

Геолого-генетическая модель формирования Майского месторождения и прогнозно-поисковые критерии локализации оруденения майского типа (Чукотка)

На основе обобщения обширного фактического каменного материала, натуральных наблюдений в подземных горных выработках и интерпретации лабораторно-аналитических данных впервые предложена модель формирования золотого оруденения Майского месторождения, разработаны прогнозно-поисковые критерии выявления и локализации оруденения майского типа.

Ключевые слова: *Майское месторождение, золотое оруденение, геолого-генетическая модель, прогнозно-поисковые критерии.*

D. S. ARTEM'EV (VSEGEI)

Genetic model of the May deposit and prognostic-prospecting criteria for the localization of mineralization of the mayskoe type (Chukotka)

The paper is described a model for the formation of gold mineralization of the May deposit, based on the generalization of extensive actual rocks, in situ observations in underground mine workings and interpretation of laboratory and analytical data. Developed prognostic-search criteria for the identification and localization of mineralization of the Mayskoye type.

Keywords: *May deposit, gold mineralization, geological-genetic model, prognostic-search criteria.*

Введение. В настоящее время продолжается тенденция к исчерпанию запасов как россыпного, так и коренного золота в пределах Чукотского автономного округа. Основными геолого-промышленными типами являются эпитермальный и черносланцевый крупнообъемный. По опыту последних лет золотодобывающими компаниями вводятся в разработку и успешно эксплуатируются крупнообъемные месторождения с упорными рудами в черносланцевых толщах. Хорошие примеры – объекты компании АО «Полиметалл» в Албазино, Хабаровский край, Майское на Чукотке, Нежданинское в Якутии и проект Кызыл с месторождениями Бакырчик и Большевик в Казахстане. В работе уделено особое внимание разработке геолого-генетической модели черносланцевого типа оруденения на основе современных данных.

Методика исследований. Статья основана на материале, собранном автором в 2012–2015 гг. на Майском руднике. Обобщены данные аналитических исследований, выполненных во ВСЕГЕИ. Фактический материал: пробы горных пород, шлифы (180 шт.) и аншлифы (39 шт.), которые изучались в отраженном и проходящем свете на микроскопе Leica DM 2500 с камерой DFC 420; результаты изотопно-геохронологических исследований цирконов U-Pb локальным методом на приборе SHRIMP II для определения возраста магматических пород кислого и среднего состава (4 образца), газово-жидких включений в кварце (5 образцов), состава рудной минерализации, проводившейся в 10 прозрачно-полированных шлифах с нанесенным углеродным напылением на приборе CamScan MV 2300 с энергодисперсионным

микроанализатором LINK Pentafet (Oxford Instr.); результаты химических анализов (180 образцов) на микроэлементы (27 шт., прибор «ELAN-6100 DRC» масс-спектрометр с индуктивно-связанной плазмой ISP-MS). Для определения Au использовался метод атомной абсорбции (метод полного кислотного вскрытия) на приборе Analyst-800, Hg – метод холодного пара на приборе «Юлия 5М», As – масс-спектрометрический метод с индуктивно-связанной плазмой ISP MS на приборе «ELAN-6100 DRC» (с плавлением с метабаром лития); результаты химических анализов (177 образцов) на петрогенные окислы; рентгеноспектральный флуоресцентный метод (XRF), а также S и C_{общ} инфракрасный спектральный метод; данные количественного анализа минерального состава рудоносных метасоматитов, выполненных с помощью порошковой дифрактометрии на приборе ДРОН-6 с программным обеспечением PDWin 4, напряжение 35 кВ, сила тока 25 мА, Co-монохроматическое излучение (4 пробы); данные об изотопном составе серы в сульфидах, полученные на масс-спектрометре ThermoQuest Finnigan MAT DELTA Plus XL (3 монофракции).

Геолого-генетическая модель формирования золотого оруденения Майского рудного поля. Для успешного обнаружения золоторудных объектов майского типа при прогнозно-поисковых работах следует четко представлять прогнозные критерии. Это предполагает знание условий формирования рудоносных структур, включающих вмещающие породы, тектонические структуры, гидротермально-метасоматические и другие процессы, способствующие образованию золотого оруденения. С учетом всех вышеперечисленных

признаков создана геолого-генетическая модель и получены прогнозно-поисковые критерии выявления и локализации оруденения майского типа. Эти данные позволяют оценить ту или иную часть недр на наличие золоторудных объектов сопоставимого размера и сходного типа.

Комплексное изучение геолого-тектонической позиции Майского рудного поля в региональных структурах Центральной Чукотки, истории геологического развития, петрографо-геохимических и изотопно-геохронологических особенностей вмещающих терригенно-осадочных, прорывающих их магматических пород и рудоносных гидротермально-метасоматических образований, а также физико-химических условий их образования из гидротермального флюида позволило построить двухэтапную геолого-генетическую модель формирования золотого оруденения (рис. 1). Каждый этап в свою очередь подразделяется на стадии, сменяющие друг друга во времени и характеризующиеся определенным событием, отраженным в геологическом строении Майского рудного поля. Многие предшественники [2–4, 6, 10] разделяют точку зрения о многоэтапности золото-серебряных и золоторудных месторождений Северо-Востока России, в том числе и Майского.

Первый этап – рудоподготовительный – делится на две разделенные во времени *стадии*. *Первая стадия* (рис. 1, а) – трансгрессия моря в раннем триасе и накопление терригенных, углеродистых, алевропелитовых, реже псаммитовых осадков на карбонатном основании карбонового возраста. Причем чем меньше размерность осадков, тем выше содержание органического углерода. Затем происходит растяжение дна бассейна и в толщу нелитифицированных осадков внедряются гипабиссальные интрузии – дайки и субпластовые тела основного состава. Наряду с поступлением обломочного материала в осадочный бассейн благодаря магматическим внедрениям привносятся сидерофильные, халькофильные и благородные элементы, которые равномерно распределяются в осадочных породах триаса, иногда образуются сингенетичные пиритовые конкреции (рис. 2). Н. Е. Савва [6] отмечает, что дайки габбро-долеритов и долеритов триасового возраста являются «золотогенерирующими для терригенных осадков». В итоге сформировались геохимически специализированные толщи с надкларковым содержанием полезных компонентов (например, золота 0,005–0,01 г/т). К концу триаса произошла обширная трансгрессия моря, Центральная Чукотка была выведена на дневную поверхность.

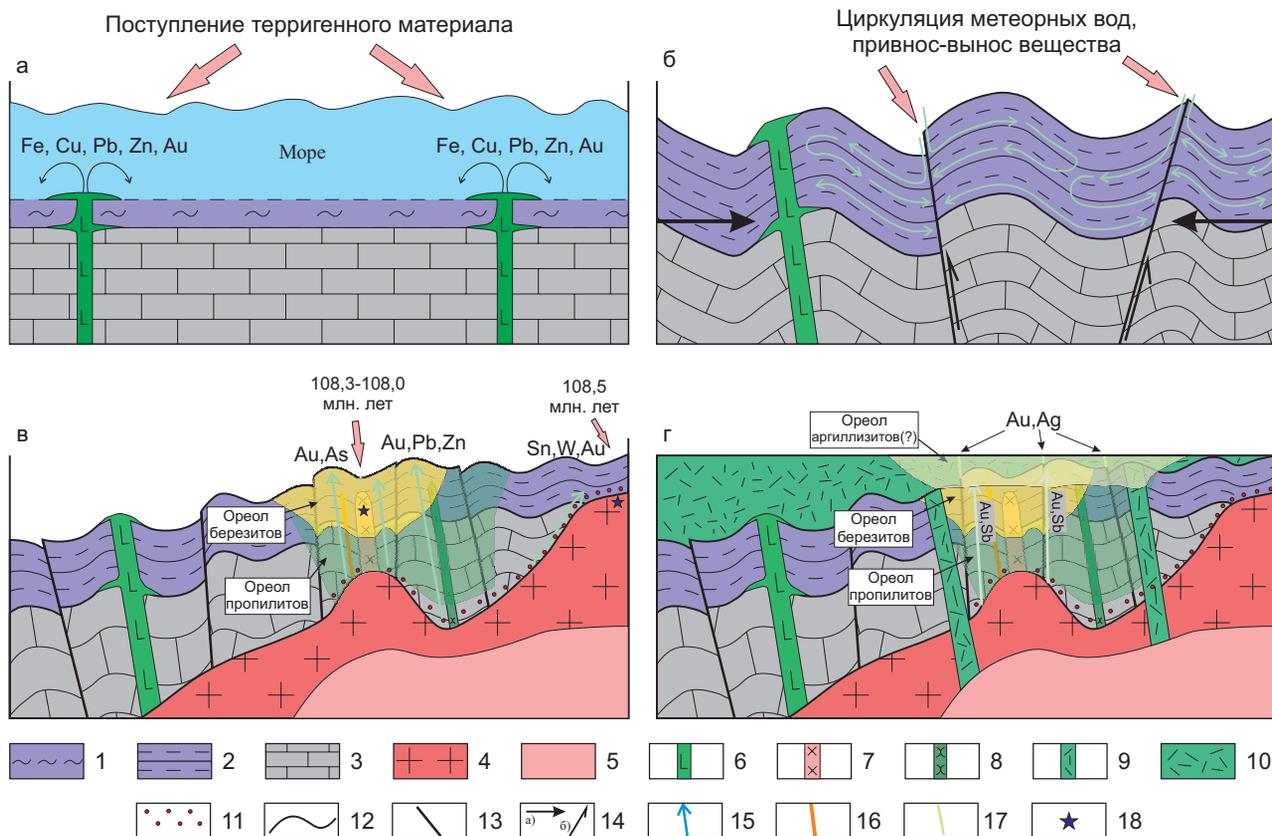


Рис. 1. Геолого-генетическая модель формирования золотого оруденения Майского рудного поля

Рудоподготовительный этап: а – триасовый, б – юрский временные срезы; рудоформирующий этап: в – раннемеловой и г – позднемеловой–раннепалеогеновый временные срезы.

1 – нелитифицированные терригенные осадки триаса; 2 – терригенные породы триаса; 3 – карбонатные породы карбона; 4 – меловые граниты Куkenейского массива; 5 – магматический очаг; 6 – дайки основного состава триасового возраста; 7 – дайки кислого состава мелового возраста; 8 – лампрофиры мелового возраста; 9 – субвулканические тела риолитов мелового возраста; 10 – вулканы Пегтымельского вулканопрогиба; 11 – грейзенизация; 12 – геологические границы; 13 – разрывные нарушения; 14 – напряжения: а) – горизонтальные, б) – вертикальные; 15 – направление движения гидротермальных флюидов; 16 – золото-сульфидное вкрапленное оруденение; 17 – предполагаемое эпитермальное золото-серебряное оруденение; 18 – места опробования для определения изотопного возраста

Вторая стадия (рис. 1, б) – инверсия Чукотского палеобассейна в юрское время, осадочные породы сминаются в складки, затем проявляются хрупкие деформации – заложение разрывных нарушений северо-западного простирания. Территория вступает в орогенную стадию. Терригенно-осадочные породы подверглись региональному метаморфизму зеленосланцевой фации. По вновь сформированным дизъюнктивным структурам метеорные воды проникают в толщу осадочных пород, способствуют миграции(?) полезных компонентов и перетолжению их вблизи разрывных нарушений. Что касается минералообразующего флюида, то температура гомогенизации составляет 300–280 °С, давление 1,1 кбар. РТ параметры флюида определены по включениям в среднезернистом кварце первой генерации. На второй стадии завершается рудо-подготовительный этап. До раннемелового времени территория Центральной Чукотки подвергается размыву.

Второй этап – рудоформирующий – по результатам наших исследований подразделяется на как минимум три стадии. *Первая стадия* (рис. 1, в) сопоставляется с началом меловой тектоно-магматической активизации, первичным отрезком которой является рубеж аптского и альбского веков. В центральной части Майского рудного поля происходит становление Кукенейского гранитного интрузива, радиологический возраст которого определен в ЦИИ ВСЕГЕИ – $108,5 \pm 1$ млн лет [1]. Сателлиты интрузива при внедрении в осадочную толщу создают вертикальные напряжения, подновляются старые разрывные нарушения северо-западного простирания и образуются новые. Системы разломов северо-восточного простирания воздымают осадочные толщи и образуют Кукенейский горст, а субмеридиональные системы трещин – Майский горст. По новообразованным разрывным нарушениям в терригенные породы чуть позже внедряются дайки пестрого состава (от лампрофиров до гранит-порфиров), их радиологический возраст 108,0–108,3 ± 1 млн лет [1]. Наиболее широко распространены жильные магматические образования гранит-порфиров – мощные гипабиссальные тела с многочисленными ответвлениями и апофизами. При внедрении магматических пород создается избыточное давление в горизонтальной плоскости,

дайки раздвигали осадочные породы. На исследуемой площади развиваются пластичные, вязкие деформации – зоны смятия, а также хрупкие – зоны дробления. Судя по флюидным включениям в гранулированном кварце, температура гомогенизации 280–250 °С, а давление возрастает от 1,1 до 1,4 кбар. О высоком давлении в системе свидетельствует наличие высокобарической разности каолинита – диккита.

С первой стадией связано формирование первой рудной редкометалльной минеральной ассоциации, она не имеет промышленного интереса в пределах Майского рудного поля. Гидротермальные флюиды, последовавшие за внедрением гипабиссальных интрузивов, перераспределяли вещество и способствовали отложению сульфидов, в катионные позиции которых входят халькофильные элементы. В редкометалльную ассоциацию входят халькопирит, пирротин, галенит, сфалерит, блеклые руды и другие более редкие минералы, они образуют кварц-сульфидные жилы и прожилки. Установлены тесные положительные корреляционные связи с помощью матрицы корреляции и факторного анализа между группой металлов, занимающих катионные позиции в этих минералах. Данная ассоциация широко распространена в восточном блоке Майского месторождения, кварц-сульфидные жилы секут дайки кислого состава (рис. 3).

Во *вторую стадию* (рис. 1, в) формируются промышленные концентрации тонкодисперсного золота в весьма тесной ассоциации с сопутствующей сульфидной минерализацией. Гидротермальные растворы поднимаются по ослабленным зонам, привносят рудные компоненты с глубины, циркулируют во вмещающих осадочных породах, перераспределяют золото из геохимически специализированных толщ и формируют промышленные залежи на геохимических барьерах в зонах смятия и дробления субмеридионального простирания.

Под действием гидротерм первичные минералы в околорудном пространстве замещаются серицитом, гидросерицитом, карбонатами, кварцем с образованием березитов. Из верхних частей метасоматической колонны происходит перераспределение органического углерода на нижние горизонты. Углерод является хорошим сорбентом и способствует осаждению полезных компонентов, в том числе золота. В рудах и на околожильных участках

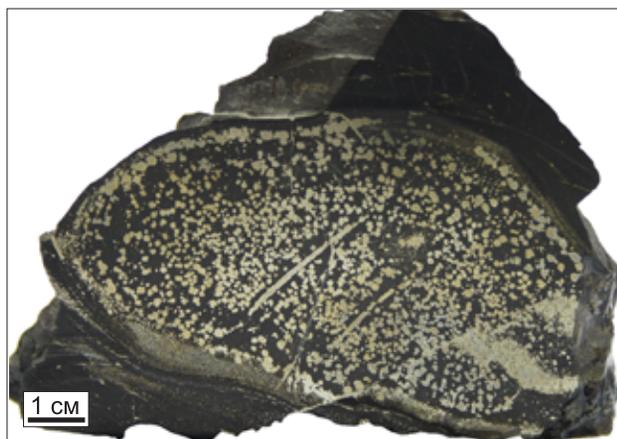


Рис. 2. Сингенетические пиритовые конкреции во вмещающих алевролитах среднего (?) триаса

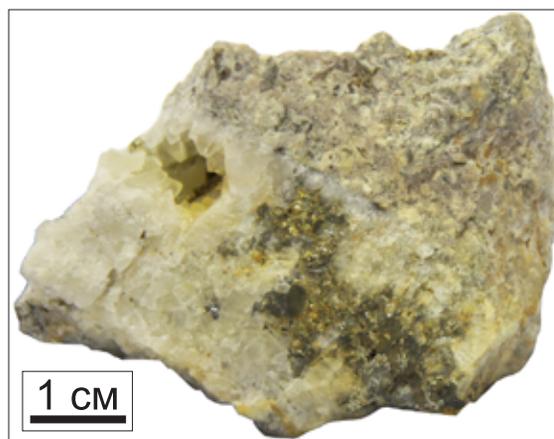


Рис. 3. Высокотемпературная кварцевая жила с редкометалльной минерализацией в дайке гранит-порфиров

отмечается накопление переотложенного углистого вещества. Судя по флюидным включениям из гребенчатого кварца (I), температура растворов составляла 220–230 °С, давление упало до 0,8–0,7 кбар. Рудная минерализация представлена мышьяковистым пиритом и тонкокогльчатый арсенопиритом, с которым связано около 90 % запасов золота. Рудные жилы имеют крутое падение, 65°–85° и занимают секущее положение относительно пологопадающих жил (20°–30°) редкометалльной ассоциации. Для продуктивной рудной ассоциации установлены весьма тесные линейные корреляционные связи золота с молибденом, мышьяком и таллием. Золото является структурной примесью в арсенопирите, а природа молибдена и таллия до конца не ясна. Предполагается, что таллий и молибден входят в состав пирита или арсенопирита как микропримеси.

Третья стадия (рис. 1, з) – внедрение субвулканических тел и излияние на земную поверхность в пределах Майского рудного поля риолитов(?) и игнимбриитов(?). Вулканические породы, по мнению автора, покрывали всю исследуемую площадь и были частью Пегтымельского вулканического трегиба. А. А. Сидоров и соавторы [8] отмечают тесную связь золото-сульфидного вкрапленного оруденения с золото-серебряным эпитемальным в вулканических комплексах. В это время, судя по гребенчатому кварцу (II), происходят резкая декомпрессия системы (до 0,2 кбар) и падение температуры до 150–50 °С, из-за чего вскипает металлоносный гидротермальный флюид, образуя брекчиевые текстуры. С этой стадией связано образование рудных столбов – кварц-антимонитовых брекчий с видимым золотом, которые занимают секущее положение относительно тонкодисперсных пирит-арсенопиритовых руд. Эти образования имеют крутые углы залегания (75°–90°) и в некоторых случаях меняют направление падения с восточного на западное, тем самым пересекая генеральное падение пород рудного поля. Не исключено, что в перекрывающих вулканитах было сформировано эпитемальное золото-серебряное оруденение, сходное с таковым на месторождении Сопка Рудная. Третья стадия завершает рудоформирующий этап в пределах Майского рудного поля.

Позже, в четвертичное время, неотектонически движениями территория Майского рудного поля воздымается, начинается разрушение и размыв вулкаников, перекрывающих изучаемую территорию, а вместе с ними и эпитеральные золото-серебряные руды. Остаются лишь небольшие останцы к юго-востоку и небольшие россыпные объекты. Также воздымается и подвергается размыву центральный

блок Майского месторождения, в котором эрозийными процессами полностью срезается верхняя часть метасоматической колонны, представленная безуглеродистыми березитами.

Эволюция рудного процесса Майского месторождения происходила следующим образом (таблица):

- накопление геохимически специализированных толщ с надкларковыми содержаниями полезных компонентов – железа, меди, свинца, цинка, золота;
- заложение разрывных нарушений северо-восточного простирания, складкообразование и региональный метаморфизм зеленосланцевой фации терригенно-осадочных толщ с образованием кварц-пиритовой ассоциации;
- внедрение вдоль ослабленных зон даек лампрофиров, гранит-порфиров с образованием редкометалльной ассоциации;
- максимальная активность гидротермально-метасоматических растворов, связанных с внедрением даек пестрого состава, преобразование вмещающих пород, формирование березитов и промышленной пирит-арсенопиритовой минерализации с тонкодисперсным золотом;
- образование секущих кварц-антимонитовых жил с самородным золотом и мышьяком, связанных предположительно с внедрением эффузивных пород.

Этапность формирования оруденения Майского месторождения не противоречит исследованиям предшественников [3, 4, 5, 7, 9]. Однако Н. С. Бортников [2] считает, что золоторудная стадия предшествует редкометалльной.

На основе полученной геолого-генетической модели и всего комплекса проведенных исследований по объекту разработаны прогнозно-поисковые критерии формирования золотого оруденения майского типа.

Геотектонические. Приуроченность оруденения к центральным частям складчатых областей с двухэтажным строением и мощным осадочным чехлом (более 10 км), смятым в складки и прорванным серией долгоживущих глубинных разломов. Проявленность на территории мезозойской тектоно-магматической активизации, выраженной во внедрении различных магматических комплексов преимущественно кислого состава.

Геофизические. Область распространения золотого оруденения и зона окисления в геофизических полях выражается положительными изометричными аномалиями магнитного (от 50 до 500 нТл) и отрицательными естественного электрического (от –100 до –550 мВ) полей. Рудные зоны

Эволюция формирования оруденения Майского месторождения

Этапы	Стадии	Минеральные ассоциации	Условия образования, Т, град; Р, кбар
Рудоподготовительный	Осадочная	Пиритовая	–
	Метаморфогенная	Кварц-пиритовая	400–280; 1,1
Рудоформирующий	Редкометалльная	Кварц-халькопирит-вольфрамит-сфалеритовая	300–250; 1,4
	Золоторудная	Пирит-арсенопиритовая	250–220; 0,7–0,8
	Сурьмяная	Кварц-антимонитовая	240–150 до 50; 0,2

выделяются резко вытянутыми низкоомными аномалиями кажущегося электрического сопротивления (от первых единиц до 200 Ом · м). По положительным гравитационным аномалиям выделяются поля развития гидротермально-метасоматических образований.

Литологические. Приуроченность оруденения к терригенно-осадочным флишоидным толщам триасового возраста. Наиболее богатая золотая минерализация локализуется в алевролитах, аргиллитах и углисто-глинистых сланцах кэвеемской свит с высоким содержанием органического углерода (от 1 до 9 %).

Магматические. Проявление разнофациального мелового гранитного магматизма, связанного с тектоно-магматической активизацией территории. Внедрение крупных гранитных plutонов (площадь более 15 км²), как выходящих на дневную поверхность, так и «слепых». Внедрение большого количества телескопированных гипабиссальных интрузий «пестрого» состава (от лампрофиров до гранит-порфиров) в осадочные толщи. Приуроченность золотого оруденения к лежащим бокам даек преимущественно кислого состава.

Структурно-тектонические. Образование разновозрастных и разнопорядковых разрывных нарушений, развитие горстовых структур с амплитудами вертикальных перемещений до 600 м и смятие в складки вмещающих пород. Существование глубинных долгоживущих разломов 1 порядка северо-западного простирания, локализация золотого оруденения в крутопадающих (60°–90°) зонах смятия и дробления субмеридионального и в меньшей степени северо-восточного простирания.

Геохимические. Высокие уровни накопления золота, мышьяка, серебра, сурьмы, вольфрама, олова, образующие геохимические ассоциации этих химических элементов и вытянутые геохимические аномалии по вторичным ореолам рассеяния. Периферические части аномалий являются зоной выноса перечисленных рудных элементов.

Гидротермально-метасоматические. Широкое развитие ореолов гидротермально-метасоматических изменений – рудоносных высокоуглеродистых и безуглеродистых березитов серицит-карбонат-кварц-пиритового состава. РТ условия гидротермальных растворов колеблются от 300 до 50 °С и 1,4–0,2 кбар.

Минералогические. Новообразованные минералы березитов представлены серицитом, гидросерицитом, железистыми карбонатами (анкерит, сидерит), кварцем, в меньшей степени хлоритом и минералами группы каолина (диккит, каолинит, монтмориллонит). Рудная минерализация представлена золотосодержащим арсенопиритом, мышьяковистым пиритом, антимонитом, в меньшей степени галенитом, сфалеритом, халькопиритом, станином, блеклыми рудами, висмутином и др.

Изотопно-геохронологические. Возраст рудоносных березитов, вмещающих золото-сульфидное вкрапленное оруденение, моложе 108 млн лет – после внедрения даек пестрого состава. Возраст кварц-антимонитового оруденения с видимым золотом моложе и, предположительно, связывается с формированием вулканитов Пегтымельского вулканопрогиба. Изотопный состав серы из сульфидов колеблется от –1,0 до –10,4 ‰ и имеет смешанную природу.

Наиболее значимыми прогнозно-поисковыми критериями, по мнению автора, являются литологические, магматические, тектонические и гидротермально-метасоматические. Осадочные образования имеют высокое содержание органического углерода, который является сорбентом и способствует осаждению из гидротермальных растворов полезных компонентов. Магматический очаг служит источником для гидротермально-метасоматических флюидов и основным источником рудного вещества, а гипабиссальные тела – одновременно проводниками для растворов и флюидоупором. Разрывные нарушения субмеридионального простирания выступают в роли рудоподводящих и рудовмещающих структур. Гидротермально-метасоматические критерии, а именно, наличие березитовых изменений во вмещающих породах – прямой признак наличия золотого оруденения, и не только майского типа.

При наличии вместе перечисленных четырех прогнозно-поисковых критериев на определенном участке недр с большой долей вероятности можно говорить о наличии в том или ином объеме золотого оруденения майского типа. При проведении ГДП-200/2 или поисковых работ масштаба 1 : 50 000 в пределах Центрально-Чукотской складчатой области автор рекомендует учитывать разработанную геолого-генетическую модель и прогнозно-поисковые критерии формирования золото-сульфидного вкрапленного оруденения.

Заключение. Комплексные исследования геологического строения и истории геологического развития, гидротермально-метасоматических образований и их геохимических особенностей, а также условий локализации золото-сульфидного вкрапленного оруденения майского типа указывают на многоэтапность и полигенность Майского месторождения. Разработана двухэтапная геолого-генетическая модель формирования, которая отражает длительную эволюцию рудного процесса, происходившего на Майском месторождении. Сформулированы прогнозно-поисковые критерии выявления и локализации золото-сульфидного вкрапленного оруденения майского типа, самыми значимыми, по мнению автора, являются литологические, магматические, тектонические и гидротермально-метасоматические. Данные критерии позволят на стадии обоснования поисковых работ локализовать перспективные площади для их постановки и приведут к открытию новых промышленно значимых объектов. Полученные результаты позволят существенно прирастить минерально-сырьевую базу золота как наиболее ликвидного сырья в пределах Чукотского автономного округа.

1. Артемьев Д. С. Гранитоиды Майского золоторудного узла (Центральная Чукотка) // Регион. геология и металлогения. 2017. №69. – С. 107–121.

2. Бортников Н. С., Брызгалов И. А. и др. Майское многоэтапное прожилково-вкрапленное золото-сульфидное месторождение (Чукотка, Россия): минералогия, флюидные включения, стабильные изотопы (О и S), история и условия образования // Геология рудных месторождений. 2004. Т. 46. № 6. – С. 475–509.

3. Волков А.В., Гончаров В.И., Сидоров А.А. Месторождения золота и серебра Чукотки. — М.: ИГЕМ РАН; Магадан: МВКНИИ ДВО РАН, 2006. — 221 с.
 4. Константинов М.М., Некрасов Е.М. и др. Золоторудные гиганты России и мира. — М.: Научный мир, 2000. — 272 с.
 5. Новозhilов Ю.И., Гаврилов А.М. Золото-сульфидные месторождения в углеродисто-терригенных толщах. — М.: ЦНИГРИ, 1999. — 175 с.
 6. Савва Н.Е., Преис В.К. Атлас самородного золота Северо-Востока СССР. — М.: Наука, 1990. — 292 с.
 7. Сидоров А.А., Волков А.В. Майское золото-сульфидное месторождение вкрапленных руд (Центральная Чукотка) // Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология. — СПб., 2002. — С. 711–729.
 8. Шило Н.А., Новозhilов Ю.И., Гаврилов А.М. О связи месторождений золотоносных вкрапленных сульфидных руд с вулканогенным золото-серебряным оруденением // ДАН СССР. 1981. Т. 261. № 6. С. 1398–1401.
 9. Шило Н.А., Гончаров В.И., Альшевский А.В., Ворцепнев В.В. Условия формирования золотого оруденения в структурах Северо-Востока СССР. — М.: Наука, 1988. — 181 с.
 10. Шило Н.А., Гончаров В.И., Сидоров А.А. и др. Золото и серебро Северо-Востока Азии: металлогенические эпохи и крупнообъемные месторождения // Геодинамика, магматизм и минерагения континентальных окраин севера Тихоокеанского региона: материалы Всероссийского совещания, посвященного 90-летию академика Н.А. Шило (XII годичное собрание Северо-Восточного отделения ВМО). — Магадан, 2003. Т. 3. С. 5–10.
 2. Bortnikov N.S., Bryzgalov I.A. i dr. May multi-stage vein-disseminated gold-sulphide deposit (Chukotka, Russia): mineralogy, fluid inclusions, stable isotopes (O and S), history and conditions of formation. *Geologiya rudnykh mestorozhdenij*. 2004. Vol. 46. No 6, pp. 475–509. (In Russian).
 3. Volkov A.V., Goncharov V.I., Sidorov A.A. Mestorozhdeniya zolota i serebra Chukotki [Deposits of gold and silver of Chukotka]. Moscow: IGEM RAN; Magadan, MVKNI DVO RAN. 2006. 221 p.
 4. Konstantinov M.M., Nekrasov E.M. i dr. Zolotorudnye giganty Rossii i mira [Gold mining giants of Russia and the World]. Moscow: Scientific world. 2000. 272 p.
 5. Novozhilov Yu.I., Gavrilov A.M. Zoloto-sul'fidnye mestorozhdeniya v uglerodisto-terrigenykh tolshchah [Gold-sulfide deposits in carbon-terrigenous strata]. Moscow: TsNIGRI. 1999. 175 p.
 6. Savva N.E., Prejs V.K. Atlas samorodnogo zolota Severo-Vostoka SSSR [Atlas of native gold in the North-East of the USSR]. Moscow: Nauka. 1990. 292 p.
 7. Sidorov A.A., Volkov A.V. May gold-sulphide deposit of disseminated ores (Central Chukotka). *Russian Arctic: geological history, mineralogy, geoecology*. St. Petersburg. 2002. Pp. 711–729. (In Russian).
 8. Sidorov A.A., Novozhilov Yu.I., Gavrilov A.M. On the connection between deposits of gold-bearing disseminated sulphide ores with volcanic gold-silver mineralization. *DAN SSSR*. 1981. Vol. 26. No 6, pp. 1398–1401. (In Russian).
 9. Shilo N.A., Goncharov V.I., Al'shevskij A.V., Vorcepnev V.V. Usloviya formirovaniya zolotogo orudneniya v strukturah Severo-Vostoka SSSR [Conditions for the formation of gold mineralization in the structures of the North-East of the USSR]. Moscow: Nauka. 1988. 181 p.
 10. Shilo N.A., Goncharov V.I., Sidorov A.A. i dr. Gold and silver of the Northeast Asia: metallogenic epochs and large-volume deposits. *Geodynamics, magmatism and mineralogy of the continental margins of the North Pacific: Materials of the All-Russian Conference dedicated to the 90th anniversary of Academician N.A. Shiloh (XII year meeting of the North-Eastern Branch of WMO)*. Magadan. 2003. Vol. 3, pp. 5–10. (In Russian).
-
1. Artem'ev D.S. Granitoids of the May gold ore junction (Central Chukotka). *Region. geologiya i metallogeniya*. 2017. No 69, pp. 107–121. (In Russian).
-

Артемиев Дмитрий Сергеевич — вед. инженер, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия. <dmitry_artemiev@vsegei.ru>

Artem'ev Dmitriy Sergeevich — Leading Engineer, A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny prospect, St. Petersburg, 199106, Russia. <dmitry_artemiev@vsegei.ru>