

## Особенности геологического строения и вертикальной зональности рудных тел Майского золоторудного месторождения (Центральная Чукотка)

Дана характеристика двух основных рудных тел Майского золотосульфидного месторождения по первичным геологическим описаниям подземных горных выработок. Выявлены элементы вертикальной зональности рудных тел № 1 и № 2.

Ключевые слова: *Майское месторождение, Центральная Чукотка, золотое оруденение, рудное тело, березиты.*

D. S. ARTEMIEV (VSEGEI)

## Features of geological structure and vertical zoning of the Mayskoe gold deposit ore bodies (Central Chukotka)

The article describes two main ore bodies Mayskoye gold-mine of primary geological description of underground mine workings. Identified the elements of vertical zoning of the ore bodies No 1 and No 2, expressed in the change of their qualitative and quantitative characteristics.

Keywords: *Mayskoye deposit, Central Chukotka, gold mineralization, ore body, beresites.*

**Введение.** Фактический материал получен автором в 2012–2015 гг. на Майском руднике, где он был участковым геологом на подземных горных работах. Проводились геологическое сопровождение проходческих и добычных работ, а именно, дано подробное схематическое геологическое описание кровли и бортов всех подземных горных выработок с нанесением на планы горных пород, тектонических трещин и вторичных изменений. Конечный итог работы – геологическая характеристика горной выработки, устойчивости вмещающих пород, их обводненности и т. д., а также выдача рекомендаций для участка подземных горных работ по креплению кровли и бортов. Кроме того выполнена нарезка горных выработок по простиранию рудного тела, бороздовое опробование рудных забоев и бортов расщелин в местах пересечения с рудным телом. Собраны образцы вмещающих пород и руд, сделаны схематические зарисовки горных выработок.

Для выявления элементов вертикальной зональности рудных тел Майского месторождения использованы зарисовки рудных забоев, выполненных автором (поперечные сечения в среднем 16 м рудных тел и вмещающих пород на разных гипсометрических уровнях), полевые описания вмещающих пород и руд, а также наблюдения подземных горных выработок. Проведен анализ изменчивости состава и строения рудных тел на абсолютных отметках от +200 до +80.

**Геологическое строение Майского месторождения.** Майское рудное поле находится в Чаунском районе Чукотского автономного округа (рис. 1), в 150 км к юго-востоку от районного центра г. Певек в верховьях р. Кевеем в восточной части Ичуевем-Паляваамского рудного района. Рудное поле площадью 10 км<sup>2</sup> имеет изометричную форму и приурочено к сложному горстообразному

выступу, расположенному в узле пересечений северо-западных, северо-восточных, субширотных и субмеридиональных разломов. Вмещающие породы представлены песчано-алевросланцевыми отложениями кевеемской свиты среднего триаса (рис. 2, а). В алевросланцевых разностях свиты отмечены многочисленные пиритовые конкреции. Мощность многочисленных свиты в центральной части месторождения не менее 600 м [1].

Магматические породы – комплекс даек ранне-позднемелового возраста, занимающий 25 % от общей площади месторождения [2]. Выходы даек образуют пояс шириной около 3 км и протяженностью более 4 км. В нем дайки сгруппированы в серию сближенных тел меридионального простирания (рис. 3), с которыми пространственно связаны рудоносные зоны. По А. В. Волкову, выделяются две группы разновозрастных даек. К первой относятся гранит-гранодиорит-порфиры (рис. 2, б), аплиты и лампрофиры, ко второй – более поздние риолит-порфиры [2]. Важно отметить, что магматические породы, наряду с осадочными, претерпели интенсивное воздействие гидротермально-метасоматических процессов, в результате чего произошли перекристаллизация кварца с образованием реакционных кайм и полное замещение полевых шпатов серицитом, глинистыми минералами группы каолинита-диккита и хлоритом.

Майское месторождение разделено глубинными долговивущими разломами на три тектонических блока – Западный, Центральный и Восточный (рис. 3), где дайки и рудные тела объединяются в восемь субмеридиональных рудных зон шириной от 100 до 300 и протяженностью от 300 до 2500 м [1]. Продуктивные зоны разделены безрудными интервалами сопоставимых размеров. В Центральном блоке находятся основные, наиболее крупные и выдержанные по мощности и падению,

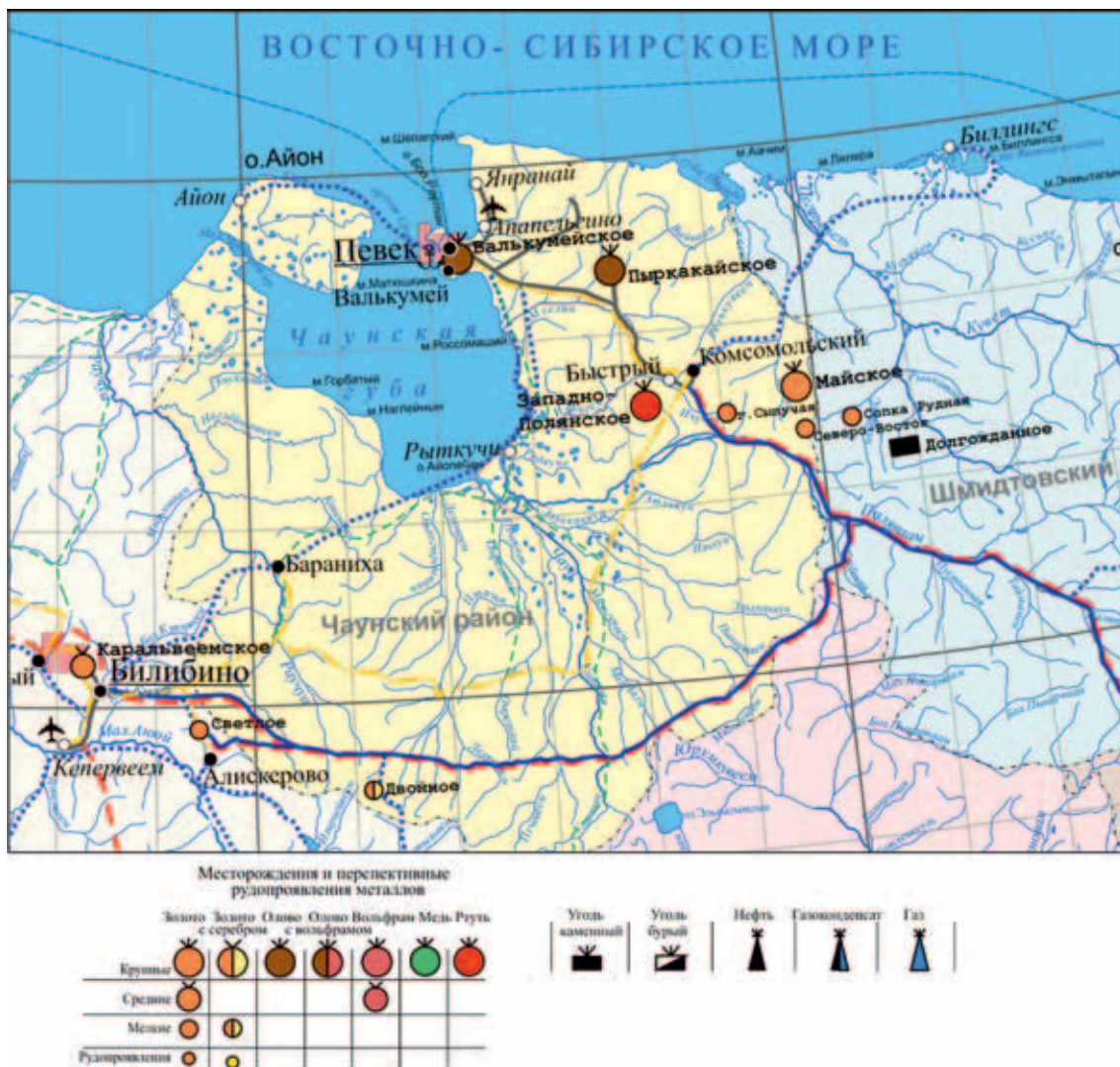


Рис. 1. Географическое положение Майского месторождения (Администрация ЧАО, 2002)

промышленные рудные тела. В большинстве они имеют выход на дневную поверхность и заметно эродированы. Многие рудные тела расположены вдоль даек, занимают их экзоконтактовые зоны, при этом содержание золота в оруденелой дайке на порядок ниже, чем в осадочных породах. При пересечении рудными телами даек происходит резкое сокращение их мощности с появлением бедных прожилково-вкрапленных руд.

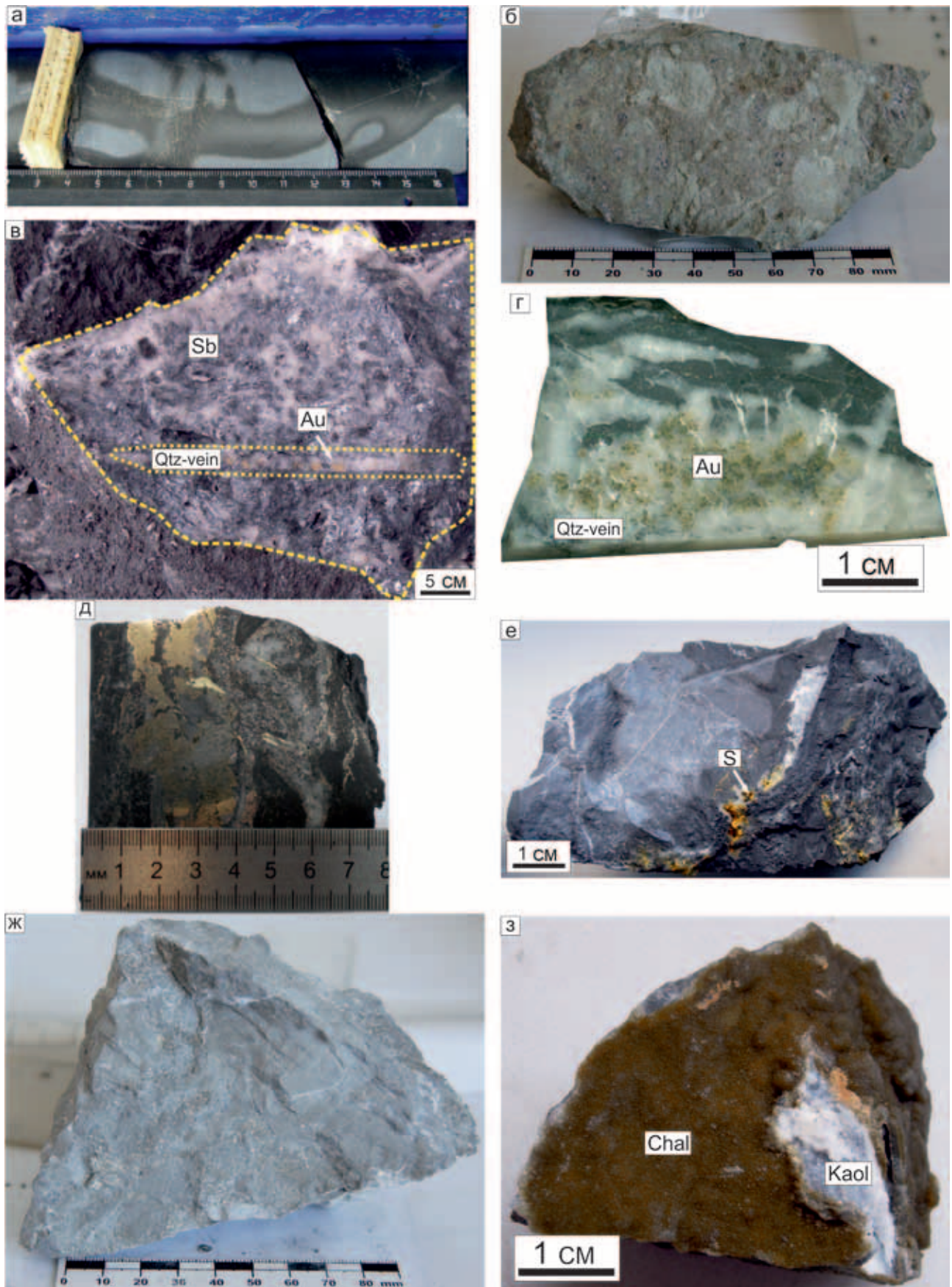
Рудные тела Майского месторождения представлены сульфидизированными линейными зонами дробления и смятия, имеют субмеридиональное простирание. Они размещены в виде системы субпараллельных тел в полосе широтного направления протяженностью до 3,5 км и ограничены с севера и юга разломами широтного простирания. Установлено более 30 рудных тел, основная их часть не выходит на дневную поверхность. Контакты нечеткие из-за развития оруденения по мелким оперяющим трещинам и зонам кливажа во вмещающих породах. Средние содержания золота 12 г/т, сурьмы 0,25 %, углеродистого вещества 0,5 %, мышьяка 1 %, серебра 3 г/т. Основная масса золота (более 90 %) – тонкодисперсные выделения, связанные с арсенопиритом, мышьяковистым пиритом и пирротинном [2]. Руды упорные и требуют

сложной технологии для извлечения золота. В своих работах С. А. Григоров (1980) отмечает значимую положительную корреляционную связь между золотом и мышьяком, равную 0,85. Кроме того, в зонах брекчирования вмещающих пород в кварц-антимонитовых жилах встречаются участки с самородным золотом. Золото высокопробное (от 920 до 980 ‰), образует сплошные массы, цементирующие обломки кварца (рис. 2, в, з).

**Особенности строения рудных тел Майского месторождения в интервале абсолютных отметок +194...+80.** Автором выявлены элементы вертикальной зональности на разных горизонтах рудных тел Майского месторождения. Наиболее детально разведаны и хорошо изучены рудные тела № 1 и № 2, в них сосредоточены основные легкодоступные и экономически наиболее эффективные для отработки запасы золота.

**Рудное тело № 1** приурочено к крутопадающей рудолокализирующей структуре и является наиболее крупным и богатым телом Майского месторождения. По простиранию оно прослежено на 1100 м, по падению размах оруденения 600 м. Углы падения рудного тела от 60–70° на нижних горизонтах, до 85° на верхних, простирание субмеридиональное

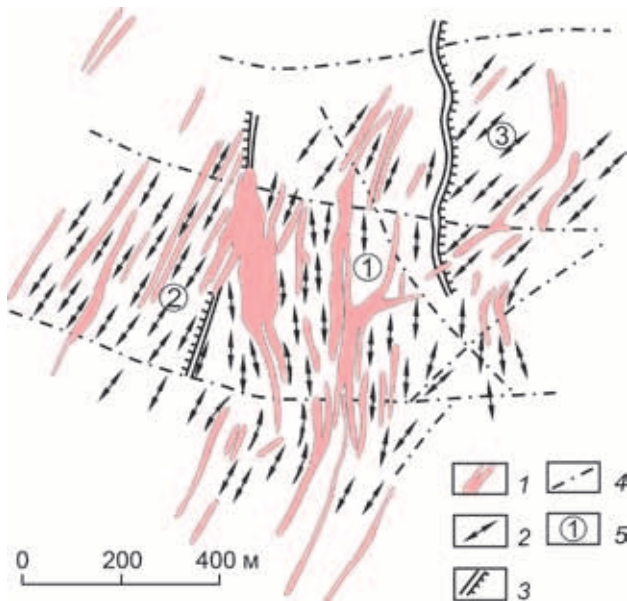




**Рис. 2. Породы и руды Майского месторождения (фото автора)**

*a* – фрагмент керна скв. 1-32-5, глубина от устья 39 м. Метасоматически измененный алевролит; *б* – дайка гранит-порфиров; *в* – кварц-антимонитовая жила (Qtz-Sb) с самородным золотом (Au); *г* – кварцевая жила (Qtz-vein) с самородным золотом (Au) по зальбандам; *д* – сульфидная жила кварц-пирит-халькопирит-галенит-сфалеритового состава; *е* – выделения самородной серы (S) на кристаллах кварца в полостях выполнения; *ж* – березиты рудного тела № 2; *з* – выделения халцедона (Chal) и каолинита (Kaol) в открытых полостях





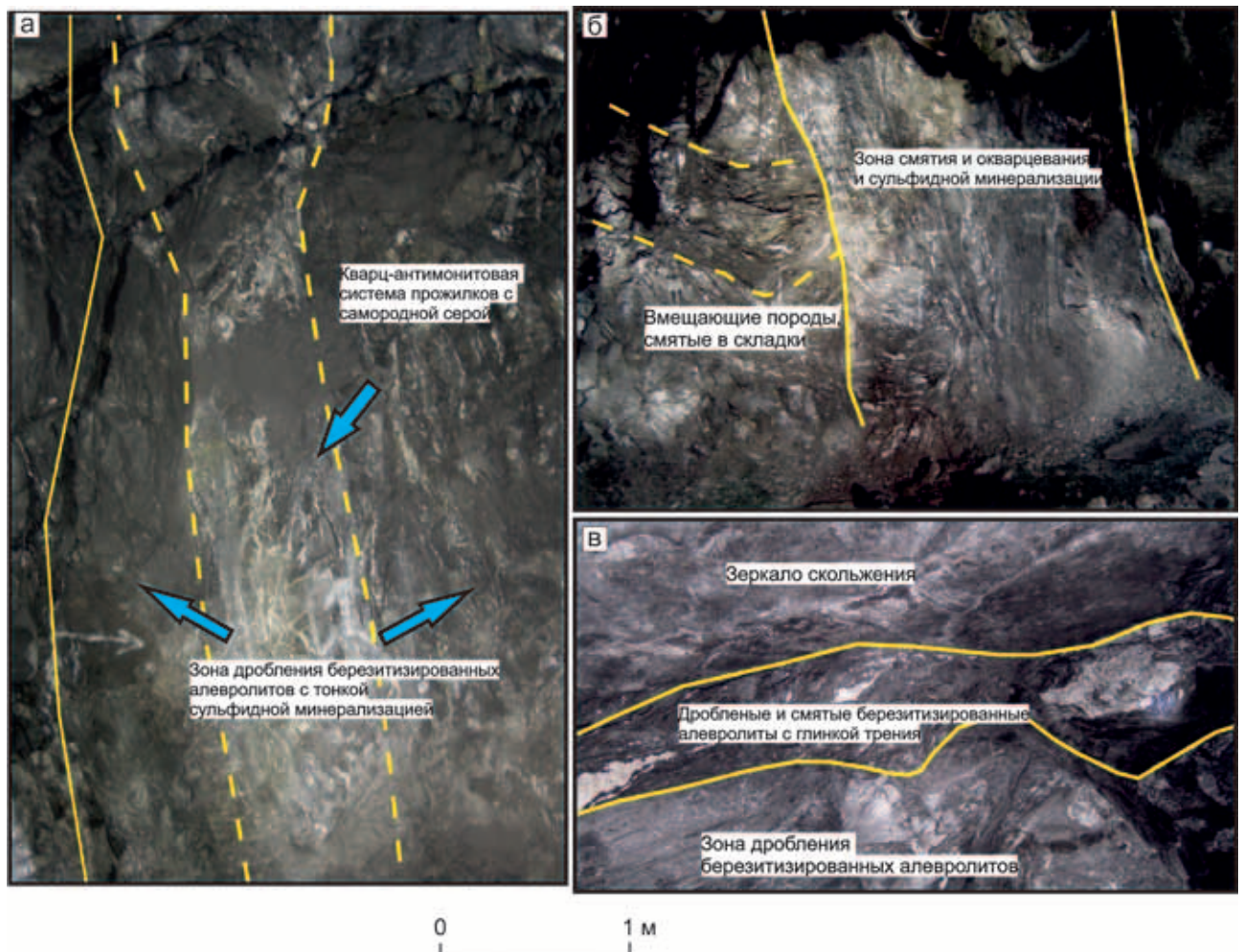
**Рис. 3. Структурно-тектоническая схема Майского рудного поля (С. А. Григоров, 1980)**

1 – субвулканические дайки; 2 – площади простираения осадочных пород; 3 – границы тектонических блоков; 4 – тектонические нарушения; 5 – номера блоков (в кружках): 1 – Центральный, 2 – Западный, 3 – Восточный

с азимутом от 345 до 5°. Мощность от 0,5 м на флангах до 18,9 м в раздувах, средние значения составляют 3 м, на глубоких горизонтах рудное тело плавно выклинивается.

Рудное тело сложено минерализованной зоной дробления, смятия и рассланцевания черных березитизированных алевролитов и сланцев (рис. 4). Размеры дробленых обломков не превышают 1 см, часто встречаются мощные зоны пород (0,5–2 м), представленных глинкой трения. Редко на нижних горизонтах в составе рудного тела встречаются слабоминерализованные мелко-среднезернистые песчаники серого цвета мощностью от первых десятков сантиметров до 1,5 м на горизонте +80 (рис. 5). Тела песчаников секут безрудные кварцевые жилы мощностью до 10 см, ориентированные перпендикулярно к падению. Песчаники содержат убогую рудную минерализацию в виде пирита, и, по данным борзодового опробования, содержание золота в них ниже бортового. За счет появления тел песчаников сокращается мощность рудного тела на нижних горизонтах и падает среднее содержание полезного компонента.

Границы рудных тел в большинстве случаев трудноразличимы и устанавливаются с помощью борзодового опробования. Лежащий контакт – трещина закрытого типа, выполненная глиной трения и жильной минерализацией в виде кварца, каолинита и пирита. Висячий контакт – зона дробления



**Рис. 4. Рудное тело № 1 в подземных горных выработках и его основные структурные элементы (фото автора)**  
*a* и *б* – забой рудного тела (горизонты +80 и +100); *в* – кровля, горизонт +140

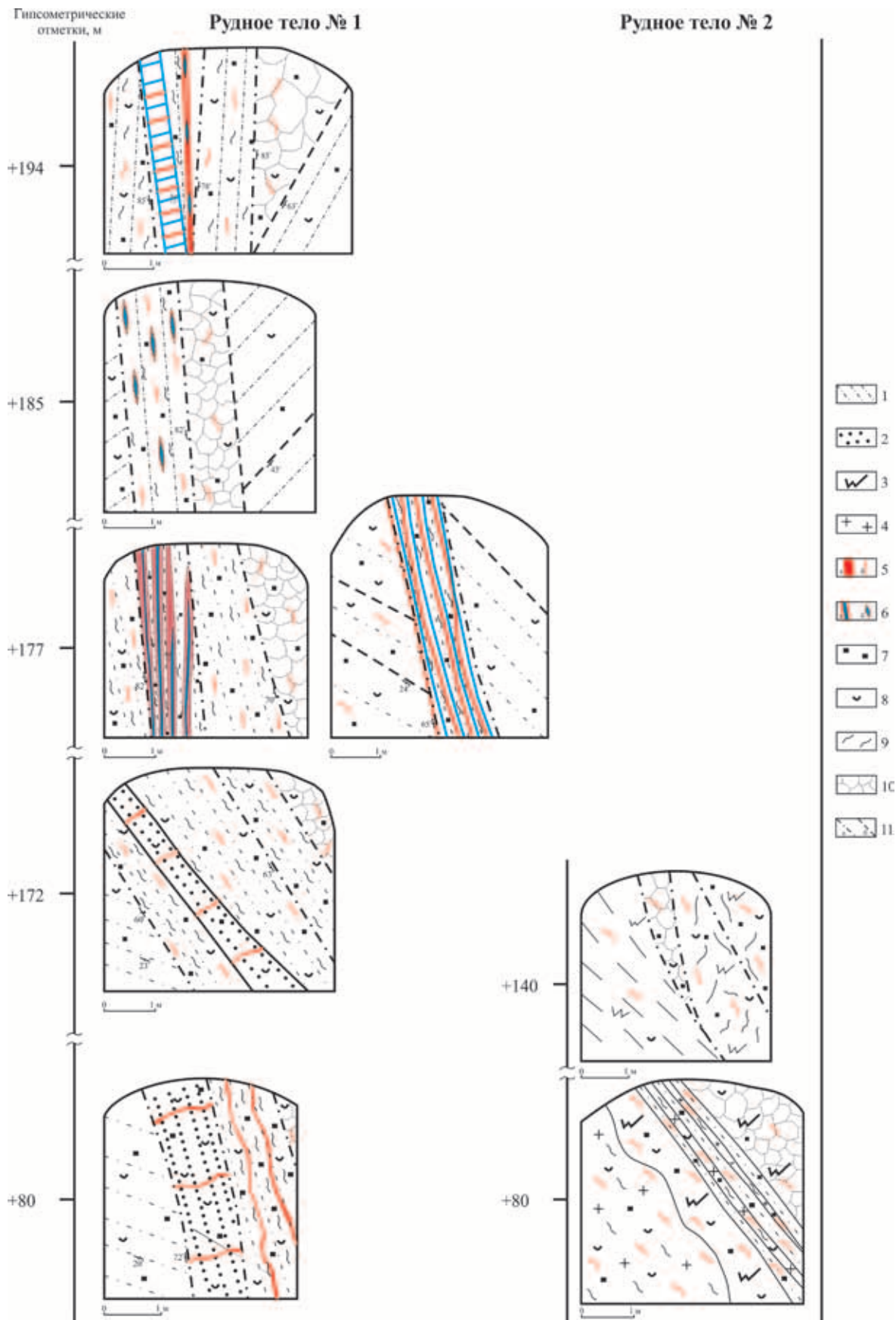


Рис. 5. Схемы строения рудных тел Майского месторождения (зарисовки автора в подземных горных выработках)

1 – слабопроявленные серицит-анкеритовые березиты по алевролитам; 2 – слабопроявленные серицит-анкеритовые березиты по песчаникам; 3 – полнопроявленные березиты; 4 – березитизированные и оруденелые дайки гранит-порфиров; 5 – кварцевые жилы (а) и прожилки (б); 6 – кварц-антимонитовые жилы (а) и прожилки (б) с самородным золотом; 7 – вкрапления зерен пирита; 8 – примазки каолинита; 9 – глинка трения; 10 – зоны дробленых пород; 11 – трещины, выполненные кварцем, каолинитом, пиритом (а), глиной трения (б)



с размером обломков от 0,5 до 10 см, сцементированных материалом вмещающих пород меньшего размера, каолинитом и реже кварцем (рис. 5). По данным бороздowego опробования, такие зоны имеют низкие содержания золота.

Минеральный состав рудного тела довольно пестрый, визуальнo новообразованные жильные минералы – кварц и каолинит, которые выполняют согласные падению рудного тела жилы мощностью 10, редко 40 см и разнонаправленные тонкие прожилки, цементирующие обломки пород. Отмечается тенденция к увеличению доли жильного кварца с глубиной, на горизонте +80 возрастают количество таких жил и их мощность. По результатам рентгенофазового анализа удалось установить, что в состав белого глинистого агрегата входит не только каолинит, но и диксит, монтмориллонит, реже иллит. Судя по рентгенометрическим данным, диксит является основным минералом, остальные выполняют роль примесей. Под микроскопом диагностируются серицит и гидросерицит, железистый карбонат, редко прожилки хлорита и единичные кристаллы турмалина. Межзерновое пространство часто заполняет тонкодисперсное углистое вещество; по данным опробования, содержание общего углерода достигает 0,8–1,4 %, реже до 2 %.

Рудная минерализация представлена в основном пиритом и тонкоигольчатым арсенопиритом, с которым связано тонкодисперсное золото. Пирит образует тонкую вкрапленность в рудах, выполняет как самостоятельные прожилки, так и кварц-пиритовые. Арсенопирит – вытянутые тонкоигольчатые агрегаты, которые в сростаниях часто образуют радиально-лучистые скопления, размеры индивидов редко превышают 1 мм. На горизонте +110 встречена жила, падающая под углом 40° и имеющая мощность до 10 см (рис. 2, д), которая по структурному положению с тонкодисперсным орудением имеет более ранний возраст образования. В ее составе преобладают весьма редко встречающиеся на Майском месторождении сфалерит, галенит и халькопирит.

Для рудного тела № 1 характерно наличие рудных столбов. Они занимают секущее положение в тонкодисперсных рудах, имеют крутое западное падение (до 90°) на горизонте +194, к горизонту +185 падение меняется на восточное, а к горизонту +100 выполаживается до 65°. Бонанцевые руды – серия сближенных кварц-антимонитовых жил мощностью от 5 до 50 см (рис. 5) с вкраплениями крупного видимого золота, размеры золотин 1–3 мм (рис. 2, в, з). Рудные столбы включают брекчию вмещающих пород и арсенопиритовых руд, сцементированных кварцем. На горизонте +177 отмечается наличие самородной серы. Бонанцевые руды с глубиной имеют тенденцию к уменьшению мощности, кварц-антимонитовые жилы превращаются в тонкие прожилки. На горизонте +80 видимое золото почти не встречается.

Основные текстуры руд – прожилковые, микропрожилковые, прожилково-вкрапленные, брекчиевые и брекчиевидные.

Вмещающие породы – березитизированные аргиллиты, глинистые сланцы, редко песчаники. Породы смяты в опрокинутые брахискладки, часто сильно трещиноватые с плитчатой отдельностью. Углы падения крыльев складок изменяются от 60° на верхних горизонтах и постепенно выполаживаются до 20° на горизонте +80. Новообразованные

минералы – кварц, прожилки каолинита, серицита и тонкая вкрапленность пирита. Для вмещающих алевролитов на верхних горизонтах характерно наличие межслоевых трещин, выполненных глиной трения, количество которых с глубиной уменьшается.

**Рудное тело № 2** расположено в лежачем боку дайки гранит-порфиров, приурочено к субмеридиональной сколовой трещине восточного падения. По простиранию прослежено на 600 м, вертикальный размах 680 м. Угол падения рудного тела на горизонте +200 в среднем 65°, выполаживается к горизонту +80 до 45°. Азимут простирания от 350 до 0°. Мощность тела 0,5–9,5, в среднем 2,5 м с глубиной постепенно уменьшается.

Рудное тело – минерализованная зона дробления светло-бежевых березитов (рис. 2, ж, б), реже интенсивно березитизированные дайки гранит-порфиров, доля которых с глубиной увеличивается. Главное отличие от рудного тела № 1 – почти полное отсутствие углистого вещества во вмещающих породах и рудах на верхних горизонтах; среднее содержание углерода, по данным опробования, 0,1 %. С глубиной уменьшается степень метасоматического изменения руд, вместо светло-бежевых березитов появляются темно-серые и черные прослои березитизированных алевролитов, в которых увеличивается доля углистого вещества (рис. 5). Контакты рудного тела довольно трудно диагностируются, лежачий бок имеет вид зоны крупного дробления, обломки размером 0,5–10 см сцементированы тонкими прожилками каолинита и кварца. Всякий контакт обычно ограничен зеркалом скольжения и трещиноватыми крупноблочными вмещающими березитами.

Рудные тела имеют пестрый минеральный состав, новообразованные минералы – кварц, каолин и на верхних горизонтах халцедон. Кварц выполняет как жилы, согласные падению рудного тела мощностью 10–30 см, так и микропрожилки, иногда образующие плотный цемент, за счет которого породы рудного тела становятся очень плотными и весьма абразивными. Это характерно для нижних горизонтов. Редко встречаются полости, маленькие жеедки, заполненные скелетными кристаллами кварца, и кварцевые брекчии. Белые глинистые минералы, образующие тонкие прожилки и примазки, как и в рудном теле № 1, в основном диксит, в подчиненном количестве каолинит, монтмориллонит и иллит. Халцедон характерен для горизонтов +300...+200, кристаллизуется в открытых полостях с каолинитом (рис. 2, з). Под микроскопом диагностируются серицит, гидросерицит и железистый карбонат.

Рудная минерализация представлена в основном пиритом и тонкоигольчатым арсенопиритом, с которым связано тонкодисперсное золото, кроме того, на верхних горизонтах встречается марказит. Пирит образует тонкую вкрапленность в рудах, иногда выполняет мономинеральные прожилки мощностью до 5 см, а арсенопирит (вытянутые тонкоигольчатые кристаллы) часто в сростаниях образует лучистые агрегаты. Глубже горизонта +140 встречаются кварц-антимонитовые прожилки 1–5 см, выполняющие открытые полости.

Вмещающие породы – светло-бежевые березиты с крупноблочной отдельностью, размеры блоков 0,1–1,5 м (рис. 6). Новообразованные минералы – кварц, халцедон, серицит, прожилки каолинита

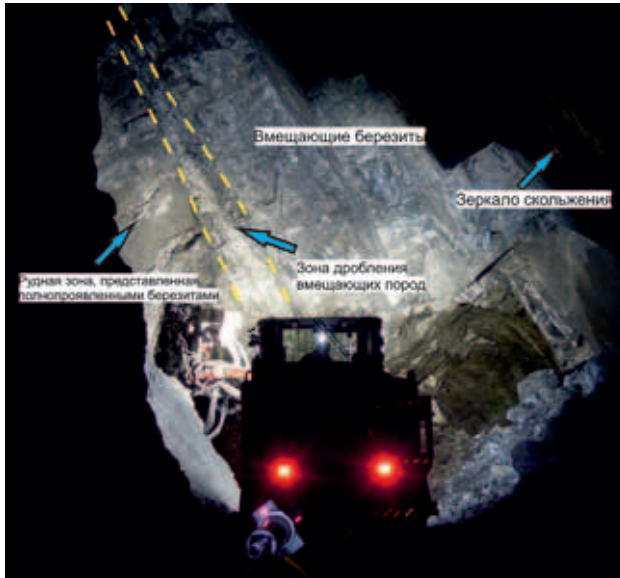


Рис. 6. Очистные работы на рудном теле № 2 и особенности его основных структурных элементов (фото автора)

и тонкая вкрапленность пирита. Ниже горизонта +100 породы приобретают более темные тона, уменьшается степень березитизации, появляются черные березитизированные алевролиты и глинистые сланцы с тонкоплитчатой отдельностью.

**Заключение.** Для рудного тела № 1, по первичным данным, выделены следующие элементы вертикальной зональности — с увеличением глубины залегания падение рудного тела и вмещающих березитизированных алевролитов и сланцев становится более пологим (рис. 5); выклиниваются бананцевые руды, представленные кварц-антимонитовыми жилами с самородным золотом; уменьшается общая мощность рудного тела. С глубиной увеличивается доля слабоминерализованных песчаников в контуре рудного тела, за счет которых падает качество руд и уменьшается их мощность, также увеличивается доля безрудного жильного кварца в упорных арсенипиритовых рудах. По взаимоотношениям рудных ассоциаций выделяются как минимум три стадии формирования рудного тела № 1. *Первая стадия* связана с образованием маломощной пологопадающей жилы с полиметаллическим оруденением (сфалерит, галенит, пирит и халькопирит). *Вторая стадия*, наиболее продуктивная, связана с пиритарсенипиритовой ассоциацией с тонкодисперсным золотом. На *третьей стадии* завершается формирование рудного тела с образованием секущих кру-

топадающих жил кварц-антимонитового состава с видимым крупным золотом.

Для рудного тела № 2 отмечаются следующие тенденции — с глубиной пропадают полости, выполненные халцедоном; уменьшается степень гидротермально-метасоматического изменения пород и руд; появляются гнезда кварц-антимонитового состава и увеличивается доля березитизированных и оруденелых даек гранит порфиров в составе рудного тела.

В рудо локализирующей структуре рудного тела № 2 с глубиной увеличивается доля углистого вещества, вмещающие породы и руды постепенно сменяются углеродистыми метасоматитами, сходными с таковыми рудного тела № 1. Можно предположить, что безуглеродистые метасоматиты являются верхней частью метасоматической колонны, которая в рудном теле № 1 эродирована. На глубоких горизонтах в структуре рудного тела № 2 следует ожидать оруденение, по типу сходное с высокоуглеродистыми метасоматитами, а также бананцевые руды с видимым золотом.

В течение длительной истории геологического развития Майского рудного поля произошло накопление полезных компонентов на протяженном рудоподготовительном этапе в региональных разрывных структурах северо-западного простирания. Формирование продуктивного оруденения Майского золоторудного месторождения связано с процессами тектоно-магматической активизации, выраженными во внедрении гранитоидных интрузий и излиянии на поверхность вулканитов Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Это привело к ремобилизации рудного вещества в подновленных древних разрывных нарушениях северо-западного простирания и к формированию промышленных залежей в новых тектонических структурах субмеридионального и северо-восточного простирания.

1. Волков А.В., Гончаров В.И., Сидоров А.А. Месторождения золота и серебра Чукотки. — М.—Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2006. — 221 с.

2. Волков А.В., Сидоров А.А. Уникальный золоторудный район Чукотки. — М.—Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2001. — 180 с.

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

2. Volkov A.V., Sidorov A.A. Unikal'nyy zolotorudnyy rajon Chukotki [The unique gold ore district of Chukotka]. Magadan: SVKNII FEO RAS; Moscow: IGEM RAS. 2001. 180 p.

Артемьев Дмитрий Сергеевич — аспирант, инженер 1 кат., Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия. <dmitry\_artemiev@vsegei.ru>

Artemiev Dmitry Sergeevich — Graduate Student, Engineer, A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74, Sredny prospect, St. Petersburg, 199106, Russia. <dmitry\_artemiev@vsegei.ru>