

ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВУЛКАНОПЛУТОНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ

ФГУП «ЦНИГРИ»

Вартанян Сергей Серопович
vartanyan@tsnigri.ru

Новиков Вячеслав Петрович
novikov@tsnigri.ru

Рассмотрена история исследования золото-серебряных месторождений вулканоплутонических поясов Востока России. Приведена характеристика основных элементов геологического строения, вещественного состава руд и вмещающих пород типовых объектов островодужного (Курило-Камчатского) и краевого (Восточно-Сихотэ-Алинского) вулканоплутонических поясов, сопряженных с экструзивно-эффузивными комплексами (Агинское, Белогорское) и вулканоплутоническими ассоциациями (Мутновское, Многовершинное).

Ключевые слова: вулканоплутонические пояса, золото-серебряные месторождения, Курило-Камчатский пояс, Восточно-Сихотэ-Алинский пояс, вулканоструктура.

AU-AG DEPOSITS OF VOLCANOPLUTONIC BELTS

FSUE TsNIGRI

S.S.Vartanyan
V.P.Novikov

History of studies of Au-Ag deposits localized in volcanoplutonic belts of East Russia is considered. Major structural features, ore geochemistry and mineralogy, and host rock geology of the type mineralizations localized in the insular arc (Kurile-Kamchatka) and continental margin (East Sikhote-Alin) environments of volcanoplutonic belts and adjoining extrusive-effusive complexes (Aginskoe, Belogorskoe) and volcanoplutonic series (Mutnovskoe, Mnogovershinnoe) are discussed.

Key words: volcanoplutonic belt, Au-Ag deposit, Kurile-Kamchatka belt, East Sikhote-Alin belt, volcanostructure.

Среди золоторудных месторождений различной формационной принадлежности по богатству руд традиционно выделяются золото-серебряные вулканоплутонических поясов. Устойчивое внимание промышленности к данной группе объектов, несмотря на подчиненное значение их в балансе золотодобычи, обусловлено богатством руд, отсутствием вредных примесей, а также возможностью попутного извлечения серебра, свинца, теллура, ртути и др. Наряду с крупными и уникальными месторождениями, в этой группе широко представлены мелкие объекты, «бонанцевый» характер оруденения которых позволяет рентабельно отрабатывать их без значительных капитальных затрат,

что особенно важно для недостаточно освоенных районов Востока России.

Выдвижение Г.П.Воларовичем в конце 60-х годов проблемы золотоносности окраинно-континентальных вулканоплутонических поясов привело к выявлению крупных золото-серебряных месторождений на Востоке России, на изучение которых были направлены усилия большого коллектива специалистов ЦНИГРИ.

На Многовершинном, Карамкенском, Хаканджинском месторождениях в 1968–1972 гг. плодотворные изыскания осуществили М.И.Воин, А.И.Казаринов, А.В.Горелышев, М.С.Михайлова, Ю.А.Эпштейн, Ф.А.Шохор, А.А.Красильников,

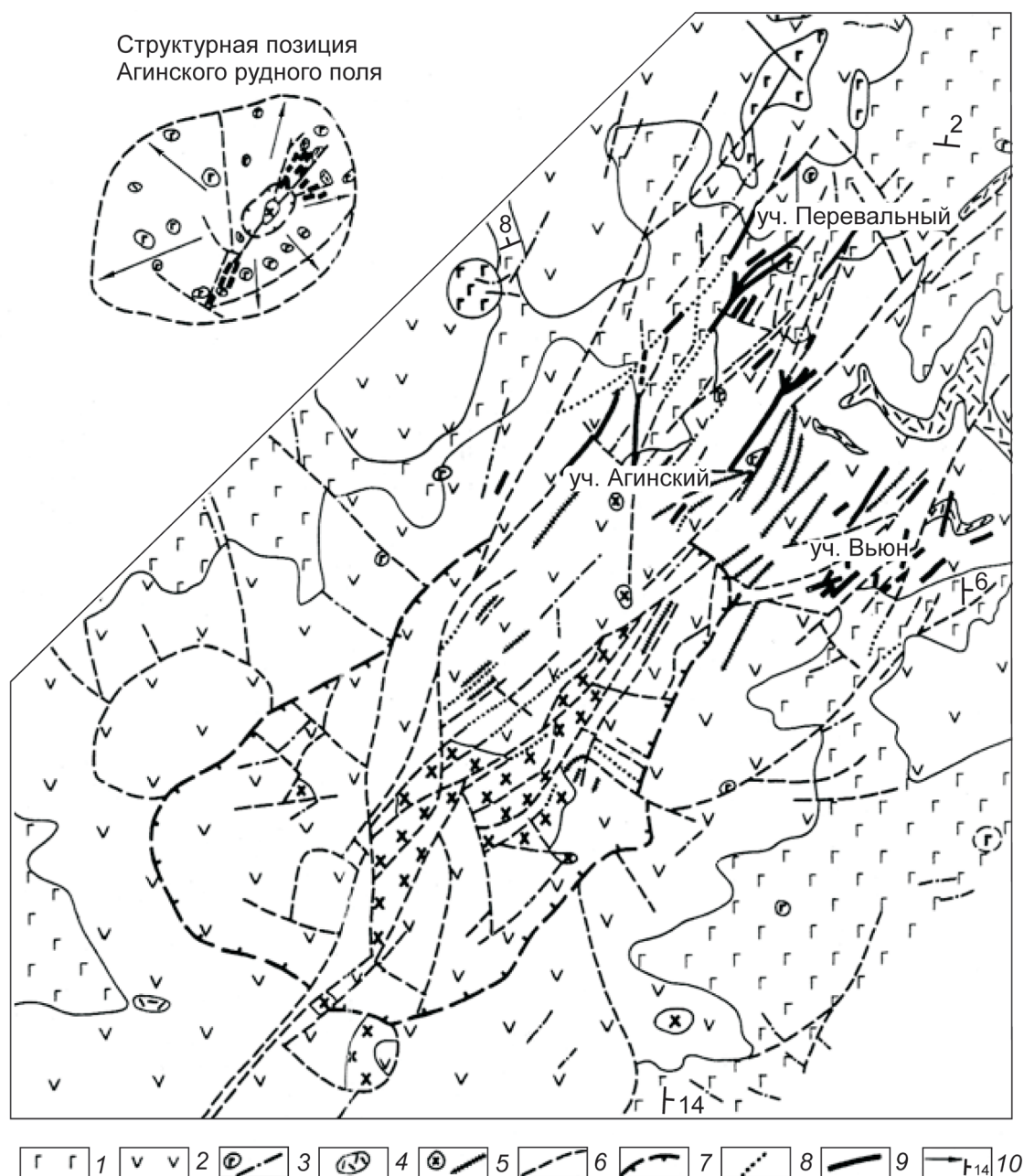


Рис. 1. Строение Агинского рудного поля:

1 – верхняя пачка верхнемиоцен-плиоценовых вулканитов; 2 – средняя пачка верхнемиоцен-плиоценовых вулканитов; 3 – неки и дайки андезитобазальтов, базальтов; 4 – дайки и силлы дацитов; 5 – штоки и дайки диоритовых порфиров, андезитов; 6 – разрывы; 7 – разрывы, ограничивающие кальдеру; 8 – зоны гидротермально измененных пород; 9 – рудные тела; 10 – элементы залегания вулканитов

А.Н.Некрасова, Т.Н.Косовец, О.В.Русинова, Э.И.Алышева. Перечисленными специалистами, а также В.П.Новиковым, Ю.Н.Родионовым, П.С.Фоминим и другими исследователями в Хабаровском крае изучены золото-серебряные

месторождения Белогорское, Дыльменское, Дурминское.

В 1973–1976 гг. существенный вклад в создание геологической основы и подсчет запасов по Дукатскому золото-серебряному месторождению

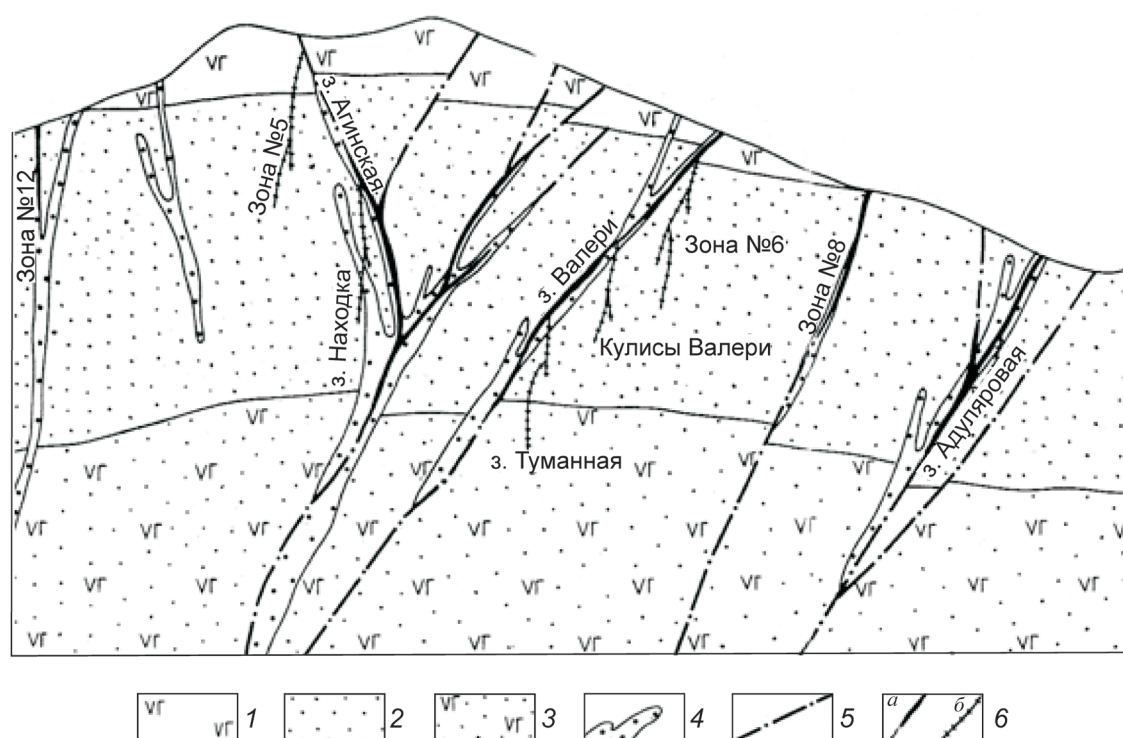


Рис. 2. Геологический разрез Агинского месторождения:

1 – андезитобазальты верхней пачки; 2 – туфобрекчии и туфы андезитов средней пачки; 3 – андезитобазальты и их туфы нижней пачки; 4 – дайки среднего и средне-основного составов; 5 – рудоконтролирующие разрывы; 6 – рудоносные адуляр-карбонат-кварцевые жилы (а) и цеолит-карбонат-кварцевые прожилки (б)

внесли работы М.М.Константинова, В.Ф.Лоскутова, Х.Х.Лайпанова, Ю.С.Бермана, Ю.И.Камышева, В.В.Тищенко, В.В.Стефановича, В.И.Зеленова, Ю.Г.Малашева, В.И.Пятницкого и Н.П.Варгуниной. Изучение месторождений Дукатского района (Лунный, Мечта, Тидит, Булур) были успешно продолжены В.М.Шашкиным, С.Ф.Стружковым, В.Б.Кубониным и др.

С начала 70-х годов под руководством Г.П.Воларовича начались исследования по прогнозу золото-серебряных месторождений в новой Камчатско-Курильской провинции, завершившиеся открытием месторождений Агинское, Аметистовое, Озерновское, Родниковое и др. Большая заслуга в этом принадлежит Ю.М.Щепотьеву, С.С.Вартаняну, В.Ю.Орешину, О.А.Наумовой и М.Е.Вакину.

Исследования ЦНИГРИ на базовых золоторудных объектах имели настолько заметное практическое значение, что в начале 70-х годов было разработано положение и принято решение о создании на наиболее перспективных объектах Мингео СССР научно-производственных групп по подготовке

месторождений к подсчету запасов или переоценке и генеральному пересчету запасов крупных объектов. Среди таких групп, успешно выполнивших возложенные на них обязанности, необходимо упомянуть группы, работавшие на следующих месторождениях: Многовершинном – М.С.Михайлова, Т.Н.Косовец, В.В.Крылова, Э.И.Алышева, А.А.Фельдман, Покровском – В.П.Новиков, М.С.Михайлова, Ю.Н.Родионов, М.Ю.Катанский, Агинском – Ю.М.Щепотьев, С.С.Вартанян, Л.И.Бочек, М.Ю.Катанский, Б.В.Гузман, В.Ю.Орешин.

В начале 2000-х годов работами ЦНИГРИ (Ю.М.Щепотьев, С.С.Вартанян и др.), а также Горно-Алтайской экспедиции и ИМГРЭ обосновано выделение месторождений золота нового, нетрадиционного для Алтая, геолого-промышленного типа – золото-серебряных, локализованных в вулканоструктурах девонско-каменноугольного возраста. В результате в последующем были открыты такие объекты, как Суричское, Курьинское и др. Наряду с наличием традиционного для Алтая золото-сульфидно-кварцевого типа золотого ору-



Рис. 3. Схема распределения оруденения в одной из основных рудоконтролирующих структур Агинского месторождения (продольная проекция на вертикальную плоскость):

1 – контур кварцево-жильных тел; 2 – границы рудных тел; 3 – рудные столбы; линии сочленений: 4 – с основными рудоподводящими структурами (северо-восточного направления), 5 – с рудораспределяющими зонами повышенной трещиноватости субширотного простираия; 6 – верхняя существенно лавовая пачка (андезитобазальты); 7 – средняя существенно туфовая пачка (туфы и туфобрекчии андезитов); 8 – нижняя существенно лавовая пачка (андезитобазальты и их туфы); 9 – центральный нект (диоритовые порфириды, габбро-диориты)

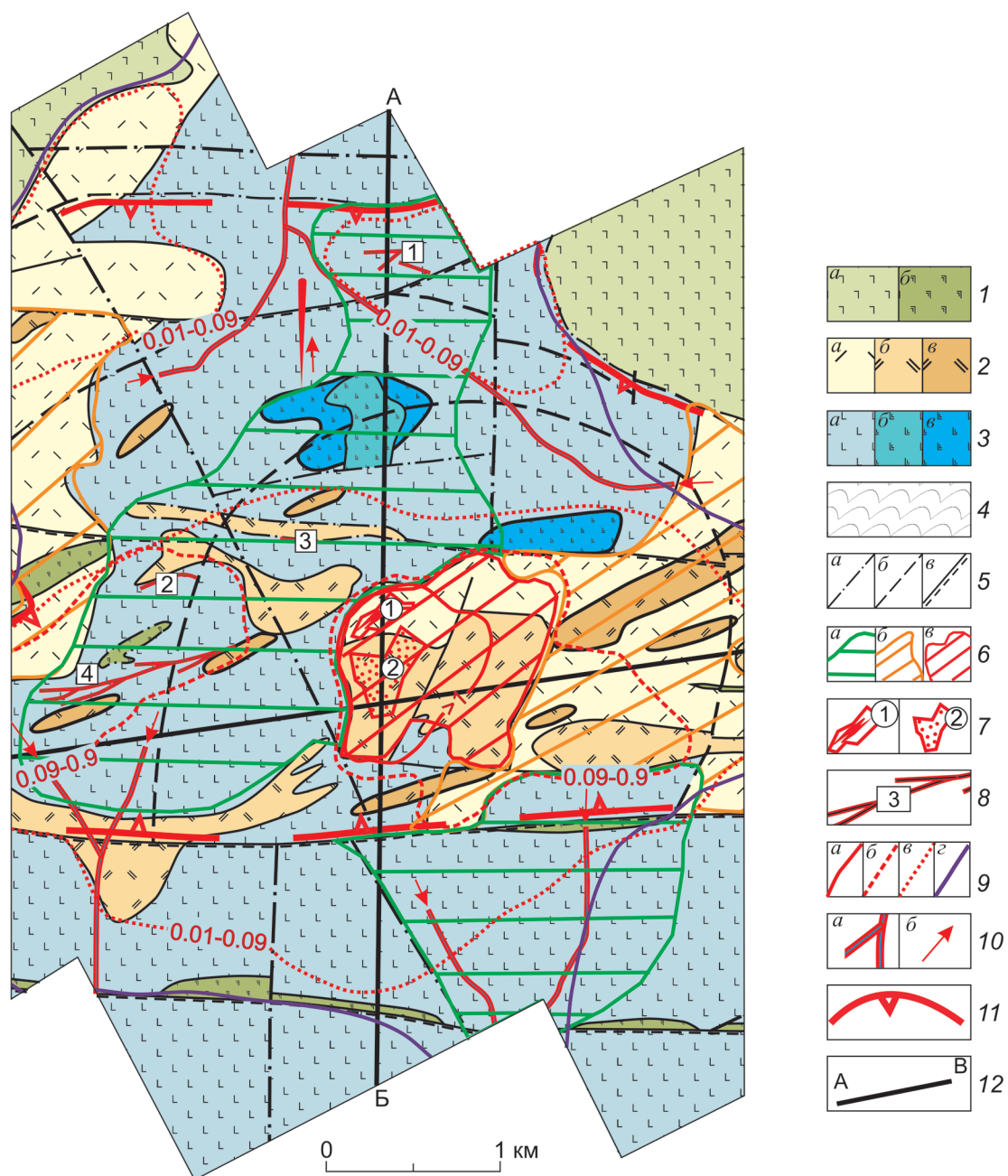
денения, это позволило обосновать высокие перспективы развития минерально-сырьевой базы золота в Алтае-Саянской провинции.

Работы ЦНИГРИ по всем главнейшим золотоносным регионам СССР показали чрезвычайное разнообразие условий формирования промышленных руд и дали основание для развития прогнозно-металлогенических исследований, создания мелко-, средне- и крупномасштабных специализированных карт на золото. Это направление начало интенсивно развиваться с 70-х годов.

В 1974–1982 гг. составлены прогнозно-металлогенические карты золотоносности м-ба 1:500 000–1:200 000 для всех вулканоплутонических поясов Востока России, что позволило разработать геолого-формационные подходы к прогнозированию, провести первое районирование территорий, наметить первоочередные площади для опоскования. Исследования, в реализации которых участвовали ведущие специалисты ЦНИГРИ (А.И.Казаринов, Ю.М.Щепотьев, В.П.Новиков, М.М.Константинов, С.С.Вартанян, М.С.Михайлова, Ю.А.Эпштейн и др.), предопределили основные направления поисковых работ в вулканоплутонических поясах. Работы сопровождались оценкой состояния минерально-сырьевой базы конкретных территорий и рекомендациями по направлению ГРП на объектах разного ранга на ближайшие пятилетки и на перспе ГРП на объектах разного ранга на ближайшие пятилетки и на перспективу.

Золото-серебряные месторождения Востока России сконцентрированы в пределах краевых (Охотско-Чукотский, Восточно-Сихотэ-Алинский), внутриконтинентальных (Умлекано-Огоджинский, Западно-Сихотэ-Алинский и др.) и островодужных (Центрально-, Восточно-Камчатский и др.) вулканических поясов, образовавшихся в мезозойско-кайнозойский период геологического развития регионов. В формировании вулканических поясов выделяется ряд фаз тектономагматической активности, закономерно сменяющих друг друга, что позволяет говорить о стадийном развитии этих структур. Своеобразие геологической обстановки каждой конкретной стадии определяется совокупностью формирующихся в этот период структурно-вещественных комплексов, в том числе рудоносных. Обобщающие работы Г.М.Власова, И.Н.Томпсона, Н.А.Фогельман, А.Д.Щеглова и др. и материалы по конкретным регионам свидетельствуют о закономерном изменении от стадии к стадии условий становления магматических и сопряженных с ними рудных образований, т.е. каждая стадия характеризуется совокупностью только ей присущих типов рудно-магматических систем. Это является основой проведения рудно-формационного анализа и последующего построения геолого-поисковых и геолого-генетических моделей для объектов различной формационной принадлежности.

Однако отдельные элементы структурно-вещественных комплексов существенно изменяются в зависимости от характера геодинамического режима



и типа фундамента каждого конкретного фрагмента вулканического пояса. В первую очередь, это сказывается на строении фациально-корреляционных разрезов, соотношении объемов вулканитов средне-основного и кислого составов, продуктов магматизма интрузивного и эффузивного классов, типах вулканических структур и т.д. Множественность факторов, влияющих на состав и строение структурно-вещественных комплексов, обуславливает сложности, возникающие при их сопоставлении не только в пределах различных вулканических поясов и зон, но даже среди фрагментов единой структуры, что отражается на определении объема и границ конкретной стадии. Начало каждой стадии развития вулканических поясов континентального ряда фиксируется появлением вулканогенно-осадочных (молассовых) толщ переменной мощности, сменяющихся вверх по разрезу вулканитами среднего, а затем кислого состава, т.е. идеализированный разрез вулканогенных образований каждой стадии имеет трехчленное строение.

Независимо от генетической интерпретации и принципов группировки большинство исследователей принимают существование индивидуализированных в структурно-вещественном отношении периодов (стадий) становления вулканоплутонических поясов континентального ряда. Но количество выделяемых стадий, как и их объемы, для каждого вулканического пояса (или его отдельных фрагментов) могут существенно различаться, что обусловлено в одних случаях характером используемых признаков, в других – неодинаковыми принципами палеотектонических построений.

Для наиболее детально изученных рудных районов краевых и внутриконтинентальных вулканоплутонических поясов Востока России (Нижне-Амурский, Самаргинский, Охотский, Гонжинский и

др.) выявлена устойчивая связь золото-серебряных месторождений с двумя группами магматических образований – андезит-гранодиоритовой вулканоплутонической ассоциацией (поздняя стадия) и экструзивно-эффузивными породами базальт-риолитового ряда формаций [2]. Большинство исследователей связывают их с заключительной стадией формирования вулканоплутонических поясов (при использовании трехстадийной схемы становления данных геоструктур), предшествующей субплатформенному этапу развития рассматриваемых территорий. Образование указанных продуктивных магматических формаций, как правило, разделено существенным временным интервалом, иногда достигающим 20–25 млн лет (Нижне-Амурский, Самаргинский, Кузнецовский и другие рудные районы Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса) и сопровождается изменением общего структурного плана. Последнее предопределяет их участие в формировании различных типов тектономагматических структур и территориальную разобщенность.

В островодужных вулканоплутонических поясах по характеру пространственно-временных соотношений магматических и золоторудных образований также выделяются две группы золото-серебряных месторождений. Однако соотношения между продуктивными магматическими образованиями, с одной стороны, и рудными, с другой, более сложные, чем в краевых вулканических поясах и не всегда однозначны. Это, возможно, обусловлено спецификой геологического развития островодужных вулканоплутонических поясов и, в первую очередь, сближенностью во времени продуктивных магматических образований различных стадий. Во многих случаях это предопределяет унаследованность (консерва-

Рис. 4. Геолого-структурная карта участка детальных работ Белогорского рудного поля:

1 – позднеолигоценые базальты, андезитобазальты (*а* – покровные, *б* – субвулканические фации); 2 – раннеолигоценые риолиты, трахириолиты (*а* – покровные, *б* – субвулканические и экструзивные фации, *в* – в том числе выделенные по геофизическим данным); 3 – эоценовые андезитобазальты (*а* – покровные, *б* – субвулканические фации, *в* – в том числе тела, выделенные по геофизическим данным); 4 – верхнеюрские алевриты, аргиллиты, песчаники (на разрезах); 5 – разрывные нарушения (*а* – главные, *б* – второстепенные, *в* – в том числе выделенные по геолого-геофизическим данным); 6 – гидротермально измененные породы (*а* – пропилиты, *б* – алуниновые вторичные кварциты, *в* – серицит-гидрослюдистые метасоматиты); 7 – Белогорское месторождение (1 – залежь, 2 – штокверк); 8 – проявления (1 – Павловское, 2 – Колчанское, 3 – Огородное, 4 – Заячье); 9 – литогеохимические ореолы: Au >1,0 г/т (*а*), 0,09–0,9 (*б*), 0,01–0,09 (*в*), Ag >1,0 г/т (*г*); 10 – россыпи (*а*), шлиховые потоки (*б*) золота; 11 – границы рудного поля; 12 – линии геологических разрезов

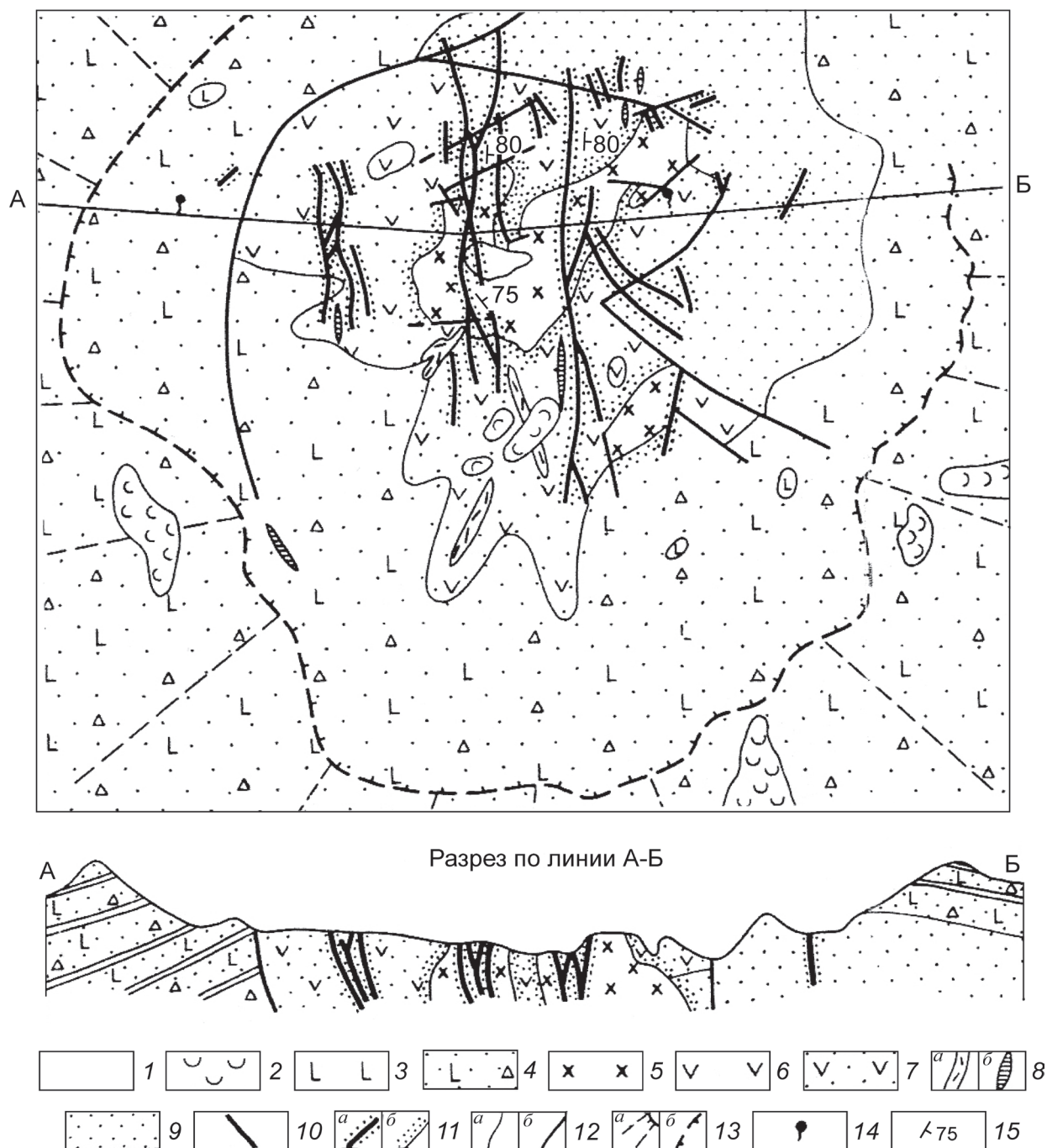


Рис. 5. Схема размещения рудных тел на Мутновском рудном поле, составлена с использованием материалов В.С.Шеймовича, Е.А.Лоншакова и др.:

четвертичные образования: 1 – рыхлые отложения, 2 – потоки нижнечетвертичных базальтов; верхнемиоцен-плиоценовая базальт-андезит-дацит-риолитовая формация: 3 – субвулканические тела и дайки базальтов, андезитобазальтов, 4 – нерасчлененные базальты, андезиты и их туфы, агломераты; миоценовая андезит-диоритовая формация: 5 – интрузии диоритов, 6 – субвулканические тела, дайки андезитов, 7 – андезиты и их туфы, 8 – дайки риолитов (а), базальтов и андезитов (б); 9 – нерасчлененные вулканогенно-осадочные образования; 10 – кварцевые жилы; 11 – кварц-серицитовые метасоматиты (а), роговики (б); 12 – границы геологические (а), тектонические (б); 13 – склоны палеовулкана (а), граница его эрозионно-тектонической кальдеры (б); 14 – термальные источники; 15 – элементы залегания жил

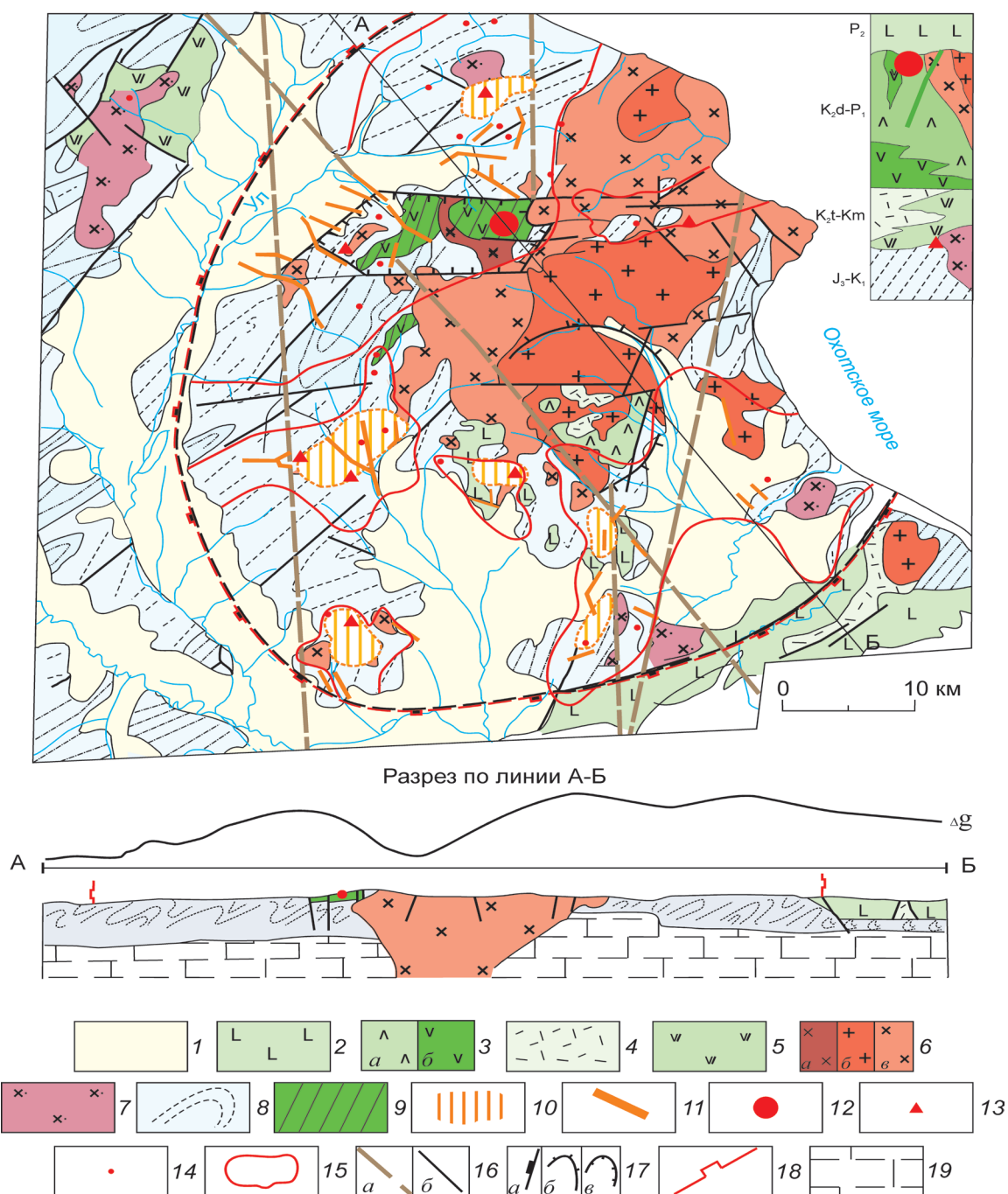
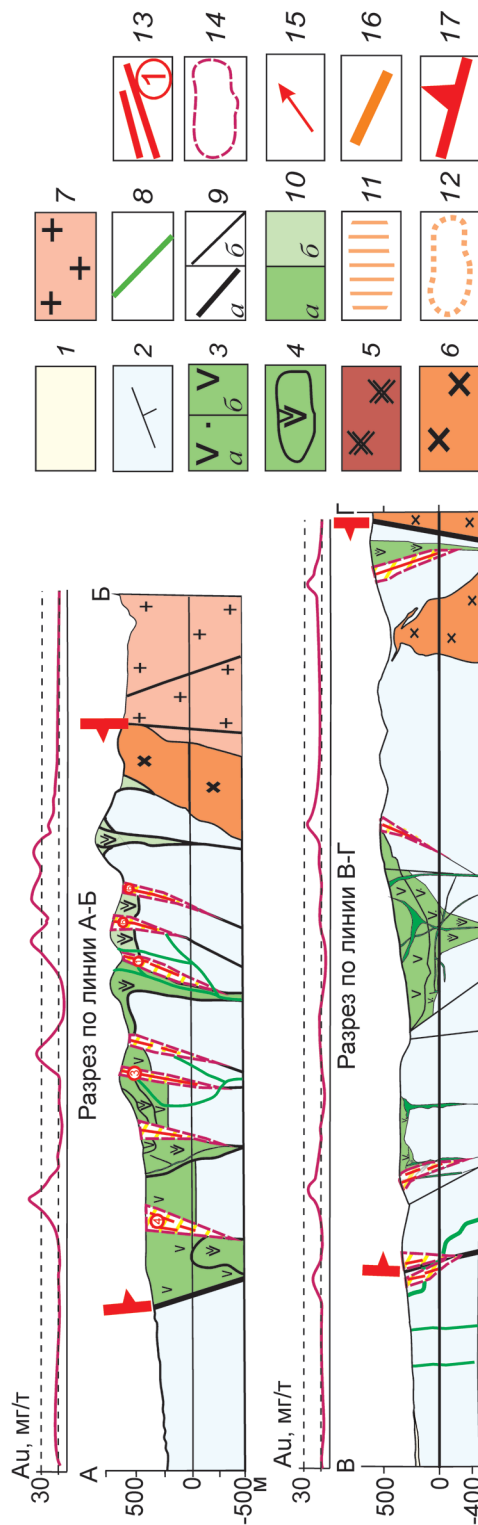
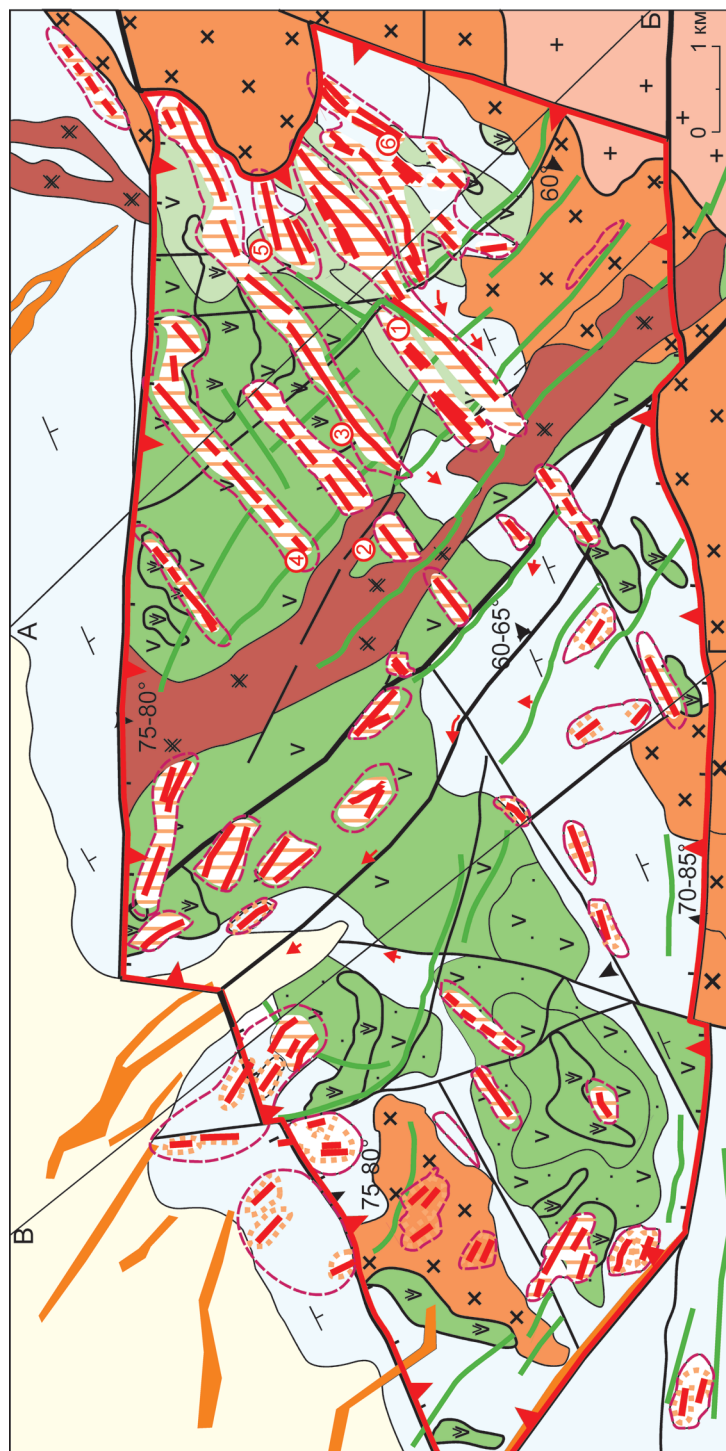


Рис. 6. Геолого-структурная карта Нижне-Амурского рудного района:

геологические формации: 1 – терригенная и терригенно-угленосная континентальных впадин, Р–Q, 2 – андезитобазальтовая, P_2 , 3 – андезитодацитовая, K_2d-P_1 (а – дацитовая, б – андезитовая субформации), 4 – дацитовая, K_2t-Km , 5 – андезитовая, K_2t , 6 – диорит-гранодиоритовая, P_{1-2} (а – монцодиориты, монцограниты, б – граниты, лейкограниты, в – диориты, гранодиориты), 7 – габбро-диорит-гранодиоритовая, K_2 , 8 – терригенная, J_3-K_1 , 9 – поля пропилитизации; 10 – поля кварц-серицит-карбонат-пиритовых изменений; 11 – россыпи; 12 – Многовершинное месторождение золото-серебряной формации; 13 – рудопроявления золото-сульфидно-кварцевой формации; 14 – пункты минерализации; 15 – шлиховые ореолы золота; 16 – разломы (а – главные, б – прочие); 17 – границы (а – Бекчи-Улского тектономагматического поднятия, б – интрузивно-купольного поднятия, в – вулканотектонического грабена); 18 – граница Нижне-Амурского рудного района; 19 – догеосинклинальный фундамент (на разрезе)



тивность) структурного плана и совмещение разновозрастных магматических (а в ряде случаев и рудных) образований в пределах единых вулканических структур.

Рудоносные структуры различных стадий формирования вулканических поясов отличаются по геологическому строению, отражающему основные различия господствовавших геодинамических режимов. Среди структур поздней стадии, сложенных преимущественно породами андезит-гранодиоритовой или андезит-базальт-диоритовой вулканоплутонических ассоциаций, доминируют тектономагматические и интрузивно-купольные поднятия, а также вулканотектонические депрессии и грабены. Для вулканоструктур заключительной стадии, помимо крупных депрессионных форм, выполненных игнимбритами (типоморфных для отдельных фрагментов краевых вулканических поясов), характерны локальные вулканоструктуры, особенно широко представленные в островодужных вулканических поясах. Сопоставление параметров однотипных вулканических структур краевых и островодужных вулканических поясов выявило сокращение параметров последних, что отражается и на размерах соответствующих металлогенических таксонов (рудных узлов и полей).

Ниже приведены краткая характеристика основных элементов геологического строения, вещественного состава руд и гидротермально измененных пород типовых объектов островодужного (Курило-Камчатского) и краевого (Восточно-Сихотэ-Алинского) вулканоплутонических поясов, сопряженных с экструзивно-эффузивными комплексами (Агинское, Белогорское) и вулканоплутоническими ассоциациями (Мутновское, Многовершинное).

Первая группа объектов, представителями которой являются Агинское, Асачинское, Карамкенское, Белогорское и другие месторожде-

ния, локализуется в жерловых и околожерловых зонах локальных вулканоструктур центрального типа, сложенных вулканитами названных выше продуктивных формаций. Их размещение определяется сочетанием фрагментов линейных разрывов регионального плана с разноранговыми системами кольцевых и радиальных нарушений. Кроме того, устанавливается отчетливая зависимость позиции месторождений от структурных осложнений, обусловленных формированием пород экструзивно-субвулканических жерловых фаций, тел полигенных брекчий и др. Сложное сочетание указанных элементов, с учетом характерной для продуктивных образований «пестротой» разреза, определяет исключительно сложную структуру среды, в которой формируются новые или «активизируются» ранее существовавшие разрывы.

Агинское месторождение (рис. 1) расположено в пределах узкого линейного блока северо-восточного простирания, осложняющего палеовулканическую постройку неогенового возраста, возникшую в области пересечения региональных разрывов северо-восточного и субширотного простираний. Вулканоструктура сформирована вулканитами средне-основного состава (гиперстеновые андезитобазальты), образующими три пачки, из которых верхняя и нижняя сложены лавами, средняя – туфами. Среди лавово-пирокластических образований широко распространены экструзии, дайки и силлы близкого состава.

Главным структурным элементом месторождения является сложная зона разрывов северо-восточного простирания. К рудоконтролирующим структурам относят входящие в ее состав малоамплитудные разрывы крутого (60–85°) падения преимущественно в северо-западном направлении. Размещение основных рудных тел в пределах достаточно однородной толщи пород обусловило

Рис. 7. Геолого-структурная схема Многовершинного рудного поля:

1 – рыхлые аллювиальные отложения; 2 – верхнеюрские – нижнемеловые осадочные породы (алевролиты, аргиллиты, песчаники); нижнепалеогеновые вулканиты андезитового и андезит-дацитового составов: 3 – покровные (а – вулканогенно-осадочные фации, б – лавово-пирокластические), 4 – жерловые и субвулканические фации; интрузивные образования, P_2 : 5 – гранодиорит-порфиры, 6 – гранодиориты, 7 – лейкократовые граниты; 8 – дайки «пестрого» состава; 9 – разломы (а – главные, б – второстепенные); пропилитовые изменения: 10 – эпидот-хлорит-альбитовые (а), биотит-эпидот-альбитовые (б), 11 – хлорит-карбонат-пиритовые; 12 – кварц-серицит-хлорит-пиритовые метасоматиты (по осадочным и интрузивным породам); 13 – рудные зоны и их номера (1 – Главная, 2 – Северная, 3 – Промежуточная, 4 – Медвежья, 5 – Тихая, 6 – Водораздельная); 14 – литогеохимические ореолы Au и Ag; 15 – шлиховые потоки; 16 – россыпи; 17 – граница рудного поля

главную роль структурных факторов в локализации оруденения.

Рудовмещающие вулканы преобразованы в хлорит-карбонатные, в меньшей степени в эпидот-хлорит-карбонатные метасоматиты, имеющие площадное распространение. Околорудные породы представлены адуляр-серицит-гидрослюдисто-кварцевыми метасоматитами.

Руды сформированы образованиями трех продуктивных минеральных комплексов: золото-адуляр-кварцевого, золото-теллуридно-хлорит-адуляр-кварцевого и золото-карбонат-кварцевого. Два первых определяют появление участков богатого оруденения.

Рудные тела (рис. 2) представлены крутопадающими маломощными кварцевыми жилами и зонами прожилкования, в которых бедные и рядовые руды образуют пологосклоняющиеся ($10\text{--}30^\circ$) ленты, в верхних частях осложненные рудными столбами крутого склона. Положение оруденения в плане и разрезе определяется зонами сочленения рудоносных структур встречного падения в форме клиновидных блоков. Оруденение, размещаясь выше зон сопряжений, сконцентрировано в областях смены углов падения (от субвертикальных до пологих), в участках резкого разветвления разрывов и ограничено в разрезе по вертикали верхней и нижней лавовой пачками.

Рудные столбы (рис. 3), в которых заключено около 85% металла, представляют собой (Агинское месторождение) воронко- или жилиобразные тела, отчетливо вытянутые по падению. Они имеют крутое (до 80°) склонение в плоскости рудных тел и обычно расщепляются на две или три «ветви». К нижним горизонтам рудные столбы часто приобретают пологое склонение, конформное линиям сочленения основных структур, сужаются и выклиниваются. В их пределах при детализации выявляются бананцы, гнезда и струи, обуславливающие мозаичное (пятнистое) строение. При этом в распределении золота отмечается своеобразная асимметрия, проявляющаяся в том, что наиболее высокие содержания сконцентрированы в области верхней границы рудного столба. Для этих интервалов характерен резкий переход к бедным и рядовым рудам, согласующийся с усложнением рельефа рудовмещающей структуры, расщеплением ее на ряд зон.

Белогорское рудное поле (рис. 4) расположено в пределах одноименного вулканотектонического грабена субширотной ориентировки, осложня-

ющего северную часть крупной вулканотектонической депрессии. Рудное поле отвечает сложно построенной вулканоструктуре центрального типа площадью около 30 км^2 , сформированной экструживно-эффузивными образованиями риолит-трахириолитовой формации, с которой сопряжено золото-серебряное оруденение. Северная и южная границы рудного поля совпадают с разрывами субширотной ориентировки, принадлежащими к системе Кольского (по Э.П.Хохлову) регионального разлома. Западная и восточная проводятся по кольцевым нарушениям, выделенным по геолого-геофизическим материалам.

Белогорское месторождение приурочено к вулканической постройке с центральным нечком, осложненным боковыми дайкообразными телами, прорывающими базальтоиды кузнецовской свиты и покровные образования риолит-трахириолитовой формации. Сложное внутреннее строение нечка обусловлено неоднократным внедрением кремнекислых пород, состав которых изменяется от дацитов до щелочных трахитов. Линейным блоком вмещающих пород, ориентированным в север-северо-восточном направлении, нечк расчленен на два самостоятельных тела – западное и восточное. Западное, вмещающее золотое оруденение, вытянуто в северо-восточном направлении и характеризуется крутыми ($65\text{--}80^\circ$), как правило, тектоническими контактами, значительным развитием крутопадающих полигенных брекчий сложной формы. Восточное тело практически безрудное, контакты с вмещающими породами более пологие ($45\text{--}60^\circ$), в пределах его также отмечен ряд тел взрывных брекчий.

Прожилково-вкрапленное золотое оруденение образует штокверк убогих руд площадью около 1 км^2 , незначительно вытянутый в северо-восточном направлении, и залежь Пологую. Ориентировка прожилков штокверка разнонаправленная, лишь в южной части намечается преобладание их широтных простираний. В пределах штокверка оруденение прослежено на глубину 300 м. Небольшая концентрация золотого оруденения отмечается в связи с разнообразными пологими границами раздела, отвечающими контактам экстружий, полигенных брекчий, литологических разностей пород. Интенсивность оруденения с глубиной падает. Выделяются обогащенные золотом гнезда небольших размеров, также ориентированные в северо-восточном направлении. Характер размещения золота на обогащенных участках крайне неравномерный, при эксплуатации

1. Геологические обстановки образования месторождений золото-серебряной формации

Характеристика элементов	Золото-адуляр-кварцевая субформация	Золото-адуляр-полисульфидно-кварцевая субформация
Продуктивные геологические образования	Риолит-трахириолитовая, риолитовая, базальт-андезит-дацит-риолитовая и другие формации	Андезит-гранодиоритовая и андезит-диоритовая вулкано-плутонические ассоциации; комплекс даек «пестрого» состава
Геолого-структурная позиция	Жерловые и околожерловые зоны локальных вулканотектонических структур центрального типа	Вулканотектонические грабены, вулкано-(интрузивно-)купольные структуры и тектономагматические поднятия
Рудоконтролирующие и рудовмещающие структуры	Фрагменты линейных и дуговых разрывов, пучки сближенных разрывов, фрагменты региональных разломов	Фрагменты региональных разломов и оперяющие их нарушения
Вмещающие породы	Эффузивно-экструзивные образования риолитового, дацитового, андезитового составов, базальты и их туфы, разнообразные по составу породы фундамента	Гранитоиды и вулканы продуктивных комплексов, разнообразных пород фундамента
Наиболее характерные гидротермально измененные породы	Карбонат-хлоритовые пропилиты, аргиллизиты, алунитовые и высокоглиноземистые вторичные кварциты. Кварц-серичит-гидрослюдистые метасоматиты	Эпидот-хлорит-альбитовые пропилиты. Кварц-адуляровые, кварц-адуляр-серичитовые, инфильтрационные скарны, скарноиды
Типы рудных тел	Жилы, жильные и жильно-прожилковые зоны, штокверки, тела трубообразной и неправильной форм	Жилы, жильные и жильно-прожилковые зоны
Основные минеральные типы	Золото-серебро-сульфидный (с селенидами и сульфосолями серебра), золото-серебро-блеклорудный, золото-сульфоантимонитовый, собственно золотой и золото-теллуридный	Золото-галенит-сфалеритовый и золото-халькопирит-блеклорудный (с сульфидами и сульфосолями серебра). Золото-полисульфидный: а) с теллуридами; б) с сульфидами и сульфосолями серебра
Типоморфизм золота:		
А) морфология	От комковидных до пленочных характерны кристаллы, дендриты	Комковидное, губчатое, пластинчатое
Б) преобладающая проба	550–750, в теллуридных ассоциациях 850–950	750–850
В) элементы-примеси	Sb, Hg, Se, Te	Pb, Zn, Bi, Sb, Te
Масштаб месторождений	От мелких до уникальных	От мелких до крупных
Примеры месторождений	Карамкен, Белая Гора, Кубака, Агинское, Хаканджа, Купол, Светлое	Многовершинное, Джужлетта, Родниковое, Мутновское

встречаются мелкие столбо- или гнездообразные участки с содержанием до 4 кг/т.

Большая часть «рудных гнезд» сосредоточена в полосе северо-восточного простирания, протяженностью 500 м, и тяготеет к зоне проявления минерализованных брекчий. Каждое из гнезд ориентировано по азимуту 65–60°, располагается в местах сочленения дорудных полигенных брекчий с мелкими зонами нарушений.

В северо-западной части месторождения средне сложно построенной толщи агломератовых туфов выявлена субгоризонтальная зона дробления с повышенными концентрациями золота (залежь Пологая). Границы ее устанавливаются по данным опробования. Руды представлены гидротермально измененными породами с переменным количеством прожилков кварца, в связи с чем состав их определяется полнотой переработки исходных пород и интенсивностью окварцевания. Содержание кварца в рудах от 15 до 50%, гидрослюда, серицита и каолинита 25–30%. Существенная роль (до 25–35%) принадлежит неполностью замещенным минералам исходных пород, особенно полевым шпатам; на долю адуляра, карбонатов и цеолитов приходится не более 2–3%. Рудные минералы, среди которых резко превалирует пирит, составляют менее 1%. Кроме пирита, встречаются арсенопирит, галенит, сфалерит, халькопирит, сульфосоли серебра (пираргирит, миаргирит, стеганит, пирсеит и др.), золото, киноварь. Золото часто количественно преобладает над другими рудными. Золото-серебряное отношение в среднем составляет 1:2.

Вторая группа объектов, рассматриваемая в составе золото-адуляр-полисульфидно-кварцевой субформации, локализуется в пределах локальных вулканотектонических грабенов, осложняющих краевые части тектономагматических поднятий (Многовершинное) или депрессий (Джульетта), а также в интрузивно-купольных структурах (Мутновское, Родниковое и др.), сложенных породами андезит-гранодиоритовой вулканоплутонической ассоциации. Для многих месторождений характерны дайки пестрого состава.

Мутновское рудное поле находится в центральной части Жировского палеовулкана, сложенного вулканитами основного и среднего составов от олигоцен-раннемиоценового до четвертичного возраста. Плутонические фации представлены интрузией диоритов миоцена и многочисленными более поздними дайками и силлами базальтов, андези-

тов и дацитов, часто имеющих субмеридиональную ориентировку. Породы интенсивно нарушены дугowymi и радиальными разрывами (рис. 5).

Золотоносные жилы ориентированы субмеридиально и часто параллельны дайкам. Известно около ста кварц-карбонатных, кварц-сульфидных жил и зон прожилкового окварцевания. Главная – жильная зона Определяющая, состоящая из мощной жилы и нескольких апофиз, между которыми развиты зоны прожилкового окварцевания. Оруденение вскрыто на глубину 500 м. В наиболее эродированных участках (южный фланг зоны) встречаются кварцевые жилы с богатой сульфидной минерализацией. Содержание Pb и Zn составляет в сумме от 1–2 до 10–18, Cu 0,2%. В среднем содержание цветных металлов 3–5%. Подобные рудные тела характеризуются низкими концентрациями Au и значительными – Ag. Северный фланг зоны Определяющая (наименее эродированный) представлен мало- и убогосульфидными кварц-адуляровыми и кварц-карбонатными золото-серебряными рудами, содержащими до 0,2–2% цветных металлов.

Продуктивные минеральные ассоциации – золото-блеклорудная, золото-аргентит-пирсеитовая и богатая полиметаллами халькопирит-галенит-сфалеритовая. Кроме широко распространенных сульфидов и сульфосолей, на месторождении встречаются теллуриды (гессит, алтаит), канфильдит и другие минералы. Наблюдается вертикальная зональность с развитием золото-блеклорудной ассоциации в верхних частях жил, а халькопирит-галенит-сфалеритовой – в нижних.

Приуроченность к интрузиям гранитоидов кварцевых жил с золото-серебряным оруденением, содержащим повышенные концентрации сульфидов цветных металлов (3–5% и более), широко проявлена и на других рудных полях Восточно-Камчатско-Курильской металлогенической зоны, например Кумроч, Китхонское, Вилученское.

Многовершинное рудное поле (площадью около 80 км²) расположено в пределах Улского вулканотектонического грабена, осложняющего краевую часть Бекчи-Улского тектономагматического поднятия (рис. 6). С востока и запада грабен ограничен субмеридиональными нарушениями, с севера – субширотным крутопадающим сбросом, на юге его границы совпадают с контактом Бекчи-Улского гранитоидного массива, осложненным системой субширотных разрывов. Фундамент вулканотектонической структуры сложен верхне-

2. Прогнозно-поисковая модель рудного поля золото-серебряной формации

Элементы модели	Золото-адуляр-полисульфидно-кварцевая субформация	Золото-адуляр-кварцевая субформация
1. Формационно-петрологические		
1.1. Продуктивные образования	Сочетание пород андезит-гранодиоритовой, андезитобазальт-диоритовой вулканоплутонических ассоциаций	Сочетание пород риолитовой, риолит-трахириолитовой, базальт-андезит-дацит-риолитовой формаций
1.2. Рудовмещающие образования	Породы продуктивных вулканоплутонических ассоциаций и породы гетерогенного состава фундамента	Породы вулканогенных продуктивных формаций и фундамента
2. Структурные		
2.1. Рудоносные структуры	Вулканотектонические грабены, интрузивно-(вулкан)-купольные структуры	Локальные вулканические структуры центрального типа, кальдеры, мобильные блоки на склонах вулканоструктур, насыщенные субвулканическими телами, телами автомагматических, explosивно-гидротермальных брекчий; поперечные блоки рифтогенных впадин
2.2. Рудоконтролирующие структуры	Фрагменты региональных разрывов, крутопадающие сбросы, осложняющие вулканотектонические грабены и купольные структуры, сопряженные с ними разрывы высоких порядков, каркас даек	Концентрические и радиальные нарушения, фрагменты региональных разрывов и сопряженные с ними нарушения высоких порядков, тела полигенных брекчий
3. Метасоматические	Эпидот-хлорит-альбитовые, хлорит-серицит-альбитовые, хлорит-карбонатные пропилиты, кварц-(мусковит)-серицитовые, серицит-хлоритовые и другие метасоматиты; скарноиды, инфильтрационные скарны; кварц-мусковит-хлорит-турмалиновые метасоматиты	Хлорит-карбонатные пропилиты, аргиллизиты, кислотно-сульфатные аргиллизиты (алунитовые вторичные кварциты), калишпатиты
4. Геохимические	Комплексные первичные и вторичные ореолы золота, серебра и элементов-спутников (Pb, Zn, Cu, As, Sb и др.). Калиевые аномалии, гидрогеохимические аномалии Au, Ag; газорудные ореолы ртути	
5. Минералогические		
5.1. Типоморфные минералы ореолов жильково-вкрапленной минерализации	Пирит, сульфиды свинца, цинка, меди	Пирит, киноварь, антимонит, флюорит, барит, ярозит и др.
5.2. Шлиховые ореолы	Золота и его минералов-спутников, шлихо-минералого-геохимические аномалии	
5.3. Типоморфизм золота		
5.3.1. Морфология выделений	Комковидная, губчатая, проволоковидная	Широкое разнообразие форм: от комковидных до пленочных, типоморфны кристаллы, дендриты и др.
5.3.2. Преобладающая проба	750–850	550–750, в теллуридном типе 850–950
5.4. Текстуры руд	Колломорфные, ритмично-полосчатые, кокардовые и др.	
	Массивные	Каркасно-пластинчатые, друзовые
5.5. Структуры руд	От крупнозернистой до криптокристаллической (халцедоновидного кварца)	

юрскими – нижнемеловыми терригенными толщами (алевролиты, аргиллиты, реже песчаники), моноклинально погружающимися на северо-запад. Улский вулканотектонический грабен выполнен биотит-роговообманковыми андезитами и андезитодацитами, суммарной мощностью до 350 м.

Многовершинное месторождение (рис. 7), расположенное в северо-восточной части вулканотектонического грабена, имеет более сложное строение и иную ориентировку основных структур. Главную роль играют нарушения северо-восточного простираания, наследующие разрывы «допоясового» этапа развития. Такими крутопадающими ($65\text{--}75^\circ$) сбросами с суммарными амплитудами перемещения до нескольких десятков, реже первых сотен метров фундамент грабена расчленен на серию субпараллельных блоков-пластин, ступенчато погружающихся на северо-запад. Эти же разрывы контролируют положение жерловых и экструзивных фаций андезитов, андезитодацитов, а также тел кварц-серицитовых и кварцевых метасоматитов, вмещающих золотое оруденение.

Нарушения северо-западной ориентировки определяют положение разновозрастных даек, тел малых интрузий, маломощных кварц-турмалиновых тел с редкометальной минерализацией. Пострудные нарушения близкой ориентировки обусловили ступенчатое смещение рудных тел до нескольких метров в плане. Среди нарушений северо-восточного простираания наиболее хорошо выражены зоны Главного, Северного и Медвежьего разломов, вмещающие основные рудные тела. К зоне Главного разлома приурочены рудные тела Верхнее и Центральное, Северного – Промежуточное, Южное, Фланговое, Северное, Глубокое и т.д. С зоной Медвежьего разлома в наиболее погруженной и наименее изученной северо-западной части грабена, связываются перспективы выявления скрытого оруденения на глубинах горизонтов (>600 м).

Рудные тела представлены кварцевыми жилами, зонами сложных кварцевых брекчий и прожилков, концентрирующихся преимущественно в контурах мощных жилообразных тел кварцевых и кварц-серицитовых метасоматитов, реже развивающихся в пропилитизированных андезитах. Параметры рудных тел существенно изменяются: мощность колеблется от первых до десятков метров, по падению и простираанию они просле-

жены на несколько сотен метров. Одна из отличительных особенностей Многовершинного месторождения – размещение основных рудных тел в сложном каркасе разновозрастных даек, мощность которых в отдельных интервалах во много раз превышает протяженность рудных тел (рудные тела Промежуточное, Южное, Фланговое и др.).

Руды на 95–97% состоят из кварца, в подчиненном количестве присутствуют адуляр, серицит, карбонаты, гидрослюда и хлорит. Рудные минералы составляют не более 1,5%, хотя встречаются интервалы с содержанием сульфидов 2–3, реже 5–7%. Рудные минералы достаточно разнообразны и представлены сульфидами, сульфосолями, оксидами, теллуридами, интерметаллическими соединениями и самородными элементами.

К элементам-спутникам золотого оруденения относятся Ag, Bi, As, Cu, Pb, Zn, Sb. Большинство рудогенных элементов обладают отчетливой тенденцией к увеличению содержания в ряду вмещающие породы – пропилиты – кварц-серицитовые метасоматиты – рудный кварц. По характеру и интенсивности связей установлены следующие наиболее устойчивые геохимические ассоциации: Au-Ag-Zn-Cu (Bi), Pb-As, Sn-Mo-Co-Ni. В соответствии с этим в пределах рудного поля выявлены ореолы Au, Ag, Pb, Sb.

Принадлежность золото-серебряных месторождений вулканоплутонических поясов к двум типам рудно-магматических систем – вулканогенно-плутоногенной и вулканогенной – определяет основные черты геологических обстановок их нахождения, характер процесса минералообразования и особенности их геолого-генетических и геолого-поисковых моделей.

В соответствии с существующими разработками при типизации месторождений и формировании их геолого-поисковых моделей используются две основные группы критериев и признаков. Первая, характеризующая основные элементы геологической обстановки нахождения таксонов, включает структурные, структурно-формационные, магматические, литолого-фациальные и рудно-формационные элементы при подчиненном значении гидротермально-метасоматических и минералого-геохимических признаков. Вторая, отражающая характер проявления рудного процесса, включает в качестве определяющих гидротермально-метасоматические и минералого-геохимические признаки. С учетом вышеизложенного в составе золото-серебряной формации выделены две субформации – золото-адуляр-полисульфид-

но-кварцевая и золото-адюляр-кварцевая (табл. 1), для месторождений которых сформирована геолого-поисковая модель (табл. 2).

Анализ данных, характеризующих распределение золото-серебряных месторождений в продуктивных магматических образованиях и породах активизированного фундамента, выполненный для объектов тихоокеанских вулканоплутонических поясов, показал, что более 60% месторождений локализованы в экструзивно-эффузивных комплексах, ~15% в образованиях вулканоплутонических ассоциаций, ~25% – в породах активизированного основания ВПП.

Обобщение данных по геологическим обстановкам нахождения золото-серебряных месторождений позволило выявить группы объектов, ограниченно проявленных или еще не выявленных в вулканоплутонических поясах России. Для изучения данных объектов рекомендуется проведение ГРР. Это, прежде всего, относится к широко представленным за рубежом месторождениям в породах активизированного основания вулканических поясов (Хисикари, Слиппер, Антамок-Акупан и др.) [1, 3], в полигенных брекчиевых трубообразных телах (Шуйор, Маунт-Морган и др.) и вулканитах [6], сопровождаемых изменениями типа высокоглиноземистых вторичных кварцитов (Голдфилд, Эль-Индио и др.), не характерных для золото-серебряных месторождений. Подобные объекты, выделяемые как оксидно-сульфатные, высокосернистые эпипермальные или золото-энаргитовые (П.Хилд, Х.Бонхем, Р.Силитоу и др.) [3, 4], отличаются присутствием минералов меди (группа энаргита) в ассоциациях, предшествующих золоторудным (Эль-Индио), или непосредственно в продуктивных минеральных комплексах (Радальквилар) [5]. Содержание меди в рудах колеблется от десятых долей процента (Голдфилд), до 2–2,5% (Эль-Индио), сульфидов – от 0,5–1 до 15–20%. В России к данной группе объектов относится Озерновское месторождение (Камчатка). Кроме того, несомненный интерес представляют месторождения прожилково-вкрапленного типа со значительными объемами убогих руд в гидротермально измененных эффузивно-пирокластических толщах (тип Раунд-Маунтин и др.).

Основные монографии сотрудников ЦНИГРИ:

Вартанян С.С., Михайлова М.С., Новиков В.П., Орешин В.Ю. Формационно-фациальные критерии поисков и прогнозирования вулканогенного золото-серебряного оруденения: Обзор. Сер. Геологические методы поис-

ков и разведки месторождений металлов полезных ископаемых. – М.: ВИЭМС, 1988. Вып. 5.

Воларович Г.П. Перспективы выявления близповерхностных золоторудных месторождений с целью создания устойчивой базы для добычи рудного золота на Северо-Востоке СССР. – М.: ЦНИГРИ, 1971.

Золоторудные месторождения СССР. Т. 4. Геология золоторудных месторождений Востока СССР / Отв. ред. В.А.Нарсеев. – М.: ЦНИГРИ, 1988.

Золото-серебряные месторождения. Сер. Модели месторождений благородных и цветных металлов / Отв. ред. А.И.Кривцов. – М.: ЦНИГРИ, 2000.

Константинов М.М. Золотое и серебряное оруденение вулканогенных поясов мира. – М.: Недра, 1984.

Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Вып. Золото / Б.И.Беневольский, Е.В.Блинова, А.В.Бражник и др. – М.: ЦНИГРИ, 2002.

Прогнозно-поисковые комплексы. Вып. III. Комплексирование работ по прогнозу и поискам золото-серебряных месторождений в вулканогенных поясах (Методические рекомендации) / Н.П.Варгунина, С.С.Вартанян, М.М.Константинов и др. – М.: ЦНИГРИ, 1983.

Щепотьев Ю.М., Вартанян С.С., Орешин В.Ю., Гузман Б.В. Золоторудные месторождения островных дуг Тихого океана. – М.: ЦНИГРИ, 1989.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков В.П., Михайлова М.С. Принципы систематики золото-серебряных месторождений вулканоплутонических поясов // Руды и металлы. 1995. № 4. С. 4–11.
2. Формационно-фациальные критерии поисков и прогнозирования вулканогенного золото-серебряного оруденения / С.С.Вартанян, М.С.Михайлова, В.П.Новиков, В.Ю.Орешин: Обзор. Сер. Геологические методы поисков и разведки месторождений металлов полезных ископаемых. – М.: ВИЭМС, 1988. Вып. 5.
3. Heald P., Foley N.K., Hayba D.O. Comparative Anatomy of Volcanic-Hosted Epithermal Deposits: Acid-Sulfate and Adularia-Sericite Types // Economic Geology. 1987. Vol. 82. № 2. P. 1–26.
4. Mosier D.L., Singer D.A., Sato T., Page N.J. Relationship of Grade, Tonnage, and Basement Lithology in Volcanic-Hosted Epithermal Precious- and Base-Metal Quartz-Adularia-Type Districts // Mining Geology. 1986. № 36 (4). P. 245–264.
5. Sanger-von Oepen P., Friedrich G., Vogt J.H. Fluid evolution, wallrock alteration, and ore mineralization associated with the Rodalquilar epithermal gold-deposit in SE Spain // Mineral Deposita. 1989. № 24. P. 235–243.
6. Sillitoe R.H. Gold Deposits in Western Pacific Island Arcs; The Magmatic Connection // Economic Geology Monograph 6. 1989. P. 274–291.