

**ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКИХ ЗОН ЮГО-ВОСТОКА
СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

М.В. Горошко, В.А. Гурьянов, Н.В. Бердников, В.Е. Кириллов

Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, г. Хабаровск

Поступила в редакцию 16 января 2009 г.

На юго-востоке Сибирской платформы в районах проявления тектоно-магматической активизации размещается большое количество месторождений и проявлений золота. Они сосредоточены в четырех металлогенических зонах: Кет-Капской (скарны, кварцевые жилы и штокверки, золотоносные залежи в силицитолитах, аргиллизит-серицитовые метасоматиты), Улканской (глинисто-сланцевые метасоматиты, кварцевые жилы), Преддзугджурской (кварцевые жилы, скарны, серицит-гидрослюдистые метасоматиты) и Удской (серицит-гидрослюдистые метасоматиты). Скарновое оруденение имеет мезозойский возраст, оруденение в кварцевых жилах, кварц-гидрослюдистых метасоматитах и кварц-сульфидных жилах может быть мезозойским, палеозойским или позднепротерозойским.

Наиболее высокотемпературные процессы рудообразования происходили в скарнах Преддзугджурской зоны (500–715°C) и гидротермально-метасоматических образованиях Кет-Капской зоны (510–530°C). В составе газовой-жидких включений в минералах этих пород преобладают водные растворы хлоридов Na, K и Ca с концентрациями до 40 % NaCl экв. Для них характерно присутствие CO₂ во флюиде. Кварцевые жилы и штокверки Кет-Капской зоны образовались при высоких (до 465°C) и умеренных температурах с концентрацией растворов до 32 % NaCl экв. Иногда в минералах этих пород присутствуют включения низкоплотной углекислоты. Золотоносные жилы Преддзугджурской зоны сформировались при 225–230°C и концентрации растворов 1–2 % NaCl экв. В золотоносных жилах Улканской зоны установлена калиево-натриево-хлоридная специализация рудообразующих растворов с концентрациями 2–10 % NaCl экв., а температура их образования составляла 220–280°C.

Ключевые слова: золото, вулcano-плутонические зоны, месторождения, рудные формации, метасоматиты, физико-химические условия образования, юго-восток Сибирской платформы.

ВВЕДЕНИЕ

В 40–90-е годы прошлого столетия в вулcano-плутонических поясах и зонах различного возраста юго-востока Сибирской платформы выявлен ряд месторождений и рудных проявлений золота, которые вовлечены в эксплуатацию или активно изучаются. Из немногочисленных работ [7, 8, 11, 15] можно получить представление о геологическом строении отдельных рудоносных полей, структур и месторождений и о приблизительных масштабах проявленного в них оруденения, однако сводные публикации по золотоносности этого района отсутствуют. В настоящей статье дан обзор золотоносности наиболее крупных вулcano-плутонических зон этого региона с типизацией золотого оруденения и оценкой условий

образования месторождений. Для изучения минерального состава руд использовались микроскопический и рентгено-структурный анализы. Температуры образования и состав рудогенного флюида оценивались с помощью методов термобарогеохимии. Основные приемы работы с включениями – стандартные [18], дополненные нашими разработками [2]. Использованное оборудование позволило уверенно диагностировать фазы и их изменения во включениях размером не менее 5 мкм. Включения меньших размеров использовались в качестве вспомогательного материала. Точность измерений температуры составляла в криокамере ±0.5°C, в термокамере ±3–5°C. Анализ солевого состава растворов проводился с использованием данных [3]. Поправки на давление при определении температур образования по темпе-

ратурам гомогенизации включений вводились в тех случаях, когда можно было применить данные [17]. По геологическим и петрологическим материалам оценивалось литостатическое и гидростатическое давление, по которым рассчитывался интервал поправок. При этом нам представляется, что для большинства рассмотренных объектов, образовавшихся на небольших (менее 1 км) глубинах, более вероятен открытый характер рудообразующих флюидных систем. В этом случае наиболее реальны оценки модели гидростатического флюидного давления.

Определения возраста пород и руд проводились изотопно-свинцовым методом по породе в целом [5].

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИИ ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКИХ ЗОН

Рассматриваемый район охватывает юго-восточную окраину Сибирской платформы, отличающуюся сложным геологическим строением (рис. 1). На значительной его части обнажены породы древнего метаморфического фундамента Алданской гранулитогнейсовой, Батомгской и Становой гранит-зеленокаменных областей, входящих в состав Алдано-Станового щита (AR) [14]. Образования фундамента метаморфизованы в условиях гранулитовой и амфиболитовой фаций, местами изменены до эпидот-амфиболитовой фации регрессивного метаморфизма. Область развития архейских пород на юго-востоке перекрыта вулканогенными образованиями Улканского прогиба, на востоке – вулканитами Преддзугджурского прогиба Охотско-Чукотского вулканического пояса, на севере и северо-западе – рифейско-кембрийскими карбонатно-терригенными отложениями Учуро-Майской впадины, на западе – юрскими континентальными угленосными толщами Токинской впадины. Основными продуктивными на золото структурами являются Улканский вулканогенный прогиб, Кет-Капская вулканоплутоническая зона, Преддзугджурский и Удской вулканогенные прогибы (рис. 1).

Золотоносные Улканская, Кет-Капская, Преддзугджурская и Удская вулканоплутонические зоны расположены в северной периферической части глубинной Мая-Селемджинской структуры [10], охватывающей юго-восток Сибирской платформы, восточную часть Монголо-Охотского и северную часть Сихотэ-Алинского орогенных поясов, а также северо-восточную окраину Цзямусы-Малохинганского массива (рис. 2). В геофизических полях эта структура представлена неоднородностями верхнекорового, нижнекорового и верхнемантийного уровней (рис. 3). Последовательное погружение этих неоднородностей к северу дает основание для предположения о

поддвигании Мая-Селемджинской структуры под Сибирскую платформу с юго-востока на северо-запад под углом 30–40°. Определенным подтверждением этого предположения служит характер деформаций в Мая-Селемджинской структуре, где широко развиты напряженная складчатость северной виргации и субширотные чешуйчато-надвиговые зоны. Вероятно, погружение Мая-Селемджинской структуры под Алдано-Становой щит привело к вскрытию горизонтов мантии и поступлению разогретых масс по наиболее проницаемым каналам к поверхности и формированию вулканических, дайковых поясов и осадочных бассейнов. Эта структура фиксируется пониженной мощностью литосферы от 150–170 км на погруженной ее части под Сибирской платформой до 80–90 км в самой структуре, мощностью земной коры от 42–46 км до 35–40 км [10]. Золотоносные вулканоплутонические пояса локализованы на жестком блоке юго-востока Сибирской платформы с докембрийским основанием над погруженной частью Мая-Селемджинской структуры и контролируются зоной градиентов мощности литосферы [10].

Улканский вулканогенный прогиб

Улканский вулканогенный прогиб (рис. 1) – это крупная, вытянутая в субширотном направлении структура, наложенная на метаморфический фундамент Алдано-Станового щита и сложенная разнообразными по составу и происхождению комплексами вулканических и плутонических пород палеопротерозоя (1740–1676 млн л.) [9]. Породы не претерпели регионального метаморфизма и сохранили свои первоначальные геологические соотношения, особенности химизма и металлогении. Заполняющая прогиб улканская серия сложена тремя красноцветными свитами (снизу вверх): кварцево-песчаниковой топориканской, трахибазальтовой улканской и базальт-трахириолитовой элгэтэйской общей мощностью до 3090 м. Базальные горизонты серии залегают с угловым несогласием на породах кристаллического фундамента, отделяясь от них щебнисто-дресвяной корой выветривания. Интрузивные породы представлены гекунданским лейкогаббро-долеритовым, улканским щелочно-лейкогранитовым и маймаканским габбродолеритовым комплексами. В строении Улканского вулканогенного прогиба отмечается ряд особенностей, присущих большинству современных и древних континентальных рифтогенных структур: развитие дорифтогенной поверхности выравнивания, формирование бимодальной дифференцированной серии вулканитов, ограничение нормальными, преимущественно ступенчатыми сбросами, свидетельствующими об условиях растяжения, большие размеры и слож-

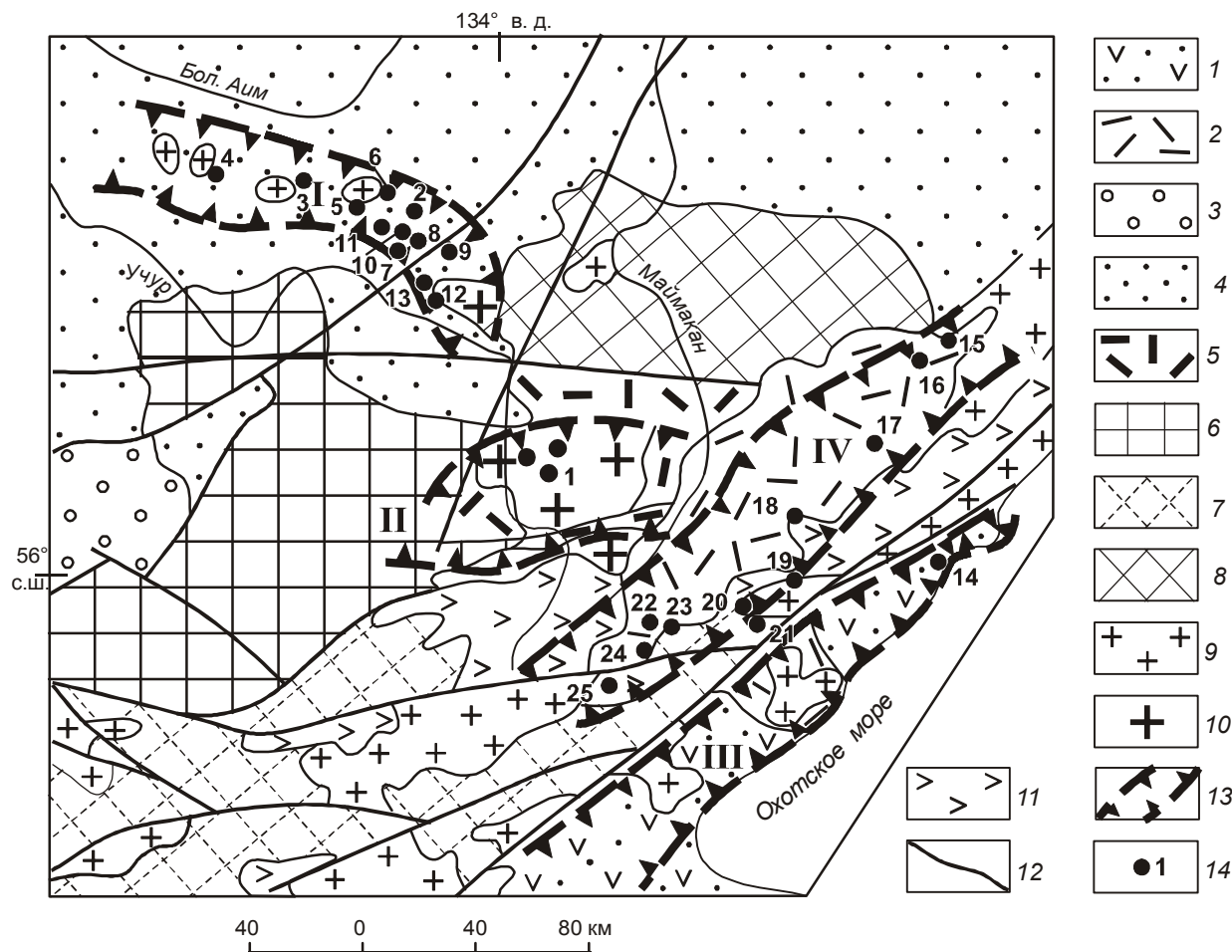


Рис. 1. Геологическая схема размещения металлогенических золотоносных зон на юго-востоке Сибирской платформы.

1 – меловые вулканогенно-терригенные породы; 2 – меловые вулканы Преджугджурского прогиба; 3 – юрские осадочные отложения Токинской впадины; 4 – мезопротерозойские терригенно-карбонатные породы чехла Сибирской платформы; 5 – палеопротерозойские вулканы Улканского прогиба; 6–8 – мегаблоки Алдано-Станового щита: 6 – Алданский; 7 – Становой; 8 – Батомгский; 9 – мезозойские гранитоиды; 10 – палеопротерозойские гранитоиды; 11 – архей-палеопротерозойские (?) анортозиты; 12 – крупные разломы; 13 – золотоносные металлогенические зоны: I – Кет-Капская, II – Улканская, III – Удская, IV – Преджугджурская; 14 – месторождения и крупные рудопроявления: 1 – рудные объекты Широтного рудного узла, 2 – Рябиновое, 3 – Крутое, 4 – Комсомольская залежь, 5 – Виктория, 6 – Клин, 7 – Юго-Западное, 8 – Шумный, 9 – Василек, 10 – Тас, 11 – Левобережный, 12 – Усмун, 13 – Дарья, 14 – Эгукал, 15 – Людвигитовое, 16 – Аркай, 17 – Ветвистое, 18 – Ланда, 19 – Етара, 20 – Нагим, 21 – Кума, 22 – Мевачан, 23 – Бургале, 24 – Авлаянкан, 25 – Киранкан.

ная линейная в плане форма, молассоидные отложения большой мощности, интенсивно проявленный магматизм повышенной щелочности, вплоть до образования щелочных пород [9]. На территории Улканского прогиба широко развиты щелочные раннепротерозойские метасоматиты и гидротермалиты, средне-рифейские (1300–1150 млн л.) эйситы, аргиллизиты, серицит-гидрослюдисто-кварцевые и гематит-кварцевые метасоматиты. С ними связаны месторождения и рудопроявления Au, Be, Ta, Nb, U, Li, Zr, Mo и редкоземельных элементов, основная часть которых сосредоточена в Улканском массиве гранитоидов и в приле-

гающих вулканотектонических структурах. Среди них выделяются порядка тридцати рудных объектов, которые по прогнозным ресурсам и запасам отвечают крупным и средним месторождениям.

Кет-Капская вулканоплутоническая зона

Кет-Капская вулканоплутоническая зона (МЗ) располагается на севере района среди рифейско-кембрийских осадочно-карбонатных пород и протягивается в субширотном направлении на 140 км (рис. 1). По мнению В.Ф. Полина и др. [13], магматизм зоны связан с деятельностью одной из мезозойских горя-

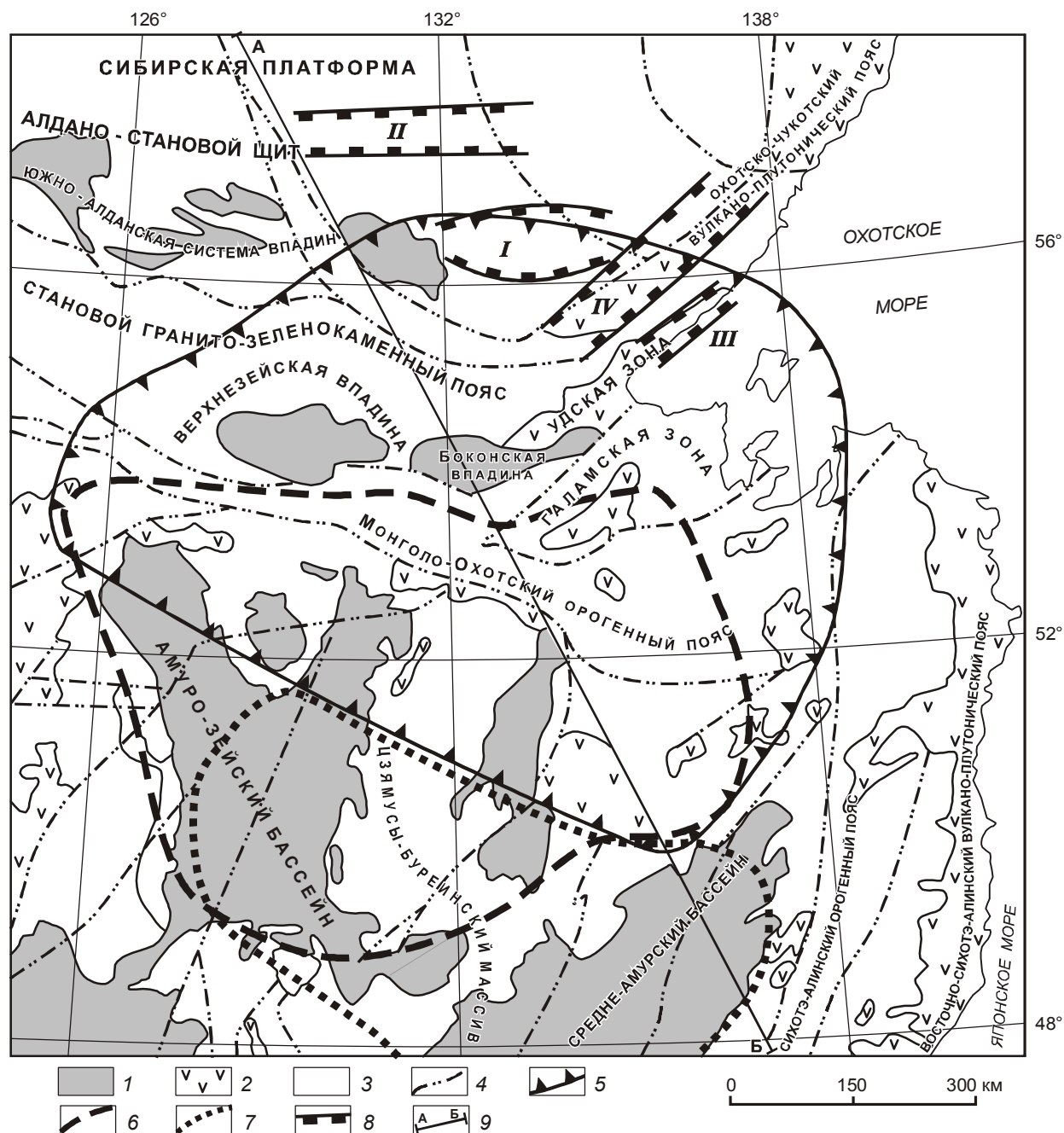


Рис. 2. Тектоническая схема с элементами глубинного строения, по [10], с изменениями, дополненная данными по золотоносности.

1 – впадины, выполненные мезозойско-кайнозойскими отложениями; 2 – мезозойско-кайнозойские вулканоплутонические пояса и ареалы; 3 – прочие комплексы пород; 4 – главные разломы; 5–7 – границы аномальной литосферной Мая-Селемджинской структуры: 5 – в верхней мантии, 6 – в нижней части земной коры, 7 – в верхней части земной коры; 8 – золотоносные зоны: I – Улканская, II – Кет-Капская, III – Удская, IV – Преддзугджурская; 9 – линия разреза АБ (рис. 3).

чих точек и проявился в зоне растяжения синдвигового рифтового типа вдоль Кет-Капского глубинного разлома. По палеогеодинамическим данным она реконструируется как серия сводово-вулканических рифтовых зон и систем активизированных внутри-

плитных структур домезозойского чехла, что, по-видимому, и обусловило формирование полигенно-полихронных типов оруденения как золота, серебра, свинца, цинка, меди, так и урана, редких металлов и редких земель [6, 16]. Осадочно-вулканогенные об-

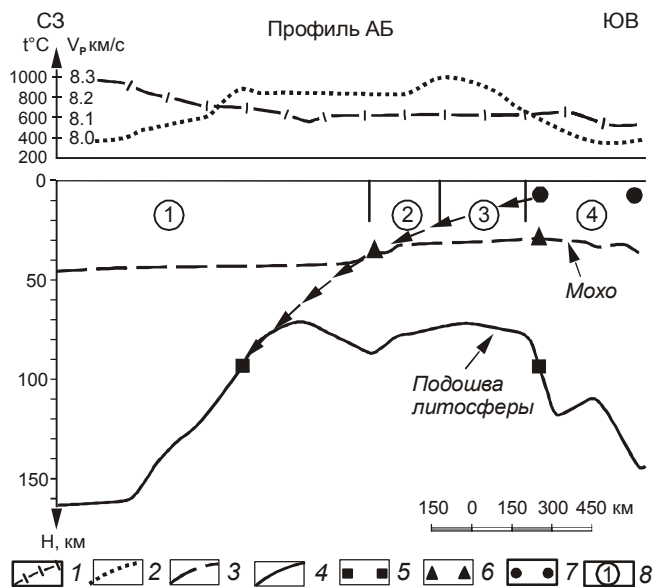


Рис. 3. Глубинный разрез литосферы по профилю АБ (рис. 2), по [10].

1–4 – кривые геофизических параметров: 1 – скорости продольных волн в подошве литосферы (V_p , км/с), 2 – температуры на поверхности Мохо ($t^\circ\text{C}$), 3 – подошва земной коры, 4 – подошва литосферы; 5–7 – положение границ аномальной литосферной структуры (см. рис. 2): 5 – в верхней мантии, 6 – в нижней части земной коры, 7 – в верхней части земной коры; 8 – цифры в кружках: 1 – Сибирская платформа, 2 – Монголо-Охотский пояс, 3 – Центрально-Азиатский пояс, 4 – Сихотэ-Алинский орогенный пояс; стрелками показано направление предполагаемого поддвига Мая-Селемджинской литосферной структуры под Сибирскую платформу.

разования Кет-Капской зоны, объединяемые в бокурскую серию (J), сохранились в небольших блоках (десятки км²) в пределах вулcano-плутонических полигенных структур. В нижней своей части (до 250 м) она сложена песчаниками, туфопесчаниками и конгломератами, содержащими слои и горизонты туфов, агломератов, андезитов и трахиандезитов. Средняя часть (до 400 м) состоит из горизонтов (100–200 м) туфов, кластолав, агломератов, трахиандезитов, среди которых отмечаются слои трахитов, песчаников и туфопесчаников мощностью несколько метров. Верхняя часть (до 600 м) характеризуется полным отсутствием осадочных отложений и примерно равным содержанием лав, лавобрекчий и туфов трахиандезитов, трахибазальтов, тефритов, трахитов и фонолитов. Субвулканические аналоги бокурской серии (J_3 - K_1) представлены некками, маломощными силлами и дайками трахиандезитов, тефритов, трахибазальтов, фонолитов, эссекситов, шонкинитов.

Среди интрузивных образований Кет-Капской зоны в настоящее время выделяются позднеюрско-

раннемеловой кет-капский монцодиоритовый комплекс и позднемеловой дарьинский комплекс щелочных фельшпатоидных сиенитов. Они слагают дайки, штоки, воронковидные интрузии, реже лакколиты, хонолиты, бисмалиты, гарполиты, силлы и небольшие массивы. Кет-капский комплекс, имеющий пятифазное строение, представлен кислыми, средними и основными породами субщелочного и нормального ряда, трехфазный дарьинский комплекс – средними, кислыми и основными породами щелочного ряда. Для всех магматических пород Кет-Капской зоны характерны повышенная щелочность (K_2O 2.41–5.49 %, Na_2O 2.83–4.56 %), высокие содержания стронция (800–1400 г/т) и низкие – рубидия (10–200 г/т), повышенные концентрации меди (30–50 г/т), урана (4–10 г/т) и золота (0.00015–0.006 г/т), достигающие в поздних дериватах 0.008–0.04 г/т [16]. Вмещающие осадочные и карбонатные породы характеризуются стандартно невысокими концентрациями этих элементов.

Удской вулcanoгенный прогиб

Удской вулcanoгенный прогиб прослеживается вдоль побережья Охотского моря на 500 км при ширине от 10 до 60 км от Этанджинского мезозойского поднятия на северо-востоке до бассейна р. Уда на юго-западе (рис. 1). Фундаментом прогиба являются архейские метаморфические образования Становой гранит-зеленокаменной области Алдано-Станового щита и палеозойского Аяно-Шевлинского перикратонного прогиба. Осадочно-вулcanoгенные породы Удского прогиба выделены в джелонскую свиту (J_3 - K_1) мощностью свыше 2.2 км, которая подразделяется на две подсвиты: нижнюю преимущественно туфогенно-осадочную и верхнюю с преобладанием эффузивов основного и среднего составов. С вулканитами ассоциируют многочисленные интрузии удского комплекса. Основной объем в его составе занимают гранодиориты, менее распространены габбро, диориты и граниты. Интрузии прорывают джелонскую свиту и перекрываются нижнемеловыми вулcanoгенной и грубообломочной молласами (мериконская и бо-конская свиты). Породы центриклинально под углами 10–30° наклонены от периферии прогиба к его центральным частям.

Удской прогиб характеризуется медь-золото-серебряной металлогенической специализацией. В нем известны проявления меди гидротермального вулcanoгенного типа, золото-серебряные, золото-сульфидные, ртутные проявления и многочисленные россыпные месторождения в бассейнах рек Лантарь и Немуй, которые к настоящему времени уже отработаны.

Преддзугджурский вулканогенный прогиб

Преддзугджурский вулканогенный прогиб, заложённый в раннем мелу, расположен в области сочленения нескольких крупных разнородных структур: Становой, Батомгской гранит-зеленокаменных областей и Аяно-Шевлинского прогиба. Он вытянут в северо-восточном направлении на 250 км при ширине до 100 км. Прогиб выполнен нижнемеловыми и верхнемеловыми вулканитами кислого, умереннокислого и среднего составов, расчленёнными на четыре свиты: нижнемеловые немуйканскую и магейскую и верхнемеловые мотаринскую и тунумскую. Немуйканская свита сложена андезитами и их туфами; магейская – туфами, туффитами разного состава, риодацитами и дацитами и их игнибритами, андезитами, туфоконгломератами; мотаринская – андезитами, базальтами, дацитами и их туфами и туффитами, туфоконгломератами; тунумская – трахириолитами, трахидацитами и их игнибритами, туфами и туфопесчаниками. Субвулканические фации представлены поздне меловыми риолитами, андезидацитами и андезитами. Интрузивные образования расчленены на раннемеловой удской комплекс гранодиоритов, адаметеллитов, гранитов и поздне меловой дзугджурский комплекс субщелочных гранитов, граносиенитов, монцогранодиоритов, монцодиоритов, гранитпорфиоров, гранодиорит-порфиоров и граносиенитпорфиоров, которые слагают массивы, штоки и дайки.

В прогибе выявлены многочисленные проявления золотой, золото-серебряной, медной, молибденовой, свинцовой и цинковой минерализаций, связанные с меловой вулканоплутонической ассоциацией, включающей вышеперечисленные вулканические и плутонические комплексы. Золотое и золото-серебряное оруденение явно преобладает.

ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКИХ ЗОН

Промышленная золоторудная минерализация сосредоточена в четырех металлогенических зонах, тяготеющих к одноименным тектоническим подразделениям: Улканскому осадочно-вулканогенному прогибу, Кет-Капской вулканоплутонической зоне, Преддзугджурскому и Удскому вулканогенным прогибам (рис. 1). Две первые из них принадлежат Алданской золотоносной провинции, а Преддзугджурская и Удская металлогенические зоны относятся к Охотско-Чукотской золотоносной провинции.

Золотоносность Улканского прогиба

Геолого-съёмочными работами масштаба 1:50 000 в северном обрамлении Улканского плутона изучены ореолы слюдясто-аргиллизитовых метасо-

матитов и кварцевые жилы с золотым и серебряным оруденением и выделен Широ́тный рудный узел [7, 9] (рис. 4) с месторождением Широ́тное на его восточном фланге. Это месторождение локализовано в аргиллизитах и аргиллизированных породах, адуляр-кварцевых, серицит-гидрослюдисто-кварцевых метасоматитах, телах и зонах прожилково-метасоматического окварцевания, кварцевых брекчиях с кварцевыми, гематит-кварцевыми и флюорит-карбонат-кварцевыми жилами и прожилками. Жилы залечивают зоны трещиноватости, катаклаза и дробления, оперяющие субширотный, полого падающий (25°) на юг Топорикано-Бириндинский разлом. Оруденение развивается по различным породам – песчаникам, кислым эффузивам и гранитам. Мощность одной из наиболее изученных золотоносных зон протяжённостью около 3 км достигает в центральной части 20 м, на флангах она разветвляется и постепенно выклинивается. Содержания полезных компонентов в ней варьируют: золото от 0.01 до 12.4 г/т, серебро до 7 г/т, молибден, свинец и медь до 0.03 %, уран до 0.003 % (в аргиллизитах до 0.012 %). Наиболее высокие содержания золота (более 5 г/т) и молибдена (0.01–0.04 %) установлены в 5 рудных интервалах прожилково-метасоматического окварцевания с гематит-кварцевыми жилами и кварцевыми брекчиями мощностью от 1 до 7 м. Рудные минералы (до 5 %) в них представлены пиритом, гематитом, халькопиритом, галенитом, молибденитом, пирротинном, золотом, самородными медью и серебром, аргентитом, акантитом, гидроксидами железа, малахитом, лейкоксеном. Размах оруденения по вертикали не менее 500 м. Возраст золотоносных кварц-гидрослюдистых метасоматитов 1261 ± 115 млн лет [5]. Оруденение относится к золото-кварцевой малосульфидной формации. Результаты термобарогеохимических исследований золотоносных пород Кет-Капской, Улканской и Преддзугджурской металлогенических зон приведены в таблице. Для оценки условий образования золотоносных жил использованы образцы 207007 (кварц с содержанием Au 0.2 г/т) и 210027 (кварц-флюоритовая порода с содержанием Au 12 г/т). Золото в образцах локализовано в кварце. Первично-вторичные газовой-жидкие включения в кварце обр. 207007 содержат водно-солевой раствор с температурой эвтектики (T_e) от -21 до -23.5°C, что соответствует водным растворам хлоридов натрия и калия, и температурой плавления фазы льда (T_n) -6.5°C (10 % NaCl экв.). Температуры их гомогенизации (T_h) варьируют от 210 до 260°C, что с учетом поправок на давление в 10–20°C (глубина менее 1 км) составит температуру образования (T_o) 220–280°C (табл. 1). Более поздние вторичные однофазовые включения наполнены

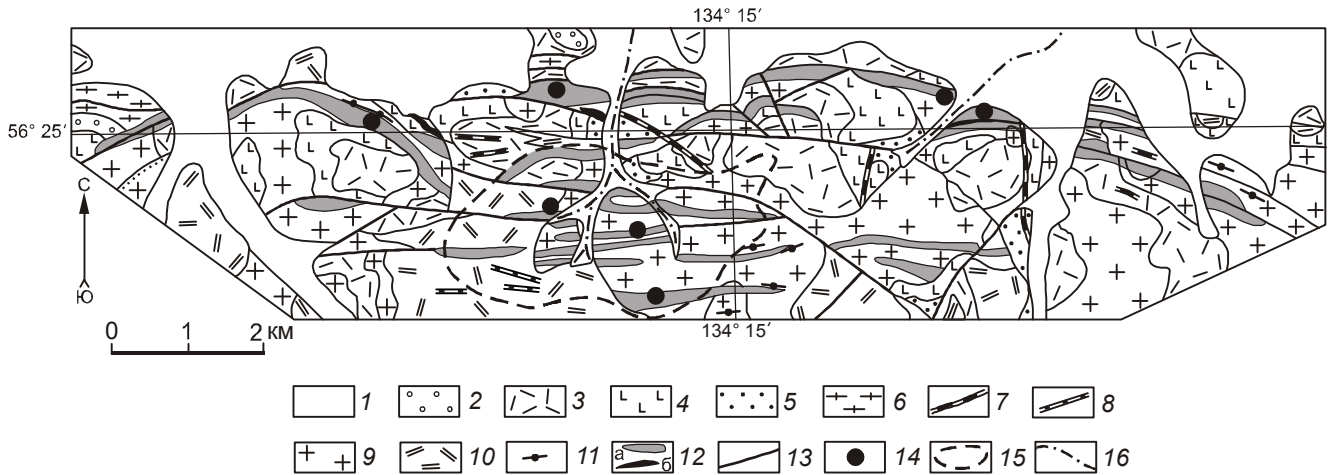


Рис. 4. Схематическая геологическая карта Широтного рудного узла, по [7].

1 – рыхлые аллювиальные образования; 2 – песчаники и гравелиты мезопротерозоя; 3–5 – палеопротерозой: 3 – трахириолиты, трахириодациты, их туфы и брекчии, 4 – трахибазальты, 5 – кварциты, кварцевые песчаники; 6 – архейские гранито-гнейсы; 7–10 – палеопротерозойские интрузии: 7 – дайки щелочных гранит-порфиров и трахириолитов, 8 – дайки гранит-порфиров вулканского комплекса, 9 – граниты и кварцевые сиениты вулканского комплекса, 10 – субвулканические и экструзивные трахириолиты, щелочные трахириолиты, игнимбриты; 11 – кварцевые жилы; 12 – кварц-серицитовые метасоматиты с золоторудной минерализацией (а – в масштабе карты, б – вне масштаба); 13 – разрывные нарушения; 14 – месторождения и рудопроявления; 15 – литогеохимический ореол золота; 16 – шлиховые потоки золота.

водным раствором с $T_3 = -36 \div -37^\circ\text{C}$ (хлориды магния и железа) и $T_n = -1.5^\circ\text{C}$ (2 % NaCl экв.). Эти данные говорят о том, что на заключительном этапе роста кварца падение температуры сопровождалось снижением концентрации растворов и изменением их специализации с калиево-натриевой на магний-железистую.

В образце 210027 изучены первичные включения в кварце и флюорите. Их параметры составляют: $T_3 = -21^\circ\text{C}$ (система NaCl+H₂O), $T_n = -6^\circ\text{C}$ (9 % NaCl) и $T_r = 220^\circ\text{C}$ ($T_0 = 230\text{--}240^\circ\text{C}$ при той же глубине).

Золотоносность Кет-Капской металлогенической зоны

Кет-Капская золоторудная металлогеническая зона пространственно совпадает с площадью распространения магматитов одноименного вулкано-плутонического ареала мезозойских субщелочных и щелочных пород позднеюрского–раннемелового возраста. Здесь разведано не менее десяти преимущественно мелких месторождений рудного золота и ведется их отработка ЗАО «Артель старателей Амур». Высокая продуктивность оруденения предопределена своеобразными условиями формирования этой структуры. Большинство золоторудных объектов Кет-Капской зоны тесно связаны с массивами меловых субщелочных и щелочных интрузивных пород кет-капского комплекса, но есть объекты, где эта связь не столь очевидна. По условиям залегания в

Кет-Капской зоне выявлены золоторудные крутопадающие жильные зоны, штокверки и пологие стратиформные рудные залежи. Формационными типами золотого оруденения являются: золото-сульфидно-скарновый, жильный золото-кварцевый, золото-кварц-гидрослюдистый и золоторудный в селицитолитах.

Золото-сульфидная скарновая формация

К золото-сульфидной скарновой формации отнесены среднее по запасам месторождение Рябиновое и мелкие месторождения Виктория, Василек и Клин. Они локализуются в экзоконтактах штоков и силлов субщелочных и щелочных мезозойских интрузивных пород и образуют в плане ореолы концентрического строения, а в разрезе – пластообразные залежи, часто локализующиеся в кровле слабо эродированных интрузий. Максимальная площадь золотоскарновых залежей может достигать 10 тыс. м², мощность – 20–30 м. Местами интрузивные тела насыщены ксенолитами скарнированных пород, с которыми они имеют активные (зубчатые, инъекционные) или тектонические контакты.

По минеральному составу рудоносные скарны можно разделить на две разновидности: существенно актинолитовые с небольшой примесью везувиана и магнетита (месторождение Рябиновое) и сложного минерального состава с магнетитом (месторождения

Василек, Виктория, Клин). Содержания золота в актинолитовых скарнах варьируют в пределах 6–300 г/т, в скарнах сложного состава – от нескольких г/т до 85.4 г/т, в отдельных случаях отмечается резкое обогащение “гнездового” типа до нескольких килограммов на тонну. Кроме золота, скарны обогащены серебром, медью и цинком и в ряде случаев вмещают магнетитовые залежи.

Месторождение Рябиновое (рис. 5) приурочено к экзоконтактовой зоне крутопадающего штока мелко-среднезернистых монцодиоритов кет-капского интрузивного комплекса. Шток вытянут в субмеридиональном направлении, имеет овальную форму, размеры – 500×300 м. Интрузия прорывает тумулдурскую свиту нижнего кембрия, представленную на участке темными известняками (в низах), светлыми известняками и реже алевролитами (в верхах), и залегающую ниже по разрезу пестроцветную свиту (доломиты, известняки, мергели). В контактах с монцодиоритами карбонатные породы мраморизованы и местами превращены в диопсид-волластонитовые и актинолитовые скарны. Скарны развиваются вдоль ослабленных пологих зон трещиноватости, развитых по падению слоев. Плиткообразные и линзовидные скарновые тела часто имеют ярусное строение. Мощность их колеблется от 1 до 33 м, протяженность достигает 150 м. Вдоль границ со штоком сиенитов и вдоль даек развиваются крутопадающие тела скарнов.

Месторождение отличается богатейшими содержаниями золота, максимальные содержания которого достигали 300 кг/т. Высокопробное (98.56–99.89 мас. %) золото находится в самородном состоянии, в виде сростков его микрокристаллов с диопсидом, актинолитом и волластонитом, иногда гранатом. В качестве примесей в золоте присутствуют серебро (91–100 % суммы примесей), медь и цинк. Морфология золота характеризуется большим разнообразием форм: субмикронные иглообразные частицы золота, как разрозненные, так и собранные в снопообразные агрегаты, ограненные кубические и октаэдрические микрокристаллы и розетковидные сростки. Эти морфологические разновидности присутствуют совместно [12].

Флюидные включения изучались в эпидоте (обр. К-4-97). Самые ранние генерации первичных включений – газовые, редко с небольшим количеством водного раствора и мелкими кристалликами твердой фазы. Глубокое охлаждение не привело к появлению в таких включениях каких-либо новых фаз. По-видимому, из этих включений произошла утечка части флюида (вероятнее всего – водной) на высокотемпературном этапе скарнообразования. Более поздняя генерация (первично-вторичные) представлена газовой-жидкими с твердой фазой

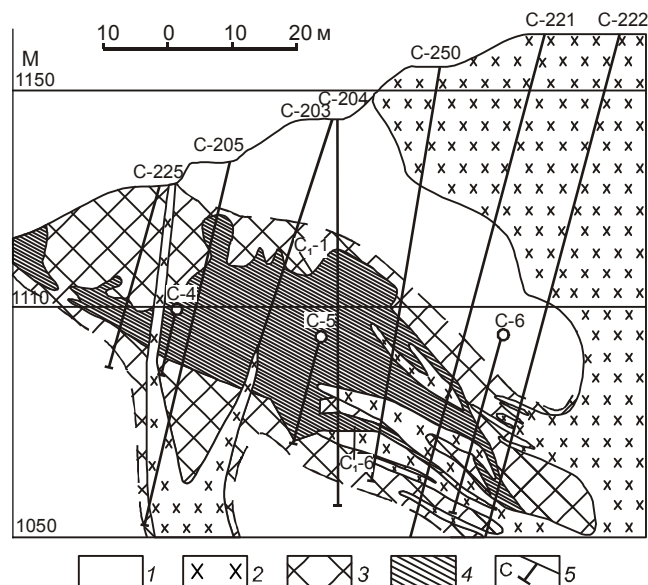


Рис. 5. Геологический разрез месторождения Рябиновое.

1 – карбонатные отложения нижнего кембрия, 2 – раннемеловые монцодиориты, 3 – скарны, 4 – рудное тело, 5 – колонковые скважины и их номер.

включениями, в которых температура эвтектики растворов составляет $-51 \div -52^\circ\text{C}$, температура окончания плавления фазы льда – в районе -4.5°C , а полная гомогенизация достигается при 500°C . Исходя из этих данных, можно заключить, что процесс формирования скарнов проходил при участии высокотемпературного (не менее 500°C) флюида, в солевом составе которого ведущую роль играл хлорид кальция ($\pm \text{K, Mg}$) при общей концентрации растворов около 7 % NaCl экв. (табл. 1).

Мелкое месторождение Виктория (рис. 6) локализовано в крупном (200×500 м) блоке скарнированных доломитов и известняков в экзоконтакте интрузии монцодиоритов. Золотоносные скарны представлены среднекристаллическими буровато-зелеными массивными породами, состоящими из эпидота, пироксена, магнетита, граната, шпинели и магнетита. Первичные ореолы золота вытянуты в запад-северо-западном направлении на десятки и сотни метров при ширине в несколько десятков метров. Кварц из жил, залегающих в монцонитах Тасского массива, представленный образцом К-3-97 с содержанием Au 24 г/т, образует две генерации – раннюю безрудную и позднюю золотосодержащую. Ранний кварц мелкозернистый, в нем преобладают газовые включения низкоплотной CO_2 ($T_n = -56.6^\circ\text{C}$, гомогенизация в газ). Поздний кварц более крупнозернистый, для него наряду с редкими включениями газообразной

Таблица 1. Результаты термобарогеохимических исследований газово-жидких включений из золотоносных пород Уланской, Кет-Капской и Преддзуджурской металлогенических зон.

Металлогеническая зона	Месторождения, рудопроявления (их типы)	Рудоносные породы, № образца	Содержание Au в породе, г/т	Изученный минерал	Генерация включений	Т гом., °С	Состав растворов	Концентрация, % NaCl экв.	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			5	Эпидот	Первичные	-	-	-	Газовые, с небольшим количеством H ₂ O и твердой фазы.
Виктория (золото-сульфидный в скарнах)		Скарны «пестрого» состава, К-4-97			Первично-вторичные	500	Хлориды Са(±Mg,K)+H ₂ O	7	
		Кварцевый штокерк, К-3-97	24	Кварц	Первичные	-	CO ₂	-	Газовые, низкоплотная CO ₂ (Т пл. = -56,6°С)
			0.5	Флюорит	Вторичные	160-250	KCl+H ₂ O±CO ₂	-	Мелкие, низкоплотная CO ₂ (Т пл. = -56,6°С)
Кет-Капская		Гидротермалиты внутренней зоны, К-6-97			Первично-вторичные	510-530	H ₂ O+CO ₂ +NaCl	От 5 до эвтектических и выше (>40)	Крупные, более плотная CO ₂ (Т пл. = -57 ÷ -58°С, Т гом. = 27-32°С в газ, жидкость и критическая)
	Тас (золото-сульфидный жильный в метасоматитах)				Поздние вторичные	0	H ₂ O+хлориды Са(±Mg,K)	5-14	Однофазовые водно-солевых растворов
		Гидротермалиты периферической зоны, К-5-97	0.2	Арагонит	Первичные	160	-	2	Включений очень мало
		Крутое (золото-кварцевый жильный)	50	Кварц	Первичные	260	-	0	Частично разгерметизированы
		Кварцевые жилы, К-1-97			Первично-вторичные	405-465	KCl+H ₂ O	32	Во включениях присутствуют кубические кристаллики, растворяющиеся при 180-210°С
	Широтное (малосульфидный золото-кварцевый в метасоматитах зон разломов)	Кварцевые жилы, 207007	0.2	Кварц	Первично-вторичные	210-260	Хлориды Na,K+H ₂ O	10	
Уланская		Кварцевые жилы с флюоритом, 210027	12	Кварц, флюорит	Поздние вторичные	0	Хлориды Mg и (или) Fe ⁺²	2	Однофазовые водно-солевых растворов
		Аркой (золото-серебряный жильный)	0.5	Флюорит	Первичные	220	NaCl+H ₂ O	9	
Преддзуджурская		Магнетит-везувиановый скарн, К-498	0.3	Везувиан	Первичные	715	-	-	

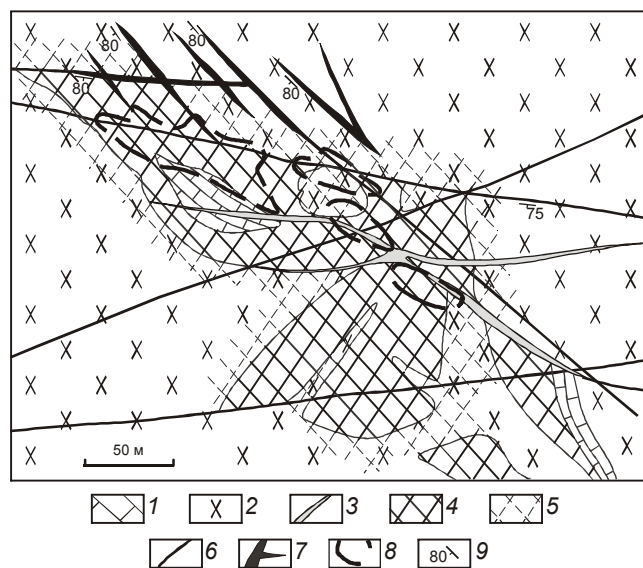


Рис. 6. Схематическая геологическая карта рудопроявления Виктория.

1 – доломиты, 2 – монзониты, 3 – дайки сиенитов, 4 – экзоскарны, 5 – эндоскарны, 6 – разломы, 7 – наиболее крупные золотоносные кварцевые жилы, 8 – золоторудные ореолы в скалах, 9 – элементы залегания трещин и кварцевых жил.

CO₂ характерны вторичные газово-жидкие со следами углекислоты включения с $T_3 = -12.5^\circ\text{C}$ (близко к системе KCl+H₂O). Гомогенизация вторичных включений происходит при 160–250°C.

Скарновое мелкое месторождение Клин локализовано в скарнах по доломитам юдомской серии венда в экзоконтакте интрузии сиенодиоритов. Кроме скарновых минералов в рудах выявлены золото, халькопирит, пирит, галенит и арсенопирит. Содержание золота достигает 13.2 г/т на мощность 4.6 м.

Золото-кварцевая жильная формация

К этому формационному типу отнесены мелкие месторождения Крутое и Усмун. На месторождении Крутом крутопадающие кварцевые жилы образуют линейный штокверк субширотного простирания среди терригенно-карбонатных пород. Последние прорваны и контактово метаморфизованы лакколитами и силлами монзонитов и сиенитов. Мощность наиболее крупной кварцевой жилы варьирует от 5 до 25 см, ближе к поверхности она, разветвляясь, образует линейный кварцевый штокверк с толщиной прожилков от миллиметра до первых сантиметров. Из рудных минералов определены гематит, пирит, халькопирит и золото. Содержания Au достигают 550 г/т, серебра – десятки г/т [11]. Кварц представлен микро-среднекристаллической разновидностью. Иногда встречаются микропустоты с более крупными, хорошо оформленными

кристаллами кварца, на которые нарастают розетки золота размером до 7 мм. Для термобарогеохимических исследований условий образования месторождения отобран образец К-1-97 кварца из жилы с содержанием Au 50 г/т. Кварц этого образца содержит первичные и ранние вторичные включения водно-солевых растворов. Первичные частично разгерметизированные включения – газово-жидкие водные с $T_r = 260^\circ\text{C}$ и $T_n \sim 0^\circ\text{C}$. В ранних вторичных включениях обнаружена газовая фаза и водно-солевой раствор с прозрачным кристалликом, растворяющимся при 180–200°C (около 32 % NaCl экв.). Полная гомогенизация таких включений наступает при 405–465°C. Таким образом, можно заключить, что образование золота здесь происходило при температурах не ниже 465°C и высоких концентрациях водных растворов. Параметры первичных включений искажены, по-видимому, за счет частичной разгерметизации.

Месторождение Усмун представляет собой серию крутопадающих золотоносных сульфидно-кварцевых жил субширотного простирания среди ранне-меловых кварцевых диоритов. Протяженность жил – не менее 400 м, мощность – от долей метра до первых метров. На месторождении выделен ряд рудных тел мощностью от 0.25 до 1.06 м со средними содержаниями золота от 9.8 до 50.89 г/т. Зальбанды жил иногда аргиллизированы или серицитизированы, с хлоритом и сульфидной минерализацией. Местами в кварце отмечаются обломки окварцованных вмещающих пород. Золото мелкое, редко превышает 1 мм в поперечнике. Из других рудных минералов присутствуют пирит, магнетит, ильменит.

Золото-сульфидная формация в кварц-гидрослюдистых метасоматитах

Золоторудные объекты в полях распространения силлов и даек мезозойских субщелочных и щелочных интрузивных пород выявлены в среднерифейских терригенных отложениях (месторождения Шумный, Дарья, Левобережное и др.) и в вендских карбонатных образованиях, в участках переслаивания нижнеюдомских доломитов с алевролитами (залежь Юго-Западная месторождения Шумный, рудопроявление Тас).

На месторождении Шумный субгоризонтально залегающие алевропесчаники кондерской свиты прорваны силлами монцодиоритовых порфиритов мощностью от 0.3 до 5 м. По терригенным и, в меньшей степени, по интрузивным породам развиты субпластовые зоны кварц-гидрослюдистых метасоматитов, прожилково-жильного и метасоматического окварцевания мощностью от 1–2 до 6–7 м и протяженностью 200–300, редко до 500 м. Рудные тела в метасомати-

тах представлены сериями многочисленных прожилков и тонких жил сульфидно-кварцевого состава с четковидными раздувами. Жилы и прожилки имеют протяженность первые метры при мощности от нитевидных до 10–20 см. Они составляют 5–10, реже 80 % объема рудных тел. Их ориентировка хаотичная, реже согласная с напластованием. Содержание золота в рудных телах – от 1–2 до 234 г/т.

Залежь Юго-Западная месторождения Шумный пластообразная, субсогласная, залегает в кровле пачки переслаивания вендских доломитов и алевролитов. В плане она имеет неправильную форму, вытянута в северо-западном направлении. Мощность залежи – от 0.3 до 3.5 м с многочисленными пережимами и раздувами. Содержание золота – от первых г/т до 80.1 г/т.

Месторождение Левобережное представляет собой сложно построенную зону золотоносных, преимущественно послонных прожилков сульфидно-кварцевого состава среди алевролитов рифея. Мощность зоны – от 2–3 до 15–22 м, протяженность – не менее 1 км. Среднее содержание золота в руде – 9.4 г/т.

На месторождении Дарья известны зоны прожилкового окварцевания в песчаниках кондерской свиты. Содержание золота в прожилках – до 383 г/т.

Для определения условий образования гидротермально-метасоматических залежей внешней зоны рудопроявления Тас использован жильный флюорит (обр. К-6-97). Здесь залежь контролируется субмеридиональным разломом и представляет собой линзообразный горизонт флюоритизированных доломитов мощностью 20 м. Доломиты пронизаны густой сетью ветвящихся карбонат-флюоритовых с амфиболом жил мощностью до 15 см и длиной до 1 м. Флюорит представлен кубическими кристаллами размером 2–5 мм, редко до 2 см бледно-зеленого и бледно-фиолетового цвета, реже бесцветными и полупрозрачными. Бесцветный флюорит из карбонат-кварц-флюоритовой породы содержит большое количество флюидных включений. Первичные обычно мелкие, содержат углекислоту ($T_n = -56.6^\circ\text{C}$) и водно-солевой раствор. Более крупные первично-вторичные включения содержат различные комбинации газовой и жидкой CO_2 ($T_n = -57 \div -58^\circ\text{C}$, T_r от 27 до 32°C в газ, жидкость и с критическими явлениями), водно-солевого раствора ($T_s = -21^\circ\text{C}$, T_n от -3.5°C до эвтектических в присутствии кубика NaCl) и твердой фазы кубической формы, которая растворяется при $350\text{--}370^\circ\text{C}$ ($> 40\%$ NaCl экв.). Полная гомогенизация таких включений наступает при $510\text{--}530^\circ\text{C}$. Поздние вторичные включения – однофазовые жидкие с $T_s = -51 \div -52^\circ\text{C}$ (система $\text{CaCl}_2 + [\text{MgCl}_2, \text{KCl}] + \text{H}_2\text{O}$) и температурой окончания плавления фазы льда от -3.5 до -9.5°C ($5\text{--}14\%$ NaCl экв.). На основании этих дан-

ных можно заключить, что образование флюорита на этом месторождении происходило при изменяющихся физико-химических параметрах флюида. На ранних стадиях этот флюид был водно-углекислотным и имел небольшую плотность из-за высоких температур ($> 530^\circ\text{C}$), хотя, возможно, плотность первичных включений понижена в результате утечки части флюида. Следует отметить, что углекислота на этой стадии была практически чистая. Последующие стадии протекали при участии углекислотно-водно-солевого флюида большей плотности, вероятно, из-за снижения температуры до 510°C и ниже. В углекислоте появились примеси низкокипящих газов (CH_4 , N_2 ?), понизивших температуру ее плавления. Водный раствор имел высокую (от 5 до 40 % и выше) концентрацию и хлоридно-натриевую специализацию. На заключительных низкотемпературных стадиях флюид приобрел водно-солевой без углекислоты состав с существенно кальциевой катионной специализацией и концентрациями $5\text{--}14\%$ NaCl экв.

Арагонит (обр. К-5-97), встречающийся в породах периферической зоны, образует веерообразные агрегаты радиально-лучистых желтоватых кристаллов размером до 5 см в длину. Арагонит кристаллизовался на поздних стадиях рассматриваемого процесса, что подтверждают термобарогеохимические параметры обнаруженных в нем редких первичных клиновидных газово-жидких включений. Их соленость не превышает 2% NaCl экв., а гомогенизация происходит при 160°C ($T_o = 180\text{--}190^\circ\text{C}$ при глубине < 1.5 км).

Таким образом, можно заключить, что температуры образования родственных золотоносным скарнам гидротермально-метасоматических пород лежат в пределах $530\text{--}180^\circ\text{C}$, заметно понижаясь по мере удаления от интрузий. В составе флюида преобладали водные растворы солей Na и Ca , значительные количества углекислоты установлены только во флюоритсодержащих породах.

Золоторудная формация в силицитолитах

Силицитолитовые золотоносные образования локализованы среди углеродистых доломитов юдомской серии венда в виде согласных с вмещающими породами залежей, что, вероятно, объясняется их приуроченностью к протяженным субгоризонтальным тектоническим зонам дробления [15]. Минерализованные горизонты прослеживаются по всей площади распространения пород юдомской свиты (более 3 тыс. км²) независимо от характера проявления магматизма и тектоники. Установлены два золотоносных горизонта, обогащенных кремнеземом и гематитом. Нижний мощностью от 10 до 40 м, приурочен к ба-

зальным слоям юдомской серии. Верхний горизонт (10–20 м, иногда до 30 м) тяготеет к верхней части разреза юдомской серии, иногда к контакту с перекрывающей ее нижнекембрийской пестроцветной свитой. Горизонты обычно представлены серыми, темно-серыми битуминозными, светло-желтыми, иногда розовато-желтыми пятнистыми известковистыми доломитами, карбонатно-кремнистыми породами и седиментационными брекчиями. Оруденение в них концентрируется в кальцит-кварцевых, гематит-кальцит-кварцевых, кварц-гематитовых (нижний горизонт) и кварц-барит-флюоритовых, гематит-галенит-барит-флюоритовых (верхний горизонт) согласных прожилках и линзах. Между золотом и органическим веществом устанавливаются прямые корреляционные связи. Руды, тяготеющие к седиментационным брекчиям, имеют брекчиевидную текстуру с обрастанием карбонатных пород халцедоновидным кварцем и гематитом. Верхний горизонт местами полностью эродирован.

Минеральный состав рудоносных горизонтов на большом протяжении характеризуется сравнительной простотой и постоянством [15]. Основными минералами для нижнего горизонта являются кварц, кальцит, гематит, а для верхнего – кварц, кальцит, флюорит, барит, гематит, галенит и сфалерит. Среднее содержание кремнезема в карбонатных породах силицитолитовых горизонтов составляет 30 %, в карбонатно-кремнистых – 70 %, в то время как для всей рудоносной толщи эта величина равна 8 %.

Силицитолитовые горизонты повсеместно характеризуются повышенными содержаниями золота (0.01–0.25, реже до 5 г/т), свинца, цинка и меди. Основными рудными концентраторами являются тонкозернистые оксиды железа. Структурно-текстурные признаки (колломорфные, оолитовые, почковидные, радиально-лучистые структуры и тонкая зональность роста кварца и гематита) указывают на приповерхностные условия рудообразования, окислительную обстановку и слабощелочные условия рудоотложения. Золотое оруденение в силицитолитах носит дисперсный характер, обнаруживает сходство с золоторудными месторождениями карлинского типа с дисперсным золотом [1].

Установлены интересные закономерности развития промышленного золотого оруденения по отношению к силицитолитовым горизонтам [15]. Так, скарновые проявления в экзоконтактах мезозойских массивов, приуроченные к породам с силицитолитовыми горизонтами, характеризуются повышенными концентрациями рудных элементов, в том числе и золота, а скарны вне этих горизонтов слабо минерализованы или вообще не минерализованы. Эти же осо-

бенности характерны и для других морфологических типов золотого оруденения. Учитывая эти данные, для золоторудных месторождений, локализованных в плитном комплексе, можно предположить единый источник золота – силицитолитовые горизонты, а сами золоторудные объекты являются регенерационными. Формационные и морфологические типы золотого оруденения определяются, скорее всего, расстоянием от магматических центров, степенью и интенсивностью регенерации и мобилизации рудного вещества из силицитолитовых горизонтов и физико-химическими особенностями вмещающих пород. В этих горизонтах заключены огромные ресурсы золота. При их средней общей мощности 40 м и средней концентрации золота 0.01 г/т на площади 3000 км² содержится более 3 тыс. т золота, что сопоставимо со сверхкрупными золоторудными месторождениями.

В силицитолитах с наложенными гипергенными процессами локализовано месторождение золота “Комсомольская залежь”. Наиболее масштабное оруденение приурочено к горизонту серых битуминозных оолитовых доломитов, залегая в них горизонтально, согласно напластованию [10]. Залежь имеет длину 140 м, ширину 5–20 м и мощность около 1 м. Края залежи четкие, извилистые. Руды окисленные, рыхлые, состоят из глинистого материала, кварца и лимонита с вкрапленностью золота, пирита, халькозина, халькопирита, гнезд малахита и азурита. Гидроксиды железа составляют более половины минеральной массы, они образуют натечные колломорфные агрегаты или псевдоморфозы по пириту. Среднее содержание золота в рудах составляет 8.4 г/т, отмечаются высокие концентрации Ag (до 300 г/т), а также Bi, Pb, Cu, Zn. Месторождение изучено недостаточно, но его минеральные парагенезисы говорят о низкотемпературном происхождении руд и их гипергенном преобразовании. Не исключено, что оно может быть классифицировано как карлинский тип [1] с высокоокисленными рудами. Основными критериями отнесения оруденения в рассматриваемых силицитолитах к карлинскому типу являются [4]: 1) оруденение характеризуется четким литологическим контролем и приурочено к образованиям плитного комплекса докембрийской платформы; 2) основными рудовмещающими и рудогенерирующими породами являются известковистые осадки с незначительной примесью алевро-глинистого материала и примесью органического вещества (битумов); 3) силицитолитовые горизонты прошли длительный этап развития от диагенеза до поздних стадий; 4) промышленное оруденение чаще всего развивается в верхнем структурном ярусе, в слабо дислоцированных образованиях чехла древней платформы, на флексурных перегибах

и в ядрах антиклиналей; 5) важную роль в перераспределении золота играют магматические породы в виде интрузивов гранитоидов небольших размеров, лакколитов и штоков, а также крупные разломы и кольцевые структуры.

Золотоносность Удской металлогенической зоны

Удская золото-серебро-меднорудная минералогеническая зона выделяется в границах одноименного прогиба. В отношении перспектив промышленной золотоносности изучена недостаточно. Практический интерес в ней могут представлять медно-порфировые рудные объекты с золотом и серебром, золото-сульфидно-кварцевые и золото-серебряные проявления. В настоящее время ее золотоносность представлена золотосодержащими медными рудопроявлениями Устьэгукальским, Дуванакан, Эгукальским и Немуй. Золотоносность других многочисленных медных проявлений не исследовалась.

Проявление меди Устьэгукальское, приуроченное к субвулканической интрузии джелонских андезибазальтов, представлено кварцевыми жилами с гнездами малахита и азурита с содержаниями меди до 5 %, золота – до 1 г/т, серебра – до 8 г/т. На проявлении меди Дуванакан рассеянная вкрапленность сульфидов прослежена по разрозненным коренным выходам раннемеловых кварцевых диоритов удского комплекса на протяжении 400 м. В породах содержатся медь (до 6 %), золото (до 3 г/т), серебро (до 10 г/т) и молибден (0.03 %). На проявлении Эгукаль в неке риолитов, превращенных во вторичные кварциты, установлена зона тонкопрожилкового окварцевания мощностью 100–200 м с содержаниями золота 1–3 г/т и серебра до 30 г/т. На рудопроявлении Немуй среди вулканитов джелонской свиты выявлены три зоны (мощность – 4–8 м, протяженность – 100–250 м) дробления, окварцевания и сульфидизации (пирит, арсенопирит, пирротин, сфалерит, блеклые руды) с содержанием золота до 2.5 г/т, серебра до 20 г/т.

Золотоносность Преджугджурской металлогенической зоны

Преджугджурская медно-серебро-золоторудная металлогеническая зона пространственно отвечает одноименному вулканогенному прогибу, наложенному на юго-восточную окраину Сибирской платформы. Зона несет ярко выраженные черты серебро-золоторудной специализации. Золоторудные рудопроявления и месторождения представлены золото-сульфидной скарновой (Людвигитовое, Кума), золото-кварцевой (Кундумы, Ланда, Этара), золото-серебряной (Перевальное, Приятное, Авлакан, Крутое, Киранкан-1, 2, Аркай) и порфировой

(Ветвистое-3, 4, Бургале, Обзорное) рудными формациями.

Золото-сульфидная скарновая формация

Золото-сульфидные скарновые проявления золота встречаются в приконтактных зонах интрузий меловых гранодиоритов, диоритов и субщелочных гранитов, прорывающих архейские плагиогнейсы и карбонатные толщи. Золотоносные скарновые тела имеют, как правило, значительные размеры. Например, на месторождении Кума в экзоконтакте штока позднемеловых гранодиоритов, прорывающих гнейсы, рудная залежь эпидот-гранат-пироксеновых с магнетитом скарнов мощностью от 10 до 100 м прослеживается на 450 м. В скарнах установлены серебро (до 300 г/т), золото (до 3.1 г/т), медь (0.03–12.92 %), цинк (до 21.2 %), свинец (до 8.4 %), кадмий (до 0.8 %) и кобальт (до 0.08 %). Повсеместное распространение в них имеют кварц и кальцит, которые носят более поздний, наложенный характер. Рудные залежи состоят на 20–95 % из халькопирита, сфалерита, галенита, пирита, гематита, магнетита, пирротина, арсенопирита, марказита, самородного серебра, золота, борнита, ковеллина, халькозина, мельниковита и гидроксидов железа. Руды, как правило, вкрапленно-линзовидно-прожилкового и жильного типа.

В бороносных скарнах, развивающихся только по магнезиальным породам [10], выявлено рудопроявление золота Людвигитовое. В нем известно более 60 различных минералов, в том числе и золото. Мощность зон скарнирования не превышает нескольких метров. Скарны вмещают залежи, жилы и линзы борсодержащих минералов – суанита, людвигита, котоита. Зональность в бороносных скарнах проявлена довольно отчетливо и для людвигитсодержащих разновидностей выглядит следующим образом (от периферии к центру): доломиты – мраморы – бруситовые кальцифиры – брусит-клинохлор-серпентиновые скарны – везувиан-серпентиновые скарны – тюрингит-магнетитовые скарны – пироксеновые эндоскарны. При этом магнетит является наиболее поздним минералом и может накладываться на все зоны, тяготея при этом к центральной. Золото обычно ассоциирует с магнетитом, что говорит об его образовании на наиболее поздних стадиях скарнирования.

Для определения условий образования скарнов использован образец К-4-98 с рудопроявления Людвигитовое, представляющий собой магнетит-везувиановый скарн. Исследовались крупные, негативно ограненные первичные газово-жидкие включения в буровато-зеленом среднекристаллическом везувиане, которые гомогенизировались при T_r 715°C (табл. 1). Достоверность полученного необычно вы-

сокого значения T_r проверялась на 5 включениях. При этом неоднократно использовались тесты на воспроизводимость и производилась тщательная проверка герметичности включений. В некоторых включениях при низких температурах наблюдались прозрачные твердые фазы (кроме льда), разлагающиеся при $+4.5$ и $+7.5^\circ\text{C}$. Возможно, это клатраты CO_2 , что может свидетельствовать о присутствии во флюиде небольшого количества углекислоты.

Месторождения и рудопроявления золото-сульфидно-кварцевой формации

Проявление золота Кундумы находится на восточном фланге Мевачанского рудного узла. На территории рудного объекта развиты архейские плагиограниты древнестанового комплекса и залегающие на них позднемеловые андезиты мотаринской свиты, прорванные субвулканическими интрузиями и дайками андезитов, дацитов и риолитов. Золотоносные тела, сконцентрированные в полосе северо-восточного простирания шириной 0.7 км и протяженностью 1.6 км, представлены кварцевыми жилами и сопряженными с ними зонами прожилково-метасоматического окварцевания. Установлено 36 золотоносных тел. Мощность кварцевых жил – от 0.2 до 4 м, а зон прожилково-метасоматического окварцевания – от 1–2 до 30 м при протяженности от 50 до 700 м. Вмещающие вулканы пропилитизированы, а плагиограниты охвачены гидрослюдисто-серицит-кварцевыми изменениями. Рудные минералы (не более 1–3 %) представлены золотом, ильменитом, магнетитом, арсенопиритом, пирротинном, халькопиритом, марказитом, галенитом и баритом. Содержание золота в рудоносных телах колеблется от 0.03 до 62.5 г/т, серебра – от 0.03 до 200 г/т, молибдена – до 0.8 %, меди, свинца и цинка – до 0.1 %. Золото-серебряное отношение в рудах меняется от 4/3 до 1/7.

Рудопроявление золота Ланда расположено на северной окраине Иктандинского рудно-россыпного узла и приурочено к зоне трещиноватости северо-восточного простирания. Золотоносные тела контролируются участками повышенной трещиноватости и брекчирования меловых вулканических магейской и тунумской свит и представлены жилами кварц-карбонатного состава, зонами гематит-кварцевого прожилкования и прожилково-метасоматического окварцевания. В рудных телах присутствует мелкая вкрапленность золота, пирита, гематита, аргентита, самородного серебра и халькопирита. Выявлено одиннадцать золотоносных зон. Наиболее крупная из них зона Центральная протяженностью 1200 м и шириной 100–170 м представляет собой систему сложно ветвящихся, кулисообразно расположенных трещин,

сопровождающихся брекчированием пород, прожилково-метасоматическим окварцеванием и карбонат-кварцевыми жилами. Содержание золота в зоне колеблется от 0.03 до 33.5 г/т, серебра – от 1 до 330 г/т. На северном фланге зоны в карбонатно-кварцевой жиле протяженностью 300 м и мощностью от 0.6 до 3 м содержание золота составляет 13.3 г/т, серебра – от 1.8 до 36.22 г/т. В целом, для этого рудопроявления характерно преобладание золота над серебром, что свидетельствует о его принадлежности к золото-кварцевой или золото-карбонатно-кварцевой формации.

К золото-сульфидно-кварцевой формации относится и месторождение золота Етара, которое располагается в зоне влияния Джугджурского глубинного разлома. В пределах этой зоны широко проявлены процессы динамометаморфизма, выражающиеся в интенсивном расланцевании и разгнейсовании архейских анортозитов, плагиогранитов и гнейсов, а по ее простиранию прослеживается цепочка интрузий и небольших штоков позднемеловых гранитоидов. Само месторождение площадью 10 км² располагается в пределах Етаринского массива позднемеловых кварцевых сиенитов и монзонитов джугджурского комплекса, прорывающих архейские анортозиты. Золотое оруденение связано с зонами дробления и милонитизации, насыщенными прожилками и жилами кварцевого и кварц-сульфидного состава. Всего в пределах месторождения известно пять минерализованных зон: Баритовая, Центральная, Северная, Южная и Западная. Они представляют собой линзовидные тела мощностью от 1 до 25 м и протяженностью 100–600 м. В зонах развиваются сложноветвящиеся маломощные прожилки существенно сульфидного состава. Мощные жилы на 90–95 % сложены кварцем, который сечется тонкими прожилками кальцита и сульфидов, представленных пиритом, халькопиритом, арсенопиритом, галенитом, сфалеритом, молибденитом и блеклыми рудами. Содержание золота в целом по месторождению варьирует в пределах 0.1–10 г/т, достигая местами 267 г/т, серебра – 10–200 г/т (до 600 г/т), меди, свинца и цинка – до 1–3 %, висмута – до 0.1 %. Баритовая зона прослежена на 600 м при мощности 1–9 м, содержание золота в ней колеблется от 0.4 до 106.9 г/т, в среднем 17.8 г/т. Зона Центральная шириной до 100 м прослежена на 400 м. В ней выделено рудное тело длиной 260 м и мощностью 4 м со средними содержаниями металла 7.9 г/т. Месторождение Етара контролируется обширными ореолами золота (до 3 г/т), серебра (до 4 г/т), свинца, цинка, меди и молибдена.

Несколько другой тип золоторудной минерализации установлен на рудопроявлении Налкидяк, где на площади в 0.5 км² среди катаклазированных ран-

неархейских габброидов, обнажающихся из-под меловых андезитов, кварцевые жилы мощностью 0.3–15 м и протяженностью 80–380 м содержат вкрапленность пирита, галенита, гематита и халькопирита. В жилах содержания золота достигают 18 г/т, серебра – 60 г/т, меди – 0.2 %.

Золото-серебряная формация

Проявления золото-серебряной формации располагаются как в меловых вулканитах, так и в анортозитах Геранского массива древнеджугджурского комплекса, вблизи их контактов с вулканитами. Наиболее перспективными представителями золото-серебряной формации являются месторождения и рудопроявления Арбагастак, Ветвистое-3, Авляякан, Перевальное, Мевачан, Киранкан-2, Киранкан-1, Крутое, Приятное, Аркай и др.

На комплексном рудопроявлении Арбагастак среди карбонат-эпидот-хлоритовых пропилитов по меловым вулканитам выявлены зоны гнездово-прожилкового окварцевания мощностью до 25 м и общей протяженностью до 3.2 км, в которых линзы, прожилки и гнезда барит-кварцевого и кварцевого состава содержат вкрапленность (1–25 %) пирита, блеклой руды, галенита, сфалерита, пирротина и халькопирита. В штучных пробах содержатся до 7094 г/т серебра, 1 г/т золота, 0.1 % цинка и молибдена, 3 % свинца и цинка и 1 % сурьмы и олова.

В зоне прожилкового окварцевания пропильтизированных меловых туфов рудопроявления Ветвистое-3 установлены золото (до 0.1 г/т), серебро (до 202 г/т) и молибден (до 0.3 %). В кварцевых жилах рудопроявления Ветвистое-4 содержание золота достигает 5.1 г/т, серебра – 280 г/т, свинца – 2–5 % и молибдена – 0.3 %.

На месторождении Перевальное в пропильтизированных андезитах немуйканской свиты и архейских анортозитах выявлена 21 зона жильно-прожилкового окварцевания мощностью 0.5–7 м и протяженностью от 100 до 750 м. Содержание золота в кварц-золоторудных телах варьирует от 0.02 до 39.8 г/т. Совместно с золотом присутствуют пирит, галенит, сфалерит, аргентит, халькопирит и пирротин (в сумме до 15 %). В этих же телах установлены серебро (до 107.4 г/т), свинец, цинк и медь (все до 3 %). На рудопроявлении Приятное в древнеджугджурских анортозитах и андезитах немуйканской свиты выявлено 15 зон дробления и прожилково-метасоматического окварцевания мощностью до 85 м и протяженностью до 5 км. Мощность собственно золотоносных кварц-карбонатных брекчий достигает 20 м; средние содержания золота по отдельным пересечениям не превышают 0.3 г/т, достигая в ряде слу-

чаев 20–50 г/т. Наряду с золотом присутствуют серебро (до 60 г/т), свинец (до 1 %), медь (до 0.8 %) и молибден (до 0.03 %).

На месторождении Авляякан в Левоавляяканской вулcano-тектонической депрессии, выполненной нижне- и верхнемеловыми вулканитами магейской, мотаринской и тунумской свит, золотоносны кварцевые и кварц-карбонатные жилы, зоны прожилкового и прожилково-метасоматического окварцевания. Жильные тела крутопадающие (60–80°) на север, часто линзуются и ветвятся. Мощность их варьирует от 0.1 до 10 м. Практический интерес представляют зоны Центральная и Северо-Восточная. В первой опробованием выявлено два рудных тела мощностью 1.5–9 м и 1.4–4.8 м, протяженностью 78 м со средними содержаниями золота, соответственно, 34.5 г/т и 17.3 г/т, серебра – 472.5 г/т и 28.8 г/т. Зона Северо-Восточная представлена четырьмя рудными телами мощностью 0.9–1.9 м и протяженностью 100–265 м со средними содержаниями золота от 10.2 до 102 г/т, серебра – до 450.5 г/т.

В сходной геологической ситуации находится и рудопроявление золота Мевачан. Рудопроявление сложено двумя рудными телами в поле развития ранне- и поздне меловых вулканитов магейского, мотаринского и тунумского комплексов (рис. 7). Одно из них представлено кварц-карбонатной жилой мощностью 10 м, локализованной в зоне брекчирования и окварцевания; второе – тектонической брекчией с кварцевым, серицит-карбонат-кварцевым цементом мощностью 1.5 м в зоне прожилкового окварцевания. Средние содержания золота в них составляют 143.2 г/т и 8.06 г/т, серебра – 628 г/т и 40 г/т, соответственно.

Для термобарогеохимических исследований взят образец К-6-98 флюорит-кварцевой породы (табл. 1) с рудопроявления Аркай. Бледно-зеленый флюорит кристаллизовался одновременно с кварцем, о чем говорит частое присутствие его октаэдрических кристаллов внутри зерен кварца. Первичные газожидкие включения во флюорите имеют низкую соленость ($T_n = -1 \div -0.5^\circ\text{C}$, 1–1.5 % NaCl экв.) и температуру гомогенизации 220°C . Поправки на давление к T_g составляют здесь не более $5\text{--}10^\circ\text{C}$ (глубина рудообразования 100–300 м), поэтому температуры рудообразования оцениваются в $225\text{--}230^\circ\text{C}$.

Золото-порфировая формация

Представлена рудопроявлениями Нагим-1, Нагим-2, Ветвистое, Бургале и Обзорное, локализованными в полях вулканитов поздне мезозойского возраста. На рудопроявлениях Нагим-1 и Нагим-2 среди серицит-гидрослюдисто-кварцевых метасоматитов по туфам и игнимбрикам дацитов магейской свиты

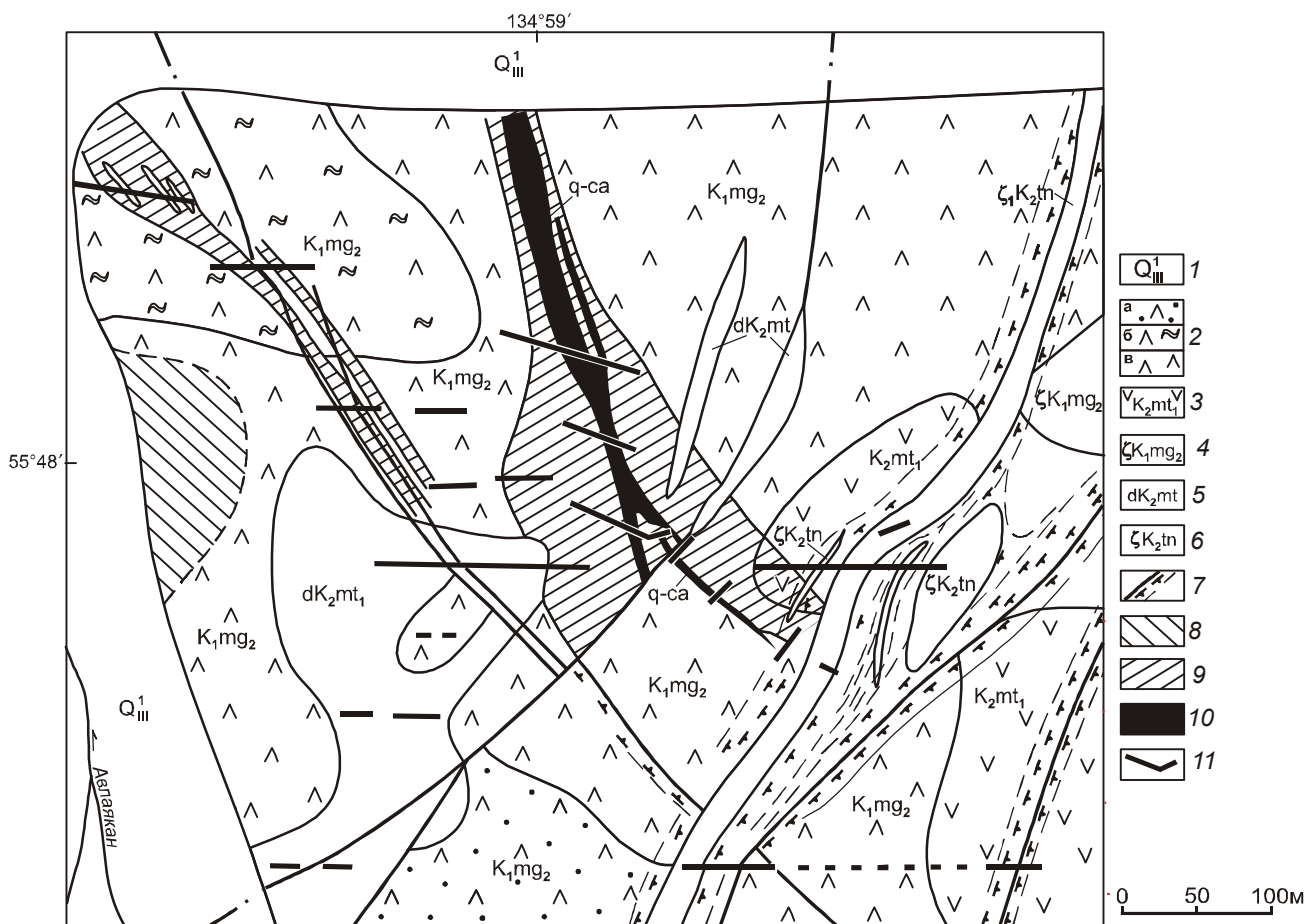


Рис. 7. Геологическая карта месторождения Мевачан (по Гурьянову В.А., 1992 г.).

1 – рыхлые четвертичные отложения; 2 – магейская свита: а – туфы дацитов, б – игнимбриты дацитов, в – дациты; 3 – мотаринская свита (андезиты); 4 – субвулканические дациты магейского комплекса; 5 – субвулканические интрузии и дайки андезитов мотаринского комплекса; 6 – дайки дацитов тунумского комплекса; 7 – разрывные нарушения, зоны катаклаза и милонитизации; 8 – пропилиты и пропилитизированные породы; 9 – зоны прожилкового окварцевания; 10 – кварц-карбонатные жилы (q-ca); 11 – каналы.

выявлено соответственно 19 и 12 субпараллельных зон прожилково-метасоматического окварцевания с редкими кварцевыми жилами. В их пределах оконтурены золоторудные тела мощностью первые метры и протяженностью до 150 м со средними содержаниями золота 0.6–1.3 г/т и серебра 47–150 г/т.

На рудопроявлении Бургале кроме золота и серебра отмечается медная минерализация. Здесь в пропилитизированных андезитах, туфах и вторичных кварцитах содержание золота составляет 1 г/т, меди – 0.01 %. В зонах интенсивного развития тонких прожилков адуляр-кварцевого состава (с кальцитом, альбитом и серицитом) содержания меди достигают 6.14 % при концентрации золота до 0.4 г/т. В этих зонах отмечается рассеянная вкрапленность пирита, халькопирита, сфалерита, галенита, халькозина, ковеллина и борнита. Более высокие содержания золота (до 13.9 г/т), серебра (до 30 г/т) и цин-

ка (до 0.8 %) установлены только в кварцевых жилах мощностью до 1.3 м среди серицит-кварцевых метасоматитов.

Золотоносные тела рудопроявления Обзорное представлены кварц-сульфидными жилами, содержащими пирит, халькопирит, галенит, золото, блеклые руды, самородную медь и вторичные минералы зоны окисления. Вмещающие их гранитоиды джугджурского комплекса неравномерно серицитизированы, окварцованы и сульфидизированы. Протяженность кварц-сульфидных жил при мощности до 3 м колеблется от 20 до 250 м. Содержание золота – 0.01–6 г/т, серебра – от 10 до 200 г/т, меди – от 0.02 до 3 %, свинца и цинка – от 0.05 до 0.3 %, молибдена – до 0.05 %. Такие содержания рудных компонентов и структурное положение рудного объекта свидетельствуют о его принадлежности к золото-меднопорфировой формации.

Таблица 2. Рудные формации рудопоявлений и месторождений золота вулcano-плутонических зон юго-востока Сибирской платформы.

Рудовмещающие породы	Рудная формация	Структурные условия локализации оруденения	Рудосопровождающие изменения пород	Морфологический тип рудных тел	Основные формы золота	Среднее содержание Au в г/т	Попутные компоненты	Примеры рудных объектов
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Улканский прогиб								
Песчаники, кислые эффузивы улканской серии (PR ₁), граниты Улканского массива (PR ₁)	Золото-кварцевая малосульфидная	Зоны трещиноватости, катаклаза и дробления, оперяющие полого падающий субширотный разлом	Аргиллизиты, адуляр-кварцевые и серицит-гидрослюдисто-кварцевые метасоматиты	Жилы, зоны прожилково-вкрапленной минерализации	Свободное, сростковое, дисперсное в рудных минералах	3–5	Ag, Mo, Pb, Cu	Широтное, Пионер
2. Кет-Капская металлогеническая зона								
Известняки, алевролиты тумулдурской и пестроцветной свит нижнего кембрия, доломиты юдомской серии венда	Золото-сульфидная скарновая	В экзоконтактах штоков и силлов мезозойских монцодиоритов, сиенодиоритов, реже в кровле интрузии	Скарны актинолитовые и сложного состава с магнетитом	Пластообразные залежи	Свободное, сростковое	7–85.4	Ag, Cu, Zn	Рябиновое, Виктория, Василек, Клин
Терригенно-карбонатные толщи среднего рифея, раннемеловые интрузии кварцевых диоритов, монцодиоритов	Золото-кварцевая жильная	Зоны трещиноватости, дробления, катаклаза	Окварцованные, аргиллизированные, серицитизированные породы	Жилы, кварцевые штокверки линейного типа	Свободное, сростковое	9.8–50.89	Ag, Cu	Крутое, Усмун
Среднерифейские терригенные и вендские карбонатные образования	Золото-сульфидная	Поля распространения силлов и субпластовых даек монцодиоритовых порфиринов раннемелового возраста	Кварц-гидрослюдистые метасоматиты, прожилково-жильное и метасоматическое окварцевание	Субпластовые зоны, жилы, зоны послыюного прожилкования	Свободное, сростковое	3–80.1	-	Шумный, Тас, Дарья, Левобережное
Углеродистые доломиты юдомской серии венда	Золоторудная в селицитолитах	Углеродистые базальные слои юдомской серии и перекрывающей ее нижнекембрийской пестроцветной свиты	Кальцит-кварцевые, гематит-кальцит-кварцевые, кварц-барит-флюоритовые, гематит-галенит-барит-флюоритовые линзы и прожилки	Протяженные минерализованные горизонты в подошве и кровле углеродистых доломитов	Дисперсное, тонкодисперсное	До 1	Fe, Pb, Zn, Cu, Pt?, Pd?	Ареалы распространения углеродистых доломитов юдомской серии на хр. Кет-Кап

Таблица 2. (Продолжение).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3. Удская металлогеническая зона								
Субвулканические интрузии андезибазальтов джелонского комплекса (J) и массивы раннемеловых кварцевых диоритов	Медно-порфировая	Зоны трещиноватости и катаклаза в интрузиях раннемелового возраста	Окварцевание, обохренность с гнездами малахита и азурита	Жилы, зоны прожилкования	Свободное, сростковое	1–3	Cu, Ag, Mo	Устьэгукальское, Дуванакан
Экструзивно-жерловые вулканы раннего мела	Золото-сульфидно-кварцевая	Некк риолитов на пересечении разрывных нарушений	Вторичные кварциты	Зона тонкопрожилкового окварцевания	Свободное, сростковое	1–3	Ag	Этукал и др.
Вулканы джелонской свиты юры	Золото-серебряная	Протяженные зоны дробления, катаклаза	Окварцевание, сульфидизация	Зоны тонкопрожилкового окварцевания и сульфидизации	Свободное	1–2.5	Ag, Zn, Cu	Немуй и др.
4. Преддугджурская металлогеническая зона								
Архейские плагиогнейсы и рифейские карбонатные толщи	Золото-сульфидная скарновая	Приконтактные зоны интрузий позднемеловых гранодиоритов, диоритов и гранитов джугджурского комплекса	Скарны эпидотгранат-пироксеновые, тюрингитмагнетитовые, везувиансерпентиновые	Залежи с рудами вкрапленного, линзовидно-прожилкового и жильного типов	Свободное, сростковое	1–3	Ag, Cu, Pb, B, Zn, Cd, Co	Кума, Людвигитовое и др.
Меловые вулканы мотаринской свиты, разнейсованные породы кристаллического фундамента, гранитоиды джугджурского комплекса (K ₂)	Золото-сульфидно-кварцевая	Зоны повышенной трещиноватости, катаклаза и брекчирования, оперяющие глубинные разломы	Прожилково-метасоматическое окварцевание, пропилитизация, сульфидно-кварцевые жилы	Жилы, жильные зоны	Свободное, сростковое	7.5	Ag, Mo, Cu, Pb, Zn	Кундумы, Етара, Налкидях и др.
Меловые вулканы тунумской и магейской свит	Золото-карбонатно-кварцевая (золото-кварцевая)	Сложно ветвящаяся кулисообразная система протяженных трещин в зоне влияния глубинного разлома	Прожилково-метасоматическое окварцевание, кварц-карбонатное и гематит-кварцевое прожилкование	Жилы, зоны	Свободное, сростковое	13.3. 8.6 143.2	Ag, Cu	Ланда, Мевачан
Меловые вулканы и породы кристаллического фундамента (AR)	Золото-серебряная	Узлы пересечений радиальных и дуговых разломов в обрамлении вулканокупольных структур	Пропилитизация, прожилково-метасоматическое окварцевание	Жилы, штокверковые тела, зоны	Свободное сростковое	10.2–143.2	Ag, Pb, Zn, Cu	Перевальное, Авлякан, Киранкан-2 и др.
Меловые туфы и ингимбриты дацитов магейской свиты, монцогранодиориты джугджурского комплекса (K ₂)	Золото-порфировая	Зоны повышенной трещиноватости, обрамляющие интрузивно-купольные структуры	Пропилитизация, окварцевание, серицит-гидрослюдисто-кварцевые метасоматиты, кварц-сульфидные жилы	Жилы, зоны, штокверки	Свободное, сростковое, дисперсное	0.6–13.9	Ag, Cu, Mo, Pb, Zn	Нагим-1, Бургале, Обзорное и др.

Сводная характеристика всех формационных типов золотого оруденения приведена в таблице 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В вулканоплутонических структурах юго-восточной части Сибирской платформы установлено три металлогенических эпохи формирования золоторудных объектов: мезопротерозойская, юрско-раннемеловая и позднемеловая. Рудовмещающие вулканогенные прогибы и вулканоплутонические зоны имеют палеопротерозойский, позднеюрско-меловой и позднемеловой возраст.

Золотоносные металлогенические зоны локализируются на жестких докембрийских блоках над погружающейся фронтальной частью Мая-Селемджинской структуры и контролируются зоной градиента мощности литосферы. Для них характерны несколько формационных типов золоторудных проявлений: скарновые, гидротермальные кварцево-жильные, в кварц-гидрослюдистых метасоматитах и в силицитолитах. По морфологии рудные залежи подразделяются на стратиформные и секущие. Наибольшим разнообразием формационных и морфологических типов залежей отличается Кет-Капская зона.

Скарновые проявления тесно связаны с интрузиями субщелочных и щелочных пород юрско-раннемелового кет-капского и умеренно кислыми интрузиями позднемелового джугджурского интрузивных комплексов, внедрившихся в карбонатные толщи докембрия и нижнего палеозоя. Гидротермальные кварцево-жильные образования и кварц-гидрослюдистые метасоматиты месторождений имеют ранне-, поздне-меловой и позднепротерозойский возраст. На участках, где скарновые и жильные золотопоявления присутствуют совместно, по секущему положению жил устанавливается более позднее образование последних. В Кет-Капской зоне отложение золота началось в последние этапы скарнообразования и закончилось формированием кварцевых жил и субсогласных залежей в метасоматитах кислотного выщелачивания, причем есть основания предполагать сближенность этих процессов по времени. В Предджугджурской зоне разрыв в возрасте скарнов и кварцевых жил может быть заметно большим. В Улканском прогибе золотое оруденение формировалось со значительным отрывом от предшествующей редкометалльной минерализации [8, 9].

Что касается золота в силицитолитовых горизонтах карбонатных пород венда, обогащенных железом и кремнием, то в них присутствуют явные признаки гидротермального процесса: золото концентрируется в кальцит-кварцевых, гематит-кальцит-кварцевых, гематит-галенит-барит-флюоритовых прожилках и

гнездах [15], отмечаются повышенные концентрации калия (до 4–9 %), свинца, цинка, серебра и молибдена. Время их формирования не выяснено. Е.Б. Ялынычев и Г.С. Мирзеханов [15] считают их докембрийскими эксгаляционно-гидротермально-осадочными. Крупные ресурсы заключенного в них золота требуют дальнейших работ с целью выявления участков с промышленными содержаниями.

Температура рудообразования золотого оруденения различных формационных типов различная: для скарновых она составляет 500–715°C, кварцево-жильных – 220–260°C, для руд в кварц-серицитовых и кварц-гидрослюдистых метасоматитах – 160–220°C. Наблюдается смена во времени высокотемпературных типов золотой минерализации низкотемпературными, что свидетельствует о постепенном охлаждении рудопроизводящих очагов.

В составе включений из минералов этих пород преобладают водные растворы хлоридов Na, K и Ca с концентрациями до 40 % NaCl экв. Для них характерно присутствие во флюиде CO₂.

Из всех выделенных типов золотого оруденения на юго-востоке Сибирской платформы наиболее перспективными нам представляются объекты золотосульфидной формации в кварц-гидрослюдистых метасоматитах Кет-Капской и золото-серебряной формации в пропицитизированных и березитизированных вулканитах Предджугджурской металлогенических зон. В дополнительном изучении и выяснении их перспектив нуждаются золоторудные объекты порфирового типа и в силицитолитовых горизонтах венда.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта ДВО РАН 09-I-II Президиума РАН 14-07

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакулин Ю.И., Буряк В.А., Пересторонин А.Е. Карлинский тип золотого оруденения. Хабаровск: Изд-во ДВИМСА, 2001. 159 с.
2. Бердников Н.В. Термобарогеохимия метаморфических комплексов Дальнего Востока. М.: Наука, 1987. 115 с.
3. Борисенко А.С. Анализ солевого состава растворов газовой-жидких включений в минералах методом криометрии // Использование методов термобарогеохимии при поисках и изучении рудных месторождений. М.: Наука, 1982. С. 37–47.
4. Вахрушев В.А. Минералогия, геохимия и образование месторождений скарново-золоторудной формации. Новосибирск: Наука, 1972. 237 с.
5. Горощко М.В., Кириллов В.Е. Новые данные по абсолютному возрасту редкометалльного оруденения юго-восточной части Алданского щита // Труды ассоциации геологических организаций Дальнего Востока. Хабаровск: Дальнедра, 1992. Вып. 2. С. 66–70.
6. Горощко М.В., Малышев Ю.Ф., Кириллов В.Е. Металлогения урана Дальнего Востока России. М.: Наука, 2006. 372 с.

7. Гурьянов В.А., Карсаков Л.П., Горошко М.В., Осипов А.Л. Золотоносность докембрийских комплексов Учуро-Майского района (юго-восток Сибирской платформы) // Тихоокеан. геология. 1998. Т. 17, № 5. С. 98–105.
8. Гурьянов В.А. Золотое оруденение Улканского вулканогенного прогиба // Геология и полезные ископаемые Приамурья. Хабаровск: Магеллан, 1999. С. 139–146.
9. Гурьянов В. А. Геология и металлогения Улканского района (Алдано-Становой щит). Владивосток: Дальнаука, 2007. 226 с.
10. Малышев Ю.Ф., Горошко М.В., Родионов С.М., Романовский Н.П. Глубинное строение и перспективы поисков крупных и сверхкрупных рудных месторождений на Дальнем Востоке // Крупные и суперкрупные месторождения (закономерности размещения и условия образования). М.: ИГЕМ РАН, 2004. С. 423–430.
11. Моисеенко В.Г., Эйриш Л.В. Золоторудные месторождения Востока России. Владивосток: Дальнаука, 1996. 352 с.
12. Палажченко В.И., Степанов В.А., Данилов А.А. Ассоциация минералов в золотоносных скарнах месторождения Рябиновое (Хабаровский край) // Докл. РАН. 2005. Т. 401, № 6. С. 808–813.
13. Полин В.Ф., Сахно В.Г., Сандимирова Г.П., Цурикова Л.С. Петрология мезозойского монзонит-сиенитового магматизма Кет-Капско-Юнской магматической провинции Алданского щита // Докл. РАН. 2008. Т. 418, № 1. С. 74–80.
14. Тектоника, глубинное строение, металлогения области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского поясов: Объясн. зап. к Тектонической карте м-ба 1:1 500 000 / Отв. ред. Л.П. Карсаков, Чжао Чуньцин, Ю.Ф. Малышев, М.В. Горошко. Владивосток-Хабаровск, 2005. 264 с.
15. Ялынычев Е.В., Мирзаханов Г.С. Золото-полиметаллическая минерализация в отложениях чехла юго-восточной части Сибирской платформы (Учурский район) // Минералогия месторождений Дальнего Востока. Владивосток: ВО АН СССР, 1988. С. 71–80.
16. Kirillov V.A., Berdnikov N.V., Guryanov V.A., Yang Zhengxi. Geological setting and conditions of gold-bearing occurrences in the southeastern part of the Siberian Platform // Journal of Chengdu University of Technology. 2002. V. 29, N 2. P. 119–130.
17. Potter R.W. Pressure correction for fluid inclusion homogenization temperatures based on the volumetric properties of the system H₂O-NaCl // U.S. Geol. Surv. J. Res. 1977. V.5. P. 603–607.
18. Roedder E. Fluid inclusions: Reviews in Mineralogy. 1984. V. 12. Washington: Miner. Soc. Am. 644 p.

Рекомендована к печати Н.А. Горячевым

M.V. Goroshko, V.A. Guryanov, N.V. Berdnikov, V.Ye. Kirillov

Gold potential of volcano-plutonic zones, southeastern Siberian Platform, and physical-and-chemical conditions of the deposits formation

Numerous gold deposits and shows are recognized in the south-eastern part of the Siberian Platform in the regions of tectono-magmatic activation. They are located in the four metallogenic zones: Ket-Kap (skarns, quartz veins and stockworks, gold-bearing lodes in silicitolites, argillite-sericite metasomatites), Ulkan (clay-micaceous metasomatites, quartz veins), Preddzhugdzhur (quartz veins, skarns, sericite-hydromicaceous metasomatites), and Uda (sericite-hydromicaceous metasomatites). Skarn mineralization is of Mesozoic age. Mineralization in quartz veins, quartz in hydromicaceous metasomatites and quartz-sulfide veins may be Mesozoic, Paleozoic or Late Proterozoic.

The highest-temperature processes of ore formation could occur in the Preddzhugdzhur skarns (500–715°C) and hydromicaceous metasomatite assemblages of the Ket-Kap zone (510–539°C). The composition of gas-liquid inclusions in the minerals of these rocks is dominated by water solutions of Na, K and Ca chlorides with concentrations of ≤ 40 % NaCl eq. They are characterized by CO₂ presence in the fluid. Quartz veins and stockworks in the Ket-Kap zone formed at high (≤ 465°C) and moderate temperatures with solutions concentration of ≤ 32 % NaCl eq. Sometimes the minerals of these rocks hold inclusions of low-density carbon dioxide. The gold-bearing lodes of the Preddzhugdzhur zone formed at 225–230°C and solutions concentration of 1–2 % NaCl eq. The gold-bearing lodes of the Ulkan zone are distinguished by potassium-sodium-chloride specialization of the ore-forming solutions with concentrations of 2–10 % NaCl eq., and the temperature of their formation is 220–280°C.

Key words: gold, volcano-plutonic zones, deposits, ore formations, metasomatites, physical-and-chemical conditions of formation, southeastern Siberian Platform.