород широко развито золотое оруденение преимущественно золото-сульфидно-скарнового типа. Это месторождения Синюхинское, Майское, Чойское, Ульменское, рудопроявления Ишинское, Оюкское [Шокальский и др., 2000; Гаськов и др., 2010]. Также в связи с диорит-гранитами югалинского комплекса установлены Кульбичское медно-молибден-порфиоровое месторождение, Аккемское жильное кварц-молибденитовое рудопроявление, Ишинская и Майско-Лебедская рудные зоны с прогнозными ресурсами золота до 20 и до 40 т соответственно. Кроме того, здесь обнаружено несколько объектов с эпitherмальным золото-серебряным оруденением с содержанием золота до 8.4 г/т и серебра до 436 г/т, среди которых наиболее значимым является Чуринское рудопроявление. Общий металлогенический потенциал золота в данном рудном узле оценивается 322 т [Гусев, 2002]. Кроме того, на контакте гранитоидов с девонскими и кембрийскими отложениями установлены гидротермально-метасоматические рудопроявления магнетитовых руд, а с формированием габброноритовых и габбро-сиенитовых комплексов связана титаномагнетитовая формация (Салганакское рудопроявление). На

юго-востоке Уйменско-Лебедской зоны в связи с герцинскими гранитными интрузиями установлено штокверковое кварцево-шеелитовое оруденение в ассоциации с полиметаллическими серебро-свинцовыми жилами (Урзарсайское месторождение).

Аккреционно-коллизонные события среднекембрийско-раннеордовикского этапа, сопровождаемые формированием мощных флишеидных толщ, достаточно хорошо проявлены в Холзунско-Чуйской и Ануйско-Чуйской структурно-формационных зонах. Холзунско-Чуйская зона выделяется в западной части Горного Алтая и протягивается в юго-восточном направлении вдоль границы с Рудным Алтаем. В геологическом строении этой зоны принимают участие верхнепротерозойские кристаллические сланцы, установленные в пределах Теректинского горстового выступа, которые вверх по разрезу сменяются интенсивно дислоцированными вулканогенно-осадочными образованиями нижнего кембрия и выше песчано-сланцевыми флишеподобными толщами кембро-ордовика. В наложенных мульдах (Каргонская, Калгутинская) прямо на докембрийских кристаллических сланцах лежат толщи среднего девона. Интрузивные образования, по данным Н.Н. Крук [2015б], представлены в основном габбро-диорит-гранитными интрузиями рохмановского (375 ± 11 млн лет) и гранодиорит-гранитами боровлянского ($(362—375) \pm 1$ млн лет) комплексов, связанными с развитием активной континентальной окраины. В меньшей степени здесь развиты интрузивные образования более позднего рифтогенного этапа развития, представленные сиенит-монцодиорит-граносиенитами тархатинского (247 ± 3 млн лет), гранит-лейкогранитами белокурихинского (232 ± 5 млн лет) и чиндагатуйско-калгутинского ($212—190$ млн лет) комплексов. Металлогения Холзунско-Чуйской структурно-формационной зоны характеризуется наибольшим разнообразием по составу оруденения и повышенным потенциалом по его масштабам на территории Горного Алтая. На границе с Рудным Алтаем в пределах наложенного Коргонского прогиба выделяется Белорецко-Холзунский железорудный район с вулканогенно-осадочными железорудными месторождениями (Холзунское, Коргонское, Тимофеевское и др.), приуроченными к базальт-андезит-риолитовым отложениям коргонской свиты (D_2, krg) [Елкин и др., 1994; Гаськов и др., 1999; Кассандров, 2010]. Наиболее крупным является Холзунское месторождение ванадий-фосфор-железных руд, запасы которых составляют около 700 млн т. С проявлениями железных руд тесно ассоциирует марганцевая минерализация, среди которой выделяется два типа руд: 1 — оксидные и карбонатные руды в вулканогенно-осадочных толщах (месторождение Прозрачное) и 2 — окисленные руды в корях выветривания по первичным марганценосным рудам (рудопроявления Бостокское, Бостальское). Также в Коргонском прогибе в зонах контактов верхнедевонских гранитоидов установлены скарновые железорудные месторождения (Белорецкое, Инское) [Калугин и др., 1981; Кассандров, Иванов, 1979; Кассандров и др., 1998], а в грейзенах гранитов белокурихинского комплекса развито вольфрам-молибден-висмут-редкометалльное оруденение с содержанием WO_3 до 1.85 % и Mo, Bi пределах 0.005—0.088 %. В зоне скарнов на контакте штока габбро-диоритов локализуется Владимировское кобальтовое месторождение, представленное гнездово-вкрапленной и прожилковой минерализацией мощностью до 400 м и протяженностью более 2 км и средним содержанием Co 0.5 %. Кроме того, в Коргонском прогибе известен ряд рудных редкометалльно-редкоземельно-урановых проявлений, наиболее интересным из которых является Кумирское скандий-иттрий-уран-ториевое месторождение, приуроченное к зонам альбитизации, серицитизации и турмалинизации в экзо- и эндоконтактах Кумирского штока белокурихинского комплекса (240 млн лет). На юго-востоке зоны в Калгутинском наложенном прогибе в средневерхнедевонских вулканогенных толщах риолитодацитового и андезитового составов развита железо-редкоземельно-медная минерализация (рудопроявления Коксинское, Водопадное, Рудный Лог) с содержаниями меди до 7.5 %, железа до 36 %, иттрия до 0.1 %, кобальта до 0.16 %, серебра до 30 г/т и золота до 0.5 г/т. А в Юстыдском прогибе выделяется Юстыдский рудный район с развитием эндогенного оруденения различных типов ($Sb-Ag, Sn-W, W-Bi-Co, Ni-Co-As, Au-Ag-Hg$ и $Sb-Hg$). Большая часть оруденения приурочена к черносланцевой толще (D_{2-3}), которая залегает на красноцветных и вулканогенно-осадочных породах (D_{1-2}), развитых в основании прогиба. Выделяется два возрастных рубежа развития магматизма и оруденения [Павлова и др., 2008; Гусев, Гусев, 2010; Третьякова, 2011]. Ранний этап (D_3-C_1) включает граниты юстыдского комплекса (375.4 ± 5.5 млн лет), грейзены с редкоземельной (351.4 ± 1.4 млн лет) и олововольфрамовой (359.0 ± 3.4 млн лет) минерализацией и завершается формированием постгранитных даек долеритов (351.8 ± 3.8 млн лет) и $Cu-W-Bi-Co$ оруденения (349.8 ± 3.9 млн лет) (месторождение Каракуль). Последнее расположено в западном экзоконтакте Барбургазинского гранитного массива. Рудные тела месторождения представлены серией сближенных субпараллельных зон метасоматитов хлорит-турмалин-кварцевого состава мощностью до 30 м и протяженностью по простиранию до 1500 м и падению более 300 м. Руды состоят из кобальтина и глаукодота, часто в ассоциации с шеелитом, висмутином, халькопиритом, блеклой рудой, арсенопиритом, пирротинном и пиритом. Поздний этап (P_2-T_1) начинается с внедрения даек долеритов теректинского комплекса (255 млн лет), лампрофиров чуйского комплекса (250 ± 4.5 млн лет) и формирования $Ni-Co-As$ жил (258—250 млн лет). Далее следует внедрение граносиенитов тархатинского комплекса (238 ± 2.5 млн лет) и образование $Sb-Ag$ оруденения

(240 ± 3.5 млн лет) и ртутной минерализации (234.4—231.5 млн лет). Наиболее значимыми здесь являются Sb-Ag месторождения Асхатин, Озерное, Пограничное. Месторождение Асхатин локализовано на северо-восточном фланге Озерно-Асхатинского рудного поля в терригенных породах барбургазинской и богутинской свит среднего—верхнего девона. Рудные тела месторождения сложены сидеритовыми жилами выполнения, в меньшей мере брекчиями и линейными штокверками, содержащими массивное и вкрапленное сульфидно-сульфосольное оруденение. Протяженность рудных тел достигает 800 м, мощность до 16 м. Запасы и ресурсы серебра на месторождении составляют 7100 т при среднем его содержании 351 г/т, меди 163 тыс. т (0.82 %), сурьмы 92 тыс. т (0.36 %), висмута 13 тыс. т (0.055 %) [Бедарев, Далилхан, 1987]. Также в юго-восточной части Холзуно-Чуйской зоны развито полиметаллическое оруденение, связанное с девонским вулканизмом (месторождения Тютинское, Корумдинское, Кызыл-Чин, Урсульское, Казинихинское) и полиметаллические месторождения, связанные с гранитными интрузиями герцинского возраста. К ним относятся Красноярское свинцово-сурьмяное месторождение и Большой Яломан. Руды этих месторождений сложены довольно пестрым по составу минеральным комплексом, представленным кварцем, эпидотом, кальцитом, галенитом, сфалеритом, халькопиритом, пиритом, пирротинном, марказитом, молибденитом, шеелитом.

Ануйско-Чуйская структурно-формационная зона, выделенная в пределах одноименного синклиория, прослеживается параллельно Холзуно-Чуйской зоне с северо-запада на юго-восток через весь Горный Алтай. В её геологическом строении широко развиты осадочные образования, представленные в основании разреза мощными флишоидными толщами кембрия и ордовика, которые выше сменяются сланцево-известняковыми отложениями ордовика и силура и далее несогласно перекрываются эффузивно-осадочными толщами девона и нижнего карбона. В юго-восточной части зоны развиты континентальные угленосные отложения каменноугольного возраста. Все породы слабо дислоцированы и лишь в приразломных зонах они смяты в изоклинальные складки. Широко здесь проявлены интрузивные породы, связанные с развитием активной континентальной окраины и коллизионными процессами. Это габбро-гранитные серии топольнинского (397 ± 5 млн лет) и усть-беловского (374 ± 3 млн лет) комплексов, гранит-лейкогранитные интрузии елиновско-бутачихинского (377 ± 5 млн лет), шебеликского (306 ± 5 млн лет) и чиндагатуйско-калгутинского (216—190 млн лет) комплексов, с которыми связана разнообразная эндогенная металлогения. В связи с девонским вулканизмом установлены полиметаллические месторождения (Ширгайтинское, Ильинское, Широкий Лог), в составе которых наряду с галенитом, сфалеритом, халькопиритом, пиритом и пирротинном отмечаются молибденит, шеелит в сочетании с кварцем, эпидотом, кальцитом. На юго-востоке этой зоны выделен Южно-Алтайский рудный пояс, который включает два рудных узла — Калгутинский и Алахинский [Гусев, Гусев, 2014]. В Калгутинский рудный узел входят молибден-вольфрамовые месторождения Калгутинское Джумалинское, Южно-Калгутинское и проявления Садокбай, Филиал, Торбернитовое, Верхнеаккольское, Западное и Северное Калгуты, расположенные в пределах Калгутинского гранитного массива (216 ± 3 млн лет) [Анникова и др., 2006]. Наиболее крупное Калгутинское молибден-вольфрамовое месторождение приурочено к восточной части этого массива. Оруденение размещается как среди гранитов, так и среди вмещающих пород. Средние содержания WO_3 составляют 1.9 %; Bi 0.1 %; Вe 0.04 %, Mo < 0.01 %. Алахинский рудный район и Алахинское литий-танталовое месторождение находятся в высокогорной части Чуйского прогиба (Кош-Агачский район). Оруденение локализовано в приконтактных зонах одноименного штока сподуменовых гранит-порфиров и представлено рудными минералами — сподумен, танталит, полупит и безрудными — слюды, полевые шпаты, развитыми в зонах проявления грейзенизации, альбитизации и окварцевания пород. Руды характеризуются повышенными концентрациями главных компонентов — лития (0.8 %), тантала (0.012 %) и второстепенных элементов — рубидия (0.12 %), цезия (0.026 %), ниобия (0.004 %) и висмута (0.006 %). Также на юго-востоке Ануйско-Чуйской зоны широко развиты эпitherмальные месторождения ртути, которые выделены в Курайскую ртутную зону протяженностью около 100 км в направлении Чуйского тракта и шириной 6—8 км. В её пределах насчитывается более 100 ртутных проявлений и два промышленных месторождения, относящиеся к двум минеральным типам: карбонатно-киноварному (месторождение Акташ) и листовитовому (месторождение Чаган-Узун). Рудные тела месторождения Акташ образуют пласты, гнезда и жилы среди известняков и сланцев, претерпевших доломитизацию, окварцевание и аргиллизацию. Минеральный состав руд представлен киноварью, антимонитом, пиритом, блеклыми рудами, реальгаром, кальцитом, доломитом и кварцем. Месторождение Чаган-Узун приурочено к серпентинизированным порфиритам, их туфам и туфопесчаникам, развитым в зонах разломов, и образует рудные столбы и линзовидные залежи, сложенные в основном киноварью с небольшой примесью других сульфидов (антимонит, миллерит, герсдорфит, пирит и реальгар). Ртутное оруденение, по данным В.А. Кузнецова [1976], связано с послегерцинским основным и ультраосновным магматизмом, проявленным в зонах глубинных разломов, а также с малыми интрузиями субщелочных базальтоидов.

Фрагменты пассивной континентальной окраины хорошо проявлены в Чарышской и Талицкой структурно-формационных зонах. Чарышская зона выделена в пределах Чарышского синклиория на

западе Горного Алтая на границе с Рудным Алтаем. Наиболее полно представлен нижнепалеозойский разрез, изменяющийся от существенно терригенных отложений в кембрии до сланцево-известковых в верхнем силуре, которые несогласно перекрываются слабодислоцированными эффузивно-осадочными толщами среднего девона. Интрузивный магматизм проявлен локально в отдельных геологических блоках (Курьинский и Новофирсовский трюги) и имеет в основном герцинский возраст. По данным Н.Н. Крук [2015а], здесь выделяют гранит-лейкогранитные интрузии майорского (381 ± 4 млн лет), боровлянского (375 ± 1 млн лет) комплексов и габбро-диорит-танолит-гранодиоритовые интрузии усть-беловского комплекса ($(364—374) \pm 3$ млн лет), а также монцогаббро и монцодиориты харловского комплекса ($330—334$ млн лет, C_1). Более поздний рифтогенный этап представлен лишь синюшинским комплексом (248 ± 1 млн лет).

Эндогенная металлогения в Чарышской зоне проявлена локально и связана главным образом с девонским вулканогенным и интрузивным магматизмом. В ореолах девонских субвулканических интрузий и карбонатно-терригенных пород ордовик-силурийского возраста установлены небольшие серебро-полиметаллические (Новоачагырские) и полиметаллические рудопроявления (Широкий Лог, Чернареченское), представленные кварцево-карбонатными жилами и кварц-полевошпатовыми метасоматическими образованиями с галенитом и сфалеритом (иногда с аргентитом и медными минералами). В пределах Новофирсовского трюга, в связи с девонскими субвулканическими интрузиями риодацитов, выявлено Новофирсовское золото-серебряное месторождение, относимое к эпитермальной формации, с содержанием золота 5 г/т, серебра до 42.2 г/т, меди до 0.41 %, свинца 0.27—5.75 % и цинка 0.33—6.58 %. Прогнозные ресурсы Новофирсовского рудного поля оцениваются в 45 т золота.

На северо-западе Чарышской зоны расположено Харловское титаномагнетитовое месторождение, приуроченное к расслоенному габброидному массиву харловского комплекса. Массив образован рудными и безрудными габброидами в виде горизонтов мощностью до нескольких десятков метров. К рудам отнесены прослои габброидов с содержанием железа более 14 % и минимальной их мощностью 8 м. Протяженность рудных залежей изменяется от 425 до 2650 м, а прогнозные запасы руд составляют более 3.5 млрд т со средним содержанием Fe 15.3 %, TiO_2 5.9 %, V_2O_5 0.08 %, Al_2O_3 11 %.

К востоку от описанной зоны в пределах Талицкого антиклинория выделяется Талицкая структурно-формационная зона. В основании разреза этой структуры, вскрытого в ядре антиклинория, развиты отложения верхнего протерозоя—нижнего кембрия, представленные глинистыми и метаморфическими сланцами, порфиритами и их туфами с горизонтами микрокварцитов и мраморов, а в крыльях преобладают сланцы, песчаники с горизонтами кремнистых пород, яшм и порфиритов кембро-ордовикского возраста. Интрузивные образования в этой зоне имеют широкое развитие и представлены, так же как и в соседней Чарышской зоне, верхнедевонскими габбро-гранитными интрузиями майорского (381 ± 4 млн лет), боровлянского (375 ± 1 млн лет) и усть-беловского ($(364—374) \pm 3$ млн лет) комплексов. В более поздний рифтогенный этап здесь проявились лишь гранит-лейкограниты белокурихинского комплекса (232 ± 5 млн лет). Эндогенное оруденение в этой структуре развито слабо и образует лишь небольшие зоны минерализации вольфрам-молибден-висмут-редкометалльного состава, связанные с грейзенами гранитов белокурихинского комплекса. Рудная минерализация (гюбнерит, вольфрамит, шеллит, повелит, тетрадимит, пирит, ксенотим, церуссит, молибденит) установлена как в грейзенах, так и в кварцевых жилах. Содержание WO_3 в грейзенах достигает 1.85 %, а в кварцевых жилах — 7.8 %. Содержание молибдена и висмута колеблется в пределах 0.005—0.088 %.

На востоке Горного Алтая на границе со структурами Западного Саяна расположена переходная Телецкая структурно-формационная зона, выделенная в пределах Телецкого и Курайского блоков (террейнов). От структур Западного Саяна она ограничена Шашальским глубинным разломом. В основании ее разреза вскрываются метаморфические сланцы верхнего протерозоя, выше лежат вулканогенно-осадочные формации нижнего кембрия, которые сменяются флишоидными терригенно-сланцевыми отложениями кембро-ордовика. Все перечисленные толщи интенсивно дислоцированы, метаморфизованы и прорваны ультраосновными, основными и гранитоидными интрузиями. Кроме того, внутри зоны выделяются наложенные мульды (Улаганская) и приразломные грабен-синклинали, выполненные девонскими отложениями. В пределах зоны происходит изменение простирания структур с северо-западного (алтайского) на северо-восточное (западно-саянское). В левобережье Телецкого озера и верховьях рек Бия и Лебедь на продолжении железноосного Кондомского района Горной Шории установлено небольшое магнетитовое месторождение Каурчакское с ресурсами около 15 млн т руды. Возраст этих образований и связь их с магматизмом к настоящему времени не установлены.

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТАЛЛОГЕНИИ ГОРНОГО АЛТАЯ

Как показано выше, Горный Алтай является регионом полициклического развития, в котором в период с венда—раннего кембрия до пермотриасового времени проявились на разных этапах субдукционные, аккреционно-коллизонные и рифтогенные процессы, сопровождаемые проявлениями магматизма

ма и эндогенного оруденения. Однако проявление эндогенной металлогении было неравномерным в геологической истории региона и в разных его структурах. Наиболее древние рудные образования, связанные с ранним *венд-кембрийским океаническим этапом*, имеют ограниченное развитие и *установлены лишь* в Бийско-Катунской зоне, где они представлены рудопроявлениями магнетита и железистых кварцитов среди кембрийских вулканогенных отложений и карбонатных пород, титаномагнетита, связанного с габброидами барангольского комплекса (496 ± 5 млн лет), и золоторудной минерализации (джаспероидный тип) в карбонатной формации. Также ограниченно металлогения связана с аккреционно-коллизийными событиями в *среднекембрийско-раннеордовикский этап*. Установлено лишь небольшое магнетитовое месторождение Каурчакское в левобережье Телецкого озера в Телецкой зоне. В *ордовик-силурийский этап, отвечающий пассивной окраине*, значимые эндогенные рудные образования не установлены.

Наиболее масштабно металлогенические процессы проявились в герцинское время (D_1-C_2), отвечающие этапу активной континентальной окраины. В этот период сформировалось разнообразное оруденение, локализующееся в большей части рудно-формационных зон. На западе региона на границе с Рудным Алтаем в Чарышской зоне в связи с девонским вулканогенным и интрузивным магматизмом майорского комплекса (381 ± 4 млн лет) в карбонатно-терригенных породах установлены небольшие серебро-полиметаллические и полиметаллические проявления (Новоचाгырское, Широкий Лог, Черно-реченское), а юго-восточнее в расслоенном габброидном массиве харловского комплекса (330—334 млн лет) выявлено Харловское титаномагнетитовое месторождение. Южнее в этой зоне установлено золоторудное месторождение Мурзинское с гранодиоритами усть-беловского комплекса (364 ± 8 млн лет) и Новофирсовское золото-серебряное месторождение, связанное со средневерхнедевонскими субвулканическими интрузиями риодацитов. В Коргонском наложенном прогибе Холзунско-Чуйской зоны выделен Белорецко-Холзунский железорудный район с вулканогенно-осадочными железорудными месторождениями (Холзунское, Коргонское, Тимофеевское и др.) и марганцевыми проявлениями (Прозрачное) в вулканогенно-осадочных отложениях коргонской свиты (D_2 krg). Здесь же в средневерхнедевонских щелочных вулканитах риолитодацитового и андезитового состава установлена железо-редкоземельно-медная минерализация (рудопроявления Коксинское, Водопадное, Рудный Лог), а в зонах контактов верхнедевонских плагиогранитов Тигирекского плутона выявлены скарновые железорудные месторождения Белорецкое и Инское. На юго-востоке этой зоны проявлено полиметаллическое оруденение, связанное с девонским вулканизмом (месторождения Урскульское, Красноярское, Тютинское, Кызыл-Чин и др.), а в связи со среднедевонскими гранитными интрузиями установлены месторождения Урзарсайское, Большой Яломан, Ильгуменское. В Юстыдском прогибе Холзунско-Чуйской зоны выделяется Юстыдский рудный район с развитием эндогенного оруденения различных типов (Sn-W, Cu-W-Bi-Co и Sb-Hg), сформировавшихся в два этапа. Ранний этап (D_3-C_1) включает граниты юстыдского комплекса (375.4 ± 5.5 млн лет) и грейзены с редкоземельной (351.4 ± 1.4 млн лет) и олово-вольфрамовой (359.0 ± 3.4 млн лет) минерализацией, а начало позднего этапа фиксируется формированием постгранитных даек долеритов (351.8 ± 3.8 млн лет) и Cu-W-Bi-Co оруденения (349.8 ± 3.9 млн лет) (месторождение Каракуль). На востоке Уйменско-Лебедской зоны в связи с девонскими габбро-гранитными интрузиями (406 ± 4 млн лет) установлены гидротермально-метасоматические рудопроявления магнетитовых и титаномагнетитовых руд (Салганакское рудопроявление), а в контактовой части диорит-гранитного массива югалинского комплекса (399 ± 2 млн лет) и карбонатных пород развито золотое оруденение преимущественно золото-сульфидно-скарнового типа (месторождения Чойское, Синюхинское, Майское, Ульменское). Здесь же выявлены Кульбичское медно-молибден-порфиоровое месторождение, Аккемское жильное кварц-молибденитовое рудопроявление, а также Ишинская и Майско-Лебедская рудные зоны с прогнозными ресурсами золота до 20 и до 40 т соответственно. На юго-востоке Уйменско-Лебедской зоны установлены вулканогенные полиметаллические месторождения Ширгайтинское, Ильинское, Широкий Лог и др.

В послегерцинский этап (P-T), характеризующийся развитием внутриплитного гранитоидного магматизма, также проявилась разнообразная металлогения. На юго-востоке региона в Юстыдском прогибе наряду с герцинским оруденением установлено более молодое редкометалльное оруденение (Ni-Co-As, Ag-Sb, Hg), связанное с чуйским дайковым комплексом лампрофиров (250.8 ± 4.5 млн лет) и граносиенитов ($(241.5—238) \pm 2.5$ млн лет). Это Sb-Ag месторождения Асхатин, Пограничное и рудопроявления Со [Третьякова, 2010]. В этой же зоне в связи с гранитоидами Калгутинского массива ($216—218$ млн лет) выявлено молибден-вольфрамовое, медно-молибденное и бериллиево оруденение, выделенное в Калгутинский рудный узел с месторождениями Калгутинское, Джумалинское, Южно-Калгутинское, а с основным и ультраосновным магматизмом, проявленным в зонах глубинных разломов, связано формирование эпitherмального оруденения ртути (месторождения Акташ, Чаган-Узун и более 100 ртутных проявлений), выделенные В.А. Кузнецовым в Курайскую ртутную зону. В Коргонском прогибе Холзунско-Чуйской зоны развито вольфрам-молибден-висмут-редкометалльное орудене-

ние, связанное с грейзенами гранитов Белокурихинского комплекса (232 ± 5 млн лет). Здесь же установлено Владимирское кобальтовое месторождение. В правом борту р. Кумира в экзо- и эндоконтактах Кумирского штока субвулканических риолитов (240 млн лет) локализуется Кумирское скандий-иттрий-урановое месторождение. Также в связи с гранитами Белокурихинского комплекса проявлена вольфрам-молибден-висмут-редкометалльная минерализация в Талицкой структурно-формационной зоне.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РУДНОГО АЛТАЯ

Рудный Алтай является одним из наиболее крупных металлогенических поясов Евразии и включает около 50 промышленных и большое количество мелких колчеданно-полиметаллических (Cu-Pb-Zn) месторождений (рис. 1, 3). Большинство исследователей территория Рудного Алтая рассматривается как девонская островодужная система, сформировавшаяся в латеральном ряду структур континентальной окраины Иртыш-Зайсанского палеоокеана [Ротараш и др., 1982; Зоненшайн и др., 1990; Берзин, Кунгурцев, 1996]. В структурном плане на территории Рудного Алтая выделяются Алейское и Синюшинское геодомы, а также Быструшинский и Белоубинский синклинали. В их геологическом строении установлено два структурных яруса — каледонский и герцинский. Каледонские отложения, слагающие нижний структурный ярус, представлены нижнепалеозойскими, фрагменты которых проявлены в Алейском и Синюшинском антиклиналях, Иртышской и Северо-Восточной зонах смятия [Щерба и др., 1984]. Эти породы интенсивно дислоцированы и метаморфизованы в зеленосланцевой фации. По составу преобладают кварц-серицитовые, серицит-хлоритовые и актинолит-хлоритовые сланцы и песчаники. В металлогеническом отношении эти породы стерильны и не представляют интереса. Герцинский структурный ярус включает в себя в основном вулканогенно-осадочный комплекс девона и карбона, который резко несогласно перекрывает каледонское складчатое основание. В отличие от подстилающих толщ для пород герцинского структурного яруса характерна богатая металлогения и, прежде всего, широкое развитие разных типов колчеданного оруденения, генетически связанного с контрастной базальт-риолитовой формацией. Здесь широко проявлены медно-колчеданные, колчеданно-полиметаллические и барит-полиметаллические месторождения и рудопроявления. Начиная с фамена на территории Рудного Алтая проявлен другой тип вулканизма, который не несет никакой металлогенической нагрузки. Он представлен лавами и туфами андезитодацитового состава с существенно натровым уклоном, развитыми в виде узкой полосы по юго-западному краю региона. Кроме того, в тылу развития вулкаников, вблизи Северо-Восточной зоны смятия, отмечаются их интрузивные аналоги, образующие цепочку даек и крупных гипабиссальных тел габбро, габбро-диабазов и диабазов, протягивающуюся в северо-западном направлении и фиксирующую условия растяжения.

Широкое развитие в регионе имеют интрузивные магматические образования [Кузубный, 1975; Владимиров и др., 1997]. Они охватывают широкий временной диапазон становления и по условиям формирования делятся на три большие группы: доскладчатые граниты (380—390 млн лет), синскладчатые граниты (Змеиногорский комплекс, 309 млн лет) и коллизионные граниты (калбинский комплекс, 277—266 млн лет). Эти образования на территории Рудного Алтая в большинстве своем не являются рудоносными.

Таким образом, металлогеническую специализацию Рудного Алтая определяет развитие разных типов колчеданного оруденения, связанного с базальт-риолитовым вулканизмом. Оно имеет узловое распределение и образует шесть обособленных рудных районов: Зырянский, Лениногорский, Прииртышский, Змеиногорский, Золотушинский и Рубцовский, первые три из которых административно входят в состав Республики Казахстан, а три последних в состав России (см. рис. 3).

Зырянский рудный район является юго-восточной частью Рудно-Алтайского металлогенического пояса. Геологический разрез района сложен в основном девон-нижнекарбонными отложениями, среди которых снизу вверх выделяются подревнюшинская (D_1e_1), ревнюшинская ($D_1e_2—D_2ef_1$), маслянская ($D_2ef_2—D_2zv_1$), хамирская ($D_2zv_2—D_3$), тургусунская ($C_1t_2—v_1$) и ларихинская (C_1v_2) свиты. В этом разрезе рудоносными являются ревнюшинская и маслянская свиты, которые включают восемь промышленных месторождений и целый ряд рудопроявлений. Они сложены переслаиванием риолит-дацитовых и андезит-базальтовых лав, их туфов, туфопесчаников, алевролитов и известняков. Подстилает эти отложения существенно осадочная толща подревнюшинской свиты (D_1e_1), а перекрывают известково-сланцевые отложения верхнего девона и нижнего карбона (рис. 4). Все промышленные месторождения приурочены к Ревнюшинской антиклинальной структуре, сложенной отложениями рудоносных свит. В пределах этой структуры колчеданно-полиметаллическое оруденение образует несколько рудоносных уровней. Нижний уровень охватывает нижние и средние части ревнюшинской свиты и включает преимущественно бедные прожилково-вкрапленные руды Зырянского и Греховского месторождений и ряд рудопроявлений. В верхней части ревнюшинской и низах маслянской свит расположен средний рудоносный уровень с основными рудными залежами Зырянского, Греховского и Майского место-

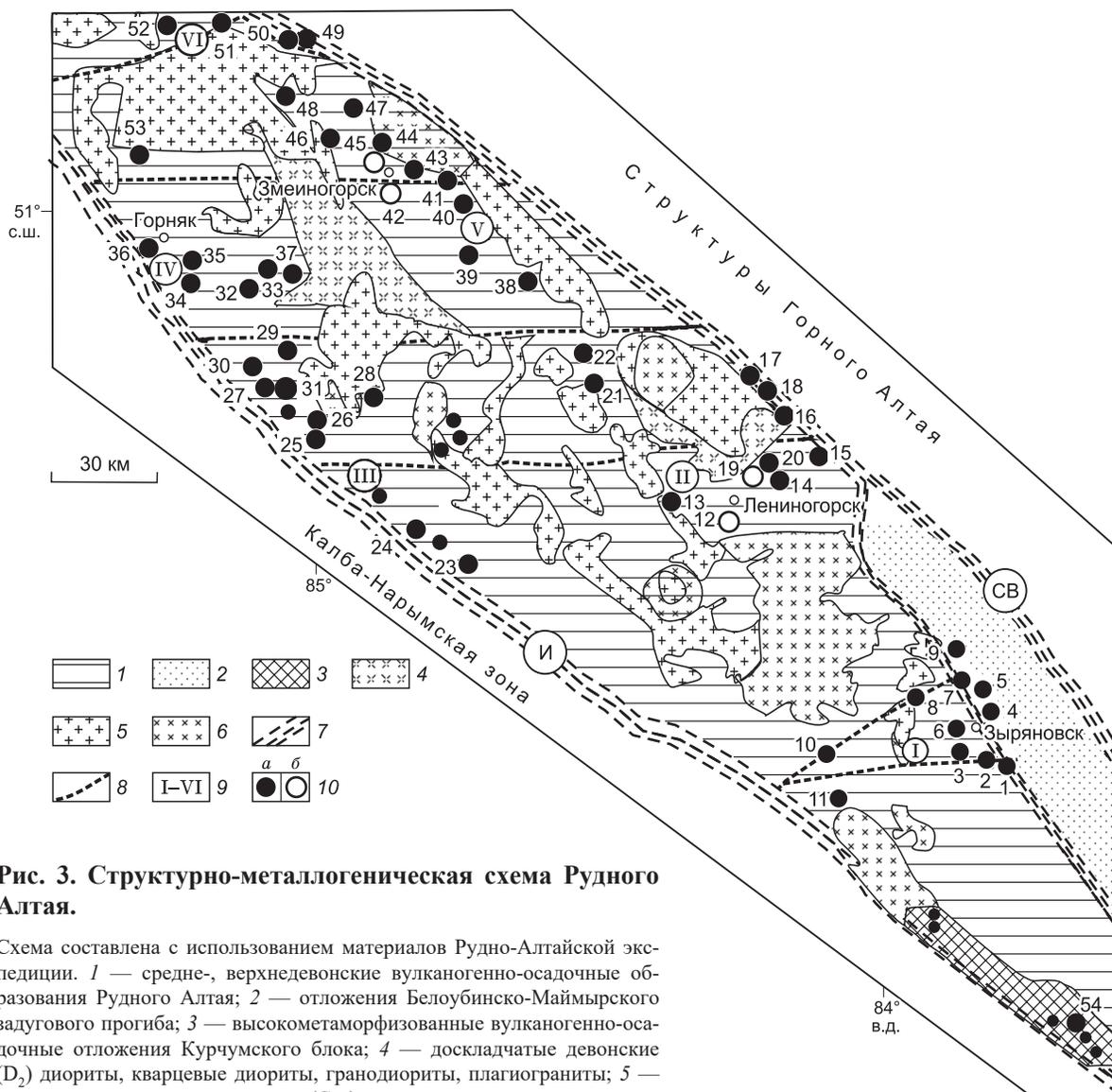


Рис. 3. Структурно-металлогеническая схема Рудного Алтая.

Схема составлена с использованием материалов Рудно-Алтайской экспедиции. 1 — средне-, верхнедевонские вулканогенно-осадочные образования Рудного Алтая; 2 — отложения Белоубинско-Маймырского задугового прогиба; 3 — высокометаморфизованные вулканогенно-осадочные отложения Курчумского блока; 4 — доскладчатые девонские (D_2) диориты, кварцевые диориты, гранодиориты, плагиограниты; 5 — средне-, верхнекаменноугольные ($C_{2,3}$) гранодиориты, диориты, плагиограниты и адемиты (змеиногорский комплекс); 6 — верхнепермско-нижнетриасовые (P_2-T_1) порфировидные биотитовые и биотит-роговообманковые граниты (калбинский комплекс); 7 — основные разломы, разделяющие складчатые системы (И — Иртышская; СВ — Северо-Восточная зоны смятия); 8 — поперечные разломы; 9, 10 — рудные районы (9) и месторождения (10): а — колчеданно-полиметаллические и медно-колчеданные; б — барит-полиметаллические. I — Зырянский рудный район, месторождения: 1 — Греховское, 2 — Снегиревское, 3 — Зырянское, 4 — Богатыревское, 5 — Осочихинское, 6 — Майско-Зырянское, 7 — Путинцевское, 8 — Парыгинское, 9 — Малеевское, 10 — Заводинское, 11 — Бухтарминское; II — Лениногорский район, месторождения: 12 — Риддер-Сокольное, 13 — Тишинское, 14 — Шубинское, 15 — Старковское, 16 — Стрижковское, 17 — Гусялковское, 18 — Чекмарь, 19 — Новолениногорское, 20 — Успенское, 21 — Анисимов ключ, 22 — Снегерихинское; III — Прииртышский рудный район, месторождения: 23 — Белоусовское, 24 — Иртышское, 25 — Березовское, 26 — Новоберезовское, 27 — Николаевское, 28 — Покровское, 29 — Шемонаихинское, 30 — Камышинское, 31 — Артемьевское; IV — Золотухинский рудный район, месторождения: 32 — Юбилейное, 33 — Крючковское, 34 — Золотухинское, 35 — Новозолотухинское, 36 — Орловское, 37 — Гериховское, 53 — Локтевское; V — Змеиногорский рудный район, месторождения: 38 — Воровское, 39 — Семеновское, 40 — Масляное, 41 — Лазурское, 42 — Змеиногорское, 43 — Корбалихинское, 44 — Среднее, 45 — Зареченское, 46 — Стрижковское, 47 — Майское, 48 — Тушканихинское; VI — Рубцовский рудный район, месторождения: 49 — Степное, 50 — Таловское, 51 — Захаровское, 52 — Рубовское; 54 — Корчегинское медно-колчеданное месторождение в составе Курчумского блока.

рождений. Руды здесь представлены согласными и комбинированными залежами сплошных и реже прожилково-вкрапленных колчеданно-полиметаллических руд. И в средней части маслянской свиты расположен верхний рудоносный уровень, вмещающий Малеевское медно-колчеданно-полиметаллическое месторождение. Вертикальный диапазон каждого уровня локализации оруденения в среднем составляет 110—130 м.

Рудные районы

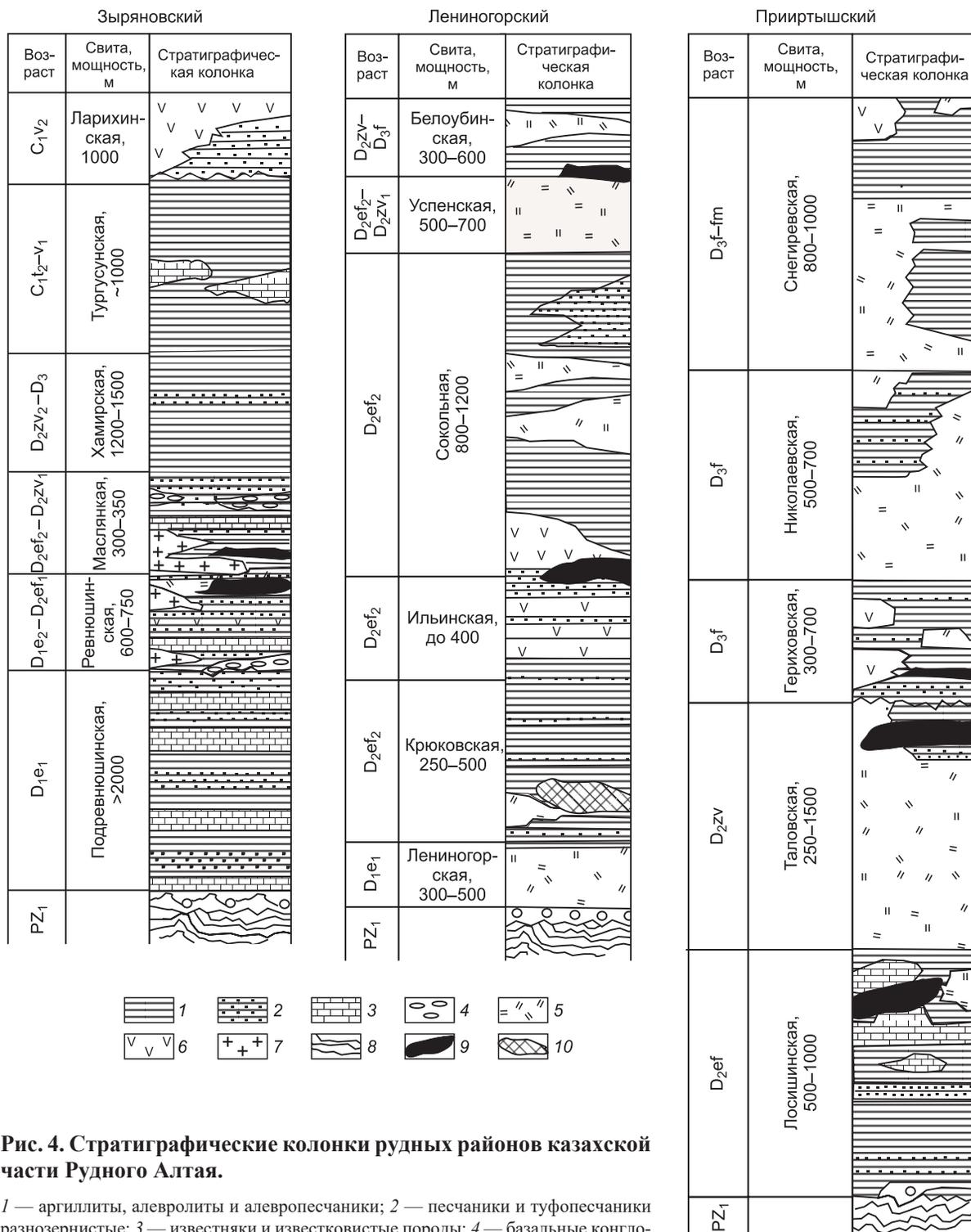


Рис. 4. Стратиграфические колонки рудных районов казахской части Рудного Алтая.

1 — аргиллиты, алевролиты и алевропесчаники; 2 — песчаники и туфопесчаники разнозернистые; 3 — известняки и известковистые породы; 4 — базальные конгломераты и гравелиты; 5 — туфы и лавы риолитовых и риолитодацитовых порфиров;

6 — туфы и лавы базальтовых и андезитобазальтовых порфиров; 7 — субвулканические тела риолитовых и риолит-дацитовых порфиров; 8 — метаморфические сланцы; 9 — колчеданно-полиметаллическое оруденение; 10 — золото-серебро-барит-полиметаллическое оруденение.

Лениногорский рудный район, расположенный в 100 км к северо-западу от Зыряновского района, охватывает центральную часть синюшинского антиклинория и протягивается в северо-западном направлении около 80 км. В строение района принимают участие вулканогенно-осадочные отложения эйфель-живетского возраста, выделенные в лениногорскую (D_1e_2), крюковскую (D_2ef_2), ильинскую

(D₂ef₂), сокольную (D₂ef₂), успенскую (D₂ef₂—D₂zv₁) и белоубинскую (D₂zv—D₃f) свиты (см. рис. 4). В районе установлено девять промышленных колчеданно-полиметаллических и барит-полиметаллических месторождений и ряд рудопроявлений, которые локализуются на трех литолого-стратиграфических уровнях девонского вулканогенно-осадочного разреза. Нижний стратиграфический уровень, расположенный в отложениях крюковской свиты, включает месторождения Лениногорского рудного поля: Риддер-Сокольное, Новолениногорское, Долинное и ряд рудопроявлений. Месторождения приурочены к кальдерообразной депрессии, сложенной песчано-сланцевыми отложениями с горизонтами вулканогенных риолит-дацитовых пород. По составу здесь преобладают барит-полиметаллические месторождения с повышенным содержанием золота и серебра. В средней части разреза на контакте ильинской и сокольской свит в сводовой части крупного Тишинско-Белолуговского стратовулкана находится Тишинское колчеданно-полиметаллическое месторождение, а в верхней части разреза на контакте успенской и белоубинской свит располагаются месторождения Гусяковское, Чекмарь, Стрежанское, Шубинское, Старковское, также относящиеся к колчеданно-полиметаллическому и медно-колчеданно-цинковому типам. Установлено, что вверх по разрезу происходит смена барит-полиметаллических руд медно-колчеданно-полиметаллическими.

Прииртышский рудный район расположен на западном фланге Рудно-Алтайского металлогенического пояса вблизи Иртышской зоны смятия и приурочен к юго-западному крылу Алейского антиклинория. В пределах этого района выделяются два обособленных рудных поля Николаевское и Березовско-Белоусовское, протягивающиеся вдоль Иртышской зоны на несколько десятков километров при ширине до 5 км (см. рис. 3). В строении Николаевского рудного поля принимают участие средневерхнедевонские вулканогенно-осадочные отложения, выделенные в лосишинскую (D₂ef), таловскую (D₂zv), гериховскую (D₃f), николаевскую (D₃f) и снежиревскую (D₃f-fm) свиты (см. рис. 4). Рудное поле включает медно-колчеданные и колчеданно-полиметаллические месторождения Камышинское, Николаевское, Покровское, Новомононаихинское и ряд рудопроявлений. Все указанные месторождения локализуются в отложениях лосишинской, таловской и гериховской свит и тесно ассоциируют с субвулканическими образованиями риолитовых порфиров. В геологическом строении Березовско-Белоусовского рудного поля участвуют вулканогенно-осадочные отложения, выделенные в орловскую (D₂ef), шипуновскую (D₂ef—zv) и иртышскую (D₂zv—D₃f) свиты, которые пронизаны субвулканическими телами и дайками риолитового и реже базитового состава. В пределах рудного поля расположены Березовское, Новоберезовское, Иртышское, Белоусовское, Прогнозное и Карьерное колчеданно-полиметаллические месторождения и около 30 рудопроявлений, которые локализуются преимущественно в отложениях шипуновской и иртышской свит.

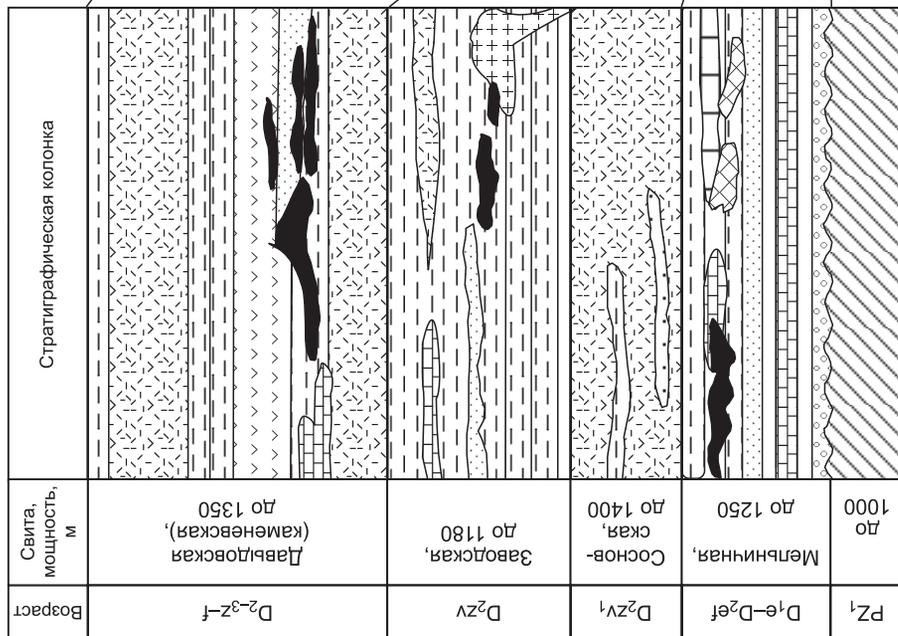
Змеиногорский рудный район расположен на северо-востоке Рудно-Алтайского пояса на границе с Горным Алтаем и охватывает северо-западное окончание Быструшинского синклиниория и область его сопряжения с северо-восточным крылом Алейского антиклинория. Рудоносный разрез района представлен чередованием осадочных и вулканогенных отложений нижневерхнедевонского возраста, выделенными в мельничную (D₁e₂-D₂ef), сосновскую (D₂zv₁), заводскую (D₂zv), давыдовскую (D₂zv₂) и каменевскую (D₃f) свиты (рис. 5). Развитие продуктов вулканизма базальт-риолитовой формации фиксируется в разрезе на нескольких уровнях и чередуется с прослоями терригенных и терригенно-осадочных отложений песчано-сланцевого состава. Здесь важно отметить, что на ранних этапах (эмс-эйфельский и нижнеживетский) вулканизм характеризуется развитием только кислых образований, а более поздний (живет-франский) — чередованием кислых и основных пород с антидромной направленностью.

Колчеданно-полиметаллическое оруденение в районе представлено двумя минеральными типами — золото-барит-полиметаллическим (месторождения Зареченское, Змеиногорское, Карамышевское, Петровское), локализующимся на нижнем стратиграфическом уровне в отложениях мельничной свиты, и колчеданно-полиметаллическим (месторождения Корбалихинское, Среднее, Лазурское, Семеновское, Майское), приуроченным к отложениям живет-франского возраста. Эти разные минеральные типы месторождений имеют также обособленные ареалы развития по латерали, образуя Змеиногорское и Корбалихинское рудные поля.

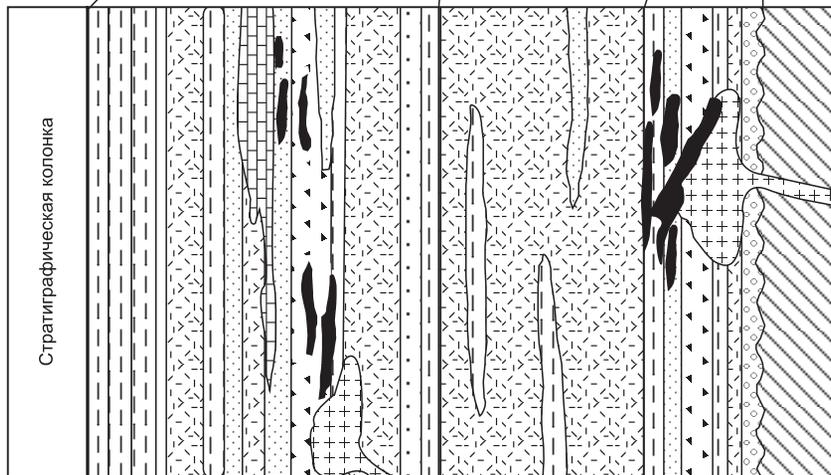
Золотушинский рудный район расположен в северо-западной части Рудного Алтая и приурочен к юго-западному крылу Алейского антиклинория. Рудоносный разрез района слагают нижневерхнедевонские вулканогенно-осадочные отложения, выделенные в мельничную (D₁e₂-D₂ef), сосновскую (D₂zv₁), заводскую (D₂zv), давыдовскую (D₂zv₂) и каменевскую (D₃f) свиты (см. рис. 5). Колчеданное оруденение локализуется на двух литолого-стратиграфических уровнях. Более значимым по масштабу развития оруденения является нижний уровень, расположенный в туфогенно-осадочных отложениях заводской свиты (D₂zv₁sv). Здесь локализуются крупные промышленно значимые медно-цинково-колчеданные месторождения Орловское, Золотушинское, Новозолотушинское и Локтевское. Все эти месторождения тяготеют к контакту существенно терригенно-осадочных отложений заводской свиты и перекрывающих риолит-дацитовых вулканогенных образований давыдовской свиты, а также к апикаль-

Рудные районы

Змеиногорский



Золотушинский



Рубцовский

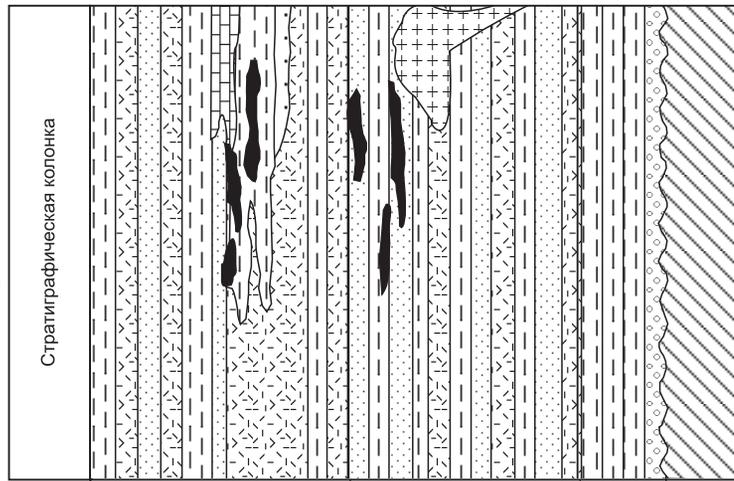


Рис. 5. Стратиграфические колонки и положение оруденения в разрезах рудных районов северо-западной (российской) части Рудного Алтая.

1 — нижнепалеозойские сланцы и песчаники; 2 — аргиллиты, алевролиты и туфопесчаники; 3 — аргиллиты и алевропесчаники; 4 — известняки и известковистые породы; 5 — брекчии смешанного состава; 6 — базальные конгломераты и гравелиты; 7 — туфы и лавы риолитовых и риолит-дацитовых порфиров; 8 — туфы и лавы базальтовых и андезитобазальтовых порфиров; 9 — субвулканические тела риолитовых и риолит-дацитовых порфиров; 10 — колчеданно-полиметаллическое оруденение; 11 — золото-серебро-ба-рит-полиметаллическое оруденение.

ным частям субвулканических порфировых тел. Верхний рудоносный уровень с месторождениями Юбилейное и Сургутановское проявлен среди пестрой вулканогенно-осадочной толщи каменевской свиты (D_3f), сложенной переслаиванием брекчий, песчаников, алевролитов, туфов и лав риолит-дацитового состава. Рудные залежи приурочены к грубообломочным осадочным горизонтам и ореолам развития субвулканических тел риолит-дацитовых порфиров.

Рубцовский рудный район расположен на северо-западном окончании Рудного Алтая и приурочен к Рубцовой вулканической депрессии, развитой на северо-восточном крыле Алейского антиклинория. Рудоносный разрез Рубцовского района, как и соседних с ним Змеиногорского и Золотушинского районов, сложен девонскими вулканогенно-осадочными отложениями, выделенными в мельничную (D_{1e_2} - D_{2ef}), сосновскую (D_{2zv_1}), заводскую (D_{2zv}), давыдовскую (D_{2zv_2}) и каменевскую (D_3f) свиты (см. рис. 5). На территории района выявлено четыре промышленных месторождения — Таловское, Степное, Рубцовское, Захаровское и ряд рудопроявлений. Все месторождения относятся к колчеданно-полиметаллическому типу, локализуются на двух стратиграфических уровнях и образуют два обособленных рудных поля. Месторождения Таловское и Степное, слагающие Таловское рудное поле, приурочены к нижнему стратиграфическому уровню и локализуются среди существенно осадочных отложений заводской свиты (D_{2zv}), а месторождения Рубцовское и Захаровское, слагающие Рубцовское рудное поле, — к верхней части разреза и локализуются среди туфогенно-осадочных отложений каменевской свиты.

Несколько иной тип колчеданного оруденения установлен на юге Рудного Алтая среди высокометаморфизованных пород Курчумского блока (см. рис. 3). Здесь в горизонтах метаморфизованных вулканитах основного состава (амфиболитах) развито медно-колчеданное оруденение, представленное Карчигинским месторождением и рядом рудопроявлений (Спассовское, Южная Антиклиналь, Шандыбулакское и др.) [Лобанов, Гаськов, 2012]. Эти медно-колчеданные образования существенно отличаются от месторождений рудно-алтайского типа, связанного с островодужными вулканидами контрастной базальт-риолитовой формации. Здесь рудоносные амфиболиты по своему составу отвечают толеитовым базальтам и по петрохимическим характеристикам относятся к нормальному ряду пород натриевой серии (N-MORB). Оруденение имеет существенно медный состав руд с преобладанием меди над цинком в 5 и более раз и образует согласные пластовые, лентообразные, реже линзовидные рудные залежи. Также в пределах Курчумского блока установлены месторождения золото-кварцевого (Авроринско-Полеваевская группа) и золото-лиственитового (Маралихинское) типа.

Более широко и значимо золоторудная минерализация проявлена в колчеданно-полиметаллических месторождениях всех рудных районов Рудного Алтая, особое значение среди которых по содержанию золота имеют золото-барит-полиметаллические месторождения Змеиногорского и Лениногорского рудных районов.

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТАЛЛОГЕНИИ РУДНОГО АЛТАЯ

Как видно, наиболее распространенное в пределах Рудного Алтая колчеданное оруденение приурочено к эмс-франскому вулканогенно-осадочному разрезу и тесно связано с вулканизмом базальт-риолитовой формации. Формирование вулканизма и синхронного с ним оруденения увязывается с субдукционными процессами и развитием вулканизма в пределах девонской островодужной системы. Развитие оруденения контролируется вулканотектоническими структурами, положение которых приурочено к узлам пересечения поперечных разломов и продольных межблоковых структур. Складчато-блоковая структура рудного пояса обусловлена процессами косой субдукции и существенной ролью сдвиговых движений [Буслов и др., 2003]. Вулканические процессы имели дискретное развитие с антидромной направленностью и проявлялись на фоне общего терригенно-вулканогенного осадконакопления в пределах мелководного шельфа. Проявленный вулканизм характеризуется существенным преобладанием риолитовой группы пород и относится к известково-щелочной серии. В его развитии выделяются три этапа — позднеэмско-раннеэйфельский, позднеэйфельско-раннеживетский и позднеживетско-франский, которые постепенно смещаются с юго-востока на северо-запад региона. В этом же направлении отмечается смещение стратиграфических уровней максимального проявления колчеданного оруденения вверх по разрезу с эмс-эйфельского яруса до живет-франского [Филатов, 1986; Авдонин, 1987]. Колчеданно-полиметаллическое оруденение всех рудных районов и разных стратиграфических уровней образует в основном стратифицированные рудные тела пластообразной и линзовидной морфологии среди горизонтов туфогенно-осадочных пород и совместно с вмещающими породами участвуют в складчатости. Руды характеризуются гнездово-прожилково-вкрапленными, массивными и редко слоистыми текстурами и сложены тонко- и мелкозернистыми агрегатами с колломорфными и глобулярными структурами. Рудные залежи месторождений сопровождаются асимметричными ореолами гидротермально-метасоматических пород кварц-серицитового, серицит-кварц-хлоритового состава с более широким развитием в подрудной части. Все месторождения Рудного Алтая относятся к единой вулкано-

генной колчеданной формации, в пределах которой выделяются разные минеральные типы — медно-колчеданный, колчеданно-полиметаллический и барит-полиметаллический.

Несколько иной тип оруденения установлен в пределах высокометаморфизованного Курчумского блока на юге Рудного Алтая. Здесь преобладают вулканизм основного состава, с которым связано медно-колчеданное оруденение (Корчегинское месторождение). Также в пределах этого блока выявлены небольшие проявления золотого оруденения, что в целом определяет медно-золоторудную металлогеническую специализацию этой региональной структуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ показывает, что в Рудном и Горном Алтае развита различная металлогения, которая обусловлена разной геологической историей этих регионов. Горный Алтай является регионом полициклического развития, в котором в период с венда—раннего кембрия до пермотриасового времени установлены этапы проявления субдукционных, аккреционно-коллизийных и рифтогенных процессов, сопровождаемые образованием определенного типа магматизма и эндогенного оруденения. Развитие металлогении в геологической истории региона было дискретным и наиболее широко она проявилась в герцинский и постгерцинский этапы, когда сформировался широкий и разнообразный комплекс минеральных ресурсов, часть из которых имеют промышленные параметры. Это железо, ртуть, золото, серебро, молибден, вольфрам, кобальт, полиметаллы и редкоземельные металлы. На территории Горного Алтая выделяются несколько крупных рудных районов, развитых в разных структурно-формационных зонах. На западе это Белорецко-Холзунский железорудный, на северо-востоке — Каянчинско-Синюхинский флюорит-золоторудный, на юго-востоке — Курайский золото-ртутно-рудный и Юстыдский редкометалльно-сереброрудный, на юге — Калгутинский редкометалльно-вольфрамовый и Уландрыкский уран-редкоземельно-медный рудные районы. Наиболее крупными рудными месторождениями в этих районах являются: Холзунское (Fe, P₂O₅), Каракульское (Co, Bi), Синюхинское (Au), Акташское (Hg), Чаган-Узунское (Hg), Озерное (Ag), Пограничное (Ag), Калгутинское (Mo, W), Алахинское (Li, Ta), Рудный Лог (Y, Fe спекулярит) и Урзарсайское (W шеелит).

В отличие от Горного Алтая металлогения Рудного Алтая представлена в основном колчеданным оруденением разных минеральных типов — медно-колчеданным, колчеданно-полиметаллическим и барит-полиметаллическим. Оруденение тесно связано с девонским вулканизмом базальт-риолитовой формации, сформировавшейся в связи с субдукционными процессами и развитием герцинской островодужной системы. Колчеданное оруденение проявилось в возрастном диапазоне от эмса до франа включительно, имеет узловое распределение с образованием шести рудных районов и локализуется на разных стратиграфических уровнях девонских вулканогенно-осадочных отложений. Рудные залежи разных месторождений образуют в основном стратифицированные рудные тела пластообразной и линзовидной морфологии среди горизонтов туфогенно-осадочных пород и совместно с вмещающими породами участвуют в складчатости.

На юге Рудного Алтая в пределах высокометаморфизованного Курчумского блока проявился вулканизм основного состава, с которым связано существенно медно-колчеданное оруденение и золото-кварцевая минерализация.

Работа выполнена при поддержке проекта госзадания № 0330-2016-0001.

ЛИТЕРАТУРА

Авдонин В.В. Ликвация и формирование рудоносных вулканогенных комплексов. М., Изд-во Моск. ун-та, 1987, 238 с.

Аникова И.Ю., Владимиров А.Г., Выставной С.А., Журавлев Д.З., Крук Н.Н., Лепехина Е.Н., Матуков Д.И., Мороз Е.Н., Палесский С.В., Пономарчук В.А., Руднев С.Н., Сергеев С.А. U-Pb, ³⁹Ar/⁴⁰Ar датирование и Sm-Nd, Pb-Pb изотопное исследование Калгутинской молибден-вольфрамовой рудно-магматической системы, Южный Алтай // Петрология, 2006, т. 14, № 1, с. 90—108.

Бабин Г.А., Владимиров А.Г., Крук Н.Н., Сергеев С.А., Сенников Н.В., Гибшер А.С., Советов Ю.К. Возраст заложения Минусинских впадин (Южная Сибирь) // ДАН, 2004, т. 395, № 3, с. 367—370.

Бедарев Н.П., Далилхан Х. Результаты поисково-оценочных работ на месторождении серебра Асхатин. Улан-Батор, 1987, 156 с.

Берзин Н.А., Кунгурцев Л.В. Геодинамическая интерпретация геологических комплексов Алтае-Саянской области // Геология и геофизика, 1996, т. 37 (1), с. 63—81.

Берзин Н.А., Колман Р.Г., Добрецов Н.Л., Зоненшайн Л.П., Сяо Сючань, Чанг Э.З. Геодинамическая карта западной части Палеоазиатского океана // Геология и геофизика, 1994, т. 35 (7—8), с. 8—28.

Буслов М.М. Тектонические покровы Горного Алтая. Новосибирск. Наука, 1992, 96 с.

Буслов М.М. Террейновая тектоника и геодинамика складчатых областей мозаично-блокового типа (на примере Алтае-Саянского и Восточно-Казахстанского регионов): Автореф. дис. ... д.г.-м.н. Новосибирск, 1998, 44 с.

Буслов М.М., Ватанабе Т., Смирнова Л.В., Фудживара И., Ивата К., де Граве И., Семаков Н.Н., Травин А.В., Кирьянова А.П., Кох Д.А. Роль сдвигов в позднепалеозойско-раннемезозойской тектонике и геодинамике Алтае-Саянской и Восточно-Казахстанской складчатых областей // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (1—2), с. 49—75.

Буслов М.М., Джен Х., Травин А.В., Отгонбатар Д., Куликова А.В., Чен Минг Глорис, Семаков Н.Н., Рубанова Е.С., Абилдаева М.А., Войтишек А.Э., Трофимова Д.А. Тектоника и геодинамика Горного Алтая и сопредельных структур Алтае-Саянской складчатой области // Геология и геофизика, 2013, т. 54 (10), с. 1600—1627.

Владимиров А.Г., Пономарева А.П., Шокальский С.П., Халилов В.А., Костицын Ю.А., Пономарчук В.А., Руднев С.Н., Выставной С.А., Крук Н.Н., Титов А.В. Позднепалеозойский-раннемезозойский гранитоидный магматизм Алтая // Геология и геофизика, 1997, т. 38 (4), с. 715—729.

Владимиров А.Г., Крук Н.Н., Руднев С.Н., Хромых С.В. Геодинамика и гранитоидный магматизм коллизионных орогенов // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (12), с. 1321—1338.

Гаськов И.В. Среднепалеозойская металлогения Рудного и Горного Алтая // Геология, минералогия и перспективы развития минерально-сырьевых ресурсов Республики Казахстан и стран СНГ. Алматы, 2015, с. 252—257.

Гаськов И.В., Дистанов Э.Г., Калугин И.А., Тихунов Ю.В. Металлогеническая специализация и петрохимические особенности девонского вулканизма Рудного и Горного Алтая // Геология и геофизика, 1999, т. 40 (5), с. 703—715.

Гаськов И.В., Борисенко А.С., Бабич В.В., Наумов Е.А. Стадийность и длительность формирования золоторудной минерализации на медно-скарновых месторождениях (Алтае-Саянская складчатая область) // Геология и геофизика, 2010, т. 51 (10), с. 1399—1412.

Говердовский В.А. Состояние и перспективы использования минерально-сырьевой базы Республики Алтай // Минерально-сырьевая база Республики Алтай: состояние и перспективы развития (материалы регионального совещания). Горно-Алтайск, ГАГУ, РИО «Универ-Принт». 1998, с. 12—15.

Горжевский Д.И., Комар В.А., Яковлев Г.Ф. Структурно-формационные зоны Рудного Алтая // Советская геология, 1955, № 8, с. 28—35.

Гусев А.И. Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории. Томск, Изд-во Том. ун-та, 2002, 221 с.

Гусев А.И., Гусев Н.И. Геодинамика и металлогения мезозой-кайнозойского этапа Горного Алтая // Современные наукоемкие технологии, 2014, № 8, с. 60—65.

Гусев Н.И., Гусев А.И. Базитовый магматизм и металлогения Юстыдского рудного узла (Юго-Восточный Алтай) // Региональная геология и металлогения, 2010, № 42, с. 90—106.

Добрецов Н.Л., Буслов М.М. Позднекембрийско-ордовикская тектоника и геодинамика Центральной Азии // Геология и геофизика, 2007, т. 48 (1), с. 93—108.

Добрецов Н.Л., Буслов М.М., Сафонова И.Ю., Кох Д.А. Фрагменты океанических островов в структуре Курайского и Катунского аккреционных клиньев Горного Алтая // Геология и геофизика, 2004, т. 45 (12), с. 1381—1403.

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. 952—967.

Елкин Е.А., Сенников Н.В., Буслов М.М., Язиков А.Ю., Грацианова Р.Т., Бахарев Н.К. Палеогеографические реконструкции западной части Алтае-Саянской области в ордовике, силуре и девоне и их геодинамическая интерпретация // Геология и геофизика, 1994, т. 35, № (7—8), с. 118—144.

Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. М., Недра, 1990, кн. 1, 311 с.; кн. 2, 334 с.

Калугин А.С., Иванов В.И., Калугина Т.С. Железорудные месторождения Сибири. Новосибирск, Наука, 1981, 238 с. (Тр. ИГиГ СО АН СССР, вып. 501.)

Кассандров Э.Г. Состояние минерально-сырьевой базы черных металлов Сибири (железо, марганец) и рекомендации по ее развитию // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2010, № 2, с. 49—59.

Кассандров Э.Г., Иванов В.И. Геология и генезис апатит-магнетитовых месторождений Алтая. М., Недра, 1979, 237 с.

Кассандров Э.Г., Кассандрова Е.В., Бугаева Г.В. Минерально-сырьевая база черных металлов Республики Алтай // Минерально-сырьевая база Республики Алтай: состояние и перспективы развития (материалы регионального совещания). Горно-Алтайск, ГАГУ, РИО «Универ-Принт», 1998, с. 39—42.

Крук Н.Н. Эволюция континентальной коры и гранитоидный магматизм Горного Алтая: Автореф. дис. ... д.г.-м.н. Новосибирск, 2015а, 38 с.

Крук Н.Н. Континентальная кора Горного Алтая: этапы формирования и эволюции, индикаторная роль гранитоидов // Геология и геофизика, 2015б, т. 56 (8), с. 1403—1423.

Кузбный В.С. Магматические формации Юго-Западного Алтая и их металлогения. Алма-Ата, Наука, 1975, 341 с.

Кузнецов В.А. Тектоническое районирование и основные черты эндогенной металлогении Горного Алтая // Вопросы геологии и металлогении Горного Алтая. Новосибирск. Изд-во СО АН СССР, 1963, с. 6—68.

Кузнецов В.А. Генетические группы, рудные формации и минеральные типы ртутных месторождений // Металлогения ртути. М., Недра, 1976, с. 7—12.

Лобанов К.В., Гаськов И.В. Медно-колчеданное Карчигинское месторождение в высокометаморфизованных породах Курчумского блока: геологическое строение, особенности образования и метаморфизма (Рудный Алтай) // Геология и геофизика, 2012, т. 53 (1), с. 101—119.

Павлова Г.Г., Борисенко А.С., Говердовский В.А., Травин А.В., Жукова И.А., Третьякова И.Г. Пермотриасовый магматизм и Ag-Sb оруденение юго-восточного Алтая и Северо-Западной Монголии // Геология и геофизика, 2008, т. 49 (7), с. 720—733.

Рихванов Л.П. К вопросу об оценке состояния минерально-сырьевой базы Республики Алтай // Минерально-сырьевая база Республики Алтай: состояние и перспективы развития (материалы регионального совещания), Горно-Алтайск, ГАГУ, РИО «Универ-Принт». 1998, с. 8—12.

Ротараш И.А., Самыгин С.Г., Гредюшко Е.А., Кельман Г.А., Милеев В.В., Перфильев А.С. Девонская активная континентальная окраина на Юго-Западном Алтае // Геотектоника, 1982, № 1, с. 44—59.

Третьякова И.Г. Возрастные рубежи формирования гидротермального кобальтового оруденения Алтае-Саянской складчатой области и его соотношение с магматизмом. Автореф.: дис. ... к.г.-м.н. Новосибирск, 2011, 16 с.

Филатов Е.И. Полиметаллические месторождения фанерозоя. М., Недра, 1986, 196 с.

Шокальский С.П., Бабин Г.А., Владимиров А.Г., Борисов С.М. Корреляция магматических и метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области. Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000, 188 с.

Чекалин В.М., Дьячков Б.А. Рудно-Алтайский полиметаллический пояс: закономерности распределения колчеданного оруденения // Геология рудных месторождений, 2013, т. 55, № 6, с. 513—532

Щерба Г.Н., Дьячков Б.А., Нахтигаль Г.П. Металлогения рудного Алтая и Калбы. Алма-Ата, Наука, 1984, 238 с.

Kruk N.N. Relations between plate and plume tectonics factors in Cambrian-Ordovician history of Central Asia (on the example of Gorny Altai and surrounding areas) // Large Igneous Provinces of Asia: mantle plumes and metallogeny: Abstract volume of the International conference. Irkutsk, Petrographica, 2011, p. 126—129.

Northeast Asia Geodynamics, mineral deposits location, and metallogenic maps / Eds. W.J. Nucleberg, G. Badarch, N.A. Berzin, M.F. Diggles, D.H. Hwand, A.I. Khanchuk, R.J. Miller, V.V. Naumova, A.A. Obolensky, M. Ogasawara, L.M. Parfenov, A.V. Prokopiev, S.M. Rodionov, H. Yan H // USGS Open-File Report 2004-1252.