

С. И. ТРУШИН (АО «Полиметалл УК»),  
В. Е. КИРИЛЛОВ (ИТиГ ДВО РАН),  
А. С. ЛАПЕНКО (МФ АО «Полиметалл УК»)

## Благороднометалльные рудные формации зон активизации востока Яно-Колымской складчатой системы (Магаданская область, Россия)

Рассмотрены рудные формации восточной части Яно-Колымской складчатой области, в состав которых в качестве главных компонентов входят золото и серебро. Для золото- и серебросодержащих формаций вулканогенного и плутоногенного генезиса определяются типичные для их образования структурно-тектонические обстановки, характерные продуцирующие магматические и метасоматические рудоносные формации, минеральные типы руд и металлогеническая специализация. В качестве примеров приводятся наиболее типичные рудные узлы (в том числе потенциальные), рудные поля, месторождения и рудопроявления.

*Ключевые слова:* рудная и рудоносная формации, минеральный тип, металлогеническая зона, золото, серебро.

S. I. TRUSHIN (JSC «Polymetal UK»),  
V. E. KIRILLOV (ITiG FEB RAS),  
A. S. LAPENKO (MF JSC «Polymetal UK»)

## Noble metal ore formations in the activation zones in the eastern Yana-Kolyma Fold System (Magadan Region, Russia)

The article deals with ore formations in the eastern part of the Yana-Kolyma Fold Region, which host gold and silver as the main components. For gold and silver-bearing formations of volcanogenic and plutogenic genesis, structural and tectonic conditions typical of their formation, characteristic producing magmatic and metasomatic ore-bearing formations, mineral types of ores, and metallogenic trend are determined. Examples include the most typical ore clusters (including potential ones), ore fields, deposits, and ore occurrences.

*Keywords:* ore and ore-bearing formations, mineral type, metallogenic zone, gold, silver.

*Для цитирования:* Трушин С. И., Кириллов В. Е., Лапенко А. С. Благороднометалльные рудные формации зон активизации востока Яно-Колымской складчатой системы (Магаданская область, Россия) // Региональная геология и металлогения. – 2021. – № 85. – С. 67–78.

**Введение.** Типизация и классификация рудных формаций, основанная на анализе геологических, вещественных и генетических особенностей их проявления, – важная составляющая металлогенических и прогнозных исследований. Для Магаданской области в целом и восточной части Яно-Колымской складчатой системы (ЯКСС) в частности актуальность такой классификации объясняется дополнительно необходимостью упорядочения данных как по имеющимся рудным районам, так и более слабоизученным потенциальным рудным узлам.

В статье рассматриваются рудные формации востока ЯКСС, в состав которых в качестве важных промышленных компонентов входят золото и серебро.

По причине необходимости применения в настоящей работе ряда терминов, связанных с методами формационного анализа, а также многовариантности их трактовки в геологической

литературе, авторы статьи используют их в следующих значениях:

– *рудоносная формация* – разновидность геологической формации, обладающая специфическими чертами состава и строения, в пространственной и временной связи с которой генетически или парагенетически связаны промышленно ценные концентрации полезных ископаемых [15]. Учитывая, что фактически все месторождения рассматриваемого района обладают эндогенной магматогенной природой, их можно подразделить на материнские и рудовмещающие рудоносные формации;

– *рудная формация* – «группа месторождений со сходными и по составу устойчивыми минеральными ассоциациями, функционально связанными с повторяющимися на всех месторождениях формации особенностями геологического строения, – приуроченностью к определенным региональным и локальным геологическим

структурам, ассоциацией оруденения с соответствующими магматическими и осадочно-метаморфическими формациями» [12]. Вещественный состав руд является относительно наиболее устойчивым диагностическим признаком рудных формаций;

– *комплекс рудных формаций* – совокупность рудных формаций, связанных с определенной формацией магматических, метаморфических или осадочных пород и обладающих в связи с этим определенными чертами сходства [6];

– *группа рудных формаций* – совокупность рудных формаций, характерных для структурно-фациальной зоны определенного типа. Обычно группа рудных формаций связана не с одной, а с несколькими формациями горных пород. Именно группа рудных формаций и определяет металлогенический профиль структурно-фациальных зон [6].

На сегодня существует значительное количество классификаций рудных формаций. По этой причине их названия принимались преимущественно с учетом наиболее известных апробированных публикаций [7; 11; 32; 38]. Для создания классификации привлекались опубликованные работы и материалы производственных отчетов.

Исследования, типизирующие месторождения золота и серебра, проводились и ранее на Северо-Восточном регионе России, известном своими благороднометалльными объектами [7; 23; 27]. Но в отличие от них предметом настоящей работы является более детальное изучение отдельной структуры в составе ЯКСС – Сугойский складчатый прогиб с наложенными зонами активизации, а классификация рассматривает не только рудные формации известных рудных районов и месторождений, но и слабоизученных потенциальных рудных районов, узлов и полей, что позволяет делать прогностические выводы о закономерностях распределения рудной минерализации разного типа в пределах структурно-металлогенических зон.

**Геологическое строение района.** Рассматриваемая территория (рисунок) относится к северной части Омсукчанского и восточной – Среднеканского районов Магаданской области и охватывает бассейны рек Сугой, Коркодон и Балыгычан (правые притоки Колымы).

*Геологическое и тектоническое строение.* ЯКСС относится к Верхояно-Чукотскому складчатому поясу и выражена в ее восточной части Сугойским прогибом. Последний является крупной (52 000 км<sup>2</sup>) структурой, геологическое строение которой рассматривалось в ряде научных публикаций [5; 17; 34] и в настоящей работе представлено кратко.

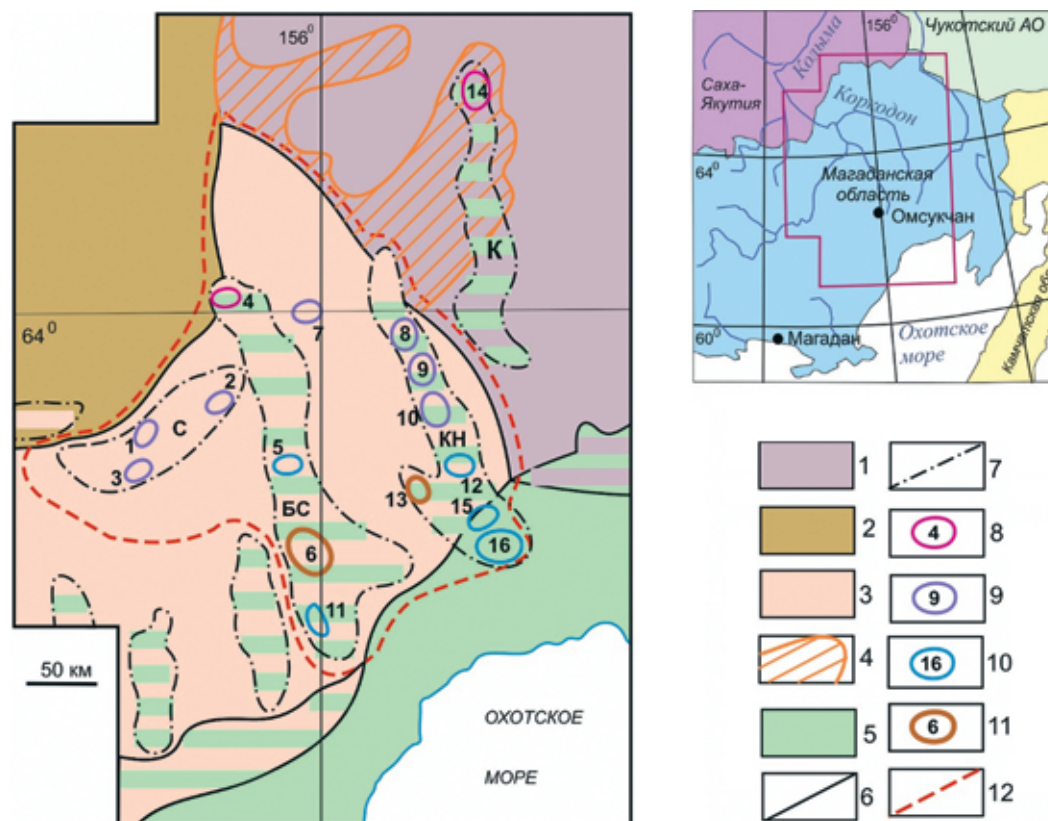
Осадочные формации ЯКСС принадлежат турбидитовым и сланцевым террейнам осадочных бассейнов трансформных границ континентальных литосферных плит [37]. Терригенные образования, входящие в состав ЯКСС и его Сугойской зоны, сформировались на пассивной окраине

Северо-Азиатского кратона в результате морского осадконакопления в период времени поздний палеозой – юра и в конце этого периода претерпели региональную складчатость вследствие перехода к орогенной стадии развития.

Сугойский прогиб (СП) разветвляется на две ветви. Восточная часть СП вытянута в субмеридиональном направлении на 330 км при ширине 100–130 км и ограничена Омолонским массивом, на юге образования восточной части СП с резким угловым несогласием перекрывается вулканитами Охотско-Чукотского вулканического пояса (ОЧВП). Западная и северная части СП принадлежат Сугойскому синклинию – дугообразной в плане структуре, вытягивающейся в целом в северо-восточном направлении на 400 км при ширине 100–160 км, ограниченной на западе и севере Приколымским, а на юге – Балыгычанским поднятиями, на юго-западе по Сеймчано-Буондинской впадине – Иньяли-Дебинским мегасинклинием [5]. Предположительно, отмечаемая внутренняя гетерогенность прогиба может быть связана с различной глубиной залегания структур основания, компетенцией участвующих в его строении толщ и историей развития его отдельных частей. От соседних структур СП отличается резко увеличенной мощностью толщ и более напряженным характером складчатости. Терригенные породы прогиба относятся к верхоянскому комплексу, в составе которого присутствуют три осадочных формации – аспидная (верхняя пермь – карнийский ярус верхнего триаса), преобладающая флишоподобная (норийский – байосский ярусы верхнего триаса – средней юры) и шпировая (батский ярус средней юры – верхняя юра) [22]. В целом в пределах Сугойского прогиба триас и юра сходны по составу, имеют признаки быстрого накопления материала, отличаются повышенной органогенной углеродистостью и характеризуются преобладанием тонкообломочных пород при подчиненной роли песчаников.

*Интрузивные образования* района представлены тремя магматическими комплексами. Наяханский комплекс сложен интрузивными телами Коркодон-Наяханского вулcano-плутонического ряда К<sub>2</sub>. В южной части, на границе с ОЧВП, комплекс выражен крупными батолитообразными массивами, а к северу, в пределах Сугойского прогиба, размеры интрузий уменьшаются. Южная и центральная части Коркодон-Наяханской зоны (КНЗ) характеризуются диоритами, кварцевыми монцонитами, гранодиоритами, биотитовыми гранитами. По химическому составу породы комплекса относятся к магнезиальным, мета- и высокоглиноземистым разновидностям, умеренно- и высококальциевой известково-щелочной сериям и сходны с гранитоидами вулканических дуг [1; 9].

Вторым по распространенности в пределах рассматриваемого района является омсукчанский комплекс К<sub>1</sub>–К<sub>2</sub> возраста [31], который объединяет массивы, главным образом распространенные



Карта металлогенического районирования региона Сугойского прогиба и его обрамления (по [5] с дополнениями)

1–4 – металлогенические провинции и пояса: 1 – Омолонская провинция, 2 – Приколмы-Черско-Полуостинский пояс, 3 – Яно-Колымский пояс, 4 – мезозойские терригенные впадины, сочленяющиеся с Яно-Колымским поясом на Омолонском массиве; 5 – Охотско-Чукотский пояс; 6, 7 – границы: 6 – металлогенических провинций, 7 – структурно-металлогенических зон (БС – Балыгычано-Сугойская, КН – Коркодон-Наяханская, С – Сеймчанская зоны); 8–11 – рудные узлы с оруденением: 8 – золото-серебряным и серебряным, 9 – золото-редкометаллическим, 10 – золото-серебро-полиметаллическим и серебряным, 11 – золото-серебро-полиметаллическим и золото-редкометаллическим; 12 – границы Сугойского прогиба. Для рудных узлов: 1 – Джебдинский, 2 – Громадинский, 3 – Тунгусский, 4 – Мутнинский, 5 – Арылахский, 6 – Дукацкий, 7 – Ачагинский, 8 – Верхнемедвежинский, 9 – Аксуйский, 10 – Вехнекоркодонский, 11 – Трудненский, 12 – Хакырчанский, 13 – Босуевский, 14 – Левоайнанэнский, 15 – Верхнеомолонский, 16 – Олынджинский

в восточной части Яно-Колымской тектономагматической зоны. Большая их часть представляет собой лакколитообразные трещинные тела, отдельные интрузии имеют форму плутонов. Основную роль в их строении играют крупнокристаллические порфиroidные биотитовые лейкограниты.

Субвулканические образования района представлены липаритами, гранит-порфирами илинь-тасского комплекса  $J_3$  (водораздел Колымы и Балыгычана в западной части Сугойского синклиория) и липаритами  $K_2$ , вероятно комагматичными наяханской свите вулканитов (южная часть КНЗ).

**Структуры активизации.** В пределах Сугойского прогиба выделяются наложенные на него структуры постаккреционной тектономагматической активизации (ТМА) орогенной стадии мелового возраста, представленные интрузивными поднятиями и вулканогенными впадинами. К наиболее крупной из них относится ОЧВП – субэаральный окраинно-континентальный андезит-риолитовый вулканический пояс,

сформировавшийся в результате общего надсубдукционного растяжения [2]. Во внешней зоне ОЧВП отмечается серия поперечных к нему опирающихся линейных субмеридиональных перивулканических структур вдоль косых меридиональных сдвигов [26]. На рассматриваемой территории они представлены Омсукчанским континентальным рифтограбеном или Балагычано-Сугойским рифтогенным прогибом (БСРП) и интрузивно-вулканогенной КНЗ. Перечисленные структуры расположены на преимущественно терригенном основании, где вулканиты залегают со структурно-стратиграфическим несогласием.

БСРП находится в центральной части СП, вытянут в меридиональном направлении на 270 км при ширине 20–50 км. В низах прогиба залегает угленосная моласса верхнеюрского – нижнемелового возраста, перекрываемая выше толщей вулканитов среднего ( $K_{1-2}$ ) и кислого составов ( $K_1$  и  $K_2$ ). Стратифицированные образования прорываются интрузиями (в том числе субвулканическими) шороховского, наяханского и омсукчанского комплексов.



КНЗ находится в восточной части СП, где вытягивается в субмеридиональном направлении на 240 км при ширине 20–40 км, трассируясь цепочками меловых интрузий гранитоидов, штоками интрузий среднего состава и полями субаэральных вулканитов. Магматические образования КНЗ контролируются крупными субмеридиональными разломами высокой проницаемости и зонами раздвигов. Вулканогенные образования сохранились в виде разрозненных полей и вулcano-тектонических структур (ВТС). Для центральной и южной частей структуры характерны пестрый петрографический состав вулканитов с повышенной ролью кислых образований. Предполагается, что накопление вулканогенно-осадочных образований началось на этапе раннего мела в вытянутом в субмеридиональном направлении мульдообразном прогибе вдоль зоны Коркодон-Наяханского разлома.

К структурам активизации мелового возраста можно отнести интрузивно-купольные, объединяющиеся в линейно-вытянутые ореолы. Наиболее значительна из них в западной части Сугойского прогиба Сеймчанская зона, где ореол гранитоидных интрузий вытягивается в северо-восточном направлении на расстояние в 80 км согласно вмещающим складчатым толщам.

**Металлогения и рудные формации Сугойского прогиба.** Золото- и серебросодержащие месторождения района приурочены преимущественно к ОЧВП. Наиболее значительными по размерам и металлогеническим продуктивными являются его внешние части – линейные прогибы.

Почти все рудные узлы (РУ), потенциальные рудные узлы (ПРУ) и рудные поля Сугойского прогиба локализируются в трех структурно-металлогенических зонах (рисунок):

– *Балыгычано-Сугойская металлогеническая зона* (БСМЗ) соответствует одноименному рифтогенному прогибу. Эта структура, известная своей высокой рудоносностью золото-серебро-редкометалльно-полиметаллического профиля, хорошо изучена в геологическом и минерагеническом отношениях [7; 23; 28];

– *Коркодон-Наяханская металлогеническая зона* (КНМЗ) – параллельная для БСМЗ, исследована значительно хуже и рассматривается как перспективная для выявления месторождений золота, серебра, полиметаллов и молибдена [37]. Для рудных объектов КНМЗ (как правило, слабоизученных) в большинстве случаев отсутствуют данные об их формационной принадлежности;

– *Сеймчанская металлогеническая зона* (СМЗ) выделяется в западной части Сугойского синклиория, где приурочена к ареалу позднемезозойского гранитоидного магматизма северо-восточного направления. Рудные узлы этой зоны объединяют месторождения и проявления Sn, Au, W, Co и реже Sb.

Большая часть рудных месторождений рассматриваемого района, особенно крупных,

хорошо изучены с позиций их структурных условий локализации и геохимической специализации. Для большинства установлена связь с рудогенными магматическими формациями. Менее изучены вопросы их вещественного выражения (минералогические особенности руд и околорудных метасоматитов, их латеральная и вертикальная зональности), а также генетические особенности руд.

Типизируя рудные формации, авторы принимали во внимание геологическую обстановку рудообразования, а также вещественный состав металлоносных метасоматитов и руд с учетом генетических (при возможности) особенностей их формирования.

Все выявленные к настоящему времени рудные объекты на территории Сугойского прогиба связаны с вулканогенными или плутоногенными системами. В ряде случаев устанавливается комплексная природа минерализации с участием приповерхностных (вулканических) и более глубинных (плутонических) источников их происхождения. Практически все оруденение прогиба относится к одному генетическому классу (магматогенному) и двум подклассам – плутоногенному высокотермальному и мезотермальному и вулканогенному эпитептермальному. Рудно-магматические системы (РМС) связаны с зонами активизации мелового времени, представленными вулcano-тектоническими депрессионными или интрузивно-сводовыми структурами. Вмещающие их рудные узлы сформировались в до- пост- и аккреционные этапы развития террейнов – флишевых бассейнов окраин континентальных блоков и континентального шельфа [28].

В таблице учтен генезис формаций (вулканогенные, плутоногенные), рассмотрены собственные для каждой минеральные типы руд, металлогеническая специализация и в качестве примеров приведены наиболее характерные рудные поля, месторождения и рудопроявления.

Ниже кратко охарактеризованы геологические (структурные, вещественные) особенности проявления рудных формаций для каждой из зон активизации.

**Группы вулканогенная и вулканогенно-плутоногенная.** Вулканогенные и вулканогенно-плутоногенные Au-Ag месторождения относятся к четырем основным рудным формациям: золото-серебряной, золото-серебро-полиметаллической (золото-серебро-сульфидной), олово-серебро-полиметаллической и олово-серебряной [19], каждая из которых отличается большим разнообразием минеральных типов и ассоциаций. Золото-серебряная формация является, по А. А. Сидорову с соавторами [27; 28], производной базовой «золото-сульфидной вкрапленных руд» формации, остальные принадлежат к единому серебро-сульфидному рудно-формационному ряду, обусловленному эволюцией олово (золото)-серебро-порфировых рудных систем.

## Рудные формации зон активизации Сугойского прогиба

Рудная формация	Минеральный тип или характерный минеральный парагенезис	Металлогеническая специализация	Пример (месторождение, рудопроявление, рудное поле)
<b>Группа вулканогенная и вулканно-плутогенная (субаэриальных вулканоструктур)</b>			
Золото-серебряная. Субформация золото-серебряная адуляровая	Кварц-адуляр-акантит-пираргиритовый, акантит-электрум- пираргиритовый	Au, Ag, As, Sb, Se, Hg	Проявления Мутнинского РУ, м-ние Роговик
Золото-серебряная. Субформация серебряная с золотом	Серебро-полисульфидный с кюстелитом, кварц-адуляр-родонит-акантитовый, фрейбергит-акантитовый	Ag, Pb, Zn (Au, Cu, As, Sn, Co)	М-ния Арылах, Лунное, Зеленое Арылахского РУ
	Арсенопирит-аргентитовый	Ag, As (Au)	Проявления Олынжинского РУ, РП Стрелка, Олынжа
Золото-кварцевая умеренно сульфидная	Золото-кварцевый, золото-адуляр-кварцевый, золото-кварц-арсенопиритовый	Au, Ag, As, Sb, Pb, Zn, Cd, Mo	Проявления Левоайнанского ПРУ (РП Вилка, Полезный)
Золото-серебро-полиметаллическая. Серебряная субформация [21]	Кварц-адуляр-акантит-серебросульфосольный, кварц-полевошпат-родонит-серебро-акантитовый [23], электрум-аргентитовый [7], аргентитовый [19]	Ag, Pb, Zn, Mn (Au)	Проявления и рудопроявления Дукатского РП, м-ние Дукат, проявления Хакырчанского ПРУ
	Серицит-ортоклаз-серебряный с сульфосолями и селенидами серебра	Ag (Hg, As, Sb, Se)	Роговик
Олово-серебряная	Кварц-касситерит-серебро-(пирофиллит)-полисульфидный, кварц-касситерит-вольфрамит-серебро-полисульфидный, серебро-касситерит-кварцевая с полисульфидами	Sn, Ag, Pb, Zn, As, Mn (Au, W)	М-ния Невское, Лесное, Труд, Галимое, Контактное
Олово-серебро-полиметаллическая	Кварц-адуляр-фрейбергит-станнин-полисульфидный, пираргирит-стефанитовый	Ag, Pb, Zn, Sn	М-ние Тидид
	Кварц-мангансидерит-станнин-полисульфидный	Ag, Pb, Zn, Sn (Cu, Sb, Mn)	М-ние Гольцовое
	Фрейбергит-касситерит-полисульфидный, кварц-хлорит-полисульфидный с акантитом и самородным серебром, фрейбергит-пираргиритовый	Ag, Pb, Zn, Sn (Cu, As, Mn)	М-ния Мечта, Напористое
Серебро-полиметаллическая	Пираргирит-аргентитовый	Ag, Pb, Zn (Cu, As)	М-ния Гольцовое, Приветливое Трудненского РУ
<b>Группа плутогенная</b>			
Золото-редкометаллическая сульфидного ряда [25]	Золото-теллуридно-висмутовый, золото-висмут-арсенопиритовый	Au, Bi, Te, As, Ag (Mo)	Рудопроявление Солнечное, проявление Ачагинское
	Кобальт-сульфоарсенидно-полиметаллический с золотом и висмутом	Co, As (Au, Bi, Cu, Sb)	Рудное поле Солнечное
	Золото-жозеит-висмутиновый, золото-кобальт-теллуридный	Te, Bi, Au, Co	М-ние Халали, РП Порожистое, Подгорное
Серебро-полиметаллическая	Серебро-полиметаллический	Ag, Pb, Zn (Cu, As, Au)	Рудное поле Солнечное
Золото-полисульфидно-кварцевая	Золото-серебро-полисульфидный, золото-полиметаллический, золото-арсенопиритовый, золото-пирротинный	Au, Ag, Pb, Zn (Mo, Sb, Cu, W)	
Золото-редкометаллическая-кварцевая (с W, Sn), золото-вольфрамовая по [20]	Золото-кварц-шеелит-вольфрамитовый, золото-кварц-молибденитовый, золото-кварц-касситерит-вольфрамитовый, золото-кварц-леллингит-арсенопиритовый	W, Sn, Au (Bi, Ag, As, Zn, Pb, Cu, Sb)	М-ния Чепак, Тунгус, Громада

Для рассматриваемого района характерно пространственное совмещение золотого и оловянного оруденений, что типично для рудных районов с многоэтапным вулканизмом, в том числе северо-востока России. Олово и золото способны формироваться в единый этап рудоотложения, и такие месторождения будут принадлежать к олово-золото-серебряной рудной формации [21].

Рудные месторождения перечисленных формаций относятся к ранне- и позднемиловому времени (136–72 млн лет) и образовались в два основных этапа. Первый из них характеризовался появлением Au-Ag рудно-магматических систем (РМС), связанных с андезит-гранодиоритовой ассоциацией субдукционной известково-щелочной серии; второй – полихронных вулканоплутоногенных РМС, специализированных на Ag и Sn и относящихся к риодацит-лейкогранитной ассоциации постсубдукционной трахириолит-базальтовой серии [8; 10].

*Золото-серебряная формация* является одной из наиболее распространенных в Тихоокеанском металлогеническом поясе, в том числе на северо-востоке России, и описана в ряде работ [7; 24; 27; 30]. Относящиеся к этой формации месторождения обладают определенными минералогическими и геологическими признаками: связью с вулканогенными формациями, сходством минерального состава (электрум, серебро, адуляр), однотипными гидротермальными изменениями (пропилиты, аргиллизиты, березиты низкотемпературной гидросерицитовой фации) и сходной специализацией (Au, Ag, иногда с As, Sb, Hg).

*Золото-серебряная адуляровая субформация* представлена месторождением Роговик Мутнинского РУ в северной части БСМЗ. Материнская формация достоверно не определена. Возможно, она выражена интрузивным телом, фиксирующимся по геофизическим данным на глубине. Рудовмещающей формацией является вулканогенно-осадочная толща омсукчанской свиты, сложенная туфами и туфогенными брекчиями. Околорудные изменения относятся к аргиллизитам кварц-каолинит-гидрослюдистого состава с примесью углеродистых частиц и сульфидов с кварц-адуляровыми прожилками в центральных частях ореолов метасоматитов. Рудная минерализация представлена пиритом, галенитом, сфалеритом, халькопиритом, мельниковитом, акантитом, пруститом, пираргиритом, кюстелитом, науманитом, штернбергитом, теннантитом, тетраэдритом, самородным серебристым золотом, самородным серебром и электрумом [14; 17]. Основной минеральный тип определен как кварц-адуляр-акантит-пираргиритовый.

*Серебряная с золотом субформация* характерна для Омсукчанского рифтограбена и южной части КНЗ. В Омсукчанском грабене она выражена месторождениями Арылах, Лунное и Зеленое Арылахского РУ, в КНЗ – рудопроявлением Стрелка.

На наиболее значительном месторождении Лунное рудопродуцирующей является диорит-гранодиоритовая формация быстринского комплекса, рудовмещающими – раннемеловые андезиты и туфопесчаники каховской свиты. Околорудные изменения представлены пропилитами и аргиллизитами. Оруденение связано с жильно-прожилковыми минерализованными зонами адуляр-родонит-кварцевого и кварц-карбонатного составов. Основные рудные минералы – пирит, арсенопирит, галенит, сфалерит и халькопирит; минералы серебра – акантит, ленаит, сульфосоли и селениды серебра. Установлены два минеральных типа: кварц-адуляр-серебро-полисульфидный с кюстелитом и кварц-адуляр-родонит-акантитовый. Температура рудоотложения определена в 420–130 °С при устойчивом режиме снижения температур к поздним стадиям [23].

На месторождении Арылах, расположенном в краевой части палеокальдеры, рудоносной материнской формацией является гранодиорит-гранитная субвулканическая фация, рудоносной рудовмещающей формацией – континентальная угленосная моласса. Околорудные изменения представлены березитами с кварц-адуляровыми рудоносными прожилками. Характерные рудные минералы – галенит, сфалерит, халькопирит, арсенопирит, пираргирит, кюстелит, самородное серебро и макинстриит [23], минеральный тип относится к фрейбергит-акантитовому.

Рудопроявления серебра с золотом Стрелка и Олынжа, а также многочисленные проявления серебра в южной части КНМЗ (Олынжинский ПРУ) связаны с наяханским комплексом субвулканических и гипабиссальных интрузий (материнская рудоносная формация), рудовмещающие – вулканокластические вулканы кислого состава наяханской свиты. Околорудные изменения представлены окварцованными, сульфидизированными и аргиллизированными породами, к рудоносным отнесены кварцевые, кварц-карбонатные и кварц-адуляровые жилы. Минеральный тип определен как арсенопирит-аргентитовый.

*Золото-кварцевая умеренно сульфидная формация* изучена недостаточно. Проявления и рудопроявления этой формации встречаются в пределах или по периферии эродированных ВТС КНЗ (Верхнекоркодонский, Левокоркодонский, Хакырчанский ПРУ) и в Долманской впадине на востоке СП (Левойнанэнский ПРУ). Оруденение приурочено к корневым частям вулканических палеоаппаратов. Рудоносной магматической формацией является наяханский комплекс гранит-гранодиоритовой серии, рудовмещающей – терригенные толщи юрского и триасового возраста. Околорудные метасоматиты представлены пропилитами и окварцованными породами с хлоритом и сульфидами. Золотое оруденение связано с кварц-адуляровыми, кварцевыми, кварц-карбонатными жилами и прожилками с пиритом, халькопиритом, арсенопиритом, галенитом, сфалеритом (количество

сульфидов 1–5 %). По минеральным парагенезисам описываемая формация близка к золото-серебряной, с которой сопряжена вертикальной зональностью (проявляется ниже последней). Наиболее близкие аналоги этого типа – крупные месторождения Албазино Ульбанского террейна Нижнеамурской складчатой области и Донлин-Крик на Аляске [35].

*Золото-серебро-полиметаллическая формация. Серебряная субформация.* Проявления и месторождения этого типа встречаются в пределах Омсукчанского рифтограбена (Дукатское рудное поле) и КНЗ (слабоизученные проявления Олынжинского и Хакырчанского ПРУ).

В пределах Дукатского рудного поля определена группа взаимосвязанных рудных формаций, главная из которых (по масштабам проявленности) – золото-серебро-полиметаллическая. Наиболее значительное месторождение этого типа – Дукат, локализованное в вулcano-купольной палеопостройке. Вулканические, плутонические, гидротермально-метасоматические и рудные образования Дукатского рудного поля связаны с единой длительно развивавшейся магматогенно-гидротермальной системой.

Материнскими рудогенерирующими формациями на разных стадиях формирования рудной системы являлись интрузии ультракалийевых риолитов, диоритов, монзонитов, лейкогранитов, вмещающими – вулканыты риолитовой, дацит-риолитовой формаций – эффузивы, туфы и игнимбриты преимущественно аскольдинской свиты. Околорудные изменения характеризуются как березитизация серицит-хлорит-гидрослюдистой и серицит-гидрослюдистой фаций. Оруденение связано с кварц-адуляр-полисульфидными жилами. Главные рудные минералы – галенит, сфалерит, пирит, халькопирит, акантит и самородное серебро, второстепенные – фрейбергит, пираргирит, стефанит, пиролюзит, псиломелан, браунит и гаусманит. Кроме них отмечены многочисленные (33 минерала) более редкие рудные минералы, включая самородное золото [10; 23; 27; 29].

Для руд установлено два основных минеральных типа: кварц-адуляр-акантит-серебросульфосольный более ранний, связанный с формированием вулканического купола; кварц-полевошпат-родонит-серебро-акантитовый поздний, обусловленный внедрением интрузии лейкогранитов и появлением скарноподобных минеральных ассоциаций с родонитом, гранатом, аксинитом, бустамитом и тефроитом [23; 36].

Для руд Дукатского месторождения определены температуры образования в 250–410 °С и вариации давления в 25–250 атм. с устойчивым повышением температур от ранних стадий к поздним и одновременным увеличением содержания летучих соединений (H<sub>2</sub>S, HF, HCl) [30].

Золото-серебро-полиметаллическая формация проявилась на месторождении Роговик во второй этап рудогенеза вслед за золото-серебряной формацией и гипсометрически ниже нее [13].

Предполагается, что оруденение этого этапа связано с внедрением крупного позднемелового интрузивного тела [16], по всей видимости, – рудоносной материнской формации. Рудовмещающими являются туфогенные брекчии и туфы омсукчанской свиты. Околорудные изменения представлены адуляр-ортоклаз-серицитовыми метасоматитами. Минералы серебра многочисленны, среди них наиболее часто встречаются самородное серебро с высокими содержаниями Se и Hg, сульфосоли серебра (прустит, пираргирит, стефанит) и селениды серебра (науманнит, агвиларит), реже кюстелит, акантит, штернбергит, штроейерит, полибазит, полиаргирит, миаргирит, теннантит, тетраэдрит и фрейбергит. Кроме того, распространены сульфиды Pb, Zn, Cu [13]. Минеральный тип определяется как серицит-ортоклаз-серебряный с сульфосолями и селенидами серебра.

*Олово-серебро-полиметаллическая формация* представлена месторождениями Тидид, Мечта и рядом других в БСМЗ [23]. Кроме того, на этих же объектах отмечаются руды серебряной субформации золото-серебряной формации.

Для месторождений Тидид и Мечта рудоносная материнская фельзит-риолитовая формация принадлежит шороховскому комплексу субвулканических интрузий.

Для Тидида рудовмещающими являются терригенные породы омсукчанского комплекса. Оруденение связано с кварц-адуляр-сульфидными жилами, главные рудные минералы – серебро-содержащие сфалерит и галенит. Разнообразная серебряная минерализация представлена фрейбергитом, пираргиритом, стефанитом, миаргиритом, овихиитом, акантитом, алларгентумом; минералы олова – станнином и окартитом.

На месторождении Мечта околорудные изменения по игнимбритам риолитов относятся к аргиллизитам кварц-серицит-хлорит-гидрослюдистого состава. Рудные минералы представлены серебросодержащими галенитом и сфалеритом, фрейбергитом, пираргиритом, стефанитом, пруститом, дискразитом, овихиитом, акантитом, самородным серебром; минералы олова – станнином и касситеритом.

*Олово-серебряная формация* характерна для месторождений Галимое, Контактное, Труд и ряда других небольших месторождений и рудопроявлений в Омсукчанском рифтограбене. Оруденение обнаруживает связь как с интрузиями субщелочных гранитов омсукчанского комплекса, так и с кислыми вулканидами и субвулканическими телами наяханского комплекса. Рудовмещающими породами являются вулканыты кислого состава. Околорудные метасоматиты относятся к формациям аргиллизитов (преобладают), вторичных кварцитов, пропицитов и турмалин-хлорит-кварцевых метасоматитов. Рудные тела представлены сульфидсодержащими кварцевыми жилами и прожилково-жильными зонами; рудные минералы – фрейбергитом, матильдитом, касситеритом, станнином,



сфалеритом, серебросодержащим галенитом, пираргиритом, блеклыми рудами, халькопиритом, антимонитом и буланжеритом. Для руд характерны олово-серебряные сульфиды – окартит и канфилдит. По составу руд выделяются две основные минеральные ассоциации: кварц-касситерит-серебро-полисульфидная (более распространенная) и кварц-касситерит-вольфрамит-серебро-полисульфидная. Можно предположить, что эти ассоциации обусловлены наложением более поздней оловянной минерализации (в связи с внедрением гранитов) на более раннюю серебро-полиметаллическую (сформировалась в вулканогенный этап).

*Серебро-полиметаллическая формация* представлена месторождениями Гольцовое и Приветливое Трудненского РУ в южной части БСМЗ. На крупном Гольцовом месторождении рудоносной вмещающей формацией являются вулканиты среднего и кислого составов покровной фации, рудоносной материнской формацией – субвулканические интрузии риолитов и невадитов. Околорудные метасоматиты относятся к аргиллизитам, руды представлены кварц-карбонат-сульфидными жилами с галенитом, сфалеритом, халькопиритом, арсенопиритом, блеклой рудой, основные минералы серебра – аргентит и пираргирит [5].

Вулканогенно-плутоногенные золото-серебро-полиметаллическая, серебро-полиметаллическая, олово-серебро-полиметаллическая и олово-серебряная рудные формации объединяются в группу родственных формаций в пределах рудно-магматических систем Омсукчанского рифтограбена.

**Плутоногенные рудные формации.** В пределах рассматриваемого района плутоногенное золото, редко серебряное оруденение, связано с золото-редкометалльной, золото-кварцевой, золото-полисульфидно-кварцевой и золото-сульфидной формациями.

*Золото-редкометалльная формация* широко проявлена на северо-востоке России и Аляске, связана с гипабиссальными интрузиями ранних этапов развития вулканогенных поясов [3; 25]. Характеризуется двумя типами минерагенической специализации: сульфидного профиля (Bi, Te) и касситерит-сульфидного профиля (W, Sn). Месторождения сульфидного профиля формируются в условиях сжатия в связи с коллизионными процессами, оловорудных РМС – в условиях растяжения [4]. Общая их особенность – высокое золото-серебряное отношение и незначительное присутствие или отсутствие минералов серебра.

В пределах Сугойского прогиба рудные проявления этой формации «сульфидного» профиля встречаются в северной части КНМЗ (Верхнемедвежинский, Аксуйский ПРУ) и Ачагинского ПРУ, а также в южной – БСМЗ (месторождение Халали и рудопроявления Подгорное, Порожистое) [5; 23]. Базовыми для нее в ЯКСС являются зоны тонко рассеянной золотоносной сульфидизации (пирит, арсенопирит) в углисто-глинистых толщах

триаса в основании ОЧВП; специализированные на золото и редкие металлы магматические образования ряда диориты – гранодиориты – биотитовые граниты – адамелиты [25].

Для рудопроявлений КНМЗ рудоносная материнская формация – раннеорогенный надсубдукционный наяханский диорит-гранодиоритовый комплекс повышенной щелочности с возрастом формирования 90–75 млн лет. Рудовмещающая формация – флишоидная, представленная осадочными образованиями триаса с повышенным содержанием фосфора и углерода. Оруденение приурочено, как правило, к ороговикованным экзоконтактовым, реже эндоконтактовым зонам интрузий, где контролируется тектоническими нарушениями. Метасоматическая рудоносная формация может быть охарактеризована как мезотермальная грейзен-березитовая, оруденение связано с линейными штокверками кварцевых, кварц-сульфидных жил и прожилков в центральных частях зон метасоматитов.

Наиболее характерные примеры этого типа – рудопроявления Солнечного рудного поля (Аксу, Солнечное, Высокий, Хетагчан и др.) и проявления потенциального Ачагинского рудного поля. Золото заключено преимущественно в арсенопирите, но может присутствовать и в свободной форме. Температура образования кварц-полисульфидной ассоциации с золотом оценена в 313–156 °С [9]. Рудные минералы (5–10 % объема гидротермалитов) представлены самородным золотом и висмутом, тетрадимитом, галенитом, марказитом, пирротинном, халькопиритом, арсенопиритом, сфалеритом, пиритом, кобальтином, гунмундитом, в зоне гипергенеза встречаются ковеллин, акантит, англезит, халькозин и хлопьевидное коллоидное золото. В пределах Солнечного поля выделено несколько минеральных типов рудной минерализации золото-редкометалльной формации: золото-теллуридно-висмутовый, золото-висмут-арсенопиритовый, золото-серебро-полисульфидный золото-арсенопиритовый, кобальт-сульфоарсенидно-полиметаллический с золотом и висмутом. Золотосодержащие минеральные ассоциации приурочены к периферическим частям порфировой системы с молибденовой минерализацией (шток Аксу) [18].

К описываемой порфировой системе, кроме золото-редкометалльной преобладающей, отнесено еще несколько генетически связанных рудных формаций, объединяющихся в единый комплекс: золото-сульфидная в роговиках, золото-полисульфидная кварцевая и серебро-полиметаллическая.

Для руд месторождения Халали, а также рудопроявлений Порожистое и Подгорное Дукацкого РУ материнской рудоносной формацией являются лейкограниты и риолиты омсукчанского комплекса, вмещающими – терригенные породы омсукчанской серии. Рудоносные метасоматиты представлены кварцевыми, кварц-турмалиновыми и кварц-хлоритовыми гидротермалитами, рудная минерализация – арсенопиритом, самородным висмутом и висмутином,



халькопиритом, сфалеритом, галенитом, теннантитом, жозеитом (золото-жозеит-висмутиновый минеральный тип), на рудопроявлении Порожистом — еще и кобальтином (золото-кобальт-теллуридный минеральный тип).

*Золото-редкометалльная формация оловянно-вольфрамового профиля* характерна для Сеймчанской минерагенической зоны (Джегдянский, Громадинский РУ и Тунгусский ПРУ). Наиболее значительные рудные объекты — мелкие месторождения жильного типа Чепак (Джегдянский РУ) и Громада (Громадинский РУ).

Рудоносной материнской формацией является омсукчанский гранит-лейкогранитовый и быстринский диорит-гранодиоритовый комплексы. Все рудные объекты связаны с интрузивно-купольными структурами, где размещаются в эндо- и экзоконтактных зонах гранитоидов, иногда в их апикальной зоне.

Рудоносные метасоматические формации могут быть охарактеризованы как высокотемпературная грейзеновая (первая стадия процесса) и мезотермальная березитовая (последующая). Оруденение связано с линейными штокверками кварцевых, кварц-сульфидных жил и прожилков в центральных частях зон метасоматитов.

Рудные минералы выражены вольфрамитом, шеелитом, станнином, касситеритом, халькопиритом (грейзеновая стадия); пираргиритом, галенитом, сфалеритом кюстелитом, пиритом, фрейбергитом, блеклой рудой, антимонитом, штернбергитом, арсенопиритом, стефанитом, лёллингитом, самородными золотом, серебром и висмутом (березитовая стадия). В кварце, арсенопирите и лёллингите содержатся включения самородного золота, висмута, теллуридов висмута, сульфотеллуридов и жозеита.

Минеральные ассоциации представлены золото-кварц-лёллингит-арсенопиритовым, золото-кварц-молибденитовым и золото-кварц-касситерит-вольфрамитовым типами.

Описанные золото-редкометалльные «грейзен-березитовые» объекты могут быть разделены на два геохимических типа: золото-вольфрамовые (месторождение Чепак, рудопроявление Тунгус) и более низкотемпературные золото-серебро-оловянные (Громада).

*Золото-полисульфидно-кварцевая формация* установлена в пределах Солнечного рудного поля. Материнской рудопродуцирующей формацией являются гранитоиды наяханского комплекса, рудоносными вмещающими породами — осадочные породы триаса. Формация представлена тонковкрапленным типом руд в ороговикованных толщах триаса. Биотит-мусковитовые и кордиеритовые роговики содержат густую вкрапленность пирротина, пирита, марказита, арсенопирита и сульфоарсенидов кобальта, а также мелкое самородное золото. Минеральный тип определяется как золото-пирротинный и золото-арсенопиритовый.

*Золото-кварцевая формация* в пределах Сугойского прогиба распространена ограниченно

в отличие от прилегающего с запада района (Иньяли-Дебинского синклиория). Проявления этого типа встречаются в пределах Сеймчанской зоны (Громадинский РУ), связаны с линзовидными кварцевыми жилами и прожилками с редкими сульфидами и золотой минерализацией. Рудоносная формация — диорит-гранодиоритовая, вмещающие — глинистая (черносланцевая) и диамиктитовая.

Золотосодержащая медно-порфировая, золото-антимонитовая и золото-скарновая формации в районе представлены редуцированно и не связаны с какими-либо крупными концентрациями рудной минерализации.

Для рудных узлов БСМЗ характерна минерагеническая латеральная зональность следующего вида: от периферии к центру РМС — сурьмяно-ртутная, золото-серебряная, серебро-полиметаллическая, олово-серебряная формации (вулканогенная группа формаций); золото-редкометаллическая, молибденит-кварцевая, вольфрамомолибденная, касситерит-кварцевая и касситерит-силикатная формации (плутоногенная группа формаций) [33]. Отмечается и сходная вертикальная зональность формаций, выражающаяся в размещении эпитегральных (вулканогенных) формаций в верхних частях рудно-магматических систем, высокотемпературных — в нижних. Серебросодержащие формации занимают периферические части РМС в верхнем структурном этаже, а золотосодержащие размещаются в верхнем этаже или в верхах нижнего. В ряде случаев отмечается наложение высокотемпературных формаций на эпитегральные и наоборот.

Для Коркодон-Наяханской СМЗ латеральная минерагеническая зональность проявляется по смене основных формаций в следующем виде: с севера на юг — золото-редкометаллическая — серебро-полиметаллическая — золото-серебряная серебряной (с Ag) субформации. Возможно, такой латеральный ряд отражает уровни эрозионного среза КНЗ, где золото-редкометаллическая формация отмечается в порфировых (с Mo, Cu) рудно-магматических системах гипабиссального уровня, эпитегральные формации — в верхнем структурном этаже.

Сеймчанская СМЗ эродирована значительно больше остальных, эпитегральные рудные формации в ее пределах отсутствуют или встречаются в редуцированном виде. С запада на восток отмечается увеличение распространения оловянной минерализации, уменьшение вольфрамовой. Месторождения и рудопроявления этой зоны объединяются в группу плутоногенных формаций (касситерит-силикатная, золото-кварцевая, золото-редкометаллическая).

**Заключение.** Масштабно проявившееся оруденение на территории Сугойского прогиба связано с зонами активизации и активного магматизма ранне- и позднемелового времени.

Золото- и серебросодержащие рудные проявления и месторождения зон активизации

характеризуются значительным формационным и минералогическим разнообразием, что объясняется: их связью с разнотипными комплексами специализированных магматических пород (в основном гранитоидного ряда от кварцевых диоритов до монцитонитовидов и гранитов); наложенностью стадий минералообразования при формировании полихронных РМС; геохимической спецификой рудовмещающих пород. Важную роль играла и структурно-тектоническая обстановка (прогибы, рифтогенный прогиб, интрузивные и вулкано-интрузивные поднятия), в целом определившая минералогическую специализацию СМЗ. Наиболее рудонасыщенные узлы в пределах СМЗ, характеризующиеся значительным разнообразием рудных формаций, приурочены к вулканоплутоническим структурам длительного многофазного развития.

В пределах СМЗ проявляется латеральная минералогическая зональность, определяемая по смене рудных формаций и их комплексов. В пределах рудных полей и РМС зональность выражается в смене формаций и характерных минеральных парагенезисов. Эпитермальное Au-Ag и Ag оруденение классического типа приурочено к слабоэродированным ВТС (Олынжинский, Мутнинский, Верхнеомолонский, Левоайнанэнский узлы). Наиболее крупные РМС характеризуются рудно-формационными рядами с золото-редкометалльными и редкометалльными (Sn, Mo, Bi, Te) порфиоровыми системами в их центральных частях.

1. Акинин В. В. Возраст гранитоидов и ассоциирующегося молибден-порфиорового оруденения Коркодон-Наяханской зоны, Северо-Восток России / В. В. Акинин, Е. Е. Колова, Н. Е. Савва, Н. А. Горячев, В. Т. Маматюсупов, В. М. Кузнецов, А. В. Альшевский, Г. О. Ползуненко // Вестник СВНЦ ДВО РАН. — 2019. — № 4. — С. 3–8.

2. Вашилов Ю. Я. Глубинная структура и развитие Охотско-Чукотского вулканогенного пояса по геофизическим данным // Тихоокеанская геология. — 1982. — № 4. — С. 45–57.

3. Волков А. В. Перспективы открытия на Северо-Востоке России богатых золото-редкометалльных месторождений / А. В. Волков, А. А. Сидоров, Н. Е. Савва, В. Ю. Прокофьев, Е. Е. Колова // Вестник СВНЦ ДВО РАН. — 2015. — № 4. — С. 16–27.

4. Гамянин Г. Н., Горячев Н. А. Перспективность золотоносности оловорудных районов Северо-Востока России // Рудообразующие процессы: от генетических концепций к прогнозу и открытию новых рудных провинций и месторождений. К 100-летию академика Н. А. Шило: Тезисы докл. на Всерос. науч. конф. — М.: ИГЕМ РАН, 2013. — С. 73.

5. Геологическая карта и карта полезных ископаемых Колымо-Омолонского региона масштаба 1 : 500 000. Объяснительная записка / В. М. Кузнецов, М. Х. Гагиев, Е. Ф. Дылевский и др. — Магадан, 1998. — 270 с.

6. Горжевский Д. И. О металлогеническом значении рудных формаций // Геология рудных месторождений. — 1964. — № 6. — С. 54–65.

7. Горячев Н. А. Золото-серебряное оруденение вулканогенных поясов Северо-Востока Азии / Н. А. Горячев, А. В. Волков, А. А. Сидоров, Г. Н. Гамянин, Н. Е. Савва, В. М. Округин // Литосфера. — 2010. — № 3. — С. 36–50.

8. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Лист Р-56 — Сеймчан. Объяснительная записка / Отв. ред. В. И. Шпикерман. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. — 426 с.

9. Колова Е. Е., Маматюсупов В. Т., Соболев А. В. Мо и Au оруденение Коркодон-Наяханского металлогенического пояса // Чтения памяти академика К. В. Симаконина: Материалы докладов Всерос. науч. конф. — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2017. — С. 82–85.

10. Константинов М. М., Стружков С. Ф. Металлогения золота и серебра Охотско-Чукотского пояса. — М.: Научный мир, 2005. — 320 с.

11. Константинов Р. М. Основы формационного анализа гидротермальных рудных месторождений. — М.: Наука, 1973. — 216 с.

12. Константинов Р. М. Проблемы эндогенного рудообразования. — М.: Наука, 1974. — С. 68–82.

13. Кравцова Р. Г., Макшаков А. С., Павлова Р. А. Минералогия и состав, закономерности распределения и особенности формирования рудной минерализации золото-серебряного месторождения Роговик (Северо-Восток России) // Геология и геофизика. — 2015. — Т. 56, № 10. — С. 1739–1759.

14. Кравцова Р. Г., Макшаков А. С. Оценка уровня эрозионного среза эпитермального месторождения Роговик по геохимическим данным (Северо-Восток России) // Геология рудных месторождений. — 2016. — Т. 58, № 6. — С. 544–558.

15. Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые / Под ред. Д. В. Рундквиста. — Л.: Недра, 1978. — 607 с.

16. Кузнецов В. М. Золото-серебряное оруденение в криповулканической структуре / В. М. Кузнецов, З. А. Палымская, В. П. Пузырев, Р. З. Пчелинцева, В. А. Степанов, В. И. Щитова // Колыма. — 1992. — № 3. — С. 5–8.

17. Кузнецов В. М., Ливач А. Э. Строение и металлогеническое районирование Балыгычано-Сугойского прогиба // Проблемы металлогении рудных районов Северо-Востока России. — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2005. — С. 156–176.

18. Маматюсупов В. Т., Михайлицина Т. И. Минералогическая характеристика порфиоровой системы Аксу // Геология, география, биологическое разнообразие и ресурсы Северо-Востока России: Материалы III Всерос. конф., посвященной памяти А. П. Васильковского и в честь его 105-летия. — Магадан: СВКНИИ, 2016. — С. 164–166.

19. Найборodin В. И., Сидоров А. А. О вулканоплутоническом ряду золоторудных формаций в Охотско-Чукотском вулканогенном поясе // Геология и геофизика. — 1971. — № 9. — С. 3–11.

20. Нигай Е. В. Золоторудные формации как основа для выделения геолого-промышленных типов золоторудных месторождений // Известия вузов. Горный журнал. — 2008. — № 7. — С. 3–10.

21. Некрасов И. Я. О причинах совмещения оловянной, серебряной и золотой минерализации в месторождениях Тихоокеанского рудного пояса // Геология рудных месторождений. — 1990. — № 1. — С. 98–104.

22. Объяснительная записка к геологической карте междуречья Суоя, Коркодона, Омолона, Олоя и Гижиги масштаба 1 : 500 000 / М. И. Терехов, П. П. Лычагин, В. М. Мерзляков. — Магадан: СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1984. — 144 с.

23. Савва Н. Е. Минералогия серебра Северо-Востока России. — М.: Триумф, 2018. — 544 с.

24. Сидоров А. А. Золото-серебряная формация Восточно-Азиатских вулканогенных поясов. — Магадан, 1978. — 350 с.

25. Сидоров А. А. О золото-редкометалльных формациях на Северо-Востоке СССР // Геология рудных месторождений. — 1989. — № 6. — С. 95–98.

26. Сидоров А. А., Волков А. В., Вашилов Ю. Я. О зонах субмеридиональных глубинных разломов Северо-Востока России // Докл. РАН. — 2008. — Т. 423, № 4. — С. 507–510.
27. Сидоров А. А. Золото-серебряные месторождения и рудные комплексы Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Докл. РАН. — 2009. — Т. 427, № 6. — С. 814–820.
28. Сидоров А. А. Вулканогенные пояса окраинно-морской литосферы Северо-Востока России и их рудоносность / А. А. Сидоров, А. В. Волков, А. Д. Чехов, Н. Е. Савва, В. Ю. Алексеев, К. В. Уютнов // Вулканология и сейсмология. — 2011. — № 6. — С. 21–35.
29. Сидоров А. А. Эволюционно-историческая модель Дукатского серебряного гиганта / А. А. Сидоров, А. Г. Филимонова, А. В. Волков, Н. В. Трубкин, А. В. Чугаев // Докл. РАН. — 2012. — Т. 444, № 5. — С. 523–528.
30. Сидоров А. А., Волков А. В., Савва Н. Е. Вулканизм и эпитермальные месторождения // Вулканология и сейсмология. — 2015. — № 6. — С. 3–12.
31. Соболев А. П. Мезозойские гранитоиды Северо-Востока СССР и проблемы их рудоносности. — М.: Наука, 1989. — 249 с.
32. Строна П. А. Главные типы рудных формаций. — Л.: Недра, 1978. — 199 с.
33. Стружков С. Ф. Зональность золоторудных узлов в структурах активизации Северо-Востока России / С. Ф. Стружков, М. М. Константинов, В. В. Аристов, О. Б. Рыжов, Ю. П. Шергина // Колыма. — 1997. — № 1. — С. 5–16.
34. Тектоника Северо-Востока СССР (Объяснит. записка к тектон. карте Сев.-Востока СССР масштаба 1 : 2 500 000) / С. М. Тильман, В. Ф. Белый, А. А. Николаевский, Н. А. Шило. — Магадан, 1969. — 79 с. — (Труды Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института; вып. 33).
35. Трушин С. И., Кириллов В. Е. Месторождение Албазино — новый для Дальнего Востока промышленный тип золотого оруденения // Региональная геология и металлогения. — 2018. — № 73. — С. 60–67.
36. Филимонова Л. Г., Трубкин Н. В., Чугаев А. В. Минеральные типы зон гидротермальных изменений Дукатского рудного поля и их соотношения с лейкогранитами и эпитермальными золото-серебряными рудами (Северо-Восток России) // Геология рудных месторождений. — 2014. — Т. 56, № 3. — С. 195–228.
37. Ханчук А. И., Иванов В. В. Мезо-кайнозойские геодинамические обстановки и золотое оруденение Дальнего Востока России // Геология и геофизика. — 1999. — Т. 40, № 11. — С. 1635–1645.
38. Шило Н. А. К проблеме систематики золоторудных месторождений // Проблемы геохимии эндогенных процессов. — Новосибирск: Наука, 1977. — С. 110–117.
4. Gamyagin G. N., Goryachev N. A. Perspektivnost' zolotonosnosti olovorudnykh rayonov Severo-Vostoka Rossii [Prospects for gold content in tin ore regions of the North-East of Russia]. *Rudobrazuyushchie protsessy: ot geneticheskikh kontseptsiy k prognozu i otkrytiyu novykh rudnykh provintsiy i mestorozhdeniy. K 100-letiyu akademika N. A. Shilo: Tezisy dokladov na Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii*. Moscow, 2013, p. 73. (In Russian).
5. Kuznetsov V. M., Gagiev M. Kh., Dylevskiy E. F. et al. Geologicheskaya karta i karta poleznykh iskopaemykh Kolymo-Omolonskogo regiona masshtaba 1 : 500 000. Ob"yasitel'naya zapiska [Geological map and a map of minerals of the Kolyma-Omolon region on a scale of 1:500,000. Explanatory note]. Magadan, 1998, 270 p.
6. Gorzhevskiy D. I. O metallogenicheskom znachenii rudnykh formatsiy [On the metallogenic value of ore formations]. *Geology of Ore Deposits*, 1964, no. 6, pp. 54–65. (In Russian).
7. Goryachev N. A., Volkov A. V., Sidorov A. A., Gamyagin G. N., Savva N. E., Ocrugin V. M. The epithermal Au-Ag-mineralization in volcanic Belts of northeast Asia. *Lithosphere*, 2010, no. 3, pp. 36–50. (In Russian).
8. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). List R-56 — Seymchan. Ob"yasitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). Sheet P-56 — Seimchan. Explanatory note]. Ex. ed. V. I. Shpikerman. St. Petersburg, VSEGEI, 2007, 426 p.
9. Kolova E. E., Mamatyusupov V. T., Sobolev A. V. Mo i Au metallization of the Korkodon-Nayakhan metallogenic Belt. *Cheniya pamyati akademika K. V. Simakova: Materialy dokladov Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii*. Magadan, 2017, pp. 82–85. (In Russian).
10. Konstantinov M. M., Struzhkov S. F. Metallogeniya zolota i srebra Okhotsko-Chukotskogo poyasa [Metallogeny of gold and silver of the Okhotsk-Chukotka Belt]. Moscow, Nauchnyy mir, 2005, 320 p.
11. Konstantinov R. M. Osnovy formatsionnogo analiza gidrotermal'nykh rudnykh mestorozhdeniy [Fundamentals of formation analysis of hydrothermal ore deposits]. Moscow, Nauka, 1973, 216 p.
12. Konstantinov R. M. Problemy endogennoy rudobrazovaniya [Problems of endogenous ore formation]. Moscow, Nauka, 1974, pp. 68–82.
13. Kravtsova R. G., Makshakov A. S., Pavlova L. A. Mineral and geochemical compositions, regularities of distribution, and specific formation of ore mineralization of the Rogovik gold-silver deposit (northeastern Russia). *Russian Geology and Geophysics*, 2015, vol. 56, no. 10, pp. 1739–1759. (In Russian).
14. Kravtsova R. G., Makshakov A. S. Erosion level of the epithermal Rogovik deposit estimated from geochemical data, northeast Russia. *Geology of Ore Deposits*, 2016, vol. 58, no. 6, pp. 544–558. (In Russian).
15. Kriterii prognoznoy otsenki territoriy na tverde poleznye iskopaemye [Criteria for the predictive assessment of territories for solid minerals]. Ed. D. V. Rundkvist. Leningrad, Nedra, 1978, 607 p.
16. Kuznetsov V. M., Palymkaya Z. A., Puzyrev V. P., Pchelintseva R. Z., Stepanov V. A., Shchitova V. I. Zoloto-serebryanoe orudnenie v kriptovulkanicheskoy strukture [Gold-silver mineralization in the cryptovolcanic structure]. *Kolyma*, 1992, no. 3, pp. 5–8. (In Russian).
17. Kuznetsov V. M., Livach A. E. Stroenie i metallogenicheskoe rayonirovanie Balygychano-Sugoyskogo progiba [Structure and metallogenic zoning of the Balygchan-Sugoi depression]. *Problemy metallogeni rudnykh rayonov Severo-Vostoka Rossii*. Magadan, 2005, pp. 156–176. (In Russian).
18. Mamatyusupov V. T., Mikhaylitsyna T. I. Mineralogical and geochemical characteristics of Aksu porphyry system. *Geologiya, geografiya, biologicheskoe raznoobrazie i resursy Severo-Vostoka Rossii: Materialy III Vserossiyskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati A. P. Vas'kovskogo i v chest' ego 105-letiya*. Magadan, 2016, pp. 164–166. (In Russian).
1. Akinin V. V., Kolova E. E., Savva N. E., Goryachev N. A., Mamatyusupov V. T., Kuznetsov V. M., Alshevsky A. V., Polzunenkov G. O. Age of granitoids and the associated molybdenum-porphyry mineralization in the Korkodon-Nayakhan zone, North-East of Russia. *Bulletin of the North-East Scientific Center, Russia Academy of Sciences Far East Branch*, 2019, no. 4, pp. 3–8. (In Russian).
2. Vashchilov Yu. Ya. Glubinnaya struktura i razvitie Okhotsko-Chukotskogo vulkanogennoy poyasa po geofizicheskim dannym [Deep structure and development of the Okhotsk-Chukotka volcanogenic Belt according to geophysical data]. *Tikhookeanskaya Geologiya*, 1982, no. 4, pp. 45–57. (In Russian).
3. Volkov A. V., Sidorov A. A., Savva N. E., Prokofev V. Yu., Kolova E. E. Prospects for discovering rich gold-rare metal deposits in Northeast Russia. *Bulletin of the North-East Scientific Center, Russia Academy of Sciences Far East Branch*, 2015, no. 4, pp. 16–27. (In Russian).



19. Nayborodin V. I., Sidorov A. A. O vulkano-plutonogenom ryade zolotorudnykh formatsiy v Okhotsko-Chukotskom vulkanogenom poyase [On the volcano-plutonogenic series of gold ore formations in the Okhotsk-Chukotka volcanogenic Belt]. *Russian Geology and Geophysics*, 1971, no. 9, pp. 3–11. (In Russian).
20. Nigay E. V. Gold-ore formations as the basis for distinguishing of geological-industrial types of gold-ore deposits. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal*, 2008, no. 7, pp. 3–10. (In Russian).
21. Nekrasov I. Ya. O prichinakh sovmeshcheniya olovyannoy, serebryanoy i zolotoy mineralizatsii v mestorozhdeniyakh Tikhookeanskogo rudnogo poyasa [On the reasons for the combination of tin, silver and gold mineralization in the deposits of the Pacific ore Belt]. *Geology of Ore Deposits*, 1990, no. 1, pp. 98–104. (In Russian).
22. Ob'yasnitel'naya zapiska k geologicheskoy karte mezhdurech'ya Sugoja, Korkodona, Omolona, Oloja i Gizhigi masshtaba 1 : 500 000 [Explanatory note to the geological map of the interfluvium of the Sugoi, Korkodon, Omolon, Oloy and Gizhiga at a scale of 1:500,000]. Eds.: M. I. Terehov, P. P. Ly-chagin, V. M. Merzljakov. Magadan, 1984, 144 p.
23. Savva N. E. Mineralogiya serebra Severo-Vostoka Rossii [Silver mineralogy of the North-East of Russia]. Moscow, Triumf, 2018, 544 p.
24. Sidorov A. A. Zoloto-serebryanaya formatsiya Vostochno-Aziatskikh vulkanogennykh poyasov [Gold-silver formation of the East Asian volcanic Belts]. Magadan, 1978, 350 p.
25. Sidorov A. A. O zoloto-redkometall'nykh formatsiyakh na Severo-Vostoke Sovetskogo Soyuz Sotsialisticheskikh Respublik [About gold-rare metal formations in the North-East of the Soviet Union of Socialist Republics]. *Geology of Ore Deposits*, 1989, no. 6, pp. 95–98. (In Russian).
26. Sidorov A. A., Volkov A. V., Vashchilov Yu. Ya. O zonakh submeridional'nykh glubinnykh razlomov Severo-Vostoka Rossii [On zones of submeridional deep faults in the North-East of Russia]. *Doklady Rossijskoy akademii nauk*, 2008, vol. 423, no. 4, pp. 507–510. (In Russian).
27. Sidorov A. A. Zoloto-serebrjanye mestorozhdeniya i rudnye komplekсы Okhotsko-Chukotskogo vulkanogenogo pojasa [Gold-silver deposits and ore complexes of the Okhotsk-Chukotka volcanogenic Belt]. *Doklady Rossijskoy akademii nauk*, 2009, vol. 427, no. 6, pp. 814–820. (In Russian).
28. Sidorova A. A., Volkova A. V., Chekhovb A. D., Savva N. E., Alekseeva V. Yu., Uytunov K. V. Volcanogenic Belts of the marginal sea lithosphere in the Russian Northeast and their ore potential. *Journal of Volcanology and Seismology*, 2011, no. 6, pp. 21–35. (In Russian).
29. Sidorov A. A., Filimonova A. G., Volkov A. V., Trubkin N. V., Chugaev A. V. Evolutionary historical model of the Dukat silver giant. *Journal of Volcanology and Seismology*, 2012, vol. 444, no. 5, pp. 523–528. (In Russian).
30. Sidorov A. A., Volkov A. V., Savva N. E. Volcanism and epithermal deposits. *Journal of Volcanology and Seismology*, 2015, no. 6, pp. 3–12. (In Russian).
31. Sobolev A. P. Mezozojskie granitoidy Severo-Vostoka Sovetskogo Soyuz Sotsialisticheskikh Respublik i problemy ih rudnosnosti [Mesozoic granitoids of the North-East of the Soviet Union of Socialist Republics and the problems of their ore content]. Moscow, Nauka, 1989, 249 p.
32. Strona P. A. Glavnye tipy rudnykh formacij [Main types of ore formations]. Leningrad, Nedra, 1978, 199 p.
33. Struzhkov S. F., Konstantinov M. M., Aristov V. V., Ryzhov O. B., Shergina Ju. P. Zonal'nost' zolotorudnykh uzlov v strukturah aktivizatsii Severo-Vostoka Rossii [Zoning of gold-ore nodes in the structures of activation of the North-East of Russia]. *Kolyma*, 1997, no. 1, pp. 5–16. (In Russian).
34. Tektonika Severo-Vostoka Sovetskogo Soyuz Sotsialisticheskikh Respublik (Ob'yasnitel'naya zapiska k tektonicheskoy karte Severo-Vostoka Sovetskogo Soyuz Sotsialisticheskikh Respublik masshtaba 1 : 2 500 000) [Tectonics of the North-East of the USSR (Explanatory note to the tectonic map of the North-East of the Soviet Union of Socialist Republics on a scale of 1:2,500,000)]. Eds.: S. M. Til'man, V. F. Belyy, A. A. Nikolaevskiy, N. A. Shilo. Magadan, 1969, 79 p.
35. Trushin S. I., Kirillov V. E. Albazino Deposit is a new industrial type of gold mineralization for the Far East. *Regional Geology and Metallogeny*, 2018, no. 73, pp. 60–67. (In Russian).
36. Filimonova L. G., Trubkin N. V., Chugaev A. V. Mineral types of hydrothermal alteration zones in the Dukat ore field and their relationships to leucogranite and epithermal gold-silver ore, northeastern Russia. *Geology of Ore Deposits*, 2014, vol. 56, no. 3, pp. 195–228. (In Russian).
37. Khanchuk A. I., Ivanov V. V. Meso-Cenozoic geodynamic settings and gold mineralization of Russian Far East. *Russian Geology and Geophysics*, 1999, vol. 40, no. 11, pp. 1635–1645. (In Russian).
38. Shilo N. A. K probleme sistematiki zolotorudnykh mestorozhdenij [To the problem of systematics of gold deposits]. *Problemy geohimii jendogennykh processov*. Novosibirsk, Nauka, 1977, pp. 110–117. (In Russian).

Трушин Сергей Иванович – зам. ген. директора, АО «Полиметалл УК». Пр. Народного ополчения, 2, Санкт-Петербург, Россия, 198216. <Trushin@polymetal.ru>

Кириллов Вадим Евгеньевич – ст. науч. сотрудник, Институт тектоники и геофизики ДВО РАН (ИТиГ ДВО РАН). Ул. Ким Ю Чена, 65, Хабаровск, Россия, 680000. <kirillow.vadim2013@yandex.ru>

Лапенко Александр Сергеевич – нач. управления, МФ АО «Полиметалл УК». Набережная р. Магаданки, 9, Магадан, Россия, 685000. <lapenko@magadan.polymetal.ru>

Trushin Sergey Ivanovich – Deputy General Director, JSC «Polymetal UK». 2 Prospekt Narodnogo Opolcheniya, St. Petersburg, Russia, 198216. <Trushin@polymetal.ru>

Kirillov Vadim Evgen'evich – Senior Researcher, Institute of Tectonics and Geophysics named after Yu. Kosygin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (ITiG FEB RAS). 65 Ul. Kim Yu Chen, Khabarovsk, Russia, 680000. <kirillow.vadim2013@yandex.ru>

Lapenko Alexander Sergeevich – Head of the Department, MF JSC «Polymetal UK», 9 Embankment of the Magadanka river, Magadan, Russia, 685000. <lapenko@magadan.polymetal.ru>