



Научная статья

Золото-редкометальное и сопутствующее оруденение западной части острова Большевик, архипелаг Северная Земля

А.Н.ЕВДОКИМОВ¹✉, В.И.ФОКИН², Н.К.ШАНУРЕНКО²¹ Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия² ВНИИОкеангеология им. И.С.Грамберга, Санкт-Петербург, Россия

Как цитировать эту статью: Евдокимов А.Н., Фокин В.И., Шануренко Н.К. Золото-редкометальное и сопутствующее оруденение западной части острова Большевик, архипелаг Северная Земля // Записки Горного института. 2023. Т. 263. С. 687-697. EDN XMVGPД. DOI: 10.31897/PMI.2022.94

Аннотация. Целью представленных исследований является определение формационных признаков золото-редкометального типа оруденения в пределах одного из наиболее труднодоступных арктических островов Российской Федерации – о-ва Большевик архипелага Северная Земля. Актуальность работы определяется высокой вероятностью обнаружения значительного по запасам металла месторождения, что доказано многими исследователями на примере известных крупных месторождений, как типичная черта объектов золото-редкометальной формации. Очевидно, что только возможность открытия и последующей разработки месторождения высоколиквидного вида полезного ископаемого – золота – может обеспечить рентабельность горно-рудного производства на Северной Земле. Установлено, что основные геологические и минералого-геохимические особенности золото-редкометального оруденения Кропоткинско-Никитинской металлогенической зоны о-ва Большевик соответствуют характеристикам подобных рудных объектов России и мира. Выявленные в данной металлогенической зоне проявления других формационных типов позволяют предположить определенную зональность в их размещении: оруденение размещается в апикальных частях гранитоидов и в ближайшем ореоле роговиков. На удалении, с выходом из роговиковой зоны, присутствуют проявления касситерит-сульфидной формации с повышенными содержаниями золота и серебра в верхах рудной колонны совместно с повышенным количеством полиметаллов. Проявления золотокварцевой и золотосульфидно-кварцевой формаций локализуются в зонах нарушений, как правило, дальше от гранитоидов. Общий вертикальный размах золотого оруденения превышает 300 м. Отнесение всех типов оруденения Кропоткинско-Никитинской металлогенической зоны о-ва Большевик к единому гидротермальному процессу подчеркивается сходным изотопным составом свинца галенита из разнотипных проявлений, определяющим возраст всего оруденения в 200-300 млн лет.

Ключевые слова: золото-редкометальное оруденение; Таймыро-Североземельская провинция; о-в Большевик архипелага Северная Земля; гранитоиды; роговики; полиметаллы

Поступила: 15.04.2021

Принята: 06.09.2022

Онлайн: 28.02.2023

Опубликована: 27.10.2023

Статья посвящена светлой памяти профессора
Санкт-Петербургского горного университета
Сергея Вячеславовича Сендека

Введение. В арктической зоне России выявлены многочисленные месторождения нефти и газа [1-3], а также новые объекты рудных полезных ископаемых [4-6]. В связи с этим многими учеными ставится вопрос об изучении и освоении месторождений золота относительно нового типа – большеобъемных объектов, относимых к золото-редкометальной формации [7].

Золото-редкометальная формация как самостоятельная выделена Н.А.Шило в 1978 г. [8], впоследствии изучалась многими исследователями: А.В.Волковым, А.А.Сидоровым [7, 9, 10], А.П.Осиповым, Н.Е.Савва [9], Г.Н.Гамяниным [11-13] и другими [14-16]. Обобщенная характеристика золото-редкометальных месторождений (ЗРМ), основанная на результатах исследований объектов этого типа на северо-востоке России, а также с учетом данных зарубежных исследователей, изучавших месторождения металлогенического пояса Тинтин, расположенного на территории Северной Канады (Юкон) и Аляски, приведена в работах [7, 18, 19]. Во всех публикациях



отмечается особенность ЗРМ – локализация в пределах гранитоидных интрузивов или в зонах контактово-измененных пород [17, 20, 21].

Рудные тела месторождений этого типа представлены жилами мощностью 0,1-0,6 м и протяженностью 2-100 м, штокверковыми ареалами площадью до 1-2 км². В них содержится более 10-20 % кварцевого материала на метр. Отдельные зоны дробления достигают мощности 2-3 м и протяженности 200-300 м с различным количеством кварцевого материала. К главным рудным минералам относится арсенопирит. Часто в рудах в заметных количествах присутствуют пирит, пирротин, молибденит, касситерит, а также минералы висмута – висмутин, жозеит-А, В, другие сульфотеллуриды и сульфосоли висмута, а также самородный висмут. Тонкое золото размером зерен 1-30 мкм в ассоциации с теллуридами висмута, по мнению исследователей, является наиболее характерной чертой руд этих месторождений [7]. Пробность золота в рудах ЗРМ меняется в широких пределах – от 650 до 970 ‰. В состав примесей входят серебро, медь, сурьма, висмут, ртуть и следы олова. Содержание рудных минералов в рудах ЗРМ изменяется от 1-2 до 50 %. Для большинства месторождений характерно низкое содержание золота при большом объеме рудной массы и запасов металла, вертикальный размах оруденения превышает 300 м.

Добычные работы на крупных месторождениях позволили ряду исследователей [22, 23] построить обобщенную рудно-магматическую колонну для редкометальных объектов. Жилы и штокверки грейзенов залегают непосредственно в гранитоидах. Выше по разрезу, в терригенных ороговикованных породах, размещаются касситерит-кварцевые жилы, а еще дальше от гранитоидов, зачастую уже в неизмененных породах, размещаются касситерит-сульфидные жилы с обильной минерализацией в апикальных частях жил. Подобная зональность, описанная Г.Н.Гамяниным и соавторами [24], выявлена на крупном серебро-полиметаллическом месторождении Прогноз в Якутии. Здесь золото-редкометальное оруденение размещается на самых глубоких горизонтах. Касситерит-сульфидное и серебро-полиметаллическое оруденения накладываются на золото-редкометальные руды и расположены гипсометрически выше.

Рядом исследователей высказывалось предположение о значительной роли в привносе в ЗРМ рудных компонентов, в частности золота, из черносланцевых толщ с тонкорассеянной сульфидизацией [7, 25], которые прорывались интрузивами [26, 27]. Такая приуроченность золоторудных месторождений к терригенным породам с повышенным содержанием органического углерода и повышенной фоновой золотоносностью известна во многих районах России и мира [28, 17].

Рассмотрим детально редкометальное с золотом оруденение в пределах Таймыро-Североземельской золотоносной провинции, открытой в 70-80-е годы прошлого века [7]. Это открытие явилось результатом многолетних (с 1972 г.) тематических и производственных работ следующих организаций: НИИГА [29-31] – ВНИИОкеангеология [29], ПГО «Севморгеология», НОМТЭ-ЦАГРЭ, СНИИГГиМС, ПГО «Красноярскгеология» [32].

Территория провинции охватывает северную часть Таймыра и часть островов архипелага Северная Земля: о-в Октябрьской Революции, о-в Большевик. Первые проявления золота и его россыпные концентрации выявлены на островах архипелага в 1973-1980 гг. в ходе геолого-картировочных работ Норильской экспедиции НОМТЭ – Севморгео. В 1975-1980 гг. тематическими исследованиями геологов НИИГА – ВНИИОкеангеология и СНИИГГиМС на территории северного Таймыра был также выявлен ряд перспективных рудопроявлений золота: Конечное, Жильное, Извилистое, его шлиховых концентраций [33, 34]. В последующие 1981-1992 гг. в результате тематических, геолого-поисковых и съемочных работ на о-ве Большевик продолжились открытия многочисленных золоторудных объектов, а также золотосодержащих рудопроявлений редкометальной – W, Mo, Sn, Bi – минерализации [33, 34]. В 1983 г. выявлены проявления Мартовско-Никитинского рудного узла [35]. В результате тематических исследований и обобщения всего имеющегося материала по минерагении территории провинции ведущими специалистами ВНИИОкеангеология – Н.К.Шануренко [36], В.Г.Кузьминым [37, 38], В.Ф.Проскурным [31, 39] – были выделены металлогенические таксоны и ряд металлогенических зон редкометального с золотом оруденения. Металлогенические зоны выделены по наибольшей концентрации рудопроявлений и точек минерализации золота и редких металлов.

Постановка проблемы. На северо-востоке Таймыро-Североземельской золотоносной провинции фиксируются три металлогенические зоны с редкометальным оруденением: Восточно-



Октябрьская молибден-вольфрам-оловоносная на о-ве Октябрьской Революции, Кропоткинско-Никитинская молибден-вольфрам-оловоносная и Солнечнинско-Ахматовская молибденоносная на о-ве Большевик. Во всех этих зонах редкометальное оруденение сопровождается повышенным содержанием золота вплоть до самостоятельных золоторудных проявлений. Наиболее изученной является Кропоткинско-Никитинская металлогеническая зона. Она имеет субмеридианальную ориентировку и вытянута вдоль юго-западной части о-ва Большевик от побережья пролива Вилькицкого на юге до ледника Семенова-Тян-Шанского на севере (см. рисунок). По насыщенности разнотипными рудными образованиями она значительно отличается от других металлогенических зон островов Большевик и Октябрьской Революции.

Вмещающими породами разнотипного оруденения в этой зоне являются терригенные породы рифей-вендского возраста, на ряде территорий ороговикованные прорывающими их гранитоидами гранит-лейкогранитовой формации C_{1-2} возраста. Гранитоиды представлены слабоэродированными массивами Никитинский и Кропоткинский. Массивы гранитоидов приурочены к субмеридианальной зоне, ограниченной Североземельским и Анцевско-Ахматовским глубинными разломами. Типоморфные породы комплекса – биотитовые, амфибол-биотитовые, двуслюдяные граниты, лейкограниты, реже гранодиориты, гранит-порфиры, аплиты.

Характерной и важной в металлогеническом отношении чертой гранитоидов является широкое развитие процессов грейзенизации, с образованием в них зон окварцевания, мусковитизации, турмалинизации и альбитизации. Главная геохимическая особенность Кропоткинских гранитов – высокие концентрации Mo, Sn, W, Cu, Ag. Верхняя возрастная граница комплекса определяется присутствием гальки грезенизированных гранитов в конгломератах верхнекаменноугольно-пермского возраста. Кропоткинско-Никитинская металлогеническая зона разделена ледником Кропоткина на две площади – северная часть представляет собой Студенинско-Озернинский рудный узел, южная часть – Тора-Каменский рудно-россыпной район (РРР) [31]. Характеристика данных площадей: Тора-Каменский РРР выделен как площадь с повышенной концентрацией рудно-россыпных объектов и занимает территорию около 500 км². Он охватывает бассейны рек Тора, Каменка, Каменистая, включая устьевые части рек Бурливая и Порожистая.

В пределах Тора-Каменского РРР, помимо выходов гранитоидов Кропоткинского комплекса, массива Никитинский, установлены дайки диоритов, долеритов керсантитов. В пределах этого РРР выделяется Мартовско-Никитинский рудный узел с преимущественным развитием редкометальной с золотом минерализации [36, 38, 39]. В его границах преобладают в различной степени ороговикованные терригенные докембрийские породы краснореченской и сложенской свит. В юго-западной части этого узла на площади около 700 м² среди роговиков обнажаются грейзенизированные биотитовые граниты апикального выступа гранитоидного массива. По составу они относятся к гранит-лейкогранитовой формации C_{1-2} возраста. Всего в пределах Тора-Каменского РРР, по данным поисковых и геолого-съёмочных работ масштабов 1:200 000 и 1:50 000, выявлено шесть проявлений золота: три золото-кварцевой и три золотосульфидно-кварцевой формаций; 25 точек минерализации и геохимических аномалий золота. На площади района обнаружено три золото-редкометальных проявления и десять точек редкометальной минерализации, а также геохимические аномалии и точки минерализации ряда рудных элементов (меди – 20, мышьяка – 4, свинца – 2). Кроме коренных объектов в этом районе установлены многочисленные россыпи золота по рекам Тора, Каменка с притоками, Порожистая, а также россыпь Водораздельная в междуречье нижних течений рек Тора и Каменистая возраста P_3-N_1 .

Проявления Мартовское, Никитинское и Мордовинское расположены на расстоянии шести-семи километров друг от друга [38]. Рудные образования представлены зонами жил и прожилков мощностью 15-20 м, протяженностью 1500-1600 м. Проявление Мартовское состоит из двух зон северо-восточного простирания с существенным редкометальным оруденением и из субширотной зоны длиной 800 м с полисульфидным оруденением. Мощность отдельных жил небольшая 0,1-0,7 м, максимальная – 1-2 м, а протяженность по развалам – 15-20 м. Местами отмечаются небольшие, размером в первые сотни квадратных метров, штокверки. Локализация рудных тел различна. На Мартовском и Мордовинском участках прожилково-жильные зоны размещены в роговиках, а на Никитинском – как в роговиках, так и в грейзенизированных гранитах [38].

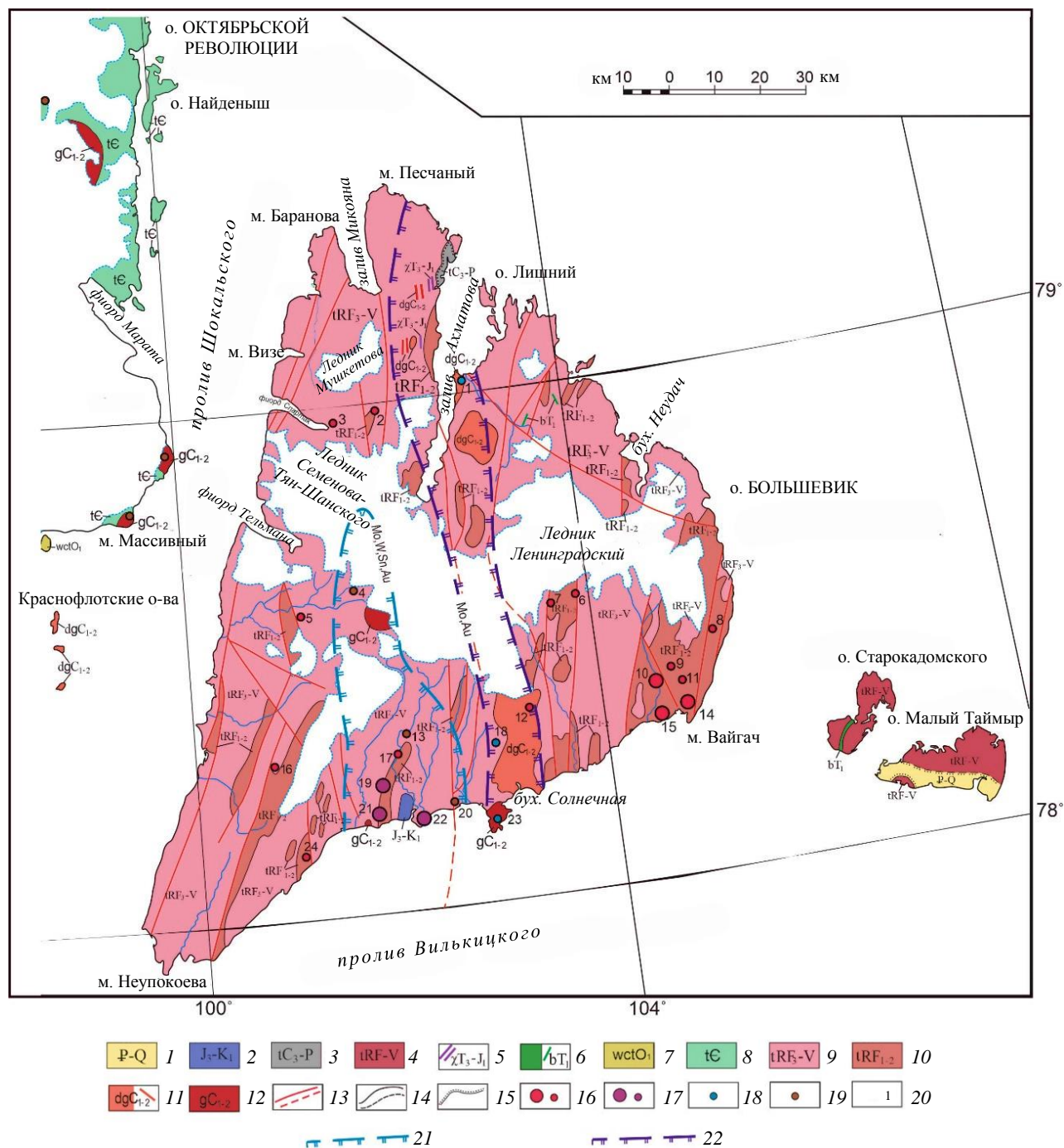


Схема размещения основных рудопроявлений о-ва Большевик на геологической основе
(составлена Ю.Д.Шульгой и В.К.Дорофеевым по данным работы [38])

1 – нерасчлененные кайнозойские отложения – пески, галечники, алевролиты, глины, конгломераты; 2 – позднелюрские-раннемеловые озерно-болотные отложения – глины, пески с прослоями глин; 3 – позднекаменноугольная-пермская лагунно-континентальная формация – песчаники, аргиллиты, алевролиты, конгломераты, гравелиты, известняки; 4 – рифей-вендские отложения нерасчлененные; 5 – лампрофировая формация (дайки); 6 – габбро-диабазовая формация (массивы и дайки); 7 – раннеордовикская вулканогенно-карбонатная формация; 8 – кембрийская молассоидная формация, песчаники, аргиллиты, алевролиты; формация gC₁₋₂; 9 – позднерифейская-вендская флишоидная пестроцветная формация – песчаники, алевролиты, аргиллиты, углистые сланцы; 10 – рифейская флишоидная темноцветная формация – песчаники, алевролиты, аргиллиты, углистые сланцы; 11 – диорит-гранодиоритовая формация; 12 – гранит-лейкогранитовая формация, Кропоткинский массив; 13 – разрывные нарушения (достоверные и предполагаемые); 14 – геологические границы (достоверные и предполагаемые); 15 – границы несогласного залегания; 16 – золоторудные рудопроявления (крупные и рядовые); 17 – редкометалльные рудопроявления (крупные и рядовые); 18 – рудопроявления молибдена; 19 – рудопроявления олова; 20 – номер рудопроявления (1 – Мо, мыс Палец; 2 – Au, р. Базовая; 3 – Au, оз. Закрытое; 4 – Sn, Ag, Zn, Студенческое; 5 – Au, Грязнуха; 6 – Au, р. Лагерная; 7 – Au, Русловое; 8 – Au, Грозненское; 9 – Au, Гравелитистое; 10 – Au, Голышева-1; 11 – Au, р. Литке; 12 – Au, массив Солнечный; 13 – Sn, Au, Дайковое; 14 – Au, Нижнелиткенское; 15 – Au, Фокинское; 16 – Au, ледник Кропоткина; 17 – Au, Торинское; 18 – Mo, г. Плоская; 19 – W, Sn, Au, Ag, Мартовское; 20 – Sn, Zn, бухта Журавлева; 21 – W, Mo, Sn, Никитинское; 22 – W, Bi, Sn, Au, Мордовинское; 23 – Mo, W, мыс Таймыра; 24 – Au, Первое); 21 – Кропоткинско-Никитинская Mo, W, Sn, Au металлогеническая зона; 22 – Солнечнинско-Ахматовская Mo, Au металлогеническая зона



В процессе геолого-съёмочных и поисковых работ на Мартовском проявлении было пробурено восемь поисковых и одна картировочная скважина. Поисковые скважины бурились до глубины 120 м в пределах ранее выделенного по литогеохимии ореола олова. Картировочная скважина пробурена до глубины 300 м, кровля интрузива нигде не была достигнута. В ряде скважин на глубинах 35-104 м от поверхности встречены зонки тонкого кварцевого прожилкования и отдельные жилы кварца с повышенными содержаниями ряда рудных элементов – W, Sn, Mo, Bi, Ag, Au. Содержания золота в этих интервалах достигают 0,08-4,0 г/т. Интервалы с содержаниями золота по керну составляют 1-6 м. Более 80 % повышенных значений золота сопровождается присутствием Bi ($2\cdot 10^{-3}$ %).

Проявление Никитинское оценено по данным опробования керн из шести скважин глубиной 120 м, которые пробурены по гранитам и одна – по роговикам. Содержание золота в них составляет в основном 0,05-0,5 г/т. На проявлении Мордовинское проведено геохимическое опробование по первичным ореолам рассеяния и штучное опробование по развалам жил, содержание золота в которых не превышает 1,3 г/т [38].

Методология. Оруденение Никитинско-Кропоткинской металлогенической зоны изучалось в полевых условиях в 1989 г. и по образцам и аншлифам, отобранными авторами из рудных объектов. Коллекция дополнялась каменными материалами, собранными в данном районе за несколько лет другими сотрудниками подразделений ПГО «Севморгео».

С целью определения температур кристаллизации жильных минералов выполнялась декрипитация кварца в лаборатории ВНИИОкеангеология под руководством В.С.Аплонова. Аппаратура и методика изучения декрипитации соответствуют стандартам, принятым в 80-90-е годы. Результаты геотермических определений использовались в тематических разработках ВНИИОкеангеология и публикациях института. Для изучения состава и примесей рудных минералов выполнялись спектральные, спектрохимические и микрорентгеноспектральные анализы в лабораториях ВСЕГЕИ и ВНИИОкеангеология.

Рудопроявления узла характеризуются близким минеральным составом. Они относятся к жильной топаз-мусковит-кварцевой грейзеновой субформации с комплексным редкометальным, а также с полисульфидным с касситеритом золото- и серебросодержащим оруденением.

По данным полуколичественного спектрального и химического анализов штучных, бороздовых и керновых проб, отобранных в процессе тематических и поисковых (в том числе и горно-буровых работ при геологической съёмке масштаба 1:50000), руды всех трех рассмотренных проявлений весьма близки по содержанию основных рудных компонентов [38]. На всех рудопроявлениях присутствуют жильные образования трех типов. Как правило, по периферии рудных зон проявлены прожилки и жилы гранулированного кварца мощностью до 10-30 см с включениями биотитизированных пород. В жильном кварце отмечается сульфидная минерализация в основном пирротина, пирита, мельниковит-пирита, реже – халькопирита, марказита и единичных зерен галенита и сфалерита. В зальбандах жил иногда фиксируется ильменит. Декрипитация кварца показывает почти полное отсутствие газово-жидких включений в этих жилах. Отмечены случаи их пересечения жилами с грейзеновыми оторочками. Все это может свидетельствовать об их догранитном образовании. В этом типе жил в повышенных содержаниях фиксируются следующие элементы: медь (до 0,2 %), полиметаллы Zn, Pb (в тысячных процента), серебро (до 1 г/т) и золото (до 0,074 г/т).

Второй тип жильных образований имеет альбит-калишпат-мусковит-кварцевый состав и сопровождается типичной для грейзенов минерализацией, представленной мусковитом, литиевыми слюдками, мелкими редкими выделениями топаза, берилла, турмалина, иногда апатита. Среди генераций жильного кварца преобладают крупнозернистые разности с занорышами, выполненными мелкими кристаллами прозрачного кварца, реже дымчатым хрусталем.

В слюдистых зальбандах обычно присутствует среднечешуйчатый молибденит-I, а молибденит-II, образующий розетки, интерстирует кварц. Иногда отмечаются кристаллы вольфрамита длиной до четырех сантиметров, которые возникли одновременно с кварцем или несколько позже его. С вольфрамитом часто ассоциирует шеелит, образующий гнездовые скопления. Он выделялся позже вольфрамита, так как отмечены случаи цементации им кристаллов вольфрамита [39]. В жилах



изредка присутствуют арсенопирит, пирит и халькопирит, касситерит и висмутин с самородным висмутом и жозеитом-А [40].

Наиболее тесно связаны друг с другом в этом типе жильных образований молибденит-II, висмутин, самородный висмут, жозеит-А и золото. Температура рудоотложения, по данным декрипитации, минералов составляет 320-500 °С.

В повышенных содержаниях в этом типе жил фиксируются следующие минералы: Мо – 0,1 % (до 1 % в единичных пробах), W – 0,1-0,3 %, Bi – 0,02-0,2 % (до 1 %), Sn – до 0,08 %, серебро – до 3,0 г/т и золото – до 0,32-1,3 г/т.

Третий тип жильных образований, как правило, представлен маломощными жилами и прожилками среднезернистого, местами шестоватого кварца иногда с ксенолитами вмещающих пород. В них развита арсенопирит-полисульфидная минерализация, в разных жилах варьирующая от единичных вкраплений до 50 % объема. Среди рудных минералов преобладает арсенопирит. Арсенопирит представлен вкрапленностью мелких (до 1-1,5 мм) кристаллов и их агрегатов, образующих полосовидные выделения параллельно зальбандам. Обычно он составляет 30-80 % рудной минерализации. Наблюдаются мелкие (0,004-0,1 мм) вкрапления халькопирита, пирротина, сфалерита, в единичных случаях станина, висмутина, самородных золота и висмута. Более крупные выделения халькопирита, сфалерита, пирита, реже станина, галенита и висмутина нарастают на кристаллы арсенопирита, что доказывает их более позднее выделение. Во многих случаях в этих жилах также отмечается касситерит, в единичных случаях бурнонит и антимонит. Температура рудоотложения минералов в этом типе жил составляет 180-480 °С. Содержание основных рудных элементов достигает следующих величин: As 2 %, Zn 1 %, Cu 0,7 %, Bi 0,2 %, Mo 0,02 %, Pb 0,1 %, серебро 400 г/т, золото 4 г/т.

Декрипитация жильного кварца дала интервал температур от 180 до 500 °С. Микрорентгено-спектральный анализ показал содержание «невидимого» золота в арсенопирите 0,31 %, серебра – до 0,07 % [29]. Фиксируются также повышенные содержания ряда других элементов: сурьмы до 0,33 %, олова до 0,11 % и теллура до 0,03 %. Содержание висмута и серебра по спектральному анализу монофракций минерала составляет 0,004-0,02 и 0,01-0,1 % соответственно. Обнаружение теллура в арсенопирите, возможно, говорит о присутствии в нем ультратонкой вкрапленности теллуридов золота, серебра и висмута. Повышенные содержания характерных элементов установлены также и в галените из жил этого типа: Ag 0,32-1,0 %, Bi 0,94-1,9 %, Te – до 0,08 %, Se – 0,03-0,09 %. В единичных случаях в галените встречаются мелкие (4-5 мкм) вкрапления самородного серебра.

Продуктивными на золото минеральными ассоциациями в проявлениях Мартовско-Никитинского рудного узла являются ранняя арсенопирит-полисульфидная с касситеритом и поздняя молибденит-висмутиновая с самородным висмутом и жозеитом-А [38]. Вторая наложена на более ранние ассоциации или образует самостоятельные мелкие обособления в трещинах кварца. Золото, по данным минераграфических исследований, тонкодисперсное и пылевидное, максимальный размер золотинок составляет 0,12 мм, основная же масса наблюдаемых выделений более мелкая, от первых десятков микрон до 1-50 мкм. Золото присутствует, как в кварце, но в основном в минералах висмута – висмутине, самородном висмуте, жозеите-А. С минералами висмута ассоциирует от 40 до 70 % выявленных золотинок в различных жилах. Эти данные также подтверждаются спектральным анализом монофракций висмутина, в котором зафиксированы содержания золота до 0,1 %. Значительно реже золото наблюдается в арсенопирите и галените. Пробность золота, определяемая для молибденит-висмутиновой с самородным висмутом ассоциации, низкая – 693-703 %. Из примесей, кроме серебра, в нем установлены медь и ртуть в количестве сотых-десятых долей процента.

Изотопный состав галенитов из жил разнотипных проявлений Кропоткинско-Никитинской металлогенической зоны изучался в восьми образцах по изотопному отношению свинца по заказу ВНИИОкеангеология на масс-спектрометре M1201 в лаборатории ВСЕГЕИ Л.А.Неймарком в 1984 г. и А.П.Чухониным в 1991 г. Модельный возраст этой минерализации был определен в интервале 200-300 млн лет, т.е. от позднего карбона до ранней юры. Современные исследования, как правило, базируются на статистически значимых выборках анализов. Тем не менее аналогичные датировки известны и для ряда других золоторудных проявлений о-ва Большевик, в том числе проявления оз. Закрытое, расположенного севернее фиорда Спартак на траверзе Кропоткинско-



Никитинской металлогенической зоны. Сходные возрастные рубежи установлены для золоторудных проявлений севера Таймыра: золото-редкометальной формации залива Вальтера, золотокварцевой формации Жильное, золотосульфидно-кварцевой формации Конечное и др. [29, 36]. Все эти данные позволяют утверждать, что полученные определения абсолютного возраста оруденения на о-ве Большевик являются весьма вероятными.

Точки минерализации с золотом на северном продолжении Кропоткинско-Никитинской металлогенической зоны за ледником Семенова-Тян-Шанского выявлены на высотах от 50 до 350 м.

Обсуждение результатов. Все описанные минерально-геохимические особенности оруденения западной части о-ва Большевик роднят его с выделяемой на северо-востоке России [22, 23], а также в других регионах мира золото-редкометальной формацией [7, 9, 11], что отмечалось в предыдущих работах [29, 36]. Помимо перечисленных особенностей оруденения Мартовско-Никитинского узла, обращает на себя внимание факт, что, как для ЗРМ, предполагается значительная мобилизация золота и других металлов гранитоидами из прорываемых ими осадочных пород с золото-сульфидной минерализацией [7], так и на о-ве Большевик наиболее древняя толща – голышевская рифейского возраста – содержит повышенные концентрации золота [29, 41, 42]. При изучении золотоносности черносланцевых отложений Таймыро-Североземельского региона сотрудниками ВНИИОкеангеология в 70-90-х гг. был установлен ряд толщ с повышенной золотоносностью (от 7 до 16 мг/т). А в отдельных частях разреза голышевской толщи о-ва Большевик выявлены его аномальные содержания – до 198 мг/т. Проведенные расчеты по возможному количеству золота, экстрагированного из черносланцевых толщ региона при контактовом метаморфизме гранитоидами, на основе данных, полученных В.А.Буряком [43], В.А.Злобиным [44], А.И.Забиякой [45, 46], его количества, могут составлять в ряде стратиграфических подразделений региона десятки и сотни тонн металла в одном кубическом километре [41]. Эти данные позволяют предполагать значительную роль голышевской толщи в привносе золота в гидротермы при палеозойской тектоно-магматической активизации региона [38, 39, 41].

Помимо золото-редкометальных и золоторудных проявлений, на территории западной части о-ва Большевик выявлены два проявления касситерит-сульфидной формации: на площади Тора-Каменского РРР – проявление Дайковое, в Студенинско-Озернинском рудном узле – проявление Студенинское. Проявление Дайковое интересно тем, что редкометальное оруденение наложено на расслоенную дайку габбро-долеритов T_{1-2} возраста мощностью четыре-пять метров и прослеженной протяженностью два километра. Рудопроявление расположено в 10 км севернее от г. Восьмое марта и приурочено к зоне смятия-рассланцевания на правом берегу р. Тора [38, 39].

В монофракциях арсенопирита в незначительном количестве присутствует золото (до 0,26 г/т по спектрохимическому анализу), а по результатам микрорентгеноспектрального анализа установлены следующие примеси: Ag (до 0,04 %), Pt (до 0,15 %), Pd (до 0,07 %) [29]. По данным бороздowego опробования, в рудах при весьма низких содержаниях олова, составляющих сотые доли процента, присутствует золото (до 0,5 г/т), серебро (до 400 г/т), медь (до 2 %) и цинк (до 1 %).

Рудопроявление Студенинское локализовано в слабоороговикованных терригенных породах экзоконтактовой зоны гранитоидного массива Кропоткина [38, 39]. Оруденение контролируется зоной разлома северо-восточного простирания шириной 20-80 м, прослеженной на 500 м. Рудная минерализация связана с густой сетью крутопадающих кварцевых жил и прожилков, ориентированных вкрест простирания пород. Мощность жил не превышает 5-20 см. В контурах рудопроявления выделяются два участка с густой сетью прожилково-жильного окварцевания, разделенные 200-метровым интервалом с единичными кварцевыми прожилками. Западный участок шириной 140 м характеризуется низкими содержаниями рудных элементов: Sn 0,02-0,04 %, Ag 100-400 г/т, Cu 0,1-0,6 %, Zn 0,1 %, иногда Pb до 0,1 %, Sb до 0,03 %. Восточный участок шириной около 100 м отличается значительно более богатым оруденением: Sn 0,1 % (до 2-7 %), Ag 200-400 г/т (до 1 кг/т), Bi 0,01-0,2 %, Cu, Pb и Zn – десятые доли процента. Золото фиксируется редко – сотые доли граммов на тонну.

Золоторудные проявления и точки минерализации золота в Тора-Каменском РРР относятся к золотосульфидно-кварцевой и золотокварцевой формациям. Примером проявления золотосульфидно-кварцевой формации в данном районе является проявление Торинское. Проявление представлено двумя жильно-прожилковыми зонами северо-восточного простирания в среднем течении



р. Тора ниже ее резкой петли. Мощность опробованной части первой зоны составляет 60 м. Выделяются четыре типа жильных образований: 1 – линзовидные субсогласные с простиранием вмещающих пород пологопадающие жилы мощностью до 0,5 м без видимой рудной минерализации; 2 – субсогласные прожилки мощностью 2-4 см с преимущественно пиритовой (2-4 %) минерализацией и редкими выделениями халькопирита и сфалерита; 3 – секущие субширотные маломощные (1-10 до 60 см) прожилки и жилы карбонат-кварцевого состава, в которых сульфидов значительно больше (до 50 %); 4 – секущие субширотные маломощные прожилки того же состава с небольшим количеством сульфидов. Жильные образования 3 и 4-го типов содержат золото (0,7-2,1 г/т), серебро (87-104 г/т), также наблюдаются повышенные содержания цинка (до 0,2 %), реже – свинца (до 0,06 %), мышьяка (до 0,04 %) и меди (до 0,01 %). В рудах преобладает пирит (70-90 % от общего количества рудных минералов), второстепенными минералами являются сфалерит, галенит и халькопирит, а редкими – арсенопирит, блеклая руда, самородное серебро, акантит и золото.

Тип золоторудных образований, относимых к золото-кварцевой формации, на этой территории представлен проявлением, выявленным на р. Каменистая. Проявление представлено зоной карбонатно-кварцевого прожилкования в области смятия и трещиноватости, сопровождающей крупный Каменский разлом. Проявление находится в правом борту р. Каменистая в двух километрах от ее впадения в р. Каменка. Простираение зоны прожилкования северо-восточное, ее мощность составляет около шести метров. Частота прожилкования до 10-15 на метр, мощность прожилков от 0,2 до 5-10 см. Часто они разноориентированные, ветвящиеся, общее падение зоны под углом 60° на северо-запад. Кварц в жилках и прожилках белый и бело-серый сливной, содержит 5-8 % хлорита и хлоритизированных реликтов вмещающей породы и столько же белого кальцита. Общее количество сульфидов в жильных образованиях составляет около одного процента, местами до двух-трех. Сульфиды концентрируются в основном по зальбандам в виде линзовидных гнезд и прожилков, реже присутствуют по центру прожилка, а также в виде очень рассеянной вкрапленности в породе. Основными рудными минералами являются арсенопирит и пирит в переменных относительно друг друга количествах, но в целом арсенопирит составляет 60-70 %, а пирит 30-40 %, хотя в отдельных случаях он даже преобладает.

Золото чаще всего встречается в крупных дробленых агрегатах сульфидов. В арсенопирите установлено всего 4 % зерен металла, остальное количество выявленных зерен приурочено к пириту. Золото мелкое – 5-10 мкм, редко более 30 мкм. Средние содержания ряда элементов по прожилкам этой зоны: As 0,11 %; Cu 0,002 %; Pb 0,02 %; Zn 0,004 %; Ag 3,4 г/т; Au 3,38 (максимально 11 г/т). В то же время во вмещающих сульфидизированных породах: As 0,09 %; Cu 0,004 %; Pb 0,0006 %; Zn 0,004 %; Ag 0,17 г/т; Au 0,27 г/т. Многие точки минерализации золота на этой территории могут быть отнесены к подобным объектам с убогой минерализацией.

Сходное по минеральному составу рудопроявление Первое с тонким золотом и несколько большим содержанием сульфидов в прожилках и кварцевых метасоматитах рудной зоны от одного до трех процентов, местами до 10 %, и средним содержанием золота 1-5 г/т (максимальным до 72 г/т) расположено юго-западнее границы данной металлогенической зоны. Пробность золота в его пределах 810-926 ‰.

В пределах Студенинско-Озернинского рудного узла установлено два выхода гранитоидов Кропоткинского комплекса (C₁₋₂). Это массив Кропоткина и выход гранитов, выявленный позднее Дудинской центральной арктической геолого-разведочной экспедицией (ДЦАГРЭ) у ледника. Предполагается, что это единый массив, в основном закрытый ледником Ленинградский. Наряду с интрузией гранитов в этом районе выявлены многочисленные дайки. Они представлены андезитами и дацитами норинского комплекса, риолитами кропоткинского комплекса, долеритами университетского и ближнеостровского комплексов и единичными дайками керсантитов ахматовского комплекса.

По данным ДЦАГРЭ, на территории узла выявлено рудопроявление Студенинское – касситерит-сульфидной формации и несколько проявлений и точек минерализации с полисульфидной минерализацией, в ряде случаев с повышенными содержаниями золота, серебра и олова. В минерализованных жилах преобладают пирит, арсенопирит, галенит, халькопирит и сфалерит.



Встречаются практически мономинеральные пиритовые и галенитовые прожилки. Самородное золото установлено в протолочках по 10 жилам. Золото представлено мелкими (от 0,05 до 0,9 мм) выделениями комковатой, интерстициальной, неполнокристаллическими и частично ограненными формами. Пробность золота из протолочек Студенинско-Озернинского рудного узла от 700 до 980, в среднем 800 ‰.

Всего в этом районе, по данным спектрального анализа, выявлено 28 комплексных полиметаллических и серебряно-полиметаллических пунктов минерализации. Серебра содержится до 2 кг/т, в том числе три точки с золотом до 20 г/т. Большинство сосредоточено на востоке площади в биотитовых роговиках и вблизи них. Помимо благородных металлов в пробах отмечены повышенные содержания Cu (до 0,8 %), Pb (более 1 %), Zn (более 1 %), As (до 0,2 %), Sn (до 0,6 %). Обилие полисульфидов в проявлении Студенинское и сугубо тонкоиглочатый характер касситерита [38, 39] позволяют предполагать, что данное проявление представляет верхи рудной колонны и имеет хорошую перспективу на глубину. Другие кварц-сульфидные проявления Студенинско-Озернинского рудного узла могут относиться к олово-серебро-полиметаллическому типу, что тоже может рассматриваться как положительный момент в оценке перспектив оруденения Студенинско-Озернинского района.

По аналогии с описанными случаями вертикальной зональности оруденения в других районах России, можно предположить размещение золото-редкометальной минерализации непосредственно в апикальных частях гранитоидов и в ближайшем ореоле роговиков, а на удалении с выходом из роговиковой зоны – наличие жильных образований касситерит-сульфидной формации, местами с повышенными содержаниями золота и серебра. И, наконец, проявления золотосульфидно-кварцевого и золотокварцевого типа локализуются в зонах нарушений, как правило, дальше от гранитоидов, чем предыдущие. В ряде случаев в собственно золоторудных проявлениях района в протолочках выявлен касситерит и другие редкометальные минералы (вольфрамит, молибденит, шеелит – рудопоявление Грязнуха) [39]. Все это говорит о широком распространении касситерита в рудных образованиях металлогенической зоны и подчеркивает связь разнотипного оруденения с гранитоидами.

Заключение. Все приведенные геологические и минералого-геохимические характеристики редкометального с золотом оруденения Кропоткинско-Никитинской металлогенической зоны соответствуют характеристикам ЗРМ формации.

Выявленные в данной металлогенической зоне проявления других формационных типов позволяют предположить определенную зональность в их размещении – золото-редкометальное оруденение размещается в апикальных частях гранитоидов и ближайшем ореоле роговиков. На удалении с выходом из роговиковой зоны присутствуют жильные образования касситерит-сульфидной формации с повышенными содержаниями золота и серебра в верхах рудной колонны совместно с повышенным количеством полиметаллов. Собственно золоторудные проявления золотокварцевой и золотосульфидно-кварцевой формации локализуются в зонах нарушений, как правило, дальше от гранитоидов. Хотя в ряде случаев и в собственно золоторудных проявлениях (например, в проявлении Грязнуха) устанавливается присутствие редкометальных минералов: касситерита, вольфрамита, молибденита [39].

Отнесение всех типов оруденения этой металлогенической зоны к единому гидротермальному процессу, связанному с гранитоидами Кропоткинско-Никитинского комплекса, подчеркивается сходным изотопным составом свинца галенитов, определяющим модельный возраст всего оруденения в 200-300 млн лет.

Для золото-редкометальных месторождений России и мира исследователями предполагается мобилизация существенного количества золота из прорываемых гранитоидами осадочных толщ с золотосульфидной минерализацией. На о-ве Большевик наиболее древняя толща – голышевская рифейского возраста – содержит повышенные концентрации металла и может служить базовой формацией – поставщиком золота для последующего гидротермального процесса.

Кропоткинско-Никитинская металлогеническая зона характеризуется как наиболее значимая в данном районе и перспективная на выявление при постановке геологоразведочных работ промышленных месторождений, в том числе и золото-редкометальных.



Авторы выражают благодарность заместителю директора ВНИИОкеангеология им. И.С.Грамберга, одному из ведущих специалистов по геологии архипелага Северная Земля и о-ва Большевик А.Н.Смирнову за содействие в подготовке картографического материала и текста статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Litvinenko V. The Role of Hydrocarbons in the Global Energy Agenda: The Focus on Liquefied Natural Gas // Resources. 2020. Vol. 9. Iss. 5. № 59. DOI: [10.3390/resources9050059](https://doi.org/10.3390/resources9050059)
2. Prischepa O., Nefedov Y., Nikiforova V. Arctic Shelf Oil and Gas Prospects from Lower-Middle Paleozoic Sediments of the Timan-Pechora Oil and Gas Province Based on the Results of a Regional Study // Resources. 2022. Vol. 11. Iss. 3. DOI: [10.3390/resources11010003](https://doi.org/10.3390/resources11010003)
3. Litvinenko V.S., Tsvetkov P.S., Molodtsov K.V. The social and market mechanism of sustainable development of public companies in the mineral resource sector // Eurasian mining. 2020. № 1. P. 36-41. DOI: [10.17580/em.2020.01.07](https://doi.org/10.17580/em.2020.01.07)
4. Kruk M.N., Guryleva N.S., Cherepovitsyn A.E., Nikulina A.Yu. Opportunities for improving the corporate social responsibility programs for metallurgical companies in the Arctic // Non-ferrous metals. 2018. Vol. 1. № 44. P. 3-6. DOI: [10.17580/nfm.2018.01.01](https://doi.org/10.17580/nfm.2018.01.01)
5. Kruk M.N., Semenov A.S., Cherepovitsyn A.E., Nikulina A.Yu. Environmental and Economic Damage from the Development of Oil and Gas Fields in the Arctic Shelf of the Russian Federation // European Research Studies Journal. 2018. Vol. 21. Special Iss. 2. P. 423-433.
6. Гордон Ф.А., Дмитриева А.Д. Самородное золото и флюидный режим формирования рудоносных пород проявления Раялампи (Хаутаваарская структура, Южная Карелия) // Вестник геонаук. 2020. № 5 (305). С. 9-16. DOI: [10.19110/geov.2020.5.2](https://doi.org/10.19110/geov.2020.5.2)
7. Волков А.В., Сидоров А.А. Прогнозно-поисковая модель месторождений золота, связанных с интрузивами гранитоидов Арктической зоны России // Арктика: экология и экономика. 2018. № 3 (31). С. 84-99. DOI: [10.25283/2223-4594-2018-3-84-99](https://doi.org/10.25283/2223-4594-2018-3-84-99)
8. Шило Н.А., Гончаров В.И., Альшевский А.В., Ворцenneв В.В. Условия формирования золотого оруденения в структурах Северо-Востока СССР. М.: Наука, 1988. 181 с.
9. Волков А.В., Савва Н.Е., Сидоров А.А. О плутогенных месторождениях тонкодисперсного золота северо-востока России // Доклады Академии наук. 2007. Т. 412. № 1. С. 76-80.
10. Сидоров А.А., Волков А.В. О золоторудных месторождениях в гранитоидах // Доклады Академии наук. 2000. Т. 375. № 6. С. 807-811.
11. Гамянин Г.Н., Гончаров В.И., Горячев Н.А. Золоторедкометалльные месторождения Северо-Востока России // Тихоокеанская геология. 1998. Т. 17. № 3. С. 94-103.
12. Гамянин Г.Н., Горячев Н.А., Бахарева А.Г. и др. Условия зарождения и эволюции гранитоидных золоторудно-магматических систем в мезозоидах Северо-Востока Азии. Магадан: Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А.Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук, 2003. 187 с.
13. Некрасов А.И. Золоторудные месторождения северо-востока Якутии // Руды и металлы. 2007. № 5. С. 26-48.
14. Bushuev Ya.Yu., Leontev V.I., Machevariani M.M. Geochemical Features of Au-Te Epithermal Ores of the Samolazovskoye Deposit (Central Aldan Ore District, Yakutia) // Key Engineering Materials. 2018. Vol. 769. P. 207-212. DOI: [10.4028/www.scientific.net/KEM.769.207](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.769.207)
15. Леонтьев В.И., Бушуев Я.Ю., Черниговцев К.А. Самолазовское золоторудное месторождение (Центрально-Алданский рудный район): геологическое строение и особенности оруденения глубоких горизонтов // Региональная геология и металлогения. 2018. № 75. С. 90-103.
16. Кисин А.Ю., Притчин М.Е., Озорнин Д.А. Геолого-структурная позиция Светлинского месторождения золота (Южный Урал) // Записки Горного института. 2022. Т. 255. С. 369-376. DOI: [10.31897/PMI.2022.46](https://doi.org/10.31897/PMI.2022.46)
17. Гузев В.Е., Терехов А.В., Крымский Р.Ш. и др. Морозкинское золоторудное месторождение (южная Якутия): возраст и источники рудного вещества // Записки Горного института. 2021. Т. 252. С. 801-813. DOI: [10.31897/PMI.2021.6.3](https://doi.org/10.31897/PMI.2021.6.3)
18. Baker T., Lang J.R. Fluid inclusion characteristics of intrusion-related gold mineralization, Tombstone-Tungsten magmatic belt, Yukon Territory, Canada // Mineralium Deposita. 2001. Vol. 36. P. 563-582. DOI: [10.1007/s001260100189](https://doi.org/10.1007/s001260100189)
19. Bakke A.A. The Fort Knox «porphyry» gold deposit – Structurally controlled stockwork and shear quartz vein, sulphide-poor mineralization hosted by a Late Cretaceous pluton, east-central Alaska // Porphyry deposits of the Northwestern Cordillera of North America. CIM, 1995. Special Vol. 46. P. 795-802.
20. Freeman C.J. Geology and Mineralization of the Shorty Creek Project, Livengood – Tolovana Mining District, Alaska: Internal Report to Select Resources, 2010. 88 p.
21. Hart C.J.R. Reduced intrusion-related gold systems. Mineral deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods // Reduced Intrusion-Related Gold Systems. 2007. № 5. P. 95-112.
22. Соловьев Л.И. О соотношении оловянного и золотого оруденения (на примере одного из оловорудных узлов Восточной Якутии) // Оловоносные магматические и рудные формации Восточной Якутии. Якутск: Якутский научный центр Сибирского отделения Академии наук, 1989. С. 78-90.
23. Томсон И.Н., Серафимовский Т., Тасев Г. и др. Многоярусное строение рудно-магматических колонн на крупных рудных месторождениях // Доклады Академии наук. 2005. Т. 403. № 3. С. 366-369.
24. Гамянин Г.Н., Аллатов В.В., Бортников Н.С., Аникина Е.Ю. Геолого-вещественная характеристика и генетические особенности серебро-полиметаллического месторождения Прогноз // Горнодобывающие комплексы Сибири. Улан-Удэ: Бурятский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, 1989. С. 96-89.



25. Гусев И.М., Аристов В.В. Литология и условия осадконакопления золотоносных толщ позднего нория центральной части Яно-Колымской золотоносной металлогенической провинции, Республика Якутия // Руды и металлы. 2011. № 1. С. 11-22.
26. Сидоров А.А., Волков А.В. Источники рудного вещества и условия формирования золоторудных месторождений Северо-Востока России // Доклады Академии наук. 2001. Т. 376. № 5. С. 658-661.
27. Сидоров А.А., Волков А.В., Савва Н.Е. О зонах тонкой сульфидизации (Северо-Восток России) // Доклады Академии наук. 2009. Т. 427. № 1. С. 84-89.
28. Степанов В.А., Мельников А.В. Месторождения золото-кварцевой формации Приамурской провинции // Записки Горного института. 2017. Т. 223. С. 20-29. DOI: 10.18454/PMI.2017.1.20
29. Евдокимов А.Н., Смирнов А.Н., Фокин В.И. Полезные ископаемые арктических островов России // Записки Горного института. 2015. Т. 216. С. 5-12.
30. Грамберг И.С., Додин Д.А. Минерально-сырьевая база Арктической зоны: состояние и перспективы развития // Горнодобывающие комплексы Сибири. Улан-Удэ: Бурятский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук. 1989. С. 86-89.
31. Проскурнин В.Ф., Листков А.Г., Гавриш А.В., Ванюнин Н.В. Металлогенический анализ и перспективы промышленного освоения Таймыро-Североземельской золотоносной провинции // Недра Таймыра: Сборник научных трудов. Вып. 5. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2002. С. 9-42.
32. Сердюк С.С. Золотоносные и золото-платиноносные провинции севера Центральной Сибири // Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология. СПб: ВНИИОкеангеология, 2002. С. 537-558.
33. Проскурнин В.Ф., Фокин В.И., Кузьмин В.Г. История открытия рудного золота в Таймыро-Североземельском регионе // Недра Таймыра: Сборник научных трудов. Вып. 3. Норильск, 1999. С. 104-112.
34. Проскурнин В.Ф., Гавриш А.В. Хронология открытий золота на полуострове Таймыр и архипелаге Северная Земля // Очерки по истории открытий минеральных богатств Таймыра. Новосибирск: Издательство Новосибирского университета, филиал «Гео» СО РАН, 2001. С. 128-149.
35. Кузьмин В.Г., Оболонский Г.Н., Гавриш А.В. Минералого-геохимические особенности редкометального оруденения // Геохимия и минералогия рудных формаций Норильского региона: Сборник научных трудов. Л.: Наука, 1988. С.101-104.
36. Фокин В.И., Шануренко Н.К. Геолого-вещественная характеристика комплексных редкометальных (W, Mo, Sn, Bi) рудопоявлений Таймыро-Североземельской золотоносной провинции и их сходство с месторождениями золоторедкометальной формации северо-востока России // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона: Труды ВНИИОкеангеология. Т. 223. Вып. 8. СПб: ВНИИОкеангеология, 2012. С. 143-149.
37. Кузьмин В.Г. Металлогения, эпохи и этапы рудогенеза Северной Земли // Недра Таймыра: Сборник научных трудов. Вып. 4. Норильск, 2000. С.109-121.
38. Твердые полезные ископаемые архипелагов и островов арктической континентальной окраины Евразии: Труды НИИГА-ВНИИОкеангеология. Т. 216. СПб: ВНИИОкеангеология, 2010. 336 с.
39. Северная Земля. Геологическое строение / Под ред. И.С.Грамберга, В.И.Ушакова. СПб: ВНИИОкеангеология, 2000. 187 с.
40. Фокин В.И., Радина Е.С. Минералы висмута и теллура в продуктивных парагенезисах кварцевожилных проявлений севера Таймыро-Североземельской золоторудной провинции // Природные ресурсы Таймыра. Вып. 1. Дудинка, 2003. С. 146-159.
41. Евдокимов А.Н., Фокин В.И., Шануренко Н.К. Геохимические особенности и перспективы рудоносности черносланцевых образований Таймыро-Североземельской золотоносной провинции // Записки Горного института. 2016. Т. 217. С. 13-22.
42. Кузьмин В.Г., Проскурнин В.Ф., Фокин В.И. Стратифицированное оруденение Северной Земли // Геология, литодинамика и россыпеобразование в прибрежных зонах Арктики. Л.: ПГО «Севморгеология», 1990. С. 19-25.
43. Бурак В.А., Гончаров В.И., Горячев Н.А. Эволюционный ряд крупнообъемных золото-платиноидных месторождений в углеродистых толщах // Доклады Российской академии наук. 2002. Т. 387. № 4. С. 512-515.
44. Злобин В.А., Цимбалист В.Г. Эффект прокаливания и проблема формирования золотого оруденения в черносланцевых толщах // Генетические модели эндогенных рудных формаций. Новосибирск: Наука, 1983. Т. 2. С. 162-169.
45. Забияка А.И., Верниковский В.А., Забияка И.Д. Геохимическая модель распределения золота в экзоконтактовом ореоле гранитоидного массива // Доклады Академии наук СССР. 1990. Т. 313. № 4. С. 959-962.
46. Золотоносные коры выветривания Таймыра (геология, тектоника, рудоносность) / Под ред. А.А.Забияка. Красноярск: Красноярский научно-исследовательский институт геологии и минерального сырья, 2013. 134 с.

Авторы: А.Н.Евдокимов, д-р геол.-минерал. наук, профессор, evdokimov_an@spmi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8121-0426> (Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия), В.И.Фокин, старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-3452-5086> (ВНИИОкеангеология им. И.С.Грамберга, Санкт-Петербург, Россия), Н.К.Шануренко, канд. геол.-минерал. наук, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-2788-3598> (ВНИИОкеангеология им. И.С.Грамберга, Санкт-Петербург, Россия).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.