

### Геодинамические обстановки формирования месторождений цветных и благородных металлов Большого Алтая

Рассмотрены геодинамические обстановки формирования месторождений цветных и благородных металлов на территории Большого Алтая, включающего складчатые системы Юго-Западного Алтая и Иртыш-Зайсанскую. Структуры Юго-Западного Алтая сформированы в три этапа: рифтогенный, островодужный и коллизионный. В рифтогенный этап образованы породы двух разновозрастных формаций: с базальтсодержащей андезит-дацит-риолитовой ассоциирует свинцово-цинковое колчеданное оруденение, а с базальт-риолитовой – медно-свинцово-цинковое колчеданное. В островодужный этап с породами андезидацитов и андезибазальтовой формаций ассоциирует золото-серебро-полиметаллическое оруденение. В коллизионный этап с гранитоидами габбро-гранодиорит-гранитовой формации связаны месторождения золото-сульфидно-кварцевой и золото-малосульфидно-кварцевой рудных формаций, а с гранит-лейкогранитовой – редкометалльные месторождения. В Иртыш-Зайсанской складчатой системе рифтогенный этап проявлен в Чарском прогибе, выполненном вулканогенно-осадочными и известняково-терригенными породами флишоидной формации и в его восточной фронтальной части, где Калба-Нарымский прогиб сложен породами аспидной формации, а Западно-Калбинский – флишоидной. К нижнекаменноугольным отложениям терригенно-углеродистой формации приурочены золото-сульфидно-кварцевые месторождения. Островодужный этап фиксируется в структурах к западу от Чарского прогиба, где он выражен образованием пород андезибазальтовой и известняково-терригенной формаций (Жарма-Саурская подзона) и карбонатно-терригенной флишоидной (Сарсазанская подзона). В коллизионный этап в связи с образованиями гранит-лейкогранитовой формации проявлены многочисленные редкометалльно-редкоземельные месторождения, а с габбро-гранодиорит-плагиогранитной формацией – золото-кварцевые и медно-порфиновые месторождения.

*Ключевые слова:* геодинамическая обстановка, цветные металлы, благородные металлы, Большой Алтай.

КУДРЯВЦЕВА НЕЛЛИ ГЕОРГИЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, ngkudryavtseva@tsnigri.ru

КУЗНЕЦОВ ВЛАДИМИР ВЕНИАМИНОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий отделом, okt@tsnigri.ru

СЕРАВИНА ТАТЬЯНА ВАЛЕРЬЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель заведующего отделом, seravina@tsnigri.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геолого-разведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»), г. Москва

### Geodynamic settings of the formation of non-ferrous and noble metal deposits of the Great Altai

N. G. KUDRYAVTSEVA, V. V. KUZNETSOV, T. V. SERAVINA

Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals (FSBI TsNIGRI), Moscow

In this work, we investigated the geodynamic settings of the formation of non-ferrous and noble metal deposits in the territory of the Great Altai, including the folded systems of the South-Western Altai and the Irtysh-Zaisan. The structures of Southwestern Altai were formed in three stages: riftogenic, island-arc, and collisional. Rocks of two different age formations were formed during the rift stage: lead-zinc pyrite mineralization associated with basalt-bearing andesite-dacite-rhyolitic formations, and gold-silver-polymetallic mineralization associated with basalt-rhyolitic and basaltic andesite formations. In the collisional stage, deposits of gold-sulfide-quartz and gold-low-sulfide-quartz ore formations are associated with granitoid of gabbro-granodiorite-granite formations, and rare-metal deposits are associated with granite-leucogranite. In the Irtysh-Zaisan folded system, the riftogenic stage is occurred in the Chara Trough filled with volcanic-sedimentary and calcareous-terrigenous rocks of the flyschoid formation and in its eastern frontal part, where the Kalba-Narym Trough is composed of rocks of the slate formation, and the West Kalba is composed of flyschoid. Gold-sulfide-quartz deposits are confined to the Lower Carboniferous deposits of the terrigenous-carbonaceous formation. The island-arc stage is fixed in the structures to the west of the Chara Trough, where it is represented by the basaltic andesite formation (Zharma-Saur subzone) and carbonate-terrigenous flyschoid formation (Sarsazan subzone). In the collision stage, due to the development of granite-leucogranite formation, numerous rare-metal-rare-earth deposits have originated. The island-arc structures also contain deposits and occurrences of gold-quartz, copper-porphyry and other formations.

*Key words:* geodynamic settings, non-ferrous metals, noble metals, Great Altai.

Вопросам геологии и металлогении Большого Алтая посвящён целый ряд работ, преимущественно казахстанских геологов [7, 8, 25, 26, 27]. Большой вклад в изучение этого региона внесли работы Б. А. Дьячкова с соавторами [9–15].

Территория Большого Алтая включает структуры Рудного Алтая и сопредельных территорий – от Горного Алтая до Чингиз-Тарбагатайской области – и по особенностям тектонического строения, истории развития и металлогении отвечает крупной герцинской Зайсанской складчатой системе. Последняя подразделяется на две части: краевую северо-восточную, отвечающую складчатой системе Юго-Западного Алтая, и внутреннюю и краевую юго-западную – Иртыш-Зайсанскую. Складчатая система Юго-Западного Алтая (раннегерцинская) включает следующие структурно-формационные зоны (СФЗ) (с востока на запад): Холзунско-Сарымсактинскую, Белоубинско-Маймырскую, Рудноалтайскую (с подзонами: Лениногорско-Зырянской, Змеиногорско-Быструшинской, Алейской) и Иртышскую. Иртыш-Зайсанская складчатая система (позднегерцинская) включает Калбинскую СФЗ с подзонами Калба-Нарымской и Западно-Калбинской и Жарма-Саурскую с подзонами: Чарской, Жарма-Саурской и Сарсазанской (см. рисунок).

**Складчатая система Юго-Западного Алтая.** Восточная краевая система (или складчатая система Юго-Западного Алтая) ограничена Локтево-Караиртышским глубинным разломом на востоке и Иртышским на западе. Она развилась на пассивной окраине Алтае-Саянского континента [23], структурно-формационные комплексы которого представлены кремнисто-терригенными формациями венд-раннепалеозойского-силурийского возраста, пронизанными позднекаледонскими (досреднедевонскими) гранитоидами, то есть территория Рудноалтайской провинции уже в начале девона сформировалась на коре континентального типа.

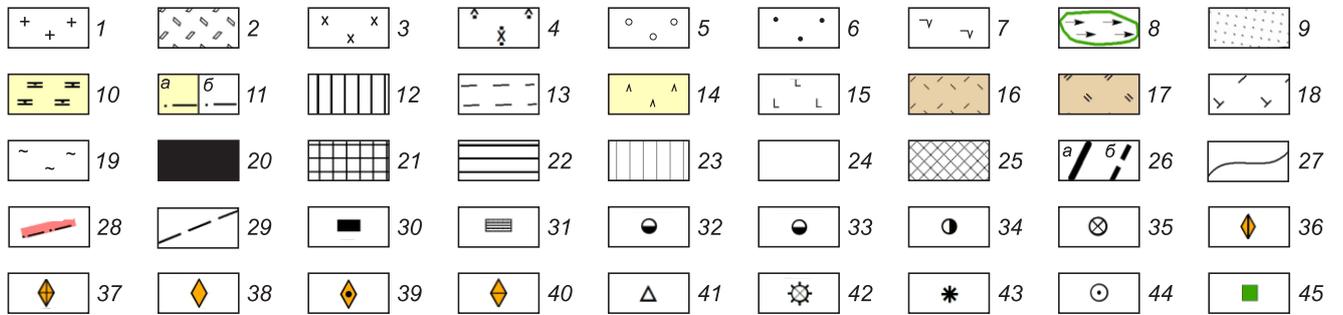
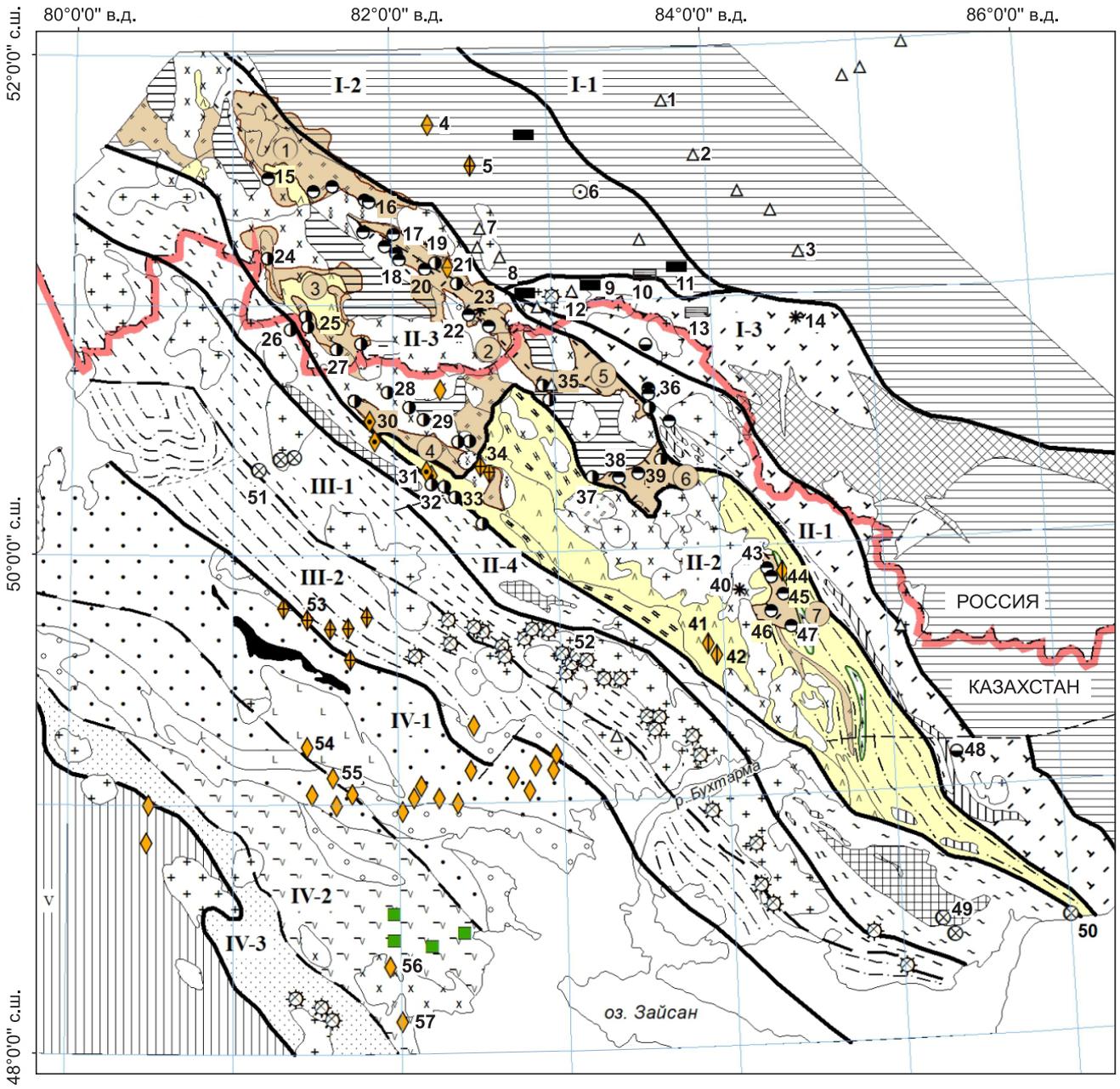
В конце раннего–начале среднего девона в связи с расширением Зайсанской геосинклинальной области древнее поднятие подверглось процессам тектонической деструкции. В позднеэмское–эйфельское время весь блок земной коры переходного и континентального типов между вышеназванными глубинными разломами характеризовался преобладанием обстановки тектонического растяжения и был охвачен дифференцированным погружением. Анализ развития структур, а также латерально-вертикальных рядов геологических формаций позволил авторам выделить три основных этапа формирования складчатой системы Юго-Западного Алтая, отвечающих различным геодинамическим режимам её развития [19, 20]. Первый этап охватывает промежуток времени от раннего девона до франского века и обусловлен процес-

сами континентального рифтогенеза, второй – от фаменского века до раннего карбона (серпуховский ярус) и соответствует островодужным обстановкам и третий – коллизионный – от среднего карбона до перми. При этом латеральный ряд последовательно формирующихся структур первого этапа развивается с востока на запад, а второго – с запада на восток.

*Рифтогенный этап* ( $D_1e-D_3f$ ) начинается с формирования северо-восточного рифта [8], осевая часть которого соответствует Коргонскому прогибу, входящему в состав Коргонско-Теректинской СФЗ, и Холзунско-Сарымсактинскому, отвечающему одноимённой СФЗ. Заложение первого прогиба отмечается с раннего девона, второго – с эмского времени. Прогибы характеризуются значительными мощностями (6000–7500 м) выполняющих их осадочно-вулканогенных толщ. В основании разреза развиты континентальные красноцветные и пестроцветные карбонатно-терригенные отложения, которые выше сменяются морскими вулканогенно-осадочными, объединяемыми в известняково-кремнисто-терригенную риолит-трахидацит-трахириолитовую формацию со стратиформным свинцово-цинковым и железомарганцевым оруденением. Развитие прогибов завершается практически одновременно в раннем живете, и начинается погружение на территорию Лениногорско-Зырянской и Змеиногорско-Быструшинской подзон Рудноалтайской СФЗ, где мощность осадочно-вулканогенных толщ составляет от 4000 до 5500 м. Прогибы характеризуются наличием во внутренних частях крупных продольных поднятий, сложенных нижнепалеозойскими отложениями. В бортах прогибов развиты вулканогенно-осадочные породы базальт-риолитовой формации, определяющей металлогеническую специализацию Рудного Алтая на колчеданно-полиметаллическое оруденение.

В западной части Рудноалтайской СФЗ отмечается Юго-Западный рифт, хорошо проявленный в Прииртышском районе, территориально совпадающий с юго-западным крылом Алейского антиклинория, где мощность вулканогенно-осадочных толщ достигает 4000 м [8]. Время формирования прогиба – эмский ярус нижнего девона до франского века верхнего девона. Вулканогенно-осадочные породы, слагающие данный прогиб, также относятся к базальт-риолитовой формации, но значительно отличающейся от развитой в северо-восточной рифтовой зоне. Если проанализировать возрастной диапазон отложений этой формации в направлении с юго-востока на северо-запад, то можно увидеть, что в пределах Северо-Восточного рифта он соответствует эмсу–раннему живету (Лениногорско-Зырянская подзона), а в пределах Юго-Западного – позднему живету–франу (Алейская подзона). В этом же направлении

# Месторождения рудных и нерудных полезных ископаемых



**Структурно-формационная и металлогеническая схематическая карта Большого Алтая.** Составлена с использованием геологических карт Казахстана [3, 4]:

**геологические формации:** 1 – гранитовая и лейкогранитовая (P), 2 – трахириолит-дацитовая (рудноалтайская СФЗ, сержинская свита, вулканиды,  $C_3-P$ ), 3 – габбро-гранодиорит-гранитная ( $C_{2-3}$ ), 4 – габбро-диорит-плагиогранит-гранитная ( $C_{2-3}$ ), 5 – молассовая лимническая угленосная ( $C_2$ ), 6 – известково-терригенная (флишоидная (Чарская подзона,  $C_1s$ ), 7 – терригенная андезибазальтовая (Жарма-Саурская СФЗ,  $C_1v_{2-3}-s$ ), 8 – андезибазальтовая (Белоубинско-Маймырская СФЗ,  $C_1v_{2-3}$ ), 9 – карбонатно-алевропесчаниковая флишоидная (Сарсазанская подзона Жарма-Саурской СФЗ,  $C_1v_1$ ), 10 – известково-терригенная (Белоубинско-Маймырская СФЗ,  $C_1t$ ), 11 – флишоидная: а – Белоубинско-Маймырская СФЗ ( $C_1t_1$ ), б – Западно-Калбинская подзона ( $C_1v_{2-3}$ ), 12 – габбро-диабазовая (Иртышская СФЗ,  $D_3-C_1$ ), 13 – аспидная (Калба-Нарымская подзона,  $D_3-C_1$ ), 14 – андезидацитовая (Белоубинско-Маймырская СФЗ,  $D_3fm$ ), 15 – вулканогенно-осадочная (вулканиды пёстрого состава (Чарская и Жарма-Саурская подзоны,  $D_3fm$ ), 16 – базальтсодержащая андезит-дацит-риолитовая известково-кремнисто-терригенная (Рудноалтайская СФЗ,  $D_1e-D_2gv_1$ ), 17 – базальт-риолитовая кремнисто-терригенная (Рудноалтайская СФЗ,  $D_2gv_2-D_3f$ ), 18 – риолит-трахидацит-трахириолитовая известково-кремнисто-терригенная (Холзунско-Сарымсактинская и Коргонско-Теректинская СФЗ,  $D_1e-D_2gv$ ); 19 – зеленосланцевый метаморфический комплекс (алевролиты, известняки, песчаники и др.) Иртышской СФЗ ( $D_3?$ ); 20 – габбро-периодитовая (додевонские интрузии Чарской подзоны); 21 – метаморфический комплекс (кристаллические сланцы, гнейсы, амфиболиты) (Иртышская СФЗ,  $O_2-S$ ); 22–24 – нерасчленённые осадочные и гранитоидные формации: 22 – комплекса основания Рудного Алтая ( $Pz?$ ), 23 – Чингиз-Тарбагатайской складчатой системы ( $Pz_{1-2}$ ), 24 – складчатой системы Горного Алтая ( $PR_3-Pz_1$ ); 25 – выходы докембрийского фундамента; границы: 26 – СФЗ (а) и подзон (б), 27 – геологические, 28 – России и Казахстана; 29 – разрывные нарушения; **рудно-формационные типы месторождений:** 30 – железорудный, 31 – железомарганцевый, 32 – свинцово-цинковый стратиформный, 33 – свинцово-цинковый колчеданный, 34 – медно-свинцово-цинковый и медно-цинковый колчеданный, 35 – медно-цинковый колчеданный (метаморфизованный), 36 – золото-серебро-полиметаллический, 37 – золото-сульфидно-кварцевый, 38 – золото-кварцевый, 39 – золото-малосульфидно-кварцевый, 40 – золото-серебряный, 41 – редкометалльный (W, Be, Mo), 42 – редкометалльно-редкоземельный (Ta, Nb и др.), 43 – свинцово-цинковый жильный, 44 – серебро-полиметаллический, 45 – медно-золото-порфировый; **структурно-формационные и металлогенические зоны и подзоны:** Алтае-Саянской складчатой системы (каледоно-герцинской): I-1 – Чарышко-Талицкая, I-2 – Чарышко-Чуйская, I-3 – Коргонско-Теректинская, складчатой системы Юго-Западного Алтая (раннегерцинской): II-1 – Холзунско-Сарымсактинская, II-2 – Белоубинско-Маймырская, II-3 – Рудноалтайская и II-4 – Иртышская; Иртышско-Зайсанской складчатой системы (позднегерцинской), Калбинская: III-1 – Калба-Нарымская и III-2 – Западно-Калбинская подзоны, Жарма-Саурская: IV-1 – Чарская, IV-2 – Жарма-Саурская и IV-3 – Сарсазанская подзоны; Чингизкой Табагатайской складчатой системы (каледоно-герцинская) – V; **рудные районы Рудноалтайской СФЗ** (цифры в кружках): 1 – Рубцовский, 2 – Змеиногорский, 3 – Золотушинский, 4 – Прииртышский, 5 – Юбилейно-Снегирихинский, 6 – Лениногорский, 7 – Зыряновский; **основные месторождения:** 1 – Верх-Слюдянское (W), 2 – Мульчихинское (W, Mo), 3 – Каракольское (Be, Mo), 4 – Новофирсовское, 5 – Мурзинское I и II, 6 – Старочагырское, 7 – Кольванское, Новокольванское (W, Mo, Be), 8 – Белорецкое, 9 – Инское, 10 – Верх-Тулатинское, 11 – Чесноковское, 12 – Тигерекское, 13 – Коргонское, 14 – Красноярское, 15 – Рубцовское, 16 – Таловское, Степное, 17 – Среднее, 18 – Зареченское, 19 – Корбалихинское, 20 – Змеиногорское, 21 – Черепановское, 22 – Семеновское, 23 – Аргунихинское, 24 – Локтевское, 25 – Ново-Золотушинское, 26 – Орловское, 27 – Юбилейное, 28 – Ново-Шемонаихинское, 29 – Николаевское, 30 – Полеваевское, 31 – Авроринское, 32 – Березовское, 33 – Белоусовское, 34 – Секисовское, 35 – Юбилейное, Снегирихинское, 36 – Гусяковское, Чекмарь, 37 – Тишинское, 38 – Риддер-Сокольское, 39 – Ново-Лениногорское, 40 – Парыгинское, 41 – Заводинское, 42 – Бухтарминское, 43 – Малеевское, 44 – Мамонтовское, 45 – Майское, 46 – Зыряновское, 47 – Греховское, 48 – Никитинское, 49 – Корчигинское, 50 – Александровка, 51 – Вавилонское, 52 – Бакенное, 53 – Бакырчик, 54 – Акжал, 55 – Васильевское, 56 – Чанг, 57 – Бирегтас

увеличивается мощность отложений формации: от 1000–1500 м (на востоке) до 2500–3500 м (на западе). Выполнены они вулканогенно-осадочными и вулканогенными породами кислого, среднего и основного составов. Широко развиты экструзивные и субвулканические тела риолитов, лавы, потоки риолитов и их пирокластические разности (туфы, туффиты, тефроиды). Осадочные породы представлены известково-кремнисто-углеродистыми алевролитами, реже известняками, песчаниками. По петрохимическим особенностям данные вулканогенно-осадочные породы базальт-риолитовой формации относятся к известняково-щелочному ряду калиево-натриевой серии, но различаются по составу, возрасту и соотно-

шению вулканогенной и осадочной составляющей. Поэтому авторами они разделены на две формации [20]. Первая (эмс–эйфель–ранний живет) – последовательно дифференцированная базальтсодержащая андезит-дацит-риолитовая известняково-кремнисто-терригенная, распространена в Зыряновском, Лениногорском, Змеиногорском рудных районах и отличается существенным преобладанием кислых вулканидов над основными, антидромным характером и присутствием значительного количества осадочных и вулканогенно-осадочных пород. С ней ассоциируют свинцово-цинковые колчеданные и барит-полиметаллические (с золотом и серебром) месторождения. Вторая (поздний живет–фран) – контрастная

базальт-риолитовая кремнисто-терригенная (Змеиногорский, Золотушинский, Прииртышский рудные районы), характеризуется примерно равными соотношениями кислых и основных вулканитов, а также осадочной и вулканогенной составляющей. С данной формацией ассоциируют медно-свинцово-цинковые колчеданные и медно-цинковые колчеданные месторождения. Примыкающая с запада к Рудноалтайской Иртышская СФЗ сложена карбонатно-терригенными отложениями силура–позднего девона и более древними метаморфическими породами, с которыми ассоциируют протрузивные тела серпентинитов и метабазитов. В среднепалеозойских флишеидных отложениях Иртышской зоны развито медно-пирротинное оруденение, относящееся к колчеданно-полиметаллической формации в углеродисто-терригенных толщах. Консолидация Иртышской зоны произошла в конце девона, и с этого времени она развивалась в составе восточной краевой системы.

Этап формирования рифтов завершился внедрением гиабиссальных и гиповулканических образований габбро-диабазовой формации позднего девона–раннего карбона, приуроченных к системе глубинных разломов. В Северо-Восточной зоне смятия с габбро-диабазами связано формирование железоскарновых и медно-скарновых проявлений.

Вулканогенно-осадочные породы рифтогенного этапа в значительной мере перекрыты отложениями островодужного этапа, особенно это отмечается на территории южной части Рудноалтайской и Белоубинско-Маймырской СФЗ (см. рисунок).

*Островодужный этап* ( $D_3 \text{ fm} - C_1$ ). Становление структур фамен-раннекаменноугольного этапа отвечает модели формирования активных окраин с островодужным режимом развития [20]. В течение позднего девона ( $D_3 \text{ fm}$ ) ареал проявления вулканизма в северо-западной части Рудноалтайской СФЗ заметно расширился. Развитие его происходило в антидромной последовательности (от андезидацитов к андезибазальтовой формации).

Главный островодужный комплекс (пихтовская свита фамена) представлен андезитами, дацитами, риодацитами, риолитами и их туфами, а также туфоконгломератами, туфогравелитами, туфопесчаниками, конгломератами, песчаниками, алевролитами мощностью от 2900 до 5900 м. Цепи вулканических островов, сложенные андезидацитами и андезибазальтами, разделяли прогибы, выполненные отложениями терригенно-карбонатных и флишеидных формаций.

При рассмотрении структур с юго-запада (от Иртышской СФЗ) на северо-восток (к континенту Горному Алтаю) устанавливается латеральный ряд структур, характерный для этапа формирования остров-

ных дуг [24]: невулканическая дуга (Иртышская СФЗ), сложенная отложениями терригенно-карбонатной формации, преобразованными в зеленосланцевый метаморфический комплекс; междуговой бассейн, выполненный породами карбонатной формации; ранняя вулканическая дуга, отвечающая территории развития андезидацитов формации; междуговой бассейн, сложенный толщами терригенно-карбонатной формации; поздняя вулканическая дуга, отвечающая территории развития андезибазальтовой формации; задуговой бассейн, выполненный породами флишеидной формации, распространёнными в Белоубинско-Маймырском прогибе (Белоубинско-Маймырская СФЗ). С породами андезидацитов и андезибазальтовой формаций островодужного этапа ассоциируют мелкие месторождения золото-серебро-полиметаллической и золото-кварц-сульфидной рудных формаций.

В *коллизийный этап* ( $C_2 - P$ ) сформировались две геологические формации: в раннюю стадию ( $C_2 - C_3$ ) – габбро-гранодиорит-гранитная, а в позднюю ( $C_3 - P$ ) – гранит-лейкогранитная в ассоциации с вулканогенным серпуховским комплексом трахириолит-дацитов формации.

К габбро-гранодиорит-гранитной формации ранней стадии относятся массивы, прорывающие нижнекаменноугольные отложения, состоящие из пёстрых по составу пород от габбро до гранитов с широким развитием гибридных (гранодиоритов, диоритов, монцодиоритов, сиенитов). С гранодиоритами данной формации связаны месторождения золото-малосульфидно-кварцевой и золото-сульфидной формаций, а также небольшие месторождения свинцово-цинковой скарновой и жильной формаций.

В позднеколлизийную стадию проявлены преимущественно пермские гранитоиды гранит-лейкогранитовой формации, с которыми ассоциируют редкометалльные месторождения с вольфрамом и молибденом.

**Иртыш-Зайсанская складчатая система.** *Рифтогенный этап.* Западная краевая система Зайсанской складчатой области (Иртыш-Зайсанская) представляет собой активную континентальную окраину одноимённого гипотетического океана [8]. Осевой структурой этой области является территория, отвечающая Чарской подзоне Жарма-Саурской СФЗ (см. рисунок), в пределах которой развит серпентинитовый комплекс, сопоставляемый с корой океанического типа. Относительно механизма формирования офиолитов Чарской подзоны существует несколько точек зрения. Авторы придерживаются точки зрения П. В. Ермолова и др. [17] о том, что данная структура в позднем девоне–раннем карбоне представляла собой рифт, выполненный вулканогенно-осадочными

породами пёстрого состава ( $D_3fm$ ) и отложениями известняково-терригенной флишоидной формации ( $C_1s$ ).

К востоку от Чарской подзоны распространены глубоководные морские и карбонатно-терригенные отложения, которые в Западно-Калбинской подзоне Калбинской СФЗ отвечают флишоидной формации ( $C_1v_{2-3}$ ), а в Калба-Нарымской подзоне – аспидной ( $D_3-C_1$ ) (см. рисунок). По мнению ряда исследователей [22], породы аспидной формации Калба-Нарымской подзоны сформировались в осевой части и вдоль внешнего приконтинентального склона глубоководного жёлоба. По мнению же авторов статьи, структуры, отвечающие Калба-Нарымской и Западно-Калбинской подзонам, представляют собой прогибы позднедевонско-раннекаменноугольного возраста, которые отвечают рифтам, расположенным в восточной фронтальной части Чарского прогиба. К нижнекаменноугольным отложениям терригенно-углеродистой (черносланцевой) формации Западно-Калбинской и частично Чарской подзон приурочены месторождения золото-сульфидно-кварцевой рудной формации, ярким примером которых является месторождение Бакырчик.

*Островодужный этап.* К западу от Чарской зоны на борту Чингиз-Тарбагатайского микроконтинента на коре переходного и океанического типов сформировалась островодужная система раннекаменноугольного возраста, отвечающая Сарсазанской и Жарма-Саурской подзонам Жарма-Саурской СФЗ с сопровождающими её морскими междуговыми и задуговыми бассейнами. При этом в пределах Жарма-Саурской подзоны островной дуге отвечают породы андезибазальтовой формации ( $C_1v_{2-3}-S$ ), а междуговому бассейну – известняково-терригенной ( $C_1-S$ ). Сарсазанская подзона соответствует задуговому бассейну и выполнена отложениями флишоидной (карбонатно-алевропесчаниковой) формации  $C_1v_1$ .

*Коллизионный этап* подразделяется на две стадии: в раннюю ( $C_2-C_3$ ) с интрузивными породами габбро-гранодиорит-плаггиогранитной формации ассоциируют месторождения золото-кварцевой рудной формации (Акжал, Боко, Васильевское и др.) и медно-порфировой, а в позднюю стадию (Р) с породами гранит-лейкогранитовой формации связаны редкометалльные месторождения. Последние широко развиты на площади Калба-Нарымской и Западно-Калбинской подзон, где сформирован крупный гранитоидный пояс батолитового типа, выполненный пермскими (калбинскими) интрузивами гранит-лейкогранитовой формации. С последними связаны многочисленные редкометалльные месторождения с Ta, Nb, Be, Li, Cs, Sn, W (пегматитовой, альбитовой, грейзеновой, кварцево-жильной формаций) [14]. Приме-

рами месторождений редкометалльных пегматитов являются Бакенное, Юбилейное и др.

**Металлогения.** Охарактеризованные складчатые системы Большого Алтая различаются не только по геологическому строению, геодинамическим особенностям, но и по металлогении. Для складчатой системы Юго-Западного Алтая и обрамляющих её с востока СФЗ Горного Алтая (Чарышко-Чуйской и Коргоно-Теректинской) наиболее характерны месторождения колчеданного семейства, а также железорудные, железомарганцевые и в меньшей степени развиты золоторудные и редкометалльные (W, Mo, Be). Металлогения Иртыш-Зайсанской складчатой области более разнообразна. Она включает многочисленные редкометалльные месторождения (Калбинская зона), а также золоторудные: золото-сульфидно-кварцевой, золото-кварцевой формаций (Калбинская и Жарма-Саурская СФЗ). В Жарма-Саурском поясе развиты также мелкие месторождения меди медно-порфировой, медно-кварцево-жильной и медно-скарновой формаций. Поскольку вопросы металлогении Иртыш-Зайсанской складчатой области детально освещены в работах казахстанских геологов [1, 7, 27], а в особенности в публикациях Б. А. Дьячкова с соавторами [9, 11, 14, 15], характеристику месторождений этой территории мы не рассматриваем.

Ниже остановимся на характеристике месторождений складчатой системы Юго-Западного Алтая, в которую входит Рудноалтайский пояс и сопредельные территории, в изучении которых авторы принимали непосредственное участие. Систематика месторождений Рудного Алтая приведена во многих исследованиях, главными из которых являются работы Д. И. Горжевского, П. Ф. Иванкина, А. К. Каюпова, В. В. Попова, Г. Н. Щербы, Г. Ф. Яковлева, и многих других: В. В. Авдонина, Х. А. Беспяева, Н. Л. Бубличенко, Ю. И. Демина, В. И. Старостина, Н. И. Стучевского, Е. И. Филатова, В. М. Чекалина. В последние годы опубликована работа В. В. Кузнецова и др. [21] и статья Б. И. Дьячкова с соавторами [13], посвящённые прогнозу, поискам и генезису колчеданно-полиметаллических месторождений (VMS) Рудного Алтая.

Рудные месторождения структур Юго-Западного Алтая сформированы, как уже сказано выше, в три этапа: рифтогенный, островодужный и коллизионный. Общий перечень рудных формаций приведён в таблице.

Месторождения рифтогенного этапа образуют латеральный ряд, характеризующийся последовательным омоложением как геологических, так и рудных формаций вкрест простирания основных структур Рудного Алтая. При рассмотрении этого ряда с юго-востока (Коргонская и Холзунско-Сарымсактинская

Распределение рудных формаций в структурах Юго-Западного Алтая

Этап	Геодинамический режим	Геодинамическая обстановка	Время формирования	Возраст	Иртышская СФЗ	Рудноалтайская СФЗ	Белобинско-Маймырская СФЗ	Холзунско-Сарымсактинская СФЗ	Коргонско-Теректинская и Чарышско-Чуйская СФЗ
Герцинский	Коллизионный	Формирование плутонических посов	Позднее	Р	Редкометалльная (Sn, W) и кварцевожильная (W, Mo), золото-кварцевая (гранитная); мелкие объекты	Золото-малосульфидно-кварцевая (габбро-гранодиорит-гранитная). Предгорненское, Полеваевское и др.; золото-сульфидно-кварцевая (габбро-гранодиорит-гранитная). Секисовское		Редкометалльная (W, Mo, Be). Колыванское и редкоземельная – Тигерекское (гранитовая, лейкогранитовая) жильная золото-сульфидно-кварцевая и золото-скарновая. Мурзинское (I, II, III) (гранитовая) [6]	
					Мелкие проявления золото-порфировой, свинцово-цинковой жильной и скарновой (габбро-гранодиорит-гранитная)		Золото-серебряная. Новофирсовское (дайки диоритов, лампрофиров, гранитпорфиров) [6]		
Островодужный	Формирование островных дуг и задлуговых бассейнов	Формирование островных дуг и задлуговых бассейнов	Раннее	C <sub>1-5</sub>	Медно-цинковая колчеданная (метаморфизованная) (углеродистотерритенная). Карчига	Золото-кварцосульфидная (андезибазальтовая). Мамонтовское	Золото-сереброполиметаллическая (андезидацитовая). Заводнинское, Бухтарминское		

Окончание таблицы

Этап	Геодинамический режим	Геодинамическая обстановка	Время формирования	Возраст	Иргышская СФЗ	Рудноалтайская СФЗ	Белобуинско-Маймырская СФЗ	Холзунско-Сарымсактинская СФЗ	Коргонско-Теректинская и Чарышско-Чуйская СФЗ
Докембрийский	Океанический рифтогенный	PR <sub>1</sub> ?							
	Рифтогенный	Формирование рифтогенных прогибов	Раннее	D <sub>1</sub> e-D <sub>2</sub> gV <sub>1</sub>	Свинцово-цинковая колчеданная (базальт-риолитовая) содержащая андезит-дацит-риолитовая известняково-кремнисто-терригенная). Риддер-Сокольное, Зыряновское, Семеновское	Медно-свинцово-цинковая колчеданная (базальт-риолитовая кремнисто-терригенная). Корбалихинское, Золотушинское, Николаевское		Стратиформная свинцово-цинковая (риолит-трахидацит-трахириолитовая известняково-кремнисто-терригенная). Никитинское; железомарганцевая и железорудная (вулканогенно-осадочная). Холзунское, Коргонское	

СФЗ) на запад (Алейская подзона Рудноалтайской СФЗ) видно, что он начинается с железорудных и железомарганцевых и свинцово-цинковых стратиформных месторождений [18] в связи с эмс-нижнеживетской риолит-трахидацит-трахириолитовой формацией и продолжается в этом же интервале в пределах Лениногорско-Зырянской подзоны свинцово-цинковыми колчеданными в связи с известняково-кремнисто-терригенной базальтсодержащей андезит-дацит-риолитовой формацией калиевого профиля. Характерные примеры месторождений: Риддер-Сокольное, Ново-Лениногорское в Лениногорском районе, Зыряновское, Греховское в Зыряновском районе, Зареченское, Змеиногорское, Семеновское в Змеиногорском районе.

Определяющими особенностями свинцово-цинковых колчеданных месторождений является тесная связь с вулкано-тектоническими структурами, стратиформность рудных тел, этажный характер размещения оруденения в разрезе вулканитов кислого состава калиевого профиля при подчинённом значении вулканитов основного состава, преобладание свинца и цинка над медью. Соотношение  $Pb : Zn : Cu$  составляет  $(1-2) : (6-2) : 4$ . Коэффициент колчеданности ( $K_{кол.}$ ) – 0,5. Месторождения данной формации содержат золото и серебро ( $Au : Ag - 1 : 15$  до  $1 : 70$ ) [21].

В западной части Рудноалтайского пояса в пределах Юго-Западного рифта (Алейская подзона) рудноносна верхнеживетско-франская контрастная кремнисто-терригенная базальт-риолитовая формация калиево-натриевого профиля. С ней ассоциируют месторождения медно-свинцово-цинковые колчеданные (примеры: Корбалихинское, Золотушинское, Николаевское и др.), характеризующиеся незначительной ролью свинца при близких значениях цинка и меди и высокой сернистости руд. Соотношения металлов  $Pb : Zn : Cu - (1-4) : (6-2) : 3$ , а коэффициент колчеданности  $K_{кол.} S : (Pb + Zn + Cu)$  более 1,5. Содержания золота незначительные при повышенных содержаниях серебра.

Таким образом, для группы колчеданных формаций характерна зависимость состава оруденения от времени образования: эмс-нижний живет → свинцово-цинковый колчеданный, верхний живет-фран → медно-свинцово-цинковый колчеданный или медно-цинково-колчеданный.

По вертикали ряд рудных формаций рифтогенных структур надстраивается рудно-формационными типами месторождений островодужного этапа ( $D_3fm-C_1$ ). Начинается этот ряд (с запада на восток) с медно-цинково-колчеданных месторождений в черносланцевых толщах, далее продолжается золото-серебро-полиметаллическими и золото-кварц-сульфидными в связи с островными андезидацитовыми

( $D_3fm$ ) и андезибазальтовой ( $C_1$ ) формациями и золото-кварцевыми месторождениями в связи с геологическими формациями задугового бассейна ( $C_1$ ). С фаменской андезидацитовой формацией связаны месторождения и проявления золото-серебро-полиметаллической формации (Заводинское I, II, Бухтарминское) Заводинского района, а с нижнекаменноугольной андезибазальтовой – месторождение (Мамонтовское) Зыряновского района.

Некоторые исследователи до настоящего времени продолжают считать, что колчеданные месторождения рудноалтайского типа сформированы в островодужный этап, и соответственно сопоставляют их с типом «куроко» [2, 16]. Кратко изложим точку зрения авторов.

Колчеданно-полиметаллические месторождения типа «куроко» распространены во внутренней, северо-восточной части Японской островной дуги, именуемой областью «зелёных туфов» [28, 29]. Они локализованы в миоценовой мелководной осадочно-вулканогенной толще субмеридионального прогиба на склоне этой дуги. В нижней части толщи преобладают вулканиты андезитоидного состава. Оруденение тесно ассоциирует с верхними телами и покровами кислого состава, расслоенными существенно глинистыми отложениями. Рудные залежи «куроко» обычно имеют пластообразную форму и подстраиваются со стороны лежачего бока зонами барит-кварцевых и кварц-карбонатных жил и штокверковых тел различной формы с золотосеребряной, сфалерит-галенитовой и халькопирит-пиритовой минерализациями. Рудная зональность залежей отвечает в целом типовой. Отмечается обогащение руд собственно «куроко» и барит-сульфидных серебром. Колчеданные руды в последние годы интенсивно разрабатываются (пиритовые, баритовые, свинцовые и золотые). Но при весьма значительном количестве рудных объектов запасы металлов в каждом из них невелики. Они составляют не более 100–200 тыс. т [5], что особенно ярко отличает их от крупных рудноалтайских колчеданно-полиметаллических месторождений.

По перечисленным характеристикам (составу оруденения и условиям образования) месторождения Японии типа «куроко» являются скорее аналогом охарактеризованных выше золото-серебро-полиметаллических месторождений островодужного этапа, а не колчеданно-полиметаллических рудноалтайского типа, сформированных в рифтогенный этап.

Месторождения рудных формаций рифтогенного и островодужного этапов по вертикали сменяются таковыми коллизионного тектоно-магматического цикла ( $C_2-P$ ). Последние связаны с плутоногенными формациями гранитоидов: с габбро-гранодиорит-

гранитной формацией ранней стадии ( $C_{2-3}$ ) ассоциируют месторождения золото-сульфидно-кварцевой (месторождение Секисовское), золото-малосульфидно-кварцевой (Авроринское, Полеваевское, Предгорнинское и др.) формаций. С пермскими гранитоидами гранит-лейкогранитовой формации поздней стадии ( $C_3-P$ ) ассоциируют редкометалльные месторождения (W, Mo, Be) (см. таблицу).

**Заключение.** Полученные в результате многолетних исследований данные по геологии и металлогении Рудного Алтая и сопредельных территорий позволили предложить авторскую трактовку геодинамических режимов и обстановок формирования месторождений цветных и благородных металлов для складчатой системы Юго-Западного Алтая. При этом определена позиция колчеданно-полиметаллических месторождений в рифтогенных структурах в отличие от долго существовавшей гипотезы «о формиро-

вании колчеданно-полиметаллических месторождений в островодужных обстановках». Выделены две разновозрастные рудовмещающие базальт-риолитовые формации и связанные с ними рудные, а также построен латерально-вертикальный ряд рудных формаций для складчатой системы Юго-Западного Алтая.

В пределах Иртыш-Зайсанской складчатой системы определена позиция месторождений цветных и благородных металлов в различных геодинамических обстановках с использованием карты Восточного Казахстана (масштаба 1:500 000) и литературных источников.

Установленные геодинамические и металлогенические особенности формирования месторождений цветных и благородных металлов Большого Алтая необходимо учитывать при прогнозе и поисках ору-денения подобного типа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беспяев Х. А., Полянский Н. В., Ганженко Г. Д., Дьячков Б. А. [и др.]* Геология и металлогения Юго-Западного Алтая. – Алма-Ата : Гылым, 1997. – 288 с.
2. *Бородаевская М. Б., Горжевский Д. И., Кривцов А. И., Ручкин Г. В., Скрипченко Н. С., Твалчрелидзе Г. А., Яковлев Г. Ф.* Колчеданные месторождения Мира. – М. : Недра, 1979. – 284 с.
3. *Геологическая карта Казахстана масштаб 1:1 000 000. Листы М-44: М-45.* – С-Пб.: ВСЕГЕИ, 2014.
4. *Геологическая карта Казахской ССР. Масштаб: 1:500 000. Серия Восточно-Казахстанская // Под ред. Л. М. Трубникова.* – Алма-Ата, 1976.
5. *Глухов Л. В.* Полезные ископаемые // *Горная энциклопедия.* – Т. 5. – М. : Изд-во Советская энциклопедия, 1991. – С. 534–537.
6. *Гусев А. И.* Металлогения золота Горного Алтая и Юга Горной Шории // Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Томск : ФГАОУ ВО «ТПУ», 2006. – 52 с.
7. *Даукеев С. Ж., Ушкенов Б. С., Абдулин А. А., Мирошнеченко Л. А., Жуков Н. М., Мазуров А. К., Беспяев Х. А., Долгополов В. М., Акылбеков С. А., Жаутиков Т. М., Губайдуллин Ф. Г.* Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. Т. 2. Металлогения. – Алма-Ата : Информационно-аналитический центр геологии и минеральных ресурсов Республики Казахстан, 2002. – 272 с.
8. *Даукеев С. Ж., Ушкенов Б. С., Любецкий В. Н., Любецкая Л. Д., Беспяев Х. А., Бикеев В. С., Шабалина Л. В.* Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. Т. 1. Глубинное строение и геодинамика. – Алма-Ата : Информационно-аналитический центр геологии и минеральных ресурсов Республики Казахстан, 2002. – 220 с.
9. *Дьячков Б. А.* Перспективы укрепления минерально-сырьевой базы Алтае-Чингизского региона (Восточный Казахстан) // *Известия НАН РК. Серия геологическая.* – 2005. – № 2. – С. 63–69.
10. *Дьячков Б. А., Майорова И. Л., Нахтигаль Г. Л., Абдрахманов К. А.* Гранитоидные и рудные формации Калба-Нарымского пояса (Рудный Алтай). – Алма-Ата : Гылым, 1994. – 205 с.
11. *Дьячков Б. А., Малыгин А. А., Нахтигаль Г. Л., Титов Д. В.* Рудоносные структуры Рудного Алтая // *Геология и охрана недр.* – 2004. – № 4. – С. 3–8.
12. *Дьячков Б. А., Мизерная М. А., Бисатова А. Е. [и др.]* К проблеме формирования колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая // *Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов: Сборник тезисов докладов IX Международной научно-практической конференции.* – М. : ФГБУ «ЦНИГРИ», 2021. – С. 60–62.
13. *Дьячков Б. А., Мизерная М. А., Пяткова А. П. [и др.]* К проблеме формирования колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая // *Отечественная геология.* – 2021. – № 5. – С. 3–17.
14. *Дьячков Б. А., Никитина Т. М., Майорова Н. П.* Редкометалльные рудноформационные системы Восточного Казахстана // *Геология Казахстана: сборник докладов.* – Алма-Ата, 2004. – С. 222–229.
15. *Дьячков Б. А., Титов Д. В., Сапаргалиев Е. М.* Рудные пояса Большого Алтая и оценка их перспектив // *Геология рудных месторождений.* – 2009. – Т. 51, № 3. – С. 222–238.
16. *Еремин Н. И., Дергачев А. Л., Сергеева Н. Е.* Рудный Алтай среди других крупнейших колчеданных провинций мира // *Большой Алтай – уникальная редкометалльно-золото-полиметаллическая провинция центральной Азии.* – Усть-Каменогорск, 2010. – С. 91–92.
17. *Ермолов П. В., Полянский Н. В., Добрецов Н. Л. [и др.]* Офиолиты Чарской зоны // *Офиолиты: материалы конференции.* – Алма-Ата : Наука, 1981. – С. 103–173.

18. Колосова Е. О. Геологические условия образования Раскатинского железо-марганец-барит-свинцово-цинкового месторождения (Рудный Алтай) // Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 1993. – 26 с.
19. Кудрявцева Н. Г. Ряды рудных формаций месторождений цветных и благородных металлов в различных геодинамических обстановках Юго-Западного Алтая // Руды и металлы. – 2001. – № 6. – С. 44–52.
20. Кудрявцева Н. Г., Кузнецов В. В. Геодинамические особенности формирования месторождений цветных и благородных металлов Большого Алтая // Материалы Международной конференции Большой Алтай – уникальная редкометалльно-золото-полиметаллическая провинция Центральной Азии. – Алматы, 2012. – С. 38–44.
21. Кузнецов В. В., Кудрявцева Н. Г., Серавина Т. В., Мурзин О. В., Корчагина Д. А., Кузнецова С. В., Миляев С. А. Основы прогноза и поисков колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая: монография. – М.: ЦНИГРИ, 2019. – 207 с.
22. Пейве А. В., Моссаковский А. А. Тектоника Казахстана (Объяснительная записка к «Тектонической карте Восточного Казахстана» масштаба 1:2 500 000). – М.: Наука, 1982. – 139 с.
23. Ротараш И. А., Самыгин С. Г., Гредюшко Е. А. [и др.] Девонская активная континентальная окраина на юго-западе Алтая // Геотектоника. – 1982. – № 1. – С. 44–59.
24. Хаин В. Е., Ломизе М. Г. Геотектоника с основами геодинамики. – М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 1995. – 480 с.
25. Щерба Г. Н., Беснаев Х. А., Дьячков Б. А. [и др.] Развитие структур Большого Алтая на основе геодинамических реконструкций // Геодинамика и минерагения Казахстана. – Алма-Ата: РИО ВАК РК, 2000. – Ч. 1. – С. 73–81.
26. Щерба Г. Н., Дьячков Б. А., Стучевский Н. И. [и др.] Большой Алтай (геология и металлогения). Геологическое строение. В 3 кн., кн. 1. – Алма-Ата: Гылым, 1998. – 304 с.
27. Щерба Г. Н., Дьячков Б. А., Беснаев Х. А. [и др.] Большой Алтай (геология и металлогения). Металлогения. В 3 кн., кн. 2. – Алма-Ата: РИО ВАК РК, 2000. – 400 с.
28. Ishibashi J.-I., Miyoshi Y., Inoue H., Yeats C., Hollis S. P., Corona J. C., Bowden S., Yang S., Southam G., Masaki Y., Hartnett H., IODP Expedition 331 Scientists (2013). Subseafloor structure of a submarine hydrothermal system within volcanoclastic sediments: a modern analogue for «Kuroko-type» VMS deposits. In Mineral Deposit Research for a high-tech world // 12<sup>th</sup> SGA Biennial Meeting 2013, Proceedings. – V. 2. – P. 542–544.
29. Yamada R., Yoshida T. Relationships between Kuroko volcanogenic massive sulfide (VMS) deposits, felsic volcanism, and island arc development in the northeast Honshu arc, Japan // Mineralium Deposita. – 2011. – V. 46, № 4–5. – P. 431–448.

### REFERENCES

1. Bespayev Kh. A., Polyanskiy N. V., Ganzhenko G. D., D'yachkov B. A. [et al.] Geologiya i metallogeniya Yugo-Zapadnogo Altaya [Geology and metallogeny of Southwestern Altai]. Alma-Ata, Gylm publ., 1997, 288 p. (In Russ.)
2. Borodayevskaya M. B., Gorzhevskiy D. I., Krivtsov A. I., Ruchkin G. V., Skripchenko N. S., Tvalchrelidze G. A., Yakovlev G. F. Kolchedannyye mestorozhdeniya Mira [Pyrite deposits of the World]. Moscow, Nedra publ., 1979, 284 p. (In Russ.)
3. Geologicheskaya karta Kazakhstana masshtab 1:1 000 000. Listy M-44: M-45 [Geological map of Kazakhstan, scale 1:1,000,000. Sheets M-44: M-45]. St. Petersburg, VSEGEI, 2014. (In Russ.)
4. Geologicheskaya karta Kazakhskoy SSR. Masshtab: 1:500 000. Seriya Vostochno-Kazakhstanskaya [Geological map of the Kazakh SSR. Scale: 1:500,000. East Kazakhstan Series]. Ed. L. M. Trubnikova. Alma-Ata, 1976. (In Russ.)
5. Glukhov L. V. Poleznyye iskopayemyye [Minerals]. Gornaya entsiklopediya [Mining Encyclopedia]. V. 5, Moscow, Sovetskaya entsiklopediya publ., 1991, P. 534–537. (In Russ.)
6. Gusev A. I. Metallogeniya zolota Gornogo Altaya i Yuga Gornoy Shorii [Gold metallogeny in Gorny Altai and the south of Gornaya Shoria]. Avtoref. dokt... kand. geol.-minер. nauk, TPU publ., 2006, 52 p. (In Russ.)
7. Daukeyev S. Zh., Ushkenov B. S., Abdulin A. A., Miroshnichenko L. A., Zhukov N. M., Mazurov A. K., Bespayev Kh. A., Dolgoplov V. M., Akylbekov S. A., Zhautikov T. M., Gubaydullin F. G. Glubinnoye stroyeniye i mineral'nyye resursy Kazakhstana [Deep structure and mineral resources of Kazakhstan] V. 2. Metallogeniya [Metallogeny]. Alma-Ata, Informatsionno-analiticheskiy tsentr geologii i mineral'nykh resursov Respubliki Kazakhstan publ., 272 p. (In Russ.)
8. Daukeyev S. Zh., Ushkenov B. S., Lyubetskiy V. N., Lyubetskaya L. D., Bespayev Kh. A., Bukeev V. S., Shabalina L. V. Glubinnoye stroyeniye i mineral'nyye resursy Kazakhstana [Deep structure and mineral resources of Kazakhstan]. V. 1. Glubinnoye stroyeniye i geodinamika [Deep structure and geodynamics]. Alma-Ata, Informatsionno-analiticheskiy tsentr geologii i mineral'nykh resursov Respubliki Kazakhstan publ., 220 p. (In Russ.)
9. D'yachkov B. A. Perspektivy ukrepleniya mineral'no-syr'yevoy bazy Altaye-Chingizskogo regiona (Vostochnyy Kazakhstan) [Prospects for strengthening the mineral resource base of the Altai-Chingiz region (East Kazakhstan)]. Izvestiya NANRK. Seriya geologicheskaya [Proceedings of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Geological series]. 2005, No. 2, P. 63–69. (In Russ.)
10. Dyachkov B. A., Mayorova I. L., Nakhtigal G. L., Abdrakhmanov K. A. Granitoidnyye i rudnyye formatsii Kalba-Narymskogo poyasa (Rudnyy Altay) [Granitoid and ore formations of the Kalba-Narym belt (Rudny Altai)]. Alma-Ata, Gylm publ., 1994, 205 p. (In Russ.)
11. D'yachkov B. A., Malygin A. A., Nakhtigal' G. L., Titov D. V. Rudonosnyye struktury Rudnogo Altaya [Ore-bearing

- structures of Ore Altai]. *Geologiya i okhrana nedr* [Geology and protection of mineral resources], 2004, No. 4, P. 3–8. (In Russ.)
12. *D'yachkov B. A., Mizernaya M. A., Bisatova A. Ye.* [et al.] K probleme formirovaniya kolchedanno-polimetallicheskih mestorozhdeniy Rudnogo Altaya [On the problem of the formation of pyrite-polymetallic deposits of Rudny Altai]. *Nauchno-metodicheskiye osnovy prognoza, poiskov, otsenki mestorozhdeniyalmazov, blagorodnykh i tsvetnykh metallov: Sbornik tezisov dokladov IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Scientific and methodological foundations of forecasting, prospecting, evaluation of deposits of diamonds, precious and non-ferrous metals: Collection of abstracts of reports of the IX International Scientific and Practical Conference], Moscow, TSNIGRI publ., 2021, P. 60–62. (In Russ.)
  13. *D'yachkov B. A., Mizernaya M. A., Pyatkova A. P.* [et al.] K probleme formirovaniya kolchedanno-polimetallicheskih mestorozhdeniy Rudnogo Altaya [On the problem of formation of pyrite-polymetallic deposits of Ore Altai]. *Otechestvennaya geologiya* [Domestic geology], 2021, No. 5, P. 3–17. (In Russ.)
  14. *Dyachkov B. A., Nikitina T. M., Mayorova N. P.* Redkometall'nyye rudnoformatsionnyye sistemy Vostochnogo Kazakhstana [Rare metal ore formation systems of East Kazakhstan]. *Geologiya Kazakhstana: sbornik dokladov* [Geology of Kazakhstan: collection of reports], Alma-Ata, 2004, P. 222–229. (In Russ.)
  15. *D'yachkov B. A., Titov D. V., Sapargaliyev Ye. M.* Rudnyye poyasa Bol'shogo Altaya i otsenka ikh perspektiv [Ore belts of the Greater Altai and assessment of their prospects]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy* [Geology of ore deposits], 2009, V. 51, No. 3, P. 222–238. (In Russ.)
  16. *Yeremin N. I., Dergachev A. L., Sergeeva N. Ye.* Rudnyy Altay sredi drugikh krupneyshikh kolchedannykh provintsiy mira [Rudny Altai among other largest pyrite provinces of the world]. *Bol'shoy Altay – unikal'naya redkometall'no-zoloto-polimetallicheskaya provintsiya tsentral'noy Azii, Ust'-Kamenogorsk*, 2010, P. 91–92. (In Russ.)
  17. *Yermolov P. V., Polyanskiy N. V., Dobretsov N. L.* [et al.] Ofiolity Charskoy zony [Ophiolites of the Chara zone]. *Ofiolity: Materialy konferentsii* [Ophiolites: Proceedings of the conference], Alma-Ata, 1981, P. 103–173. (In Russ.)
  18. *Kolosova E. O.* Geologicheskiye usloviya obrazovaniya Raskatinskogo zhelezo-marganets-barit-svintsovo-tsinkovogo mestorozhdeniya (Rudnyy Altay) [Geological conditions for the formation of the Raskatinsk iron-manganese-barite-lead-zinc deposit (Rudny Altai)]. *Moscow, MGU im. M. V. Lomonosova [MSU] publ.*, 1993, 26 p. (In Russ.)
  19. *Kudryavtseva N. G.* Ryady rudnykh formatsiy mestorozhdeniy tsvetnykh i blagorodnykh metallov v razlichnykh geodinamicheskikh obstanovkakh Yugo-Zapadnogo Altaya [Rows of ore formations of deposits of non-ferrous and noble metals in various geodynamic settings of South-western Altai]. *Rudy i metally* [Ores and Metals], 2001, No. 6, P. 44–52. (In Russ.)
  20. *Kudryavtseva N. G., Kuznetsov V. V.* Geodinamicheskiye osobennosti formirovaniya mestorozhdeniy tsvetnykh i blagorodnykh metallov Bol'shogo Altaya [Geodynamic features of the formation of non-ferrous and noble metal deposits in the Greater Altai]. *Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii Bol'shoy Altay – unikal'naya redkometall'no-zoloto-polimetallicheskaya provintsiya Tsentral'noy Azii. Alma-Ata*, 2012, P. 38–44. (In Russ.)
  21. *Kuznetsov V. V., Kudryavtseva N. G., Seravina T. V., Murzin, O. V., Korchagina D. A., Kuznetsova S. V., Milyayev S. A.* Osnovy prognoza i poiskov kolchedanno-polimetallicheskih mestorozhdeniy Rudnogo Altaya [Fundamentals of forecasting and prospecting for pyrite-polymetallic deposits of Rudny Altai]. *Moscow, TSNIGRI publ.*, 2019, 207 p. (In Russ.)
  22. *Peyve A. V., Mossakovskiy A. A.* Tektonika Kazakhstana (Ob'yasnitel'naya zapiska k "Tektonicheskoy karte Vostochnogo Kazakhstana masshtaba" 1:2 500 000) [Tectonics of Kazakhstan (Explanatory note to the "Tectonic map of Eastern Kazakhstan" scale 1: 2,500,000)]. *Moscow, Nauka [Science] publ.*, 1982, 139 p. (In Russ.)
  23. *Rotarash I. A., Samygin S. G., Gredyushko Ye. A.* [et al.] Devonskaya aktivnaya kontinental'naya okraina na yugozapade Altaya [Devonian active continental margin in the southwest of Altai]. *Geotektonika* [Geotectonics], 1982, No. 1, P. 44–59. (In Russ.)
  24. *Khain V. Ye., Lomize M. G.* Geotektonika s osnovami geodinamiki [Geotectonics with the basics of geodynamics]. *Moscow, MGU im. M. V. Lomonosova [MSU] publ.*, 1995, 480 p. (In Russ.)
  25. *Shcherba G. N., Bespayev Kh. A., D'yachkov B. A.* [et al.] Razvitiye struktur Bol'shogo Altaya na osnove geodinamicheskikh rekonstruktsiy [Development of structures of the Greater Altai on the basis of geodynamic reconstructions]. *Geodinamika i mineragiya Kazakhstana* [Geodynamics and Minerageny of Kazakhstan], Alma-Ata, RIO VAK RK publ., 2000, Part 1, P. 73–81. (In Russ.)
  26. *Shcherba G. N., D'yachkov B. A., Stuchevskiy N. I.* [et al.] Bol'shoy Altay (geologiya i metallogeniya). *Geologicheskoye stroeniye* [Big Altai (geology and metallogeny). Geological structure]. *Alma-Ata, Gylym publ.*, 1998, 304 p. (In Russ.)
  27. *Shcherba G. N., D'yachkov B. A., Bespayev Kh. A.* [et al.] Bol'shoy Altay (geologiya i metallogeniya). *Metallogeniya* [Big Altai (geology and metallogeny). Metallogeny]. *Alma-Ata, RIO VAK RK publ.*, 2000, 400 p. (In Russ.)
  28. *Ishibashi J.-I., Miyoshi Y., Inoue H., Yeats C., Hollis S. P., Corona J. C., Bowden S., Yang S., Southam G., Masaki Y., Hartnett H.* IODP Expedition 331 Scientists (2013). Sub-seafloor structure of a submarine hydrothermal system within volcanoclastic sediments: a modern analogue for "Kuroko-type" VMS deposits. In *Mineral Deposit Research for a high-tech world. 12th SGA Biennial Meeting 2013, Proceedings*, V. 2, P. 542–544.
  29. *Yamada R., Yoshida T.* Relationships between Kuroko volcanogenic massive sulfide (VMS) deposits, felsic volcanism, and island arc development in the northeast Honshu arc, Japan. *Mineralium Deposita*, 2011, V. 46, No. 4–5, P. 431–448.