

**Петрография и минералогия
рудноносных гидротермально-метасоматических образований
Майского золоторудного месторождения (Центральная Чукотка)**

Изучены рудоносные гидротермально-метасоматические образования, развитые в пределах Майского рудного поля. Подробно описаны исходные породы и их гидротермально-метасоматические изменения, выделены два типа рудоносных метасоматитов и определена их формационная принадлежность.

Ключевые слова: *Майское месторождение, Центральная Чукотка, метасоматиты, гидротермально-метасоматические изменения, золотое оруденение, рудное тело, березиты.*

D. S. ARTEMEV (VSEGEI)

**Petrography and mineralogy
of ore-bearing hydrothermal-metasomatic formations
of the Mayskoye gold field (Central Chukotka)**

This article is devoted to the study of ore-bearing hydrothermal-metasomatic formations, developed within the Mayskoye ore field. A detailed description of the original rocks and hydrothermal-metasomatic changes marked two types of ore-bearing metasomatic rocks and picked their formational affiliation.

Keywords: *Mayskoye deposit, Central Chukotka, metasomatites, hydrothermal-metasomatic changes, gold mineralization, ore body, beresites.*

Введение. Майское месторождение является одним из самых крупных месторождений золота в пределах Чукотского автономного округа, а также России. По разным источникам его запасы оцениваются от 160 (В. Б. Голенев, 2002) до 280 т [6]. Месторождение, по классификации ЦНИГРИ [7], относится к золото-мышьяковисто-сульфидной формации в черносланцевых высокоуглеродистых толщах. Открыто в 1972 г. С. А. Григоровым в ходе проведения геологосъемочных работ в 1971–1972 гг. в районе Тамнеквуньского оловорудного узла.

В настоящее время месторождение разрабатывается подземным способом компанией ОАО «Полиметалл». Его изучением в разные годы занималась большая коллектив геологов на Северо-Востоке России. Однако не было единого мнения о природе образования золота, а также о механизме изменения вмещающих пород и их классификации. Предыдущие исследователи относили метасоматические породы к метаморфическим образованиям по устаревшей терминологии. Но уже С. А. Григоров (1980) и В. Б. Голенев (2002) отмечали, что «очень трудно определить, с какими процессами связаны метасоматические изменения осадочных пород», основная версия – региональный или контактовый метаморфизм и метасоматоз. Для вмещающих пород авторы дают следующую характеристику: «осветленные породы кварц-серицитового (иногда с карбонатом) состава, процессы метасоматоза, которые привели к образованию таких пород, генетически близки к грейзенизации».

В одной из самых поздних работ по Северо-Востоку России, в том числе и по Майскому месторождению, А. В. Волковым с соавторами [5] однозначно

не определены процессы изменения вмещающих пород Майского рудного поля. Генетическая классификация их весьма расплывчата, однако новообразованные минеральные ассоциации они связывают с «березитовыми изменениями», и метасоматические образования характеризуют как аргиллизиты и серицитолиты.

В работе представлена минералого-петрографическая характеристика вмещающих пород Майского рудного поля и гидротермально-метасоматических изменений (ГМИ) по современной единой методике, разработанной Е. В. Плющевым и др. [8–10]. Методика заключается в структурно-вещественной фиксации на микроскопическом уровне всех минеральных парагенезисов измененных пород. В каждом конкретном случае может быть выделено несколько разновременных минеральных парагенезисов со своими структурными отношениями.

Фактический материал представлен пробами горных пород, 176 прозрачно-полированных шлифами. Образцы собраны лично автором в 2012–2015 гг. во время работы в ОАО «ЗК «Майское» в должности участкового геолога. Микроскопические исследования выполнены на базе ФГБУ «ВСЕГЕИ» на микроскопе Leica DM 2500.

Геологическое строение Майского месторождения подробно охарактеризовано в работах Н. С. Бортникова [2], А. В. Волкова [3–5], М. М. Константинова [6, 7], А. А. Сидорова [11, 12], Д. С. Артемьева [1] и др. В статье приведено его краткое описание.

Майское рудное поле площадью 10 км², изометричной формы приурочено к сложной горстовой структуре, расположенной в узле пересечения северо-западных, северо-восточных, субширотных

и субмеридиональных разломов. Вмещающие породы — песчано-алевро-сланцевые отложения кевеевской, ватапваемской, релькувеевской и млеловеевской свит верхнего триаса. В алевро-сланцевых разностях свит отмечены многочисленные пиритовые конкреции.

Магматические породы — комплекс даек мелового возраста — занимают 25 % от общей площади месторождения. Их выходы образуют пояс шириной около 3 км и протяженностью более 4 км. В поясе дайки сгруппированы в серию сближенных тел меридионального простирания, с которыми пространственно связаны рудоносные зоны. А. В. Волков выделяет две группы разновозрастных даек: к первой относит гранит-гранодиорит-порфиры, аплиты и лампрофиры, ко второй более поздние риолит-порфиры [5].

Гидротермально-метасоматические изменения вмещающих пород Майского рудного поля представлены терригенно-осадочными образованиями верхнего триаса, разделенными на четыре свиты. Наиболее древняя кевеевская свита сложена существенно алевроитовыми породами с редкими прослоями песчаников и алевропесчаников. Вышележащие ватапваемская и нерасчлененные релькувеевская и млеловеевская свиты характеризуются преобладанием в разрезе песчаников. Ниже описания неизмененных вмещающих терригенно-осадочных пород приведено по материалам И. Ю. Черепановой (2003).

Алевролиты имеют следующий минеральный состав: кварц (Q) от 40 до 70, альбит (Ab) до 15, реже в шлифах встречаются биотит (Bt) и мусковит (Mu) от 0 до 15 % каждый. Постоянно в породах присутствует от 10 до 30 % обломков тонкозернистых кремнистых пород и микрокварцитов. Структура алевроитовая, тип цемента пленочный, реже пленочно-поровый, состоит в основном из слюдисто-кварцевого материала с высоким содержанием аморфного углистого вещества. Из новообразованных минералов в подчиненном количестве хлорит и серицит.

Алевропесчаники на 40–50 % состоят из кварца, плагиоклазы (альбит и олигоклаз) занимают от 10 до 15, обломки кремней и микрокварцитов 10–30 %. Реже встречаются биотит и мусковит (до 5–10 %). Структура пород алевропсаммитовая, тип цемента пленочно-поровый, состоит из слюдисто-углистого и кварц-гидрослюдистого материала.

Песчаники на 40–60 % состоят из мелкозернистого кварца, редко его содержание доходит до 70 %, плагиоклазы (альбит и олигоклаз) составляют от 1 до 15, обломки кремнистых пород 20–30 %. В подчиненном количестве встречаются биотит и мусковит (до 10 %), еще реже калиевые полевые шпаты в виде единичных зерен. Структура песчаников псаммитовая мелкозернистая, редко среднезернистая. Цемент пленочно-поровый, состоит преимущественно из слюд с примесью углистого и кремнистого вещества. Вторичные минералы — в основном хлорит и серицит.

В пределах Майского рудного поля развиты два типа гидротермально-метасоматических образований (ГМО): первый — метасоматиты с высоким содержанием общего углерода (от 0,5 до 3, в среднем 1,8 %), характерные для первой рудной зоны; второй — безуглеродистые метасоматиты (содержание общего углерода от 0 до 1,2, в среднем 0,2 %), закартированные во второй рудной зоне.

Макроскопически *высокоуглеродистые* метасоматиты (рис. 1) почти не отличаются от первичных алевролитов и песчаников. В большинстве случаев это массивные темно-серые и черные породы со следами трещиноватости и рассланцевания. Невооруженным глазом зачастую незаметны признаки ГМИ, которые ближе к рудным телам проявляются в виде тонких кварцевых прожилков с карбонатами, каолинитом и сульфидами.

При микроскопической диагностике выделяются ГМИ вмещающих пород: для кварца (Q) характерно присутствие трех генераций. *Первая* — реликтовые зерна изометричной, округлой формы, реже вытянутые, уплощенные, со следами бластеза направленной деформации с волнистым погасанием, размеры от 0,1 до 0,8, редко достигают по длинной оси 1,5 мм. Серицит и гидросерицит корродируют зерна кварца, образуя каймы обрастания. В некоторых случаях индивиды замещены полностью. Встречаются структуры волочения агрегатов кварца. *Вторая генерация* — новообразованные зерна кварца, тяготеющие к центральным частям рудных зон и образующие тонкие прожилки кварц-анкеритового, кварц-слюдистого состава с сульфидами (пиритом и арсенипиритом). Форма выделения изометричная, чаще округлая, с зубчатыми границами. Редко зерна подвержены слабому замещению серицитом и гидросерицитом, встречаются двоякованные агрегаты, размеры индивидов от 0,05 до 0,5 мм. Эта генерация кварца ассоциируется с основной продуктивной стадией формирования арсенипирит-пирит-золоторудной минерализацией, в которой золото находится в тонкодисперсной форме и связано с арсенипиритом. *Третья генерация* распространена в жилах, открытых полостях, зонах дробления и брекчирования мощностью до первых сантиметров. Кварц — крупные, иногда гигантозернистые агрегаты размером до 5–6 мм. Форма зерен изометричная, округлая, призматическая, часто встречается идиоморфные выделения ромбического, пирамидального облика. Третья генерация ассоциируется с завершающей стадией золотого оруденения, выражена в формировании кварц-антимонитовой минеральной ассоциации с крупным видимым золотом.

Карбонаты (Сс) во вмещающих породах представлены также тремя генерациями, причем вторая и третья образуют параллельно-слоистые структуры. *Первая* — реликтовые выделения кальцита и доломита с характерной для них спайностью. Формы выделения чаще изометричные — округлые, таблитчатые зерна, реже ксеноморфные, угловатые, частично или полностью замещенные новообразованным карбонатом и слюдами. Встречаются структуры волочения агрегатов реликтового карбоната. Размеры в поперечнике от 0,01 до 0,15 мм. *Вторая генерация* — зерна разнообразной формы, зачастую имеют параллельно-слоистую ориентировку агрегатов, предположительно указывающую на направленные движения гидротермально-метасоматического флюида либо вектор сжатия пород. Формы выделения имеют изометричный облик — округлые, почковидные зерна с пилообразными краями, часты сферолитовые выделения. Иногда кристаллы карбоната замещаются слюдами и сульфидами. Размеры в поперечнике от 0,01 до 0,1 мм. Зерна *третьей генерации* накладываются под острым углом на зерна предыдущей и образуют параллельно-слоистые цепочки разноориентированных идиоморфных

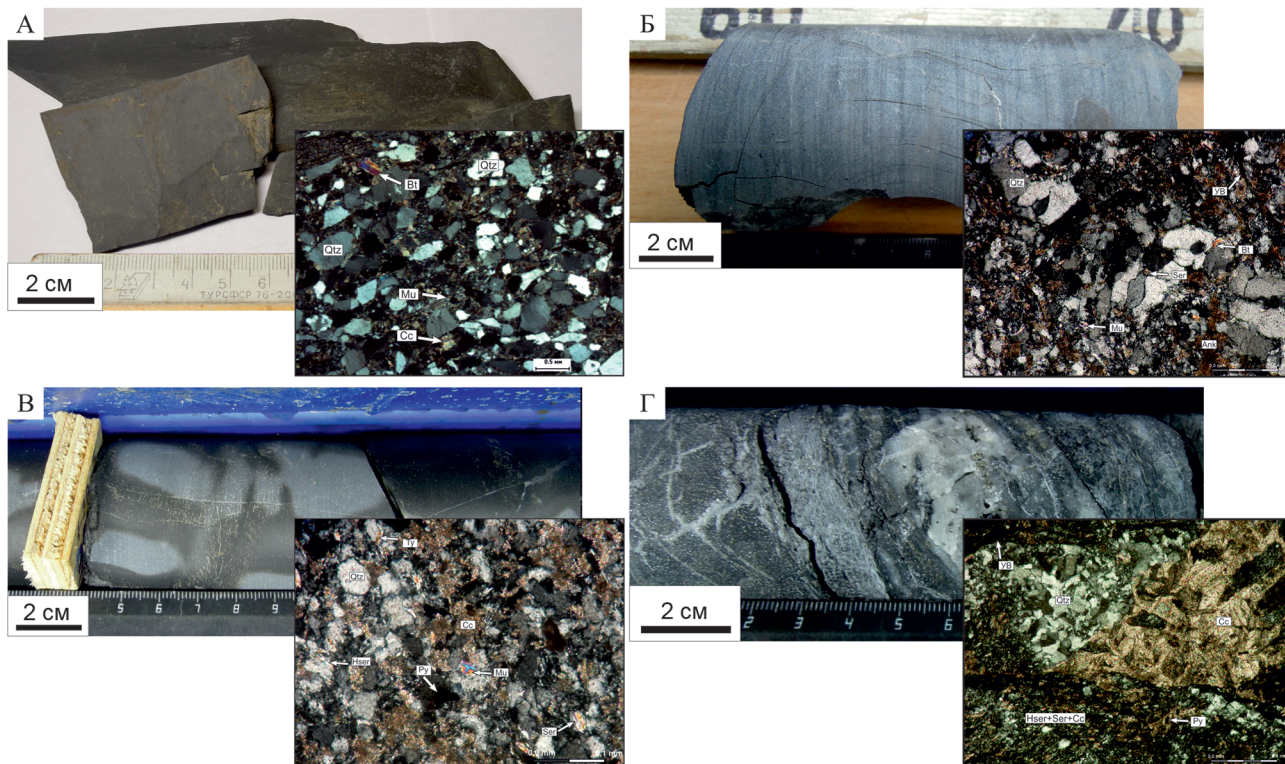


Рис. 1. Высокоуглеродистые березиты

А – неизменные углисто-глинистые алевролиты и кварцевые песчаники: кварц, плагиоклаз, КПШ, биотит, мусковит, углистое вещество; *Б* – слабопроявленные серицитовые, дросерицитовые березиты: кварц, биотит, мусковит, гидросерицит, серицит, углистое вещество +/- карбонат, турмалин; *В* – сильнопроявленные гидросерицитовые, карбонатные березиты: кварц, гидросерицит, карбонат (анкерит), серицит, углистое вещество, пирит +/- мусковит, турмалин; *Г* – полнопроявленные кварцевые и рудные березиты: кварц, сульфиды (пирит, арсенопирит), карбонат +/- серицит, гидросерицит

кристаллов призматического и ромбического облика, а также зерен неправильной формы. Размеры индивидов от 0,02 до 0,1 мм.

Слюдистые минералы представлены серицитом (Ser) и гидросерицитом (Hser). По взаимоотношениям агрегатов генерации выделить не удалось. Слюды в большинстве случаев замещают как реликтовые (кварц, мусковит), так и новообразованные (кварц второй генерации, карбонат) минералы. Самые встречаемые формы выделения (лейсты, чешуйки, вытянутые пластинки) образуют веерообразные, радиально-лучистые скопления. В некоторых шлифах встречается параллельно-слоистая ориентировка зерен. Размеры слюд от 0,01 до 0,2 мм.

Хлорит (Chl) и каолинит (Kl) встречаются в единичных случаях, выполняют тонкие (до 0,05 мм) трещины отрыва, занимающие секущее положение относительно всех породообразующих минералов. Хлорит образует скопления мелких лейст, чешуек и гексагональных зерен. Размер агрегатов менее 0,01 мм. Каолинит встречается в форме мелких червеобразных форм, пластинок и чешуек, размер агрегатов менее 0,01 мм.

Углистое вещество (УВ) представлено аморфными непрозрачными выделениями, заполняющими межзерновое пространство. Микроскопические частицы УВ размером < 0,01 мм образуют каемки вокруг породообразующих минералов, выполняя роль порового цемента. Иногда в зонах сильной трещиноватости и разуплотнения вмещающих пород УВ принимает вид базального цемента, образуя структуры течения, в котором

«плавают» породообразующие минералы. По данным А. В. Волкова [5], выделяются два вида УВ: аморфный углерод типа графит-антрацита и битумоиды типа антраксолит-керита. Н. С. Бортников [2] по оптическим свойствам аморфные выделения относит к витриниту, а промежуточные различия между витринитом и графитом к шунгиту.

Аксессуарные минералы представлены цирконом (Zr), рутилом (Ru), турмалином (Tu), крайне редко апатитом (Ap). Цирконы – чаще зерна идиоморфного облика, вытянутые призмы, по краям ограниченные пирамидами. Размеры по длинной оси 0,2 мм. Рутил – вытянутые игольчатые кристаллы, часто образующие в кварце радиально-лучистые скопления, размер в поперечнике менее 0,01 мм. Редко встречаются единичные зерна турмалина гипидиоморфного облика. Кристаллы формы призмы, одна из вершин которой ограничена пирамидой, другая имеет неровную границу. Очень редко встречается апатит в виде изометричных, почти изотропных кристаллов размером до 0,05 мм.

Рудная минерализация – в основном пирит (Py), арсенопирит (Ars), антимонит (Ant); реже встречаются марказит, халькопирит, галенит, сфалерит, станнин, пирротин, блеклые руды и др. [2–5, 12].

Описанные ГМИ вмещающих терригенных пород, по методике Е. В. Плюшева и др. [8–10], относятся к березитовой формации, образование которой обусловлено низкотемпературным (250–310 °С), слабокислотным (pH 4–5) метасоматозом послемагматической стадии. Для березитовой формации обязательно наличие следующих новообразованных минералов: кварц (Q), серицит (Ser),

Березиты Майского месторождения и их фациальные разновидности

Тип	Класс	Фация	Состав фаций
Высокоуглеродистые березиты	Неизменные породы	A-1	$Q + Pl + Kfs + Bt + Mu \pm Ser$
	Слабопроявленные березиты	A-2	$(Ser + Q + Bt + Mu + UB) \pm (Py + Cc + HSer + Ty)$
		A-3	$(HSer + Q + Cc + UB + Py) \pm (Ser + Mu + Ty)$
	Сильнопроявленные	A-4	$(Cc + HSer + Q + Py + UB) \pm (Ser + Ty)$
	Полнопроявленные	A-5	$(Q + Cc + Py) \pm (HSer + Ser + UB)$
		A-6	$(Py + Ars + Ant + Q) \pm (Cc + HSer + Ser + UB)$
Безуглеродистые березиты	Слабопроявленные березиты	B-1	$(HSer + Q + Ser + Kl) \pm (Cc + Chl + Mu + Py)$
	Сильнопроявленные	B-2	$(Cc + Ser + Q + Kl) \pm (HSer + Chl + Py)$
		B-3	$(Ser + HSer + Q + Kl + Py) \pm (Cc + Chl + Ars)$
	Полнопроявленные	B-4	$(Q + Ser + HSer + Kl + Py) \pm (Chl + Ars)$

гидросерицит (HSer), карбонаты (Cc), адуляр (Ad), пирит (Py), характерных (кроме адуляра) для Майского месторождения.

По степени изменения исходных пород и количеству новообразованных минералов ГМО разделены на четыре класса (таблица): неизменные породы, в которых количество новообразованных минералов от 0 до 5 %; слабопроявленные березиты от 5 до 15 %; сильнопроявленные березиты от 15 до 50 %; полнопроявленные березиты более 50 %. По преобладанию парагенезисов новообразованных минералов выделено шесть фаций березитов, которые сменяют друг друга от периферии рудного тела к его центру и образуют метасоматическую колонку, характерную для **первой** рудной зоны.

Фация А-1 представлена углисто-глинистыми алевролитами и песчаниками (минеральный состав приведен в начале главы). *Фация А-2* – углеродистые серицитовые березиты следующего минерального состава: $(Ser + Q + Bt + Mu + UB) \pm (Py + Cc + HSer + Ty)$. *Фация А-3* – углеродистые гидросерицитовые березиты $(HSer + Q + Cc + UB + Py) \pm (Ser + Mu + Ty)$. *Фация А-4* – углеродистые карбонатные березиты $(Cc + HSer + Q + Py + UB) \pm (Ser + Ty)$. *Фация А-5* – углеродистые кварцевые березиты $(Q + Cc + Py) \pm (HSer + Ser + UB)$. *Фация А-6* – рудные березиты $(Py + Ars + Ant + Q) \pm (Cc + HSer + Ser + UB)$. Характерные фации: для неизменных пород *фация А-1*, для слабопроявленных углеродистых березитов *фации А-2* и *А-3*, для сильнопроявленных углеродистых березитов *фация А-4*, для полнопроявленных углеродистых березитов *фации А-5* и *А-6*.

Необходимо отметить наложенные низкотемпературные процессы пропилитизации и аргиллизации, выраженные в образовании секущих трещин в березитах, выполненных для первого процесса хлоритом, серицитом и гидросерицитом, а для второго каолинитом и кварцем. Суммарная доля участия поздних ГМО во вмещающих породах не превышает 5 %.

Макроскопически *безуглеродистые* метасоматиты (рис. 2) выглядят осветленными терригенно-осадочными породами бежевого или светло-серого цвета. Такая окраска объясняется отсутствием UB в породах, а также наложенным массивным окварцеванием и серицитизацией на весь объем метасоматитов. На микроскопическом уровне эти метасоматиты имеют сходный состав порообразующих

минералов и сходные структурно-текстурные признаки с высокоуглеродистыми ГМО. Основные различия – отсутствие UB, весьма ограниченная распространенность брекчий и антимонита. До 10 % возрастает доля хлорита и каолинита. По аналогии безуглеродистые метасоматиты отнесены к березитовой формации, по степени проявленности наложенных процессов разделены на три класса (таблица): слабопроявленные березиты от 5 до 15; сильнопроявленные березиты от 15 до 50; полнопроявленные березиты более 50 %. По характерным парагенезисам новообразованных минералов выделены четыре фации, которые сменяют друг друга от периферии рудного тела к его центру, образуя метасоматическую колонку, характерную для **второй** рудной зоны.

Фация Б-1 – гидросерицитовые березиты – имеет следующий минеральный состав: $(HSer + Q + Ser + Kl) \pm (Cc + Chl + Mu + Py)$. *Фация Б-2* – карбонатные березиты $(Cc + Ser + Q + Kl) \pm (HSer + Chl + Py)$. *Фация Б-3* – серицитовые березиты $(Ser + HSer + Q + Kl + Py) \pm (Cc + Chl + Ars)$. *Фация Б-4* – кварцевые березиты $(Q + Ser + HSer + Kl + Py) \pm (Chl + Ars)$. Для слабопроявленных березитов характерна *фация Б-1*; для сильнопроявленных – *фация Б-2*; для полнопроявленных – *фации Б-3* и *Б-4*.

В пределах центрального блока граница между двумя типами березитов проводится по крутопадающей дайке гранодиорит-порфиров, а на флангах рудного поля безуглеродистые метасоматиты постепенно переходят в углеродистые. Местами отмечается пилообразный контакт.

Заключение. Проведена классификация вмещающих пород и руд Майского золоторудного месторождения на основе современной методики изучения ГМО, разработанной Е. В. Плющевым с соавторами [8–10]. Выделены устойчивые ассоциации новообразованных минералов. ГМО, по классификации Е. В. Плющева и др., отнесены к березитовой формации. Формирование золотомышьяк-сурьмяного оруденения связано с деятельностью остаточных слабокислых гидротермальных растворов в первично-терригенно-осадочных породах. В зонах повышенной проницаемости деятельность гидротерм была наиболее активной, замещение первичных пород ассоциациями вторичных минералов в большинстве случаев составляет 100 %.

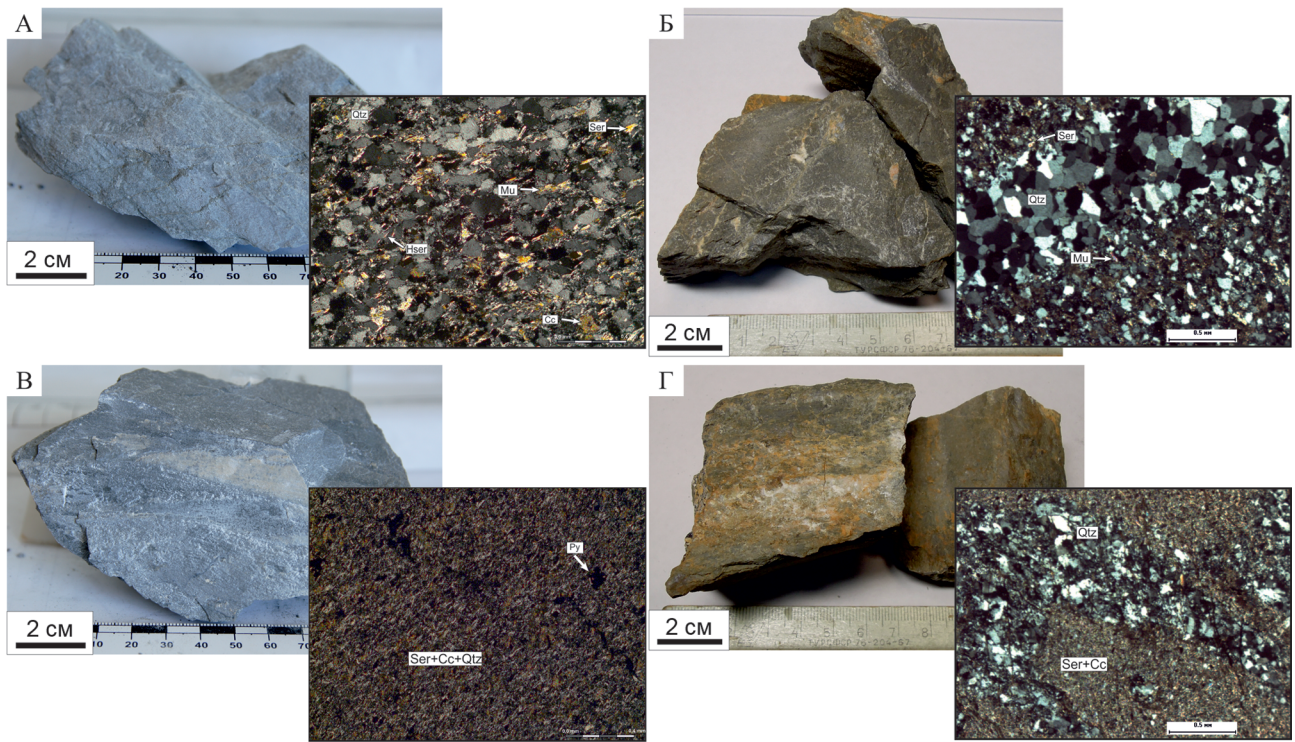


Рис. 2. Безуглеродистые березиты

А – слабопроявленные гидросерицитовые березиты: гидросерицит, кварц, серицит, каолинит +/- карбонат, хлорит, мусковит, пирит; *Б* – сильнопроявленные карбонатные березиты: карбонат, серицит, кварц, каолинит +/- гидросерицит, хлорит, пирит; *В* – полнопроявленные серицитовые березиты: серицит, карбонат, кварц, каолинит, пирит +/- хлорит; *Г* – полнопроявленные кварцевые березиты: кварц, серицит, карбонат, каолинит, пирит +/- хлорит

Для высокоуглеродистых ГМО характерна метасоматическая колонка, выраженная в смене минеральных ассоциаций от периферии к центру: $Q + Pl + Kfs + Bt + Mu \pm Ser$; $(Ser + Q + Bt + Mu + YB) \pm (Py + Cc + HSer + Ty)$, $(HSer + Q + Cc + YB + Py) \pm (Ser + Mu + Ty)$, $(Cc + HSer + Q + Py + YB) \pm (Ser + Ty)$, $(Q + Cc + Py) \pm (HSer + Ser + YB)$, $(Py + Ars + Ant + Q) \pm (Cc + HSer + Ser + YB)$.

Для безуглеродистых ГМО характерна следующая смена минеральных ассоциаций: $(HSer + Q + Ser + Kl) \pm (Cc + Chl + Mu + Py)$, $(Cc + Ser + Q + Kl) \pm (HSer + Chl + Py)$, $(Ser + HSer + Q + Kl + Py) \pm (Cc + Chl + Ars)$, $(Q + Ser + HSer + Kl + Py) \pm (Chl + Ars)$.

По количеству генераций новообразованных минералов (кварц, карбонат) выделяются три стадии формирования ГМО в соответствии с количеством рудных ассоциаций [1].

В рудо локализирующей структуре **второго** рудного тела с глубиной увеличивается доля УВ, вмещающие породы и руды постепенно сменяются углеродистыми метасоматитами, сходными с такими же **первого** рудного тела.

Можно предположить, что безуглеродистые метасоматиты являются верхней частью метасоматической колонки, которая в пределах **первого** рудного тела эродирована. На глубоких горизонтах в структуре **второго** рудного тела предполагаются оруденение, по типу сходное с высокоуглеродистыми метасоматитами, и бананцевые руды с видимым золотом.

1. *Артемьев Д.С.* Особенности геологического строения и вертикальной зональности рудных тел Майского золоторудного месторождения (Центральная Чукотка) // Регион. геология и металлогения. 2015. № 64. – С. 94–100.
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 м-ний. 2004. Т. 46. № 6. – С. 475–509.
3. *Волков А.В., Сидоров А.А.* Уникальный золоторудный район Чукотки. – М.: ИГЕМ РАН, 2001. – 180 с.
4. *Волков А.В., Сидоров А.А.* и др. Золото-сульфидные месторождения вкрапленных руд Северо-Востока России // Геология рудных м-ний. 2002. Т. 44. № 3. – С. 179–197.
5. *Волков А.В., Гончаров В.И., Сидоров А.А.* Месторождения золота и серебра Чукотки. – М.: ИГЕМ РАН, 2006. – 221 с.
6. *Константинов М.М., Некрасов Е.М.* и др. Золоторудные гиганты России и мира. – М.: Научный мир, 2000. – 272 с.
7. *Константинов М.М.* Золоторудные провинции мира. – М.: Научный мир, 2006. – 358 с.
8. *Плющев Е.В., Ушаков О.П.* и др. Методика изучения гидротермально-метасоматических образований. – Л.: Недра, 1981. – 262 с.
9. *Плющев Е.В., Шатов В.В.* Геохимия и рудоносность гидротермально-метасоматических образований. – Л.: Недра, 1985. – 247 с.
10. *Плющев Е.В., Шатов В.В., Кашин С.В.* Металлогения гидротермально-метасоматических образований. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2012. – 560 с. (Труды ВСЕГЕИ. Новая серия. Т. 354).
11. *Сидоров А.А., Волков А.В.* К проблеме роли углеродистого вещества в рудообразовании (Майское золоторудное месторождение, Центральная Чукотка) // Докл. РАН. 1999. Т. 369. № 2. – С. 241–243.

12. Сидоров А.А., Волков А.В. Майское золото-сульфидное месторождение вкрапленных руд (Центральная Чукотка) // Российская Арктика: геологическая история, минералогия, геоэкология. – СПб.: ВНИИОкеангеология, 2002. – С. 711–729.

1. Artemev D.S. The geological structure and vertical zoning of ore bodies Mayskoye gold deposit (Central Chukotka). *Region. geologiya i metallogeniya*. 2015. No 64, pp. 94–100. (In Russian).

2. Bortnikov N.S., Bryzgalov I.A. Mayskoye multistage vein-disseminated gold-sulphide deposit (Chukotka, Russia): mineralogy, fluid inclusions, stable isotopes (O and the S), history and education conditions. *Geology rudnyh mestorozhdeniy*. 2004. Vol. 46. No 6, pp. 475–509. (In Russian).

3. Volkov A.V., Sidorov A.A. Unikal'nyy zolotorudnyy rayon Chukotki [The unique gold ore district of Chukotka]. Moscow: IGEM RAS. 2001. 180 p.

4. Volkov A.V., Sidorov A.A. Gold-sulphide deposits of disseminated ores of the North-East of Russia. *Geology rudnyh mestorozhdeniy*. 2002. Vol. 44. No 3, pp. 179–197. (In Russian).

5. Volkov A.V., Goncharov V.I., Sidorov A.A. Mestorozhdeniya zolota i serebra Chukotki [Gold and silver deposits in Chukotka]. Moscow: IGEM RAS; Magadan, MVKNII FEO RAS. 2006. 221 p.

6. Konstantinov M.M., Nekrasov E.M. Zolotorudnye giganty Rossii i mira [Gold giants of Russian and world]. Moscow: Scientific World. 2000. 272 p.

7. Konstantinov M.M. Zolotorudnye provincii mira [Gold provinces of World]. Moscow: Scientific World. 2006. 358 p.

8. Plyushev E.V., Ushakov O.P. et al. Metodika izucheniya gidrotermal'no-metasomaticheskikh obrazovaniy [Methods of study of hydrothermal-metasomatic formations]. Leningrad: Nedra. 1981. 262 p.

9. Plyushev E.V., Shatov V.V. Geohimiya i rudonosnost' gidrotermal'no-metasomaticheskikh obrazovaniy [Geochemistry and ore-bearing hydrothermal-metasomatic formations]. Leningrad: Nedra. 1985. 247 p.

10. Plyushev E.V., Shatov V.V., Kashin S.V. Metallogeniya gidrotermal'no-metasomaticheskikh obrazovaniy [Metallogeny hydrothermal-metasomatic formations]. St. Petersburg: VS-EGEI. 2012. 560 p.

11. Sidorov A.A., Volkov A.V. On the problem of the role of the carbonaceous matter in the ore formation (Mayskoye gold deposit, Central Chukotka). *Dokl. Russian Academy of Sciences*. 1999. Vol. 369. No 2, pp. 241–243. (In Russian).

12. Sidorov A.A., Volkov A.V. Mayskoye gold-sulphide deposits of disseminated ores (Central Chukotka). *The Russian Arctic: Geological History, Mineragenesis, Environmental Geology*. St. Petersburg. 2002, pp. 711–729. (In Russian).

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

Artemev Dmitriy Sergeevich – Ph.D. Student, Leading Engineer, A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74, Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia. <dmitry_artemiev@vsegei.ru>