Московский государственный университет

имени М.В.Ломоносова

геологический факультет

кафедра геохимии

На правах рукописи

Калько Ильдар Анатольевич

Геохимические критерии выявления и прогнозирования золото-серебряного оруденения в Чукотском сегменте Охотско-Чукотского вулканогенного пояса

Специальность 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель

к.г.-м. н. Ю.Н. Николаев

Москва-2009

Содержание

Введение....3
1. Геолого-геохимические характеристики золотого оруденения вулкано-плутонических поясов....7
1.1. Геологические предпосылки развития золотого оруденения в вулкано-плутонических поясах....7
1.2. Важнейшие минерально-промышленные типы золотого оруденения вулкано-плутонических поясов....19
1.3. Геохимические характеристики золоторудных полей вулкано-плутонических поясов и их использование при поисках и оценке оруденения....22
2. Общие сведения о районе работ....32
2.1. Физико-географическая и ландшафтно-геохимическая характеристика....32
2.2. Геологическая и структурно-тектоническая характеристика территории....35
2.3. Минерагеническая характеристика территории....44
2.4. Ландшафтно-геохимические условия....55
3. Методика исследований....59
3.1. Полевые работы....59
3.2. Аналитические исследования....63
3.3. Методика обработки геохимических данных....66
3.4. Методика исследования геохимической зональности оруденения....73
4. Критерии выделения, типизации и оценки перспективности АГХП рудных полей северной части Верхне-Яблонской металлогенической зоны....76
4.1. Геолого-геохимические параметры и характеристики эталонных АГХП....76
4.1.1. Модель аномального геохимического поля золото-сульфосольного типа оруденения....76
4.1.2. Модель аномального геохимического поля золото-галенит-сфалеритового типа оруденения....94
4.1.3. Модель аномального геохимического поля серебро-полиметаллической рудной формации....106
4.1.4. Модель аномального геохимического поля золото-сульфидно-кварцевой рудной формации....113
4.1.5. Модель аномального геохимического поля собственно золотого типа оруденения....120
4.1.6. Модель аномального геохимического поля медно-порфировой рудной формации....125
4.2. Критерии типизации АГХП северной части Верхне-Яблонской зоны по характеристикам их вторичных ореолов рассеяния....130
5. Геохимическая зональность и критерии оценки уровня эрозионного среза золото-серебряного оруденения 140
5.1. Геохимическая зональность месторождения Купол....140
5.2. Формализованная модель геохимической зональности и критерии оценки уровня эрозионного среза золото-сульфосольного типа оруденения....148
6. Геохимическое районирование территории Верхне-Яблонской зоны и оценка ресурсов оруденения по параметрам и характеристикам АГХП....152
6.1 Типизация АГХП....152
6.2 Районирование территории....158
6.3. Прогнозно-геохимическая оценка АГХП....178
Заключение....186
Литература....1903

Введение

Научные основы прогнозно-поисковой геохимии были заложены в начале 30-х годов XX века работами Н.И. Сафронова и А.П. Соловова на оловянных месторождениях Восточного Забайкалья и Северо-Востока России. Ими впервые была обоснована поисковая эффективность нового физико-химического (металлометрического) метода поисков месторождений по их геохимическим ореолам в почвах и рыхлых образованиях, перекрывающих рудные месторождения.

Важное значение для развития поисковой геохимии в 50-70 годы имели работы А.П. Соловова (1959), Н.И. Сафронова (1962, 1967), А.А. Саукова (1963), Е.М. Янишевского, С.В. Григоряна, Э.Н. Баранова (1963), А.А. Беуса, С.В. Григоряна (1975), Е.М. Квятковского (1972) и др.

В последующие годы большое внимание уделялось совершенствованию геохимических методов поисков, что нашло свое отражение в многочисленных работах Н.И. Сафронова (1971, 1978); В.В. Поликарпочкина (1976), Е.М. Квятковского (1977); А.П. Соловова, А.А. Матвеева (1978); В.З. Фурсова (1977, 1983); В.Л. Барсукова, Л.Н. Овчинникова, С.В. Григоряна (1981); А.П. Соловова (1985); С.В. Григоряна, В.И. Морозова (1985); С.В Григоряна (1981, 1987); Л.Н. Овчинникова, А.А. Головина, В.М. Рыфтина (1986); Э.Н. Баранова (1987); С.А. Миляева (1988), Л.Н. Овчинникова (1990); А.П. Соловова и др. (1990); В.М. Питулько, И.А. Крицук (1990) и др.

Совершенствование методов выявления, количественной оценки и интерпретации геохимических аномалий в различных геологических и ландшафтно-геохимических условиях является актуальной задачей современной поисковой геохимии.

В разработку количественных критериев выявления, интерпретации и оценки аномальных геохимических полей и прогнозирования месторождений полезных ископаемых существенный вклад в конце XX – начале XXI столетий внесли С.В. Григорян (1992), Г.И. Хорин, В.П. Бородин, А.А. Матвеев и др. (1992, 1993); Г.Я. Абрамсон (1998); Э.Н. Баранов (1998); В.И. Морозов (1992, 1998); Н.Н. Трофимов (1998); С.В. Соколов (1998); А.А. Матвеев, Ю.Н. Николаев и др. (2000); Г.С. Гусев, К.Л. Волочкович, А.В. Гущин (2001); Л.А. Криночкин, Ю.Н. Николаев и др. (2002); А.А. Головин и др. (1998, 2006, 2008) и др.

К числу основных объектов геохимических поисков, безусловно, относятся золоторудные месторождения. Они выделяются по развитию контрастных аномалий

золота и его спутников в элювио-делювии и донных отложениях водотоков, дренирующих площади золоторудных полей.

Геохимические аномалии в районах развития различных золоторудных формаций имеют разный состав. Зачастую золоторудным объектам одинаковой крупности соответствуют существенно отличающиеся по размерам и интенсивности аномалии золота и его элементов спутников. Накопленный опыт свидетельствует, что количественная интерпретация результатов геохимических съемок в золоторудных районах и провинциях без учета рудно-формационной принадлежности выявляемых геохимических аномалий чревата существенными ошибками. Это выдвигает в качестве одной из главных задач разработку критериев типизации золоторудных аномалий на основе изучения эталонов.

Структурно-морфологические особенности золотого оруденения также являются одним из важнейших факторов, влияющих на результаты его оценки по геохимическим данным. Жильные месторождения с богатыми содержаниями характеризуются наиболее контрастными, но, как правило, небольшими по площади ореолами золота в рыхлых образованиях. Месторождения прожилково-вкрапленных и жильно-прожилковых руд в терригенных формациях и порфировых интрузиях занимают значительные площади и характеризуются более высокими площадными продуктивностями по сравнению с аномальными полями жильных месторождений аналогичной крупности. Их основным отличием является сильная зависимость запасов от уровня бортовых содержаний, снижение которых способно перевести их в более высокую категорию крупности.

Золото-серебряная рудная формация является ведущей для территорий, в геологическом строении которых выделяются вулканические пояса различного возраста. Золото-серебряные месторождения Камчатки и Чукотки имеют большое значение в общем сырьевом балансе этих регионов. При высокой степени изученности в их пределах существует существенный потенциал выявления новых объектов, что подтверждается открытием в последние годы крупного месторождения Купол и переоценкой ранее известного месторождения Двойной в сторону существенного увеличения его запасов.

Работы последних лет показали, что даже на открытых территориях с относительно хорошо расчлененным рельефом выявление перспективных золото-серебряных объектов и их первичная оценка связаны с определенными трудностями. Эти трудности заключаются в том, что достаточно часто ведущие промышленные типы золото-серебряной формации проявляются в гипергенном поле рассеяния в виде слабоконтрастных аномалий золота и его элементов-спутников.

Это определяет необходимость дальнейшего изучения параметров вторичных ореолов и потоков рассеяния основных промышленных типов золото-серебряных месторождений в вулканогенных поясах и совершенствования методов их распознавания и количественной оценки на ранних стадиях поисковых работ.

Исследование геохимической зональности руд и первичных ореолов проводится с целью прогнозирования оруденения на флангах и глубоких горизонтах разведываемых объектов, а также для оценки уровня эрозионного среза однотипных проявлений на ранних стадиях геологоразведочных работ.

В изучение геохимической зональности рудных месторождений значительный вклад своими работами внесли С.В.Григорян, Л.Н.Овчинников, Э.Н.Баранов и др. В 1990-е годы работы в этой области существенно сократились.

Некоторая активизация прогнозно-поисковых работ в начале XXI века, открытие новых перспективных проявлений и необходимость их быстрой оценки выдвигает исследование зональности новых типов месторождений в число приоритетных задач.

Основной целью выполненной работы являлась разработка критериев прогнозно-геохимической оценки золотого оруденения в вулканогенных областях на примере северной части Верхне-Яблонской металлогенической зоны Чукотского сегмента Охотско–Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП).

В процессе выполнения работы решались следующие задачи:

- получение фоновых параметров распределения рудных элементов;
- построение моноэлементных геохимических карт;
- изучение структуры аномальных геохимических полей;
- определение параметров АГХП и входящих в их состав зон;
- исследование геохимической зональности руд и околорудных метасоматитов;
- типизация АГХП и геохимическое районирование территории;
- определение перспективности АГХП.

В основу диссертационной работы положены результаты геохимических съемок по вторичным ореолам, выполненных Анюйским Государственным горно-геологическим предприятием (АГГГП, г. Билибино) и сотрудниками кафедры геохимии геологического факультета МГУ на 21 участке в северной части Верхне-Яблонской металлогенической зоны в период с 1995 по 2007 гг. (с 2002 по 2007 гг. - с участием автора).

В качестве объекта для исследования зональности и разработки геохимических критериев по оценке уровня эрозионного среза золото-серебряного оруденения было

выбрано крупное месторождение Купол, открытое в середине 1990-х гг. геологами Анюйского Государственного горно-геологического предприятия и разведанное Чукотской горно-геологической компанией.

Автору были предоставлены результаты спектрального (около 6 тыс. проб), пробирного (около 14 тысяч проб) и ICP (1600 проб) анализов по серии скважин, пробуренных за годы работы на этом объекте Анюйским ГГГП и Чукотской горнорудной компанией.

Работа выполнена на кафедре геохимии под руководством доцента Ю.Н.Николаева.

Полевые работы автор проводил под руководством своего научного руководителя и начальника геохимической партии АГГГП В.В. Загоскина. В освоении методики обработки и картографирования геохимических данных постоянную помощь автору оказывали сотрудники кафедры геохимии А.В. Аплеталин и Е.Ю. Охапкина.

Результаты исследований докладывались на VII и VIII Международных конференциях «Новые идеи в науках о Земле» (2005, 2007), XIV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» (2007), Ломоносовских чтения (2007), I Всероссийской конференции научно-практической конференции «Поисковая геохимия: теория и практика интерпретации аномальных геохимических узлов и полей» (2008).

По теме диссертации опубликовано 11 научных работ (в том числе 3 статьи, 1 из которых – в журнале из списка, рекомендованного ВАК).

Автор выражает благодарность научному руководителю доценту Ю.Н. Николаеву за внимание, ценные советы и помощь при выполнении работы, д.г.-м.н. А.А. Матвееву - за внутрикафедральное рецензирование работы и ценные советы, доценту И.А. Бакшееву - за консультации, ассистенту А.В.Аплеталину и Е.Ю. Охапкиной за помощь в обработке результатов, сотрудникам кафедры геохимии - за ценные замечания, высказанные при обсуждении работы.

Автор особо благодарит сотрудников Анюйского Государственного горно-геологического предприятия (г. Билибино): В.Т. Бурченкова, П.Н. Безизвестных, О.Н.Вербовского, В.В. Мартенса, В.В. Загоскина, В.В. Загоскина-мл., А.В. Загоскина, а также сотрудников ФГУП «ЦНИГРИ»: Д.А. Лоренца и А.П. Сергиевского, с которыми он в течение ряда лет проводил совместные полевые работы.

1. Геолого-геохимические характеристики золотого оруденения вулкано-плутонических поясов

1.1. Геологические предпосылки развития золотого оруденения в вулкано-плутонических поясах

О приуроченности золото-серебряных месторождений к вулканическим образованиям было известно первым исследователям Северной Америки и Трансильвании. В середине прошлого века для отдельных формационных классификаций было характерно использование этой принадлежности в качестве одного из признаков.

Месторождения золота в вулканогенных поясах локализуются как в вулканогенных толщах, так и вблизи плутоногенных образований. Промышленное значение имеют как собственно золотые (золото-серебряные) месторождения, так и объекты с сопутствующим золотым оруденением. Среди последних особое место принадлежит медно-(молибден)-порфировым месторождениям. Золото является сквозным минералом в гидротермальных системах и отлагается в широком интервале температур. Это объясняет разнообразие его минеральных парагенезисов и, как следствие, большое количество формационных типов золотого оруденения, приуроченных к различным геологическим образованиям (Найбородин, Сидоров, 1973; Шер, 1974; Сидоров, 1987; Некрасов, 1988; Константинов и др., 1989, 2002; Шило и др., 1992; Сидоров, Волков, 2004; Сидоров, 2007).

Наиболее обширные структуры этого типа известны на Тихоокеанском континентальном обрамлении: в Азиатской части выделяется Катазиатский планетарный пояс протяженностью более 10 000 км. В северной части выделяется Охотско-Чукотская система субмеридиональных тектоно-магматических структур. В восточной части Тихоокеанского кольца выделяются вулкано-плутонические пояса Анд и Кордильер.

При формировании поясов наиболее широко проявлен андезито-дацитовый вулканизм, на завершающих стадиях – щелочной гранитоидный магматизм. Оруденение приурочено в основном к палеовулканам, их жерловым и периферическим частям, где локализуется в конических, кольцевых, радиальных и трубчатых разрывных структурах.

Главное рудоконтролирующее значение имеют либо непосредственно вулкано-тектонические структуры вулканических построек, либо тектонические структуры фундамента, часто омоложенные при формировании вулканических построек.

Рудоконтролирующими структурами чаще всего являются сингенетичные вулканизму радиально-дуговые системы разрывов, обычно залеченные рудными телами, а так же кальдеры и вулкано-тектонические депрессии, вулкано-купольные или интрузивно-

купольные поднятия в глубоко эродированных поясах. Часто в вулканических толщах проявляются региональные разломы фундамента в виде поясов даек, субвулканических тел и зон интенсивной трещиноватости. Наряду с ними локализующее значение имеют пересечения региональных разломов (скрытых, сквозных), блоковые поднятия, грабены.

Горные породы, вмещающие золоторудные месторождения вулкано-плутонических поясов, разнообразны и подвержены метасоматическим изменениям, обнаруживающим зависимость от глубины эрозионного среза вулканоструктур. В работе Ю.М. Щепотьева с соавторами (1989) подробно описаны геологические условия локализации и типичные признаки месторождений вулкано-плутонических поясов в зависимости от глубины эрозионного среза вмещающих золотое оруденение вулканоструктур.

В слабо эродированных структурах сохраняется вулканическая постройка, интрузивные составляющие представлены эруптивными брекчиями и субвулканическими образованиями. На наиболее тектонически проработанных участках наблюдаются интенсивные метасоматические преобразования, прежде всего пропилитизация. Пропилиты представлены в основном приповерхностными фациями: хлорит-карбонатной и цеолитовой. Только на более эродированных участках встречаются эпидот-хлоритовые и пренитовые фации пропилитов. Широко развиты кварц-адуляровые и кварц-серицит-гидрослюдистые метасоматиты, среди которых встречаются вторичные кварциты (монокварциты) и аргиллизиты (алунитовые, нонтронитовые и др.). Вместе с тем отдельные рудные тела располагаются в неизмененных вулканитах.

В слабо эродированных структурах хорошо проявлена вертикальная зональность околорудных метасоматитов. На верхних уровнях метасоматической колонки развиты вторичные кварциты и пирит-алунит-каолинит-кварцевые фации, иногда вмещающие прожилково-вкрапленную золото-серебряную минерализацию (месторождения Касуга, Ивато, Озерновское). Ниже они сменяются кварц-каолиновыми, кварц-монтмориллонит-гидрослюдистыми и кварц-адуляр-гидрослюдистыми фациями. Наиболее значительная адуляризация приурочена к подрудной части ореола измененных пород и совпадает с увеличением мощности зоны метасоматитов. Надрудный интервал представлен зонами гидротермальных глин и маломощных безрудных кварцевых и кварц-карбонатных прожилков. Основные вторичные минералы: карбонат, слоистые силикаты, пирит.

Для руд месторождений этой группы характерен убогосульфидный состав (до 1% сульфидов). В продуктивных комплексах преобладают самородное золото, сложные сульфосоли серебра, теллуриды. Из жильных минералов обычны кварц и адуляр, а также пластинчатый кальцит, гидрослюда и разнообразные цеолиты. Самородное золото очень мелкое, преобладает фракция 0,01-0,1 мм. Широко распространен электрум, имеющий

зональное строение. Теллуриды образуют тонкозернистую вкрапленность с самородным золотом в почковидных выделениях халцедоновидного кварца, или обогащают отдельные колломорфные полоски кварц-адуляр-гидрослюдистого агрегата. Глубина формирования рудных тел составляет 50 - 500 м. Вертикальный размах оруденения достигает 400-550 м.

Вертикальная зональность оруденения в слабо эродированных вулканоструктурах проявлена в росте сульфидности и уменьшении количества сульфосолей и теллуридов на нижних уровнях. На верхних горизонтах увеличивается доля непродуктивного низкотемпературного кварц-кальцитового минерального комплекса. Кроме него в составе руд присутствуют цеолиты и халцедон. В средней и нижней частях месторождений увеличивается роль адуляра в продуктивных минеральных комплексах. Сменяется с глубиной и текстурно-структурный рисунок руд.

На месторождениях этого типа развиты колломорфно-полосчатые, брекчиевые, метаколлоидные, каркасно-пластинчатые и другие текстуры руд. Для колломорфно-полосчатых руд с глубиной наблюдается смена слабоконтрастных мелко чередующихся полосок на контрастные равномерно чередующиеся. На средних горизонтах наблюдается резкое расширение ветвящихся вверх пучков жильных систем, широко распространены гидротермальные брекчии, в которых и обломки и цемент представлены жильным материалом. Брекчии слагают широкие линзы (до 2-10 метров) или извилистые полосы в рудном теле. На верхних горизонтах брекчии имеют другой облик: обломки обычно представлены вмещающими породами, а цементирующая масса – кварц-кальцитовым агрегатом. В составе руд отмечается вертикальная зональность: с увеличением глубины меняется золото-серебряное отношение от 88:1-12:1 на верхних горизонтах до 2:1-1:1 на нижних; возрастают содержания меди, теллура, свинца и других рудных элементов.

В мезозойских и кайнозойских вулканических поясах проявлениям золото-серебряной формации в слабоэродированных структурах сопутствует ртутное оруденение. Для большинства золото-серебряных месторождений взаимоотношения с ртутным оруденением не определены, поскольку часто эти два типа руд разобщены в пространстве.

В Центрально-Камчатском вулканическом поясе ртутные и золоторудные поля приурочены к долгоживущим вулканоструктурам центрального типа. Для золоторудных месторождений характерно заражение ртутью минералов золоторудных ассоциаций, а золотом и серебром – минералов ртути. Ртутные минералы слагают поздние минеральные ассоциации. На золоторудных полях с оруденением теллуридного типа ртутные минералы (киноварь, колорадоит) встречаются в продуктивных золото-калаверитовой и золото-гессит-аргентитовой ассоциациях. В большинстве случаев выявлено, что ртутное оруденение наложено на золото-серебряное.

Ассоциация золота с мышьяком и сурьмой на месторождениях этой группы проявлена слабо. Минералы сурьмы и мышьяка распространены в продуктивных минеральных ассоциациях в виде редкой вкрапленности сульфосолей (пираргирит, пирсеит, полибазит и др.). На отдельных месторождениях встречаются самостоятельные (незолотоносные) аурипигмент-реальгаровые ассоциации (Озерновское).

На месторождениях в слабо эродированных вулканоструктурах нередко встречаются «слепые» не выходящие на поверхность рудные тела. Распределение золота в рудных телах крайне неравномерное в виде рудных столбов и бонанц. Типичны полого залегающие ленты богатых руд с очень богатыми крутыми и вертикальными струями, или многочисленные гнезда богатых руд, составляющие пологую ленту.

В умеренно эродированных вулканоструктурах первичная морфология вулканической постройки не сохраняется, и ее элементы реконструируются с определенными трудностями. Глубина эрозии составляет 500-1000 м до кровли гипабиссальной интрузии. Рудные тела локализуются как непосредственно в интрузии (Чикоток, Мутновское, Прасоловское и др.), так и на склонах вулканоструктур в ассоциации с субвулканическими штоками и дайками (Уайхи, Асачинское, Банное и др.).

Рудные поля, как правило, имеют радиально-концентрическую структуру. Иногда вдоль мощных разломов складчатого основания обнажаются свиты даек, не укладывающиеся в общую синвулканическую структуру (Мутновское). Рудные тела, в основном, представлены кварцевыми жилами, их мощность часто превышает 10 м (Уайхи - 25 м, Кусикино - 20 м, Мутновское - 15 м). Не редко наблюдается общая тенденция схождения жил книзу и веерообразное раскрытие их вверх (Прасоловское, Уайхи и др.). На некоторых месторождениях рудные тела образуют протяженные жильные свиты длиной 2 км и более. В таких случаях расположение жил подчинено системе разрывов, контролируемых ориентировкой структур складчатого фундамента, на котором залегают рудовмещающие вулканиты (Родниковое, Кусикино и др.). Рудные столбы имеют удлиненную и изометричную форму, подчиненную линиям сопряжения или зонам изгибов разрывных нарушений. Скопления богатых руд иногда приурочены к трубкам взрыва. Нижняя граница распространения рудных столбов часто имеет пологое склонение, субпараллельное палеоповерхности (Прасоловское, Темс).

Вмещающие породы интенсивно изменены. Среди измененных пород выделяются пропилиты эпидот-хлоритовой и хлорит-карбонатной фаций, кварц-серицит-гидрослюдистые и кварц-адуляр-гидрослюдистые метасоматиты. Последние образуют широкие зоны вдоль рудовмещающих разрывов.

В составе руд главными жильными минералами являются кварц и адуляр, нередко встречаются родонит, родохрозит, кальцит и барит. Самородное золото мелкое, преобладает фракция 0,01-0,3 мм. Наряду с высокопробным золотом развиты электрум и самородное золото средней пробы (700-800). Характерна тонкая вкрапленность самородного золота в блеклой руде и сульфидах цветных металлов (Мутновское, Уайхи). На ряде месторождений наблюдается повышенное содержание рудных минералов до 1-5% и более (Чикоток, Уайхи, Мутновское и др.). Преобладают сульфиды цветных металлов и разнообразные блеклые руды (с ними бывают ассоциированы теллуриды серебра и цветных металлов). Руды теллуридного минерального типа, локализованные в умеренно эродированных вулканоструктурах, отличаются от руд в слабо эродированных вулканоструктурах составом теллуридов, более высоким содержанием серебра и более низким золото-серебряным отношением от 1:2 до 1:10. В составе месторождений в умеренно эродированных вулканоструктурах наиболее часто встречаются руды селенидного минерального типа (Кусикино, Лебонг Донок, Асачинское и др.), не характерные для мало и глубоко эродированных вулканоструктур.

Широко распространены полисульфидные минеральные ассоциации, вплоть до образования полиметаллически-золото-серебряного типа месторождений. Глубина формирования руд составляет 500-1000 м. Вертикальный размах оруденения на месторождениях этой группы часто достигает 400-700 м.

На рудных полях в умеренно эродированных вулканоструктурах наблюдается вертикальная зональность в составе гидротермально измененных пород и руд. Вертикальная минералогическая зональность проявлена в уменьшении с глубиной количества теллуридов и возрастании сульфидов цветных металлов (Карымшинское, Прасоловское, Салида, Кавадзу). Сходная зональность отмечается и для руд полисульфидного минерального типа, где верхние горизонты рудных тел обычно содержат малосульфидные руды (до 1-5%), а с глубиной количество сульфидов возрастает до 20-30%. Кроме того, с глубиной возрастает количество касситерита, шеелита, станнина, молибденита и др. (Мутновское, Теине, Чикоток, Уайхи).

Месторождения рассматриваемой группы наиболее распространены в островных дугах Тихого океана, особенно в Восточно-Камчатско-Курильском, Северо-Восточном Японском и Яванском вулканических поясах. Среди них наибольшим представительством пользуются месторождения полиметаллически-золото-серебряного (Тоеха, Мутновское, Чикоток и др.) и серебряно-золотого (Родниковое, Прасоловское, Титосе, Уайхи и др.) промышленных типов.

В ***глубоко эродированных вулканоструктурах*** вскрывается складчатый фундамент вулкано-плутонических поясов, а также большое количество гипабиссальных интрузий, корневых частей субвулканов. На рудных полях, наряду с синвулканическими структурами, широко развиты разрывы, наследующие план деформаций складчатого фундамента. Они выполняются свитами даек (Кирганикское), а иногда и вмещают рудные тела (Лазурное, Акупан, Оганчинское). Интрузивно-купольные структуры сопровождаются хорошо проявленной радиальной системой рудовмещающих разрывов (Антамок). При размещении месторождений в прикальдерной части вулканических построек на позицию рудных тел важное влияние оказывают дуговые разломы, субпараллельные ограничениям кальдеры (Оганчинское).

Месторождения рассматриваемой группы известны в Минахасском, Северо-Западном Японском, Восточно-Филиппинском и других вулкано-плутонических поясах. Во многих сегментах этих поясов покровы вулканитов почти нацело эродированы и преобладают выходы плутонических фаций. В них широко проявлена ассоциация золото-серебряного оруденения с золотосодержащими медно-порфировыми месторождениями. Она отмечается не только в пределах сегментов вулкано-плутонических поясов (рудных районах), но и в рудных узлах и даже рудных полях (Оганчинское, Кирганикское и др.), где медно-порфировое оруденение приурочено к наиболее эродированным участкам.

Рудные тела золоторудных месторождений в пределах глубоко эродированных вулканоструктур располагаются как в вулканитах, так и в породах складчатого основания или в гипабиссальных массивах гранитоидов и корневых частях субвулканов. Наряду с жилами и свитами жил, рудные тела представлены штокверками и зонами прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации, которые располагаются в интрузиях, трубках эксплозивных брекчий или в породах складчатого основания. Рудные столбы часто имеют струйчатую форму с крутым склонением. При наличии структурных или литологических экранов они имеют наклонное или субгоризонтальное залегание.

На золоторудных полях, наряду с пропилитами и кварцево-слюдистыми метасоматитами в качестве специфических образований отмечаются ортоклазиты, эпидот-амфиболовые и биотитсодержащие метасоматиты, не играющие определяющей роли в локализации золото-серебряного оруденения.

В составе руд часто встречаются железистые и магнезиальные карбонаты. Среди специфических рудных минералов данного типа можно отметить вольфрамит, касситерит, станнин, висмутин и др. Самородное золото встречается в виде мелких зерен размером 0,2-0,5 мм в кварц-адуляр-гидрослюдистом агрегате и перекристаллизованном кварце.

Наряду с собственными выделениями золота ему присуща тонкая вкрапленность (микронных размеров) в пирите и арсенопирите.

Широко проявлена мышьяковистая и сурьмяная минерализация. В отличие от месторождений, расположенных в слабо эродированных вулканоструктурах, здесь среди минералов мышьяка преобладают арсенопирит и теннантит (Поргера, Икуно, Акенобе, Осио и др.). Сурьмяная (антимонитовая) минерализация иногда достигает промышленных концентраций. Так, золото-серебряное месторождение Накасе является, вместе с тем, и крупнейшим в Японии месторождением сурьмы.

На месторождениях этой группы наблюдается ассоциация золота с минералами висмута, иногда достигающего промышленных концентраций. На рудных полях с нацело эродированными вулканическими покровами в составе продуктивных минеральных ассоциаций подчас основными рудными минералом являются висмутин (Окути и Накасе в Японии) или парагенезис висмутина, тетрадимита и теллуровисмутита (Гранитный и Восточный на Камчатке).

Текстурно-структурные особенности таких руд, благодаря хорошей раскристаллизации минеральных агрегатов, больше напоминают руды не золото-серебряной формации вулканических поясов, а золото-кварцевой формации складчатого фундамента. На ряде золото-серебряных месторождений наблюдается вертикальная зональность, выраженная в уменьшении с глубиной содержаний золота и свинца и возрастании меди (Асио, Осаридзава, Лепанто и др.). На некоторых месторождениях с глубиной возрастает количество касситерита, гюбнерита и шеелита, вплоть до образований промышленных концентраций олова и вольфрама (Икуно, Акенобе, Асио).

Наряду с существенно кварцевыми и кварц-адуляр-карбонатными известны вкрапленные сульфидные руды, в том числе с тонкодисперсным золотом в сульфидах. Такие руды обнаружены в сланцах складчатого фундамента Папуасского вулканического пояса (Поргера), что сближает подобные месторождения с золото-сульфидными месторождениями «перивулканической» зоны Охотско-Чукотского пояса. Глубины формирования рассматриваемой группы месторождений достигали 1000 и более (до 1500) метров. Вертикальный размах оруденения на месторождениях составляет 700-1100 м.

В целом, при сопоставлении месторождений трех групп наблюдается тенденция увеличения вертикального размаха оруденения с возрастанием глубины их формирования. Наименьший вертикальный размах оруденения в мало эродированных вулканоструктурах согласуется с максимальной изменчивостью термодинамических параметров рудоотложения в приповерхностных условиях и, наоборот, наибольший его размах наблюдается на более глубоко формировавшихся месторождениях.

Месторождения I группы формируются в палеовулканах с широко проявленными сквозными разрывами, пронизывающими вулканическую постройку до поверхности. Рудоносные растворы транспортируются сквозь всю толщу вулканитов до ее приповерхностных частей, и процесс рудоотложения определяется термодинамическими условиями зоны смешения гидротермальных растворов с вадозовыми водами.

Месторождения II группы, часто обнаруживающие связь с гипабиссальными интрузиями, локализуются в тесной зависимости от термодинамических условий, создающихся вокруг интрузий при наличии слабо проницаемой экранирующей верхней части вулканической постройки.

Месторождения III группы распространены в фундаменте вулканоструктур, и их локализация обусловлена структурными экранами в виде вулканической постройки, слабо проработанной активизированными разломами фундамента. Этим объясняются более высокие давления в флюидных системах по сравнению с аналогичными системами месторождений I и II групп, а также более стабильные условия минералообразования, определяющие значительный вертикальный размах оруденения и слабо проявленную вертикальную структурную и минералого-геохимическую зональность.

С точки зрения общих генетических представлений, рассматриваемые группы месторождений в разной степени эродированных вулканоструктурах соответствуют трем уровням их образования. В слабо эродированных палеовулканах сохраняется от эрозии самое приповерхностное оруденение, в наиболее глубоко эродированных наблюдаются признаки развития высокотемпературных парагенезисов, характерных для значительных глубин формирования руд, в умеренно эродированных постройках можно наблюдать оруденение смешанного типа как с близповерхностными структурами и текстурами руд, так и с минеральными парагенезисами, характерными для более глубинных месторождений. В том случае, если оруденение значительно оторвано по времени от формирования вулканической постройки, возможно нахождение близповерхностного оруденения в глубоко эродированных палеовулканах.

Среди ***золотосодержащих месторождений*** выделяются две формационные группы, наиболее богатые золотом: медно-(молибден)-порфировая и колчеданно-полиметаллическая (полиметаллическая). Эти формации сопряжены с проявлениями и месторождениями золото-серебряной формации вулкано-плутонических поясов.

Классические провинции ***медно-порфировых месторождений*** сформировались в двух геодинамических обстановках: континентальных вулканогенных поясов и вулканических островных дуг.

Наиболее важные характеристики порфировых систем следующие (Cooke et al., 2005; Kerrich et al., 2000; Кривцов, 2001):

1. Присутствие рудовмещающих порфировых интрузивов от среднего до фельзитового известково-щелочного и калиево-щелочного состава небольшого диаметра (<2 км). Кроме того, рудовмещающими могут быть около интрузивные вулканические, осадочные и другие типы пород; одновозрастные андезитовые до дацитовых вулканические породы обычны для обстановки островной вулканической дуги; К-щелочные породы более типичны для континентальной обстановки.

2. Небольшая глубина образования, обычно 1-4 км.

3. Порфировая текстура рудовмещающих интрузивов, где полевой шпат, кварц и основные фенокристаллы находятся в тонкозернистой основной массе.

4. Многочисленные интрузивные фазы могут быть до-, син- и пострудными; на позднем этапе для Западно-Тихоокеанских островных дуг типичны диатремы.

5. Прогрессивное развитие крутопадающего рудоносного штокверка от ранних непротяженных, беспорядочно расположенных жил и прожилков, связанных с формированием интрузивов через переходные, лежащие в одной плоскости жилы, к поздним сквозным жилам и телам брекчий, связанным с региональными и локальными полями напряжений.

6. Экстенсивное развитие метасоматических изменений и минерализации, контролируемых трещиноватостью в порфиритовых интрузиях и окружающих их породах.

7. Несколько стадий гидротермальных изменений интрузивов, развивающихся последовательно от ранних калиево-силикатных и пропилитовых к поздним серицитовому, промежуточному и интенсивному аргиллитовым типам.

Строение и состав медно-порфировых месторождений довольно хорошо изучено (Попов, 1977; Кривцов и др., 1986). Рудные тела медно-порфировых месторождений располагаются в апикальной части рудоносных штоков в общем конформно их ограничениям. В основном они размещаются в ближайшем экзоконтакте (300-500 м), в меньшей степени – в далеком экзоконтакте (500-1500 м). Глубина распространения оруденения в материнских плутонах достигает 800 - 1000 м от их кровли.

Рудные тела представляют собой систему пересекающихся прожилков и рассеянной рудной вкрапленности среди гидротермально измененных пород рудоносного штока и вмещающих образований. Форма штокверков в плане различна, чаще всего это изометричные тела, овальные, кольцевые, иногда линейно-вытянутые. В разрезе штокверки имеют столбообразную, конусообразную, иногда трубообразную форму, реже

встречаются штокверки пластообразной формы. Рудные тела зон вторичного сульфидного обогащения обычно имеют форму уплощенной залежи.

Генезис трещиноватости штокверков трактуется по-разному. Одни исследователи считают трещины контракционными, возникающими в процессе остывания магмы, другие связывают их образование с оседанием кровли интрузива, третьи основную роль отводят тектоническим деформациям. Наконец, ряд исследователей приходит к выводу, что на изучаемых ими объектах присутствуют все три генетических типа трещин.

В штокверках преобладают прожилки мощностью 0,1 - 1 см. Наряду с ними встречаются более тонкие волосовидные прожилки и минерализованные трещины, не превышающие долей миллиметра и обычно выполненные одними сульфидами, а также редкие мощные (2-30 см) прожилки и единичные жилы, сложенные кварцем, карбонатом, ангидритом и сульфидами. Отдельные прожилки прослеживаются на десятки метров. Расстояние между прожилками варьирует от 2 - 3 мм или сантиметров в наиболее обогащенных зонах, до десятков сантиметров - первых метров на флангах.

Внутри штокверков оруденение распределено неравномерно. На фоне относительно невысоких содержаний обычно выделяются более богатые зоны и линзы, расположение которых контролируется тектоническими нарушениями, контактами даек и другими структурными факторами.

Характерным элементом структуры месторождений часто служат тела эксплозивных брекчий, проникающие из кровли интрузива во вмещающие породы. Эти брекчии скорее всего имеют связь с постмагматической гидротермальной деятельностью, с движением флюидной фазы, отделявшейся от магматических тел. В составе обломков встречаются порфировые породы того же состава и структуры, что и в интрузиях гранитоидов.

Для первичных руд характерными минералами являются пирит, халькопирит, молибденит, в небольших количествах присутствуют второстепенные галенит, сфалерит, часто магнетит. Гораздо реже встречаются борнит (Ахо, Кызылту), энаргит (Бьютт, Чукикамата), блеклые руды (Коунрад). Основным промышленным минералом зон вторичного сульфидного обогащения является халькозин. Особенностью первичных руд является мелкая рассеянная вкрапленность; по некоторым данным, до 40% зерен сульфидов имеют размер менее 0,1 мм. Из нерудных наиболее широко распространены кварц, серицит, ортоклаз, биотит, минералы группы каолина; в заключительной стадии рудного процесса широко развиты цеолиты, карбонаты, сульфаты.

Промышленные медно-порфировые объекты можно разделить на три группы по типу промышленного оруденения (Попов, 1977):

1) оруденение представлено только первичными гипогенными существенно халькопиритовыми и (или) борнит-халькопиритовыми рудами;

2) оруденение представлено только халькозиновыми рудами зоны вторичного сульфидного обогащения и гипергенными рудами зоны окисления;

3) в оруденении сочетаются первичные, смешанные и вторичные руды.

Гидротермально-метасоматические изменения на медно-молибден-порфировых месторождениях вызваны флюидами как магматического происхождения, так метеорными водами. Для порфировых систем характерно концентрически-зональное строение ореолов. В их центральной части располагается безрудное кварцевое ядро с калишпатом и биотитом, далее следует зона филлитизации с серицитом, кварцем и пиритом. Ее сменяет зона аргиллизации с алунитом, каолином и пиритом. Внешняя зона представлена пропилитизированными породами (хлорит, эпидот, кальцит и пирит). Рассекая эти зоны, в метасоматическом ореоле развиваются разнообразные системы кварцевых жил. Оруденение приурочено к границе кварцевых тел с филлизитовой зоной.

По запасам Си, Мо, Аи, Ag порфировые месторождения относятся к классу крупных и сверхкрупных, обычно от 100 до 1000 млн. т руды и более с низкими и средними содержаниями: 0.3-1.5% Си, 0.001-0.05% Мо и 0.03-1.0 г/т Аи и 1.0-6.0 г/т Ag (табл. 1).

Таблица 1

Примеры золотосодержащих Cu-порфировых месторождений Тихоокеанского рудного пояса (по А.В. Волкову и др.,2006 с использованием данных D.R. Cooke et al.,2005)

Месторождения	Местонахождение, страна	Запасы руды, млн. т	Запасы Au, т	Среднее содержание	
				Au, г/т	Cu, %
Грасберг	Папуа Новая	2480	2604	1.05	1.13
Бингем	США	3228	1603	0.5	0.88
Лепанто-Фар	Филиппины	685	973	1.42	0.8
Серро Касале	Чили	1285	900	0.7	0.35
Пангуна	Папуа Новая	1415	799	0.57	0.46
Бату Худжи	Индонезия	1644	572	0.35	0.53
Минас Конга	Перу	641	566	0.79	0.30
Ок Теди	Папуа Новая	700	446	0.64	0.64
Эль Тенетье	Чили	11845	437	0.035	0.63
Эскондида	»	2262	430	0.19	1.15
Баджо де	Аргентина	551	369	0.67	0.52
Фреда Ривер	Папуа Новая	1103	354	0.32	0.61
Пебле Копер	Аляска	1000	340	0.34	0.30
Тампакан	Филиппины	1400	336	0.24	0.55
Атлас	»	1380	331	0.24	0.50
Чукикамата	Чили	12066	301	0.04	0.55
Сипилей	Филиппины	884	301	0.34	0.50

Порфировые месторождения - главный мировой источник Си и Мо; кроме того, из них добываются попутно Au и Ag, ЭПГ и Re. Они сопровождаются многочисленными полиметаллическими, золото-серебряными, сурьмяно-ртутными месторождениями и россыпями.

Золото-серебросодержащие полиметаллические месторождения широко распространены в вулканогенных поясах. Учитывая ценность полезных компонентов, эти месторождения выделяют в полиметаллически-золото-серебряный минеральный тип, характеризующийся соотношением золота к серебру 1:20 – 1:40 (Щепотьев, 1989). Цветные металлы на ряде месторождений Японии (Асио, Ятани, Тои и др.), Камчатки (Мутновское, Кумроч и др.) и Индонезии (Чикоток, Булангси, Гунунг и др.) в сумме достигают 3-10% и по удельной ценности составляют от 10 до 50% от общей стоимости руды.

Полиметаллические месторождения (жильные и типа «куроко») широко распространены в островодужных системах. По вещественному составу они мало отличаются от месторождений с полиметаллически-золото-серебряными рудами. Последние рассматриваются как промежуточное звено непрерывного ряда объектов с переменным соотношением цветных и благородных металлов в зрелых островных дугах.

В целом типичными особенностями вулканогенных полиметаллических месторождений следует считать (Старостин, Игнатов, 2004):

- рудные районы и узлы связаны с базальтоидной или андезитовой формациями ранней стадии развития рифтов, то есть являются производными либо базальтовой океанической магмы, либо андезитовой островодужной активных окраин континентов;

- в пределах рифтовых трогов оруденение контролируется риолитовыми куполами;

- плито- и штокообразные рудные тела расположены многоярусно в разрезах месторождений, типичны верхние ровные и нижние сложные границы тел, включающие штокверковые метасоматические залежи и жилы;

- связь рудных тел с разными фациями вулканитов: жерловыми (некками) субвулканическими интрузиями, покровами и дайками;

- мелкозернистые, колломорфные, массивные, слоистые и седименто-обломочные структуры и текстуры руд;

- многоярусные изменения вмещающих пород: хлоритизация, серитизация, окварцевание (продукты кислого растворения), распространенные под кровлей рудных тел, и средне- и низкотемпературные околорудные метасоматиты (березиты, гидрослюдизиты, аргиллизиты), занимающие верхние горизонты.

Руды месторождений содержат благородные металлы: 0,1-3 г/т золота и 3-300 г/т серебра при содержаниях цветных металлов от 5-10 до 20-30%.

1.2. Важнейшие минерально-промышленные типы золотого оруденения вулкано-плутонических поясов

В общемировом сырьевом балансе золота месторождения вулкано-плутонических поясов имеют второстепенное значение, однако среди них встречаются крупные и уникальные объекты, существенно повышающие промышленное значение отдельных регионов. Кроме этого золото добывается как сопутствующий компонент из золотосодержащих промышленных объектов: полиметаллических и медно-порфировых.

Большая часть месторождений золота в вулканогенных поясах принадлежит к золото-серебряной формации. Месторождения золота, приуроченные к плутоногенным образованиям вулканогенных поясов относят как к золото-серебряной формации, так и выделяют в самостоятельные формационные типы: золото-кварцевый, золото-сульфидно-кварцевый. К плутоническим фациям вулканогенных поясов тяготеют золотосодержащие медно-молибден-порфировая и полиметаллическая формации.

Границы золото-серебряной формации в классификациях существенно отличаются. В настоящее время насчитывается более полутора десятков различных классификаций золото-серебряных месторождений вулканических поясов и зон активизации (Шер, 1974; Петровская и др., 1976; Хомич, 1983; Некрасова и др., 1997). В зависимости от назначения классификаций их авторами использовались различные минералого-геохимические и геологические признаки, в результате чего до настоящего времени нет однозначного понимания границ золото-серебряной минерализации и соподчиненности выделяемых в ней подразделений. В.И. Смирнов (1982) предложил в качестве критерия для типизации золоторудных объектов золото-серебряное отношение. По величине этого отношения он выделял четыре промышленных типа месторождений: золотые, золото-серебряные, серебро-золотые и серебряные.

В работе Ю.М. Щепотьева и др. (1989) предлагается учитывать наравне с минералого-геохимическими особенностями ценность главных элементов в рудах. При этом авторы предлагают по величине удельной стоимости полезных компонентов выделять пять промышленных типов золото-серебряной формации: собственно золотой (Au:Ag$\geq$ 1:2), серебряно-золотой (Au:Ag=1:2-1:20), золото-серебряный (Au:Ag=1:20-1:200), собственно серебряный (Au:Ag$\leq$ 1:200), полиметаллический золото-серебряный (Au:Ag=1:20-1:200, доля Cu, Pb, Zn в стоимости руды 10-50%).

По геохимическим и минеральным признакам авторы выделяют шесть минеральных типов золото-серебряных руд: полисульфидный (Мутновское, Лазурное, Чикоток и др.),

теллуридный (Агинское, Тавуа, Озерновоское, Карымшинское, Салида и др.), сульфосолевый (Крерукское, Родниковое, Титосе, Сейгоси и др.), аргентитовый (Омидани, Геданг Илир и др.), золотой (Апапельское, Караковское, Темс и др.) и селенидный (Асачинское, Кусикино, Лебонг Донок и др.).

Эта классификация получила дальнейшее развитие в работах А.Н. Некрасовой и др. (1997). В ней среди месторождений золото-серебряной формации выделяют однородные по геологическим и вещественным характеристикам золото-теллуровую и золото-серебряную субформации, а также группу переходного состава с широкими вариациями признаков (табл. 2).

В составе групп выделяют девять классов (минеральных типов) месторождений по основным продуктивным ассоциациям и некоторым геологическим признакам (состав рудогенерирующих геологических формаций, ассоциирующих с ними интрузивных образований, состав рудовмещающих пород).

В золото-теллуровую группу входят объекты, локализованные в породах основного и среднего состава щелочно-базальтовой, андезито-базальтовой и дацито-андезитовой формаций, в рудах которых преобладают ассоциации золота с теллуридами, концентрации теллура резко превышают концентрации селена, золото-серебряное отношение колеблется в пределах от 1-5 до 10, золото высоко пробное с однородной внутренней структурой.

К золотой группе отнесены месторождения, залегающие в породах среднего и кислого состава дацито-андезитовой формации, с которыми ассоциируют диориты и гранодиориты щелочно-гранит-сиенитовой формаций. В составе рудной минерализации объектов этой группы основную роль играют сульфиды железа и цветных металлов, образующие парагенезисы с золотом средней и низкой пробы. В качестве попутных компонентов в рудах иногда промышленную ценность представляют медь, свинец и цинк.

Золото-серебряная группа состоит из объектов, для которых вмещающими служат породы кислого состава дацит-риолит-игнимбритовой, трахириолитовой и базальт-андезит-дацит-риолитовой формаций, ассоциирующие с диоритами габбро-диорит-гранодиоритовой и гранитами гранит-гранодиоритовой формаций.

Рудная минерализация в них представлена разнообразными минералами серебра – сульфосолями, сульфидами, селенидами, серебросодержащими блеклыми рудами, самородным серебром. Золото в рудах низкой пробы, со сложным гетерогенным строением. Характерны повышенные содержания селена, который коррелирует с серебром.

Таблица 2

Минеральные типы вулканогенных золото-серебряных месторождений

(по А.Н. Некрасовой и др.,1997)

Субформация, группа	**Минеральный тип, класс**	**Золотоносные ассоциации (минералы золота, проба Au)**	**Месторождения России, *зарубежные аналоги***
Золото-теллуровая	Золото-теллуридный	Теллуридов золота, голдфильдит-теллуридная (калаверит, креннерит, самородное, >950, 850-950)	Агинское *Тавуа* *Крипл Крик*
	Золото-блекловорудно-теллуридный	Тетраэдрит-теннантит-теллуридная (самородное, 850-950, >950)	Прасоловское Озерновское *Голдфилд*
	Золото-полисульфидно-теллуридный	Галенит-сфалеритовая, теллуридов Au и Ag (самородное, 750-850)	Многовершинное Огачинское *Антамок Акупан*
Золотая группа переходного состава	Золото-полисульфидный	Галенит-сфалеритовая, теллуридов Au и Ag (самородное, 750-850)	*Силвертон Теллурид*
	Золото-полисульфидный (с акантитом)	Галенит-сфалеритовая, акантитовая (самородное, 600-750, 500-600)	Аметистовое Сергеевское Агатовское *Тайольтитта* *Вайхи*
	Золото-кварцевый	Золото-кварцевая (без сопутствующих рудных минералов) (самородное, 750-850, 600-750, 500-600)	Покровское Бараньевское Кубака *Оатман)*
Золото-серебряная	Золото-серебро-блекловорудный	Фрейбергитовая (тетраэдритовая), сульфосолей и селенидов Ag (самородное, 500-600, 600-700)	Промежуточный Балей Карамкен
	Золото-серебро-сульфидный (акантитовый)	Акантитовая, галенит-сфалеритовая (самородное, 500-600, 600-750)	Приморское Хаканджа *Пачука* *Кономаи*
	Золото-серебро-селенидный	Селенидов Ag, акантитовая (самородное, 500-600, 600-750)	Асачинское) Кусикино *Репаблик*

В каждой из групп наблюдаются значительный разброс в минеральном составе руд, выражающийся в различных количественных соотношениях типоморфных минеральных ассоциаций.

В основу деления групп на классы положены: а) типоморфные текстуры руд; б) сочетания различных геологических признаков (состав рудогенерирующих стратифицированных и интрузивных формаций, ассоциирующих с ними интрузивных образований и вмещающих оруденение пород); в) золото-серебряное (для классов золото-серебряной группы) и селен-теллуровое (для золото-теллуровой группы) отношения (Некрасова и др.,1997).

В зарубежных классификациях (Kerrich et al., 2000) золотое оруденение вулкано-плутонических поясов относят к эпитермальному, которое подразделяется на два типа: высокосульфидные (high-sulfidation) и низкосульфидные (low-sulfidation) месторождения. В основе разделения лежит геологическая позиция оруденения в пределах вулкано-плутонических систем, в основу названия положен химический состав рудообразующих флюидов: высокосульфидные месторождения формируются в результате воздействия флюидов из мантийного источника, низкосульфидные месторождения формируются в результате действия вовлеченных метеорных вод. Состав рудообразующих флюидов определяет характер метасоматических изменений на месторождениях, состав рудного вещества. Часто исследователи объединяют медно-порфировые и эпитермальные месторождения в единую гидротермальную систему.

1.3. Геохимические характеристики золоторудных полей вулкано-плутонических поясов и их использование при поисках и оценке оруденения

Геохимические характеристики золоторудных полей вулкано-плутонических поясов изучены на примере Камчатки, Северо-Востока и Дальнего Востока России и других регионов (Матвееев, Николаев, 1985; Бельчанская и др., 1990, 1992, 1996, 2004; Соколов, 1998; Николаев и др., 1998, 2002, 2005)

В результате работ по составлению прогнозно-геохимических основ М 1:1000000 на указанных территориях выявлены региональные аномальные геохимические поля золота, серебра и других элементов, соответствующие металлогеническим зонам вулкано-плутонических поясов. Линейные АГХП металлогенических зон вулканогенных поясов представлены ареалами аномалий главных рудных элементов и их спутников.

В региональных геохимических полях отчетливо выделяется золото-серебряные районы, представленные крупными аномалиями золота, занимающими большую часть их площади. Аномальные геохимические поля районов представляют собой совокупность концентрически-зональных АГХП узлов, приуроченных к вулканоструктурам

центрального типа. Зональное строение АГХП районов, проявляющееся в смене ассоциаций рудных элементов, фиксирует последовательную смену типов золото-серебряного оруденения по мере выхода на поверхность более глубинных фаций разреза вулканогенного пояса и смены вулканогенных формаций вулканогенно-плутоногенными (Николаев, 2003).

Размещение АГХП геохимических районов контролируется глубинными разломами и отражает блочное строение металлогенических зон вулканогенных поясов, наиболее крупные из них приурочены к краевым частям выступов и поднятий.

Площади АГХП районов в пределах металлогенических зон вулканогенных поясов варьируют от 4000 до 10000 км^2 и определяются размерами крупных тектонических блоков, ограниченных глубинными разломами. В составе ассоциаций АГХП золото-серебряных районов входят Ag, As, Cu, Zn, Pb, Sn, Bi, Hg, Mo.

Выделение АГХП золоторудных узлов в пределах районов рекомендуется с изоконцентраты 0,003 г/т (Николаев, Аплеталин, 1998). Средние содержания Au в АГХП узлов составляют 0,0n г/т, максимальные содержания - 0,n·г/т. Основными спутниками золота являются Ag, Pb, As, Cu, Zn, Mo. АГХП узлов имеют площадь от 200 до 800 км^2, интенсивности $\sum K_c$=10-100, характеризуются невысокими коэффициентами вариации содержаний рудных элементов (50-100%) и более низкой степенью концентрации золота (K_c=3-20) по сравнению с золоторудными узлами терригенных формаций. Площадные и удельные продуктивности золото-серебряных АГХП ($P_{Au}=n\cdot10^1$ - $n\cdot10^2$ м^2%, Δq_{Au}=0,001-0,01 т/м/км^2) существенно ниже аналогичных параметров золоторудных узлов терригенных формаций.

Параметры и характеристики АГХП Ю.Н.Николаев (2003) увязывает со степенью эродированности вулканоструктур. Критерии прогнозной оценки ресурсов золота (табл. 3) разработанные им на основе эталонных геохимических узлов Центрально-Камчатского района, отличающихся высокой степенью изученности и достоверностью запасов золота в разведанных на их площади месторождениях.

В соответствии с этими критериями, высоко перспективным золото-серебряным узлам отвечают АГХП с невысокой интенсивностью и степенью концентрации Au, приуроченные к слабо- и среднеэродированным вулканоструктурам. Продуктивность золота в таких узлах, как правило, не превышает 100 м^2%. Отличительной особенностью состава АГХП таких узлов является ведущая роль Au, As, Sb и Ag. АГХП имеют ядерные части с высокой степенью концентрации золота (K_c=20-30), занимающие не более 5-10%

от общей площади узлов, что отличает их от аномальных геохимических полей в сильно эродированных вулканоструктурах, имеющих меньшую площадь, комплексный состав, высокую интенсивность и продуктивность и крупные ядерные части.

Таблица 3

Геохимические параметры золото-серебряных узлов (по Ю.Н. Николаеву, 2003)

Критерии и параметры прогнозной оценки	АГХП в слабо эродированных вулканоструктурах	АГХП в умеренно эродированных вулканоструктурах	АГХП в глубоко эродированных вулканоструктурах
Площадь АГХП, км^2	600-800	400-600	200-400
Состав АГХП	Au, Ag, Sb, Hg. As, Cu, Zn, Mn	Au, Ag, Pb, Cu, Zn, Mo, Sn,	Au, As, Ag, Cu, Zn, Co, Mn, Bi
Основные индикаторы	Au, As, Sb, Ag	Au, Ag, Pb, Mo	Au, Ag, Mo, Zn, Cu
V, %	50-60	60-80	80-100
$\sum Kc$	10-30	20-50	20-100
Kc_{Au}	3-10	5-20	5-30
P_{Au}, м^2%	10-100	50-300	100-300
Δq, т/м/км^2	0,001-0,005	0,003-0,008	0,003-0,01
$\alpha_{РУ}$	0,3 (0,2-0,5)	0,15 (0,1-0,2)	0,08 (0,05-0,1)
Ожидаемый класс м-ний (ожидаемые запасы, т)	Средние -крупные (20-100)	Средние -крупные (20-100)	Мелкие -средние (10-30)

Рудные поля золото-серебряных месторождений уверенно выделяются по вторичным ореолам золота и серебра. Определение принадлежности АГХП к конкретным типам золото-серебряного оруденения на ранних стадиях геохимических поисков обосновано устойчивой корреляцией между составом руд, вторичных ореолов и потоков рассеяния в водотоках низких порядков, дренирующих рудные поля месторождений (Матвеев и др, 1998).

Особенностью состава вторичных ореолов золото-серебряных рудных полей является ведущая роль Au и Ag. В ассоциациях практически всех минеральных типов постоянно присутствуют As и Hg. Вследствие этого определение принадлежности АГХП к основным минеральным типам золото-серебряного оруденения производится по присутствию в них некоторых индикаторов и соотношениям между элементами.

Такими индикаторами являются: для селенидного типа - Se, для золото-галенит-сфалеритового - Pb, Zn, Cu (K_c>10). Отличительной особенностью сульфосольного типа являются высокие содержания As (K_c=100-1000) и появление во вторичных ореолах Sb. С высокой вероятностью основным индикатором теллуридного типа в ореолах рассеяния является Te. АГХП собственно золотого типа характеризуются отсутствием спутников золота и серебра. Набор однозначных элементов-индикаторов не столь широк, что определяет необходимость использования индикаторных отношений между элементами.

Для типизации золото-серебряных АГХП рекомендуют использовать следующие отношения между содержаниями элементов: Au:Ag, Ag:As, As·Sb/Pb·Zn (табл. 4).

Таблица 4

Индикаторные отношения для типизации вторичных ореолов месторождений золото-серебряной формации (по Ю.Н. Николаеву, А.В. Аплеталину, 1998)

Минеральный тип	Au:Ag	Ag:As	As·Sb/Pb·Zn
Золото-теллуридный	1:5	1:10	0,1
Собственно золотой	1:10	1:20	0,5
Золото-селенидный	1:15	1:20	0,1
Золото-сульфосольный	1:20	1:100	0,3
Золото-аргентитовый	1:30	1:50	0,05
Золото-галенит-сфалеритовый	1:70	1:30	0,02

Все индикаторные отношения имеют ясный геохимический смысл. Золото-серебряное отношение широко используется для классификации золотого оруденения. Уменьшение отношения Au:Ag в рудах от 3:1 (золото-теллуридный тип) до 1:10 и более (золото-аргентитовый, золото-галенит сфалеритовый тип) коррелирует с соотношениями этих элементов в потоках и вторичных ореолах, формирующихся за счет соответствующих типов месторождений.

Индикаторное отношение Ag:As в АГХП определяется присутствием в рудах мышьяксодержащих минералов. Максимально низкие отношения Ag:As в АГХП золото-сульфосольных месторождений при высоких содержаниях серебра в рудах определяются обилием в них форм нахождения мышьяка (сульфосоли Ag, блеклые руды, арсенопирит), принадлежащих к продуктивным и допродуктивным минеральным ассоциациям. Увеличение этого отношения в АГП золото-аргентитовых и золото-галенит-сфалеритовых месторождений связано как с возрастанием содержаний серебра, так и с уменьшением количества мышьяксодержащих минералов в рудах. Их количество еще более резко падает в золото-теллуридном, золотом и золото-селенидном типах, где, несмотря на снижение средних содержаний серебра, значения Ag:As являются минимальными.

Низкие отношения As·Sb/Pb·Zn в золото-галенит-сфалеритовом и золото-аргентитовом типе связаны с повсеместным присутствием в составе руд галенита и сфалерита, которые не играют существенной роли в остальных типах оруденения. По максимальным значениям этого показателя выделяются сульфосольный и собственно золотой минеральные типы, в составе которых минералы As и Sb играют более заметную роль по сравнению с золото-теллуридным и золото-селенидным оруденением.

Разработка критериев оценки масштабов прогнозируемого оруденения по геохимическим данным невозможна без четких представлений о количественных параметрах и характеристиках АГП эталонных объектов различных минеральных типов.

Важнейшей отличительной особенность АГП промышленных золото-серебряных месторождений, вне зависимости от их минерального типа, являются невыдающиеся геохимические параметры, прежде всего продуктивности вторичных ореолов и потоков рассеяния. В структурно-морфологическом отношении золото-серебряные месторождения Северо-Востока РФ и Камчатки делятся на две группы: первые представлены протяженными мощными жилами или узкими жильными зонами, в которых заключены основные запасы золота (Купол, Асачинское), вторые – жильными полями с сериями субпараллельных или разно ориентированных жил, в которых запасы распределены относительно равномерно (Аметистовое, Кубака, Родниковое) или сосредоточены в одной- двух жилах или пучке жил (Агинское, Карамкен). В зависимости от структурно-морфологических особенностей, АГП рудных полей золото-серебряных месторождений имеют либо отчетливо выраженную линейность, либо изометричны .

В соответствии с этим, площади аномалий в элювио-делювии и протяженности литохимических потоков рассеяния различаются существенным образом, в то время как запасы месторождений достаточно близки. Таким образом, геометрические размеры аномалий, могут служить критерием оценки АГХП, принадлежащих к одному, и не распространимы на другие структурно-морфологические типы оруденения.

Более сложным является вопрос, связанный с использованием в качестве критериев площадных продуктивностей АГХП и средних содержаний в них рудных элементов. Крупные золото-серебряные месторождения, относящиеся к различным минеральным и структурно-морфологическим типам, отличаются невысокими значениями продуктивностей золота в АГХП. Значения этого параметра для вторичных ореолов рассеяния месторождений Аметистовое и Купол по результатам съемки М 1:10000 составляют 13 и 10 $м^2$% соответственно (табл. 5).

Близкие значения (14 $м^2$%) характеризуют АГХП месторождения Кубака (Методические рекомендации, 2003). Для сравнения, продуктивность вторичных ореолов среднего по масштабам месторождения золото-кварцевой формации в сходных условиях составляет 50$м^2$% (Поисковые модели..., 1992). Причиной таких различий являются размеры самородного золота и его высвобождаемость из разных типов руд. Во вторичных ореолах месторождений с крупным самородным золотом происходит его остаточное накопление в элювио-делювии (Матвеев, Николаев, 1989). Мелкое золото, преобладающее в составе золото-серебряных руд, «запаяно» в кварце и хуже накапливается в тонкой фракции элювио-делювия.

Геохимическими критериями, отличающими перспективные АГХП от неперспективных, зачастую являются не их размеры и общие продуктивности, а

структура, состав, соотношения профилирующих металлов в АГХП, соответствующих промышленному и непромышленному оруденению. В контуре содержаний 0,1 г/т слабо перспективных АГП заключено в среднем 40 % общей продуктивности Au и Ag. Для сравнения, эти же показатели в АГП крупных месторождений (Купол, Аметистовое) достигают 70-90% для золота и более 50% для серебра.

Таблица 5

Параметры и характеристики литохимических потоков и вторичных ореолов рассеяния рудных полей крупных золото-серебряных месторождений (Николаев, Аплеталин, 2005)

Параметры и характеристики	Au	Ag	Pb	Zn	Cu	Hg	As	Sb
	Рудное поле месторождения Аметистовое							
	Потоки рассеяния							
$C_{мин. ан.}$, *г/т*	0.003	0.2	30	100	30	0.15	30	-
L, *км*	1.5	5.0	10.5	7.8	4.5	11.0	1.0	-
$C_{макс.}$, *г/т*	0.05	2	600	2000	60	5.38	60	-
P, $м^2$%	25.4	910	142000	246000	-	2250	25700	-
k′	2.0	1.0	1.5	3.7	-	1.4	2.3	-
	Вторичные ореолы рассеяния							
$C_{мин. ан}$, *г/т*	0.005	0.3	50	100	50	0.25	30	20
$S_{ан}$, $км^2$	6.7	22.2	9.6	5.4	2.2	19.1	11.8	8.2
$C_{макс.}$, *г/т*	0.3	8	600	500	100	6.4	300	100
P, $м^2$%	13	955	92000	66300	10800	1600	10800	14000
k	0.50	0.21	0.57	-	0.40	-	0.34	0.89
	Рудное поле месторождения Купол							
	Потоки рассеяния							
$C_{мин. ан.}$, *г/т*	0.005	0.2	30	100	50	-	30	-
L, *км*	3.2	1.0	-	3.0	1.0	-	1.5	-
$C_{макс.}$, *г/т*	1.0	6	30	200	60	-	200	-
P, $м^2$%	2.6	56	-	24000	3400	-	32000	-
k′	0.26	0.18	-	-	-	-	0.37	-
	Вторичные ореолы рассеяния							
$C_{мин. ан}$, *г/т*	0.005	0.3	40	120	60	0.07	30	20
$S_{ан}$, $км^2$	1.0	1.5	0.3	1.4	0.3	1.5	2.5	0.2
$C_{макс.}$, *г/т*	3.0	100	200	1000	200	2.6	10000	500
P, $м^2$%	10	308	1000	18900	1000	-	85500	1400
k	0.35	0.6	-	-	-	-	-	-

Важное значение в оценке масштабов золото-серебряных месторождений имеет определение их уровня эрозионного среза. Существует точка зрения (Петренко, 1999), что из-за относительно небольшого вертикального размаха, только при надрудно-верхнерудном срезе можно ожидать выявление крупных по запасам золото-серебряных месторождений.

Для золото-серебряных месторождений характерно зональное строение первичных ореолов. М.М. Константинов и др. (1998) относят золото-серебряные объекты к классу месторождений с градиентной контрастной зональностью. В качестве примеров месторождений с контрастной геохимической зональностью приводятся месторождения Дукат, Карамкен, Кубака. На месторождении Дукат ряд зональности представлен следующими элементами (снизу - вверх) W, Mo, Ni, Co-Mn, Zn, Pb- Cu, Sb, Ag, Au, Hg, Ba. Для оценки уровня эрозионного среза предложено отношение (Au·Ag·Sb)/(Co·Mo·W).

В статье Л.Н. Бельчанской и др. (2004) приводится ряд зональности рудных элементов на месторождении Карамкен (снизу - вверх): Sn, Zn, Pb, W, Cu, Mo, Au, Ag, As, Sb, Hg, а так же ряд зональности щелочных и радиоактивных элементов в околорудных метасоматитах (снизу вверх): Th, Na, U, K, Rb, Li. В качестве показателей зональности в метасоматических образованиях месторождения авторы рекомендуют использовать коэффициент K·Li·Rb/Na·U·Th. Общий показатель рудно-метасоматической зональности вида: (As·Sb·Hg·Au·Ag·K·Li·Rb)/(Pb·Cu·Mo·Sn·W·Na·U·Th), по мнению автора, позволяет более точно определить уровень эрозионного среза.

Исследование вертикальной геохимической зональности различных золото-серебряных месторождений показывает, что, несмотря на их принадлежность к различным минеральным типам, общие закономерности в выявленной последовательности отложения элементов имеют устойчивый характер (табл. 6).

Таблица 6

Ряды вертикальной зональности отложения рудных элементов и показатели зональности, рекомендуемые для оценки уровня среза золото-серебряных месторождений (Николаев, Аплеталин, 2005)

Минеральный тип	Ряды вертикальной зональности (снизу-вверх)	ν	Численные значения ν для верхне-, средне и нижнерудного уровней		
			$\nu_{верх}$	$\nu_{ср}$	$\nu_{ниж}$
золото-теллуридный	Cu - As - W - Bi - Pb - Mo- Sb - Ag - Au	$\frac{Ag \cdot Au}{W \cdot Bi}$	10^{1}-10^{3}	10^{-1}-10^{1}	10^{-3}-10^{-1}
золото-селенидный	Mn - Zn - W,Co - Cu - Pb - As - Mo - Ag -Au - Sb	$\frac{Ag \cdot Sb}{Cu \cdot Mn}$	10^{-2}-10^{0}	10^{-4}-10^{-2}	10^{-4}-10^{-6}
золото-сульфосольный	Cu - Zn - Pb - Mo - Sb - Mn - As - Au - Ag - Ba	$\frac{Ag \cdot Sb}{Cu \cdot Zn}$	10^{1}-10^{2}	10^{-1}-10^{1}	10^{-3}-10^{-1}
золото-аргентитовый	Cu - Zn - Sn, As - W - Mo,Pb - Mn - Au, Ag - Sb	$\frac{Au \cdot Sb}{Pb \cdot As}$	10^{-1}-10^{0}	10^{-3}-10^{-1}	10^{-5}-10^{-3}
золото-галенит-сфалеритовый	Mn - Zn -Cu - Sn - Pb - Bi - Mo - Ag - As - Au -Ba - Sb - Hg	$\frac{Ag \cdot Sb}{Cu \cdot Zn}$	10^{-2}-10^{0}	10^{-4}-10^{-2}	10^{-4}-10^{-6}
золото-полисульфидный	As - Mn - Zn - Cu - Au - Ag - Pb - Mo- Sb	$\frac{Sb \cdot Ag}{Cu \cdot As}$	10^{-2}-10^{-1}	10^{-3}-10^{-2}	10^{-4}-10^{-3}

В верхних частях золото-серебряных месторождений всех типов концентрируются Hg, Sb, Ba, Ag, As_1; в средних – Au, Pb, Mo; в нижних - Cu, Zn, Mo, W, Bi, As_2.

Общий вид геохимического показателя вертикальной зональности золото-серебряного оруденения: $\nu_{общ.}=\frac{As \cdot Sb \cdot Ba \cdot Ag}{Zn \cdot Pb \cdot Mn \cdot Cu}$. Вид и численные значения геохимических показателей, рекомендуемых для оценки уровня эрозионного среза разных типов золото-серебряных месторождений, приводится в табл. 6.

Характерной особенностью металлогении вулканогенных поясов является широкое развитие на их площади золотосодержащей медно-порфировой и ассоциированной с ней золото-сульфидно-кварцевой рудных формаций. В Охотско-Чукотском вулканогенном поясе наиболее высоким ресурсным потенциалом золота и меди, связанным с этими рудными формациями, обладает Верхне-Яблонская металлогеническая зона.

При обобщении результатов геохимических съемок М 1:200000 по листу Q-58 (Отчет…, 2007), на площади которого расположена металлогеническая зона, в региональном геохимическом поле были выделены крупные АГХП, соответствующие рангу рудных районов.

Геохимические поля районов имеют размеры от 1,5 до 8 тыс. км^2. В состав ассоциаций АГХП входят Au, Cu, Mo, Ag, As, Pb, Zn, W, Sb, Hg, Bi, Ni, Cr, Mn, Co, V. Площадная продуктивность меди в АГХП районов, оцененная по потокам рассеяния, составляет 500 - 10000 тыс. м^2%, металлогенический потенциал – от 0,5 до 11 млн. т; площадная продуктивность золота - 160 - 5500 м^2%, металлогенический потенциал – 50 - 700 т. В пределах районов выявлены крупные месторождения и проявления меди и золота.

На площади листа Q-58 своими уникальными геохимическими параметрами выделяется Баимский золото-медный район. Площадь его аномального геохимического поля составляет 8 тыс. км^2, площадная продуктивность Cu - 10 млн. м^2%, Mo - 230 тыс. м^2%, Au - 5,5 тыс. м^2%, Ag - 7,5 тыс. м^2%. Прогнозные ресурсы района оценены в 11 млн. т меди, 900 тыс.т молибдена, 700 т золота и 2,2 тыс.т серебра. На площади района разведаны крупнейшие на Северо-Востоке России медно-порфировые месторождения Песчанка и Находка и золоторудное месторождение Весеннее.

Рудные узлы, входящие в состав Баимского района, характеризуются относительно небольшими размерами (150-500 км^2), комплексным составом АГХП (Au, Bi, As, Mn, Cu, Ag, Pb, Mo, W, Sb, Zn, Ni, Li, Co, B), ведущей ролью золота в геохимических ассоциациях (K_c = 5-60) при невысоких коэффициентах концентрации меди (K_c = 2-5), молибдена (K_c =

2-9) и серебра (K_c = 2-4). Значения площадных продуктивностей меди в АГХП узлов варьируют от $n \cdot 10^5$ до $n \cdot 10^6$ м^2%, золота - от $n \cdot 10^1$ до $n \cdot 10^2$ м^2%.

В геологическом отношении рудные узлы Баимского района приурочены к локальным поднятиям, образованным выходами на поверхность интрузивных массивов габбро-сиенит-монцонитового и гранодиорит-гранитного комплексов. В пределах узлов рудные поля группируются в зоны, приуроченные к субмеридиональным и северо-западным разрывным нарушениям. АГХП медно-порфировых рудных полей имеют концентрически-зональное строение. В их составе выделяются ядерные части, промежуточные и периферийные зоны.

Ядерные части медно-порфировых АГХП выделяются в контуре контрастных вторичных ореолов Cu (> 0,03 %), Mo (> 3 г/т), Au (> 0,05 г/т), характеризуются высокими удельными продуктивностями главных элементов (Δq_{Cu}>1000 т/м/км^2, Δq_{Mo}>10 т/м/км^2, Δq_{Au} > 0,1 т/м/км^2) и соответствуют медно-молибденовым штокверкам. В промежуточных зонах содержания Cu ниже, чем в ядерных частях (0,01-0,03 %), а значения ее удельной продуктивности Δq = 100-200 т/м/км^2.

Содержания и удельные продуктивности Au в промежуточных зонах не уступают ядерной части, а в некоторых АГХП превосходят их более чем в 2 раза. Для промежуточных зон характерны повышенные против ядерных частей содержания Ag, Pb, Zn, приуроченные к полям кварц-серицитовых метасоматитов с убогой медно-молибденовой, полиметаллической и золотой минерализацией. В периферийных зонах пропилитовых изменений развиты слабоконтрастные аномалии Au, Cu, Ag, Pb, Zn.

Детальными геолого-геохимическими исследованиями установлено, что на площади Баимского района основные ресурсы золота сосредоточены в собственных рудных полях (Весеннее, Ничан, Смешливое), развитых по периферии медно-порфировых систем.

Наряду с золото-сульфидно-кварцевой рудной формацией в периферийных частях рудных районов выделены многочисленные золото-серебряные узлы, существенно уступающие им по своим параметрам. Основным отличием золото-сульфидно-кварцевых АГХП от золото-серебряных является постоянное присутствие в составе первых Cu и Mo, более высокая интенсивность и степень концентрации золота и повышенное золото-серебряное отношение (табл. 7).

Аномальные геохимические поля, на площади которых развита золото-сульфидно-кварцевая формация, характеризуются более высокой площадной и удельной продуктивностью золота.

Таблица 7

Параметры и характеристики АГХП золоторудных узлов Чукотского сегмента ОЧВП (Николаев и др., 2008)

Критерии и параметры прогнозной оценки	АГХП золото-сульфидно-кварцевой формации	АГХП золото-серебряной формации
Состав АГХП	Au, Ag, As, Pb, Zn, Cu, Bi, Mo, W, Mn	Au, As, Ag, Sb, Pb, Zn, Cu, Bi, Mo, Hg, Sn, Ba, Mn
Основные индикаторы	Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Mo	Au, Ag, As, Sb, Pb, Zn
Площадь АГХП, км^2	300 (100-500)	300 (100-400)
Kс$_{Au}$	20 (5-50)	10 (3-35)
$\sum K$с$_{ОБ}$	65 (30-100)	50 (20-100)
C_{Au}:C_{Ag}	1:5-1:8	1:20-1:30
P_{Au}, м^2%	200 (50-1000)	100 (20-500)
Δq, т/м/км^2	0,015 (0,005-0,1)	0,005 (0,001-0,02)
$\alpha_{РУ}$	0,05 (0,02-0,1)	0,1 (0,05-0,15)
Ожидаемый класс м-ний (ожидаемые запасы, т)	Крупные-средние (50-300)	Средние (10-50)

Для медно-порфировых месторождений характерна контрастная вертикальная зональность. При изучении медно-порфирового месторождения Кызылкия (Казахстан) было рекомендовано использовать следующие геохимические показатели вертикальной зональности: Zn·Sb/Cu·Mo, Zn^2·Pb/Cu·Mo·Ag, Pb·Zn·Ag/Cu·Bi·W (Поисковые модели, 1992).

2. Общие сведения о районе работ

2.1. Физико-географическая и ландшафтно-геохимическая характеристика

Район работ расположен на водоразделе рек Анадырь - Б. Анюй - М. Анюй и охватывает западную часть Анадырского нагорья, северо-западное окончание Яблонской горной цепи, восточное окончание Анюйского хребта (рис. 1).

Рельеф территории низкогорный, участками среднегорный, интенсивно расчлененный. Средняя высота горной части территории составляет 600–800 м над уровнем моря. Высота отдельных вершин достигает 1000 м и более: г. Мечкерева – 1303 м, г. Ныркова – 1090 м, г. Малахай – 1033 м, Относительные превышения водоразделов над днищами долин на юге достигают 600 и более метров, на севере – 300-500 метров.

Гидросеть относится к системам рек Анадырь, Малый и Большой Анюй. Наиболее крупные их притоками являются реки Мечкерева, Большой и Малый Пеледон, Анютва, Лев. Илюкэйвеем, Старичная.

В плане рисунок гидросети перистый, ветвистый, для левобережья Мечкеревы – радиальный. Долины крупных рек хорошо разработаны, ширина их днища достигает 2–6 км. Все водотоки не судоходны, тип рек – горный, водный режим непостоянен, бурные паводки сменяются резким понижением уровня воды и частичным пересыханием русел. Питание рек происходит за счет оттайки сезонноталого слоя многолетнемерзлых пород и атмосферных осадков. В долинах рек Мал. и Бол. Анюй, Анадырь, Мечкерева развиты термокарстовые и старичные озера. В поймах рек отмечаются болота.

Климат в районе субарктический, резко континентальный. Среднегодовая температура –12 - –14° С. Зима длится 7–8 месяцев. Минимальная температура достигает зимой –55 - –65°С, а максимальная летом +25 – +34° С. Снежный покров устанавливается в середине сентября и сходит в первой половине июня. На всей территории распространены многолетнемерзлые породы. Оттайка начинается в конце июня и заканчивается в августе. Глубина оттайки обычно не превышает 1.5 метров.

На большей части территории (50%) плохая проходимость: горный рельеф с превышениями до 600 м, крутизной открытых склонов 26-30º, с заболоченными участками долин. Средней категорией проходимости характеризуется 40% площади: склоны крутизной 21-25º, открытые, задернованные, долины кустарниковые заболоченные. На оставшихся 10% площади проходимость очень плохая: отроги г. Мечкерева и г. Ныркова, труднопроходимые гребневидные водоразделы, обрывистые склоны с крутизной 31-35º, “живые” осыпи.

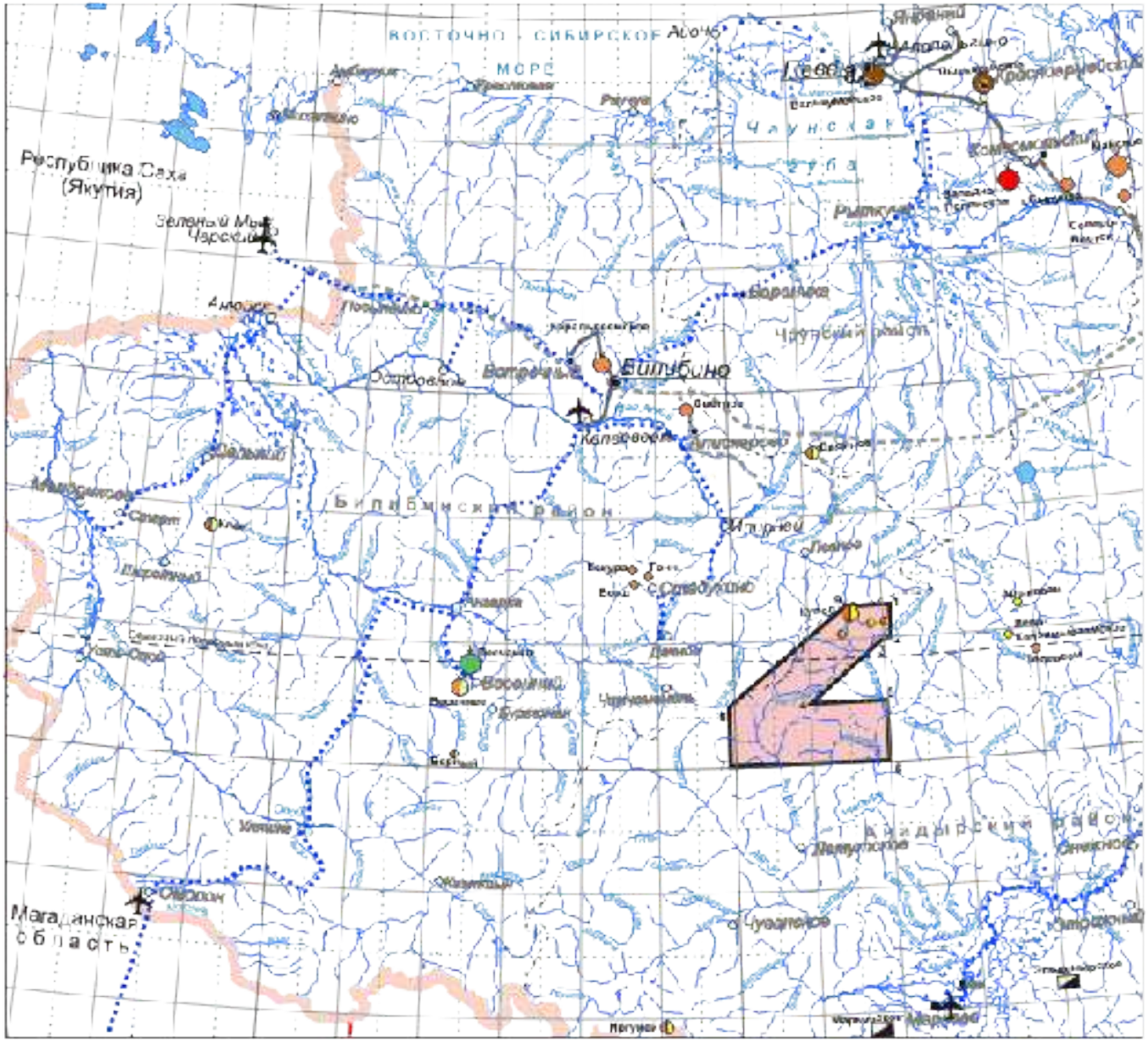


Рис. 1 Обзорная карта района (Отчет о выполнении... 2006)

Условные обозначения

Район работ

Географические координаты угловых точек площади работ:

№ точек	Северной широты	Восточной долготы
1.	66° 50	170° 37'
2	66° 40	170° 07'
3.	66° 40	170° 00'
4.	66° 20'	166° 30'
5.	66° 20'	170° 00'
6.	66° 00	170° 00'
7.	66° 00	167° 30'
8.	66° 19	167° 30'
9	66° 50	168° 30'

Месторождения и рудопроявления коренные

Населенные пункты

Автодороги постоянные

Автодороги временные

а. Зимние

б. Летние

Масштаб 1:3 700 000

На 18% территории наблюдается хорошая обнаженность (преимущественно в юго-западной части, в бассейне р. Пеледон); на основной части территории обнаженность удовлетворительная (51% от общей площади); плохая обнаженность на 31 % площади в низкогорье и долинах рек.

На пологих склонах и на большинстве водоразделов растут мхи, лишайники, травы и редкие низкорослые кустарники. В поймах крупных рек (Мечкерева, Анютва) встречается тополь, ива, ольха, в пойме Б. Пеледона - лиственница.

Животный мир разнообразен. Из крупных животных встречаются лоси, олени, бурые медведи, волки, лисы, зайцы, росомахи и песцы, из птиц – куропатки, утки, гуси, журавли, кулики и др. В реках водится хариус, ленок, налим, сиг, валек; в озерах – голец.

Экономически район освоен слабо. Постоянных населенных пунктов нет. На водоразделе рек Старичная – Ср. Кайемравеем находится вахтовый поселок Чукотской горно-геологической компании, занимающейся отработкой крупного золото-серебряного месторождения «Купол». Заброшенные временные поселки на участках россыпной золотодобычи находятся на руч. Серый (басс. р. Гребневая), руч. Вольга и Браслет (верховья р. М. Пеледон) (Отчет о выполнении..,2006).

На территории района в летнее время производится выпас оленей. На водоразделе М. Анюй - Анадырь – пастбища совхозов “Анадырский” (п. Снежное) и “ имени Первого Ревкома Чукотки“ (п. Усть-Белая), в бассейнах рек Пеледон и Мечкерева – совхоза “Марковский“ (п. Марково).

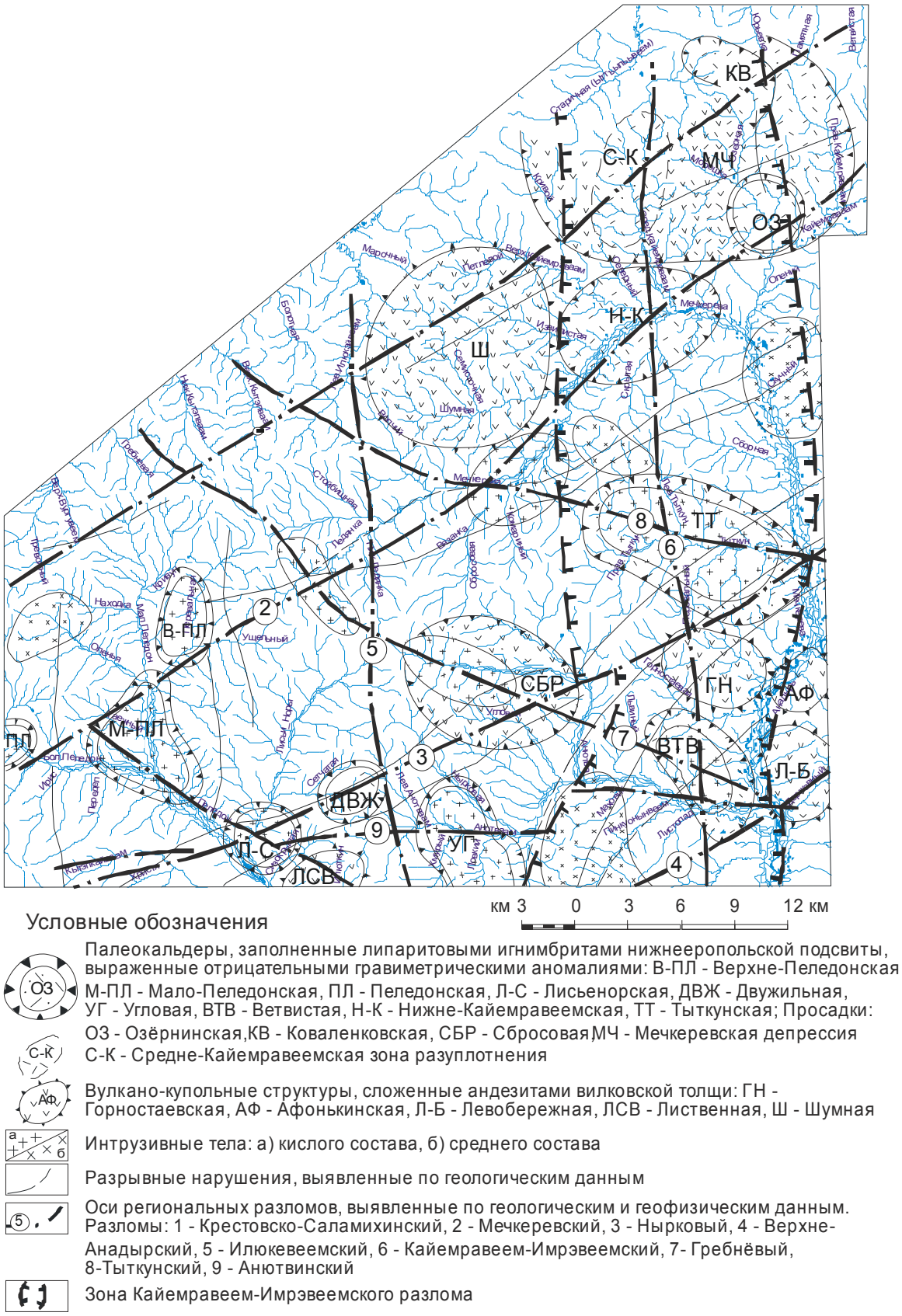
В связи с производством работ на уч. Купол поддерживается временный автозимник до с. Илирней – 135 км. Общее расстояние Билибино - Илирней - Купол - 300 км.

2.2. Геологическая и структурно-тектоническая характеристика территории

Территория исследований находится, в основном, в пределах Охотско-Чукотского вулканогенного пояса и лишь небольшая площадь относится к Ярakваамскому поднятию и Айнахкургенской впадине. Структуры последних располагаются вдоль северо-западной границы территории (рис. 2).

На крайнем северо-западе территории выделяется блок, входящий в состав южной части Ярakваамского поднятия. По краю поднятия проводится граница между Анюйской складчатой зоной и Охотско-Чукотским вулканическим поясом. Ярakваамское поднятие в непосредственной близости к северо-западной границе территории сложено вулканитами кедонской серии средне - позднедевонского возраста (липариты, дациты и их туфы).

Отложения Айнахкургенской впадины перекрывают погруженный и интенсивно переработанный массив, расположенный в междуречье верховьев рек Б.Анюя и Яблони.



Условные обозначения

Палеокальдеры, заполненные липаритовыми игнимбритами нижнеропольской подсвиты, выраженные отрицательными гравиметрическими аномалиями: В-ПЛ - Верхне-Пеледонская М-ПЛ - Мало-Пеледонская, ПЛ - Пеледонская, Л-С - Лисьенорская, ДВЖ - Двужильная, УГ - Угловая, ВТВ - Ветвистая, Н-К - Нижне-Кайемравеемская, ТТ - Тыткунская; Просадки: ОЗ - Озёрнинская,КВ - Коваленковская, СБР - Сбросовая,МЧ - Мечкеревская депрессия

С-К - Средне-Кайемравеемская зона разуплотнения

Вулкано-купольные структуры, сложенные андезитами вилковской толщи: ГН - Горностаевская, АФ - Афонькинская, Л-Б - Левобережная, ЛСВ - Лиственная, Ш - Шумная

Интрузивные тела: а) кислого состава, б) среднего состава

Разрывные нарушения, выявленные по геологическим данным

Оси региональных разломов, выявленные по геологическим и геофизическим данным. Разломы: 1 - Крестовско-Саламихинский, 2 - Мечкеревский, 3 - Ныркoвый, 4 - Верхне-Анадырский, 5 - Илюкеевеемский, 6 - Кайемравеем-Имрэвеемский, 7- Гребнёвый, 8-Тыткунский, 9 - Анютвинский

Зона Кайемравеем-Имрэвеемского разлома

Рис. 2. Схема тектонического районирования территории по геологическим и геофизическим данным (по материалам В. М. Залуцкого, Отчет о выполнении…, 2006)

Впадина ограничена с юго-востока зоной Крестовско-Саламихинского, а с востока - зоной Гребневого разломов и в основном заполнена терригенными отложениями аптского яруса (айнахкургенская свита), относящимися к молассовой ассоциации раннего мела. Особенностью впадины является слабое развитие раннемеловых вулканитов и отсутствие интрузивных образований, распространенных в примыкающих к ней структурах ОЧВП.

Структуры Чукотского отрезка ОЧВП в пределах территории относят к Пеледоно-Угаткынской вулканической дуге, входящей в состав его внешней зоны. Образования ОЧВП включают три структурных яруса, разделенных структурными несогласиями.

Нижний структурный ярус образован отложениями айнахкургенской, тытыльвеемской, чимчемемельской, саламихинской, пыкарваамской и коэквуньской свит, пучевеемской и угаткынской толщ раннемелового возраста, вулканогенного, осадочного и вулканогенно-осадочного состава.

Образования нижнего структурного яруса принимают участие в строении Пеледонской и Гребневой вулканотектонических депрессий в юго-западной части района.

Образования среднего структурного яруса представлены вулканогенными толщами позднемелового возраста, выполняющими Мечкеревскую отрицательную структуру в северной части, а также Мало-Пеледонскую, Верхне-Пеледонскую, Двужильную и Тыткунскую палеокальдеры в южной и юго-западной частях площади.

Верхний структурный ярус включает в себя условно палеогеновые платобазальты, которые со стратиграфическим и угловым несогласием залегают на нижележащих толщах в северной части площади.

Разрывные нарушения широко распространены по всей территории работ и играют важную роль в размещении магматических образований и полезных ископаемых. Выделяются крупные, сложного строения, зоны разломов и мелкие – линейные, дуговые и кольцевые разломы, которые не имеют четко выраженной ориентировки и представляют собой сдвиги, сбросо- и взбросо-сдвиги.

К региональным глубинным разломам относятся: субмеридиональный Кайемравеем-Имрэвеемский, субширотный Анютвинский, северо-западный Гребневый и северо-восточные Крестово-Саламихинский, Оконайтовский и Верхне-Анадырский.

Зона скрытого Кайемравеем-Имрэвеемского глубинного разлома проявляется в гравитационном и магнитном полях, трассируется поясом субвулканических массивов и даек среднего и кислого состава, кулисообразными разрывными нарушениями субмеридионального простирания. Насыщенность зоны вулканоструктурами, интрузивными и субвулканическими телами, гидротермально измененными породами указывают на ее повышенную проницаемость. Зона рассматривается как важнейшая

магмо- и рудоконтролирующая структура. К зоне разлома приурочен позднемеловой Кайемравеемский и раннемеловой Горностаевый стратовулканы, а также позднемеловые Тыткунская и Ветвистая вулканоструктуры.

Зона Анютвинского глубинного разлома протягивается через исследуемую территорию с запада на восток от междуречья Большого Пеледона и Кытепкайваама вдоль широтного отрезка р. Анютва. В гравитационном поле она выражена градиентной зоной шириной 6-8 км, в пределах которой размещаются Двужильная, Угловая и Ветвистая вулканоструктуры. Анютвинская зона является северной границей Оконайто-Пеледонского магматогенного поднятия.

Зона Гребневого глубинного разлома протягивается на сотни км из Чукотской складчатой области в Корякско-Камчатскую вулканическую провинцию и ограничивает крупные блоки кристаллического фундамента. На площади исследований она протягивается от долины р. Гребневая на юго-восток в долину реки Анютва. Северный отрезок Гребневой зоны трассируется протяжённым поясом даек диоритовых порфиритов и массивами диоритовых порфиритов и гранодиоритов пеледонского комплекса.

Зона Оконайтовского (Мечкеревского) глубинного разлома, выделенная Ю.Н. Горбуновым (1992), имеет взбросовую структуру с падением сместителя на юго-восток. Территория к северо-западу от Оконайтовского разлома характеризуется пониженными значениями гравитационного поля, что связывается с гранитизацией коры и увеличением мощности гранито-гнейсового слоя. К зоне Оконайтовского глубинного разлома приурочены Мало-Пеледонская и Верхне-Пеледонская просадки, выполненные верхнемеловыми кислыми вулканитами.

Зона Верхне-Анадырского глубинного разлома, по которой происходит резкое погружение кристаллического (палеозойского?) фундамента в юго-восточном направлении, расположена на юго-востоке территории. Согласно В.Ф. Белому (1977), по Верхне-Анадырскому разлому проходит граница внешней и внутренней зон ОЧВП.

К числу глубинных разломов I порядка относятся внутриблоковые зоны разломов протяжённостью 50-100 км, образование которых связано с формированием Охотско-Чукотского пояса. На территории работ выделяется три системы таких разломов: северо-восточная (Крестовско-Саламихинский и Ныркovый), северо-западная (Тыткунский и Перевальный) и субмеридиональная (Илюкейвеемский и Пеледон-Вургувеемский).

Крестовско-Саламихинский глубинный разлом был выделен Л.Я. Ващиловой (Отчет о результатах…, 1992) как магмоконтролирующий ограничитель в краевой части ОЧВП. В.Ф. Белый полагал, что зона разлома контролирует размещение всех позднемеловых

вулканоструктур Яблонского плоскогорья (в том числе Мало-Пеледонской, Верхне-Пеледонской и Кайемравеемской).

Ныркovый глубинный разлом протяженностью более 60 км выделен Дегтярёвым (1977). Он контролирует размещение Лисьенорской и Горностаевой вулканоструктур, а также поясов субвулканических массивов и даек кислого состава. Ширина зоны разлома около 5 км.

Перевальный глубинный разлом проявлен в гравитационном поле как градиентная зона, отделяющая область пониженного гравитационного поля на востоке от области сложнодифференцированного поля на западе. Разлом трассируется дайками среднего и кислого состава.

Илюкейвеемский глубинный разлом представлен серией сближенных сбросов субмеридионального простирания и протяжённым поясом субвулканических массивов и даек среднего и кислого состава. Прослеживается на 50 км от Верхне-Анюйского до Анютвинского разлома при ширине зоны около 5 км. К зоне разлома тяготеют Сбросовая и Шумная раннемеловые вулканоструктуры.

Зона Пеледон-Вургувеемского глубинного разлома на западе территории проявляется в виде полосы сближенных субмеридиональных разрывных нарушений и серий даек среднего-кислого состава шириной более 5 км и протяженностью более 50 км. Зона разлома рассматривается как важнейшая магмо- и рудоконтролирующая структура.

На основании интерпретации геофизических данных, тектоники и геологического строения в пределах исследуемой территории выделяется ряд крупных блоков, отражающих строение кристаллического фундамента (рис. 3).

К Яракваамскому поднятию на северо-западе территории примыкает Китепский блок, ограниченный с юга Крестовско-Саламихинским разломом. Блок характеризуется близповерхностным залеганием складчатого основания ОЧВП, сокращенной мощностью вулканитов при обширных выходах терригенных толщ айнахкургенской и вулканогенно-терригенных толщ чимчемемельской свит, входящих в раннемеловую молассовую ассоциацию. Породы молассы перекрыты базальтами саламихинской и андезитами вилковской свит, образующих разрозненные вулканические покровы.

Субвулканические образования Китепского блока представлены андезит-базальтовой ассоциацией (апт - альб) и штоками и дайками риолитов и гранит-порфиров позднемеловой риолит-дацитовой ассоциации, интрузивные -массивами габбро-диоритов, диоритов и гранодиоритов еропольского (пеледонского) комплекса, приуроченных к зонам глубинных разломов. Образования комплекса относятся к ранне- позднемеловой габбро-диорит-гранодиоритовой ассоциации.

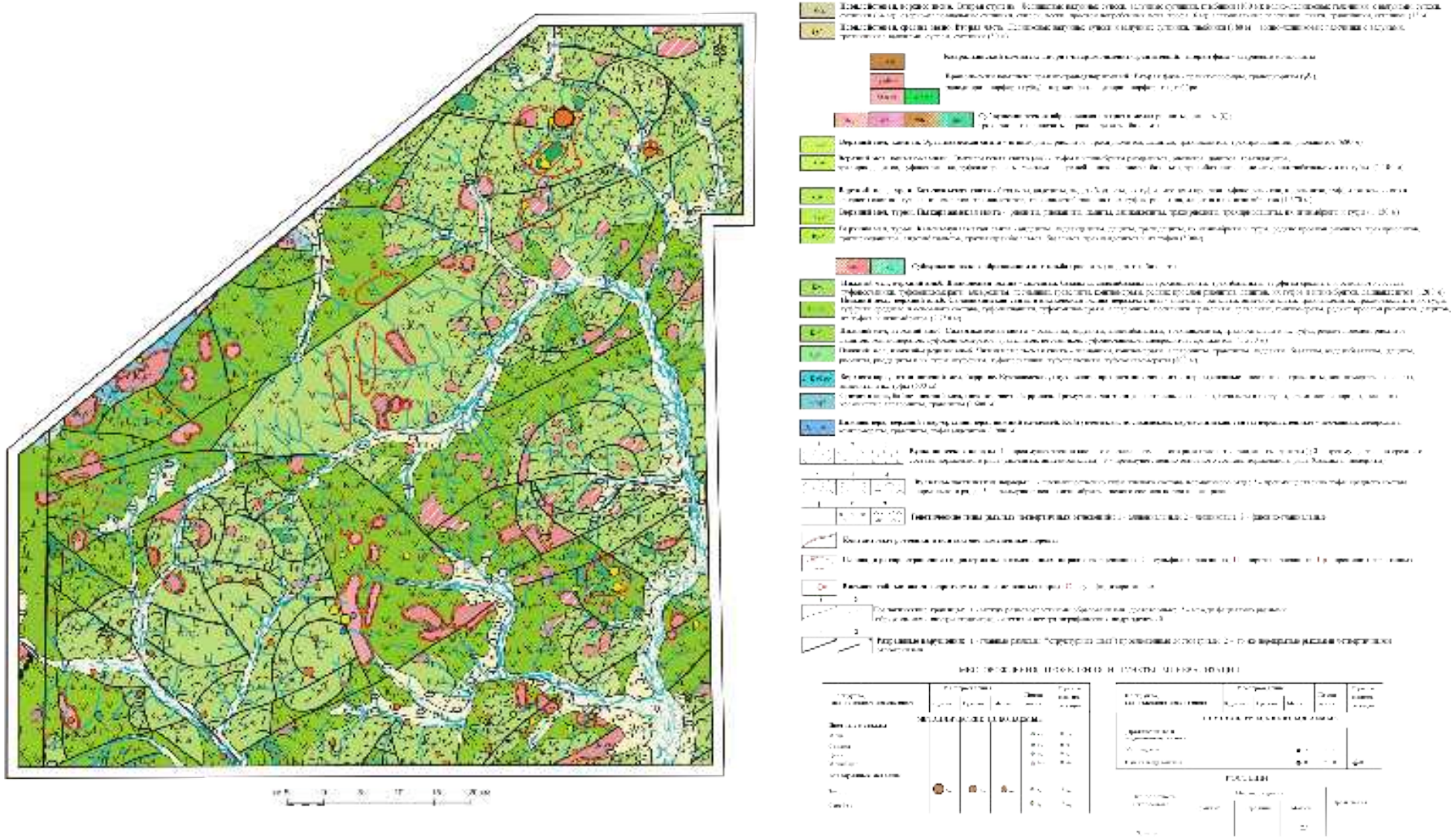


Рис. 3. Геологическое строение и расположение северной части Верхне-Яблонской металлогенической зоны (по материалам геологической карты 1:500000 масштаба)

В юго-западной части территории располагается Пеледонский блок, ограниченный с севера Крестовско-Саламихинским разломом, с востока Перевальным разломом, с юга – зоной Анютвинского разлома. В северо-западной части блока выявлена положительная гравитационная аномалия, интерпретируемая как раннемеловая отрицательная вулканоструктура, сложенная базальтами саламихинской свиты и андезитами вилковской свиты, которая частично перекрыта кислыми вулканитами позднего мела.

В южной части блока располагается Мало-Пеледонская отрицательная вулканоструктура, проявленная в гравитационном поле локальными минимумами. По данным геологической съемки М 1:200000 она интерпретируется как палеокальдера, заполненная верхнемеловыми игнимбритами (Объяснительная записка, 1981). Локальные минимумы гравитационного поля, вероятно, отвечают невскрытым массивам гранитоидов, апикальные части которых представлены выходами гранит-порфиров и гранодиорит-порфиров в бассейнах ручьев Снежный и Тройной.

Верхне-Пеледонская просадка, сложенная кислыми вулканитами верхнего мела, прорванными субвулканическими массивами трахириолит-дацит-игнимбритовой ассоциации, выделяется к северу от Мало-Пеледонской вулканоструктуры.

Пеледонская просадка, расположенная к западу от Мало-Пеледонской вулканоструктуры и проявленная в гравитационном поле как отрицательная аномалия, сложена кислыми вулканитами нижней толщи пыкарваамской (еропольской) свиты.

К востоку от Пеледонского блока расположен Лисьенорский блок. С севера он ограничен Ныркovым, с юга и востока - Анютвинским и Илюкевеемским разломами. В пределах блока, сложенного преимущественно базальтами саламихинской и андезитами вилковской свит, выделены Двужильная позднемеловая вулканоструктура и Лисьенорская просадка, выполненные кислыми вулканитами, вмещающими некки риолитов. Кислые вулканиты перекрываются андезитами верхней толщи еропольской свиты.

Положительной гравитационной аномалии в бассейне р. Китепкайваам отвечает блок, подстилаемый базифицированным фундаментом и принадлежащий к северной части Оконайто-Пеледонского магматогенного поднятия. Блок характеризуется преимущественным развитием субгоризонтальных покровов базальтов саламихинской свиты и андезитов вилковской свиты, прорванных штоками андезитов и крупным массивом диоритовых порфиритов вилковского раннемелового комплекса.

На северо-востоке поднятия, на водоразделе Прав. Анотваама и Б. Пеледона установлена положительная аномалия гравитационного поля, которая интерпретируется как Листвяный палеовулкан, сложенный андезитами вилковской свиты.

На юге и востоке территории выделяются две крупные аномалии повышенных значений гравитационного поля. Обе аномалии входят в состав Пенжино-Пыкарваамской зоны повышенных значений гравитационного поля северо-восточного простирания.

Одни исследователи (Л.Я. Ващилова, 1992) интерпретируют эту зону как интрузивно-сводовое поднятие с широким распространением крупных интрузивных массивов основного и среднего состава. Другие (Ю.Н. Горбунов, 1992) объясняют положительную аномалию гравитационного поля сокращением мощности гранитно-метаморфического слоя до 12-14 км и поднятием кристаллического дорифейского фундамента, имеющего предположительно гранулито-гнейсовый состав. Оба исследователя сходятся во мнении, что зона связана с поднятием фундамента, ограничена Оконайтовским и Верхне-Анадырским глубинными разломами северо-восточного простирания. Поперечными северо-западными разломами поднятие разбито на ряд блоков с различной глубиной залегания кристаллического фундамента.

В составе зоны выделяют Мечкерева-Пыркаваамское магматогенное поднятие размером 110×40 км, ограниченное Мечкеревским и Верхне-Анадырским разломами. В пределах поднятия закартированы выходы субвулканических тел габбро-диоритов и базальтов. Многочисленные положительные аномалии гравитационного и магнитного поля интерпретируются как невскрытые массивы среднего и основного состава. Одна из таких аномалий расположена в верховьях рек Бол. и Мал. Тыткун, другая - на водоразделе руч. Перевального и р. Горностаевой. В их контуре установлены выходы гипабиссальных тел гранодиоритов, являющихся апикальными частями более крупных интрузивных массивов, что свидетельствует в пользу магматогенной природы поднятия, сформировавшегося на завершающей стадии становления ОЧВП.

В западной части Мечкерева-Пыркаваамского поднятия выявлена положительная гравитационная аномалия диаметром около 20 км, тяготеющая к зоне Илюкейвеемского субмеридионального разлома. В.С. Дегтярёв (1981) интерпретирует её как раннемеловую отрицательную вулканоструктуру, называемую им Сбросовой просадкой.

Сбросовая просадка выполнена базальтами саламихинской и андезитами вилковской свит, прорванными субвулканическими массивами диоритовых порфиритов вилковского комплекса, внедрившихся по зоне Илюкейвеемского разлома, а также гипабиссальным массивом диоритов в верховьях р. Лев. Анотваам. По мнению авторов, субвулканические массивы диоритовых порфиритов маркируют подводящие каналы, по которым происходило излияние андезитовых лав, сформировавших обширные покровы в верховьях р. Сбросовой, Анютвы и Лев. Анотваама.

На левобережье р. Горностаевая выявлена положительная аномалия гравитационного поля. В.С. Дегтярёв (1981) интерпретирует ее как Горностаевский палеовулкан диаметром 20 км, ограниченный кольцевыми разломами. Нижняя часть разреза вулканоструктуры сложена андезито-базальтами вилковской свиты. Андезито-базальты в центральной части перекрываются лавами андезитов, в краевых частях – их туфами, также относящимися к вилковской свите. Центральное жерло палеовулкана фиксируется выходами агглютинатов и субвулканическим массивом диоритовых порфиритов.

Раннемеловые породы базальт-андезитовой ассоциации, слагающие стратовулкан, прорываются субвулканическими телами риолитов и гипабиссальным массивом гранодиоритов позднемеловой риолит-дацитовой ассоциации. В южной части Горностаевый стратовулкан перекрывается кислыми вулканитами Ветвистой позднемеловой вулканоструктуры. Слагающие её кислые вулканиты прорваны штоками риолитов и дацитов, относящимися к трахириолит-дацит-игнимбритовой ассоциации.

В северной части Мечкерева-Пыркаваамского поднятия выделяется позднемеловая Тыткунская отрицательная вулканоструктура, выполненная в краевых частях риолитами, дацитами и их туфами нижней толщи еропольской свиты (Отчет о работе..., 1968). В центральной части вулканоструктуры развиты покровы кислых игнимбритов, в юго-восточной - отдельные покровы базальтов верхней толщи еропольской свиты. В геофизических полях Тыткунская вулканоструктура проявлена слабо. В ее юго-западной части наблюдаются отрицательные локальные аномалии, интерпретируемые как вулканические жерла, которые служили подводящими каналами покровов кислых вулканитов. Вулканические жерла выполнены брекчиями, вулканическими стёклами и некками флюидальных риолитов, прорывающих покровные вулканиты кислого состава.

Южная часть Мечкерева-Пыркаваамского поднятия в междуречье рек Веляперка и Пинкуонынвеем по геофизическим данным отвечает локальному поднятию фундамента размером 30×40 км. Блок с юга ограничен Верхне-Анадырским, с севера – Анютвинским разломами и характеризуется преимущественным развитием базальтов саламихинской и андезитов вилковской свит, прорванных гипабиссальными массивами габбро-диоритов и штоками гранодиоритов позднемелового возраста. В период становления ОЧВП и в последующее время блок испытывал устойчивое воздымание, что, с одной стороны, обусловило малую мощность кислых вулканитов, с другой – больший эрозионный срез по сравнению с Горностаевской вулканоструктурой.

На северо-востоке территории крупная положительная гравитационная аномалия соответствует Мечкеревской депрессии. Она входит в состав цепочки положительных аномалий, составляющих Пенжино-Пыкарваамскую зону повышенных значений гравитационного поля северо-восточного простирания.

На северо-западе депрессии выделяется Кайемравеемский блок, которому отвечает отрицательная аномалия, совпадающая в плане с Кайемравеемским стратовулканом позднемелового возраста. Аномалия располагается на пересечении региональных градиентных зон северо-восточного, широтного и меридионального простираний, фиксируя область разуплотнения, расположенную на глубине от 3 до 7-8 км.

Кайемравеемский стратовулкан размером 22×13 км приурочен к пересечению зон Кайемравеем-Имравеемского и Крестовско-Саламихинского глубинных разломов. В северо-западной части структуры установлена отрицательная гравитационная аномалия, совпадающая с положительной аномалией магнитного поля, в границах которой выделяется Коваленковская просадка, сложенная кислыми вулканитами $К_2^3$. В юго-восточной части расположена Озернинская просадка, выполненная кислыми вулканитами, которые перекрываются андезитами $К_2^2$.

Нижняя и средняя части разреза Кайемравеемского стратовулкана сложены переслаивающимися лавами риолитов, туфами, игнимбритами ($К_1^2$) общей мощностью более 400 м. Вместе с субвулканическими телами кислого состава они объединяются в дацит-трахириолит-игнимбритовую вулкано-плутоническую ассоциацию. В результате эксплозии эффузивного материала в центральной части палеовулкана по дуговым разломам образовалась кальдера диаметром 11 км, заполненная эффузивными породами верхней пачки еропольской свиты ($К_2^2$). В её основании преобладают туфы андезитов, перекрываемые андезито-базальтами и крупнопорфировыми андезитами.

Основной вулканический аппарат диаметром около 3 км расположен в бассейне руч. Морошка. Он сложен двупироксеновыми и амфиболовыми андезитами, прорванными многочисленными субвулканическими и экструзивными телами диоритовых порфиритов, андезитов, дацитов. Вокруг жерла наблюдаются потоки андезитов, агломератовые туфы и туфобрекчии с шлаковым цементом. Эти породы слагают андезито-базальт-дацитовую вулкано-плутоническую ассоциацию верхнего мела.

Венчают разрез стратовулкана кислые вулканиты верхней пачки ($К_3^2$), вмещающие субвулканические штоки кислого состава риолит-дацитовой вулкано-плутонической ассоциации верхнего мела, наиболее широко развитые в Коваленковской просадке.

2.3. Минерагеническая характеристика территории

Территория исследований относится к Верхне-Яблонской металлогенической зоне и характеризуется ярко выраженной золоторудной специализацией.

Золотое оруденение относится к двум этапам минералообразования:

1. Ранне-позднемеловому этапу, связанному с внедрением гипабиссальных массивов габбро-диорит-гранодиоритовой ассоциации. Для этого этапа характерно оруденение золото-сульфидно-кварцевой формации со сравнительно крупным высокопробным золотом, которое является источником мелких россыпей.

2. Позднемеловому этапу, связанному с завершающей стадией формирования позднемеловых вулканоструктур, внедрением субвулканических и гипабиссальных массивов риодацит-гранитовой ассоциации. С этим этапом связано золото-серебряное оруденение сульфосольного и полисульфидного типов с мелким и тонким, большей частью низкопробным (проба от 600 до 730) золотом.

До начала исследований в северной части Верхне-Яблонской металлогенической зоны выделялись Купольское рудное поле, Верхне-Пеледонский золото-россыпной узел, Двужильный прогнозируемый рудный узел и Горностаевое прогнозируемое рудное поле. В результате работ, проведенных при участии автора, в последующие годы на территории исследований было выделено несколько новых прогнозируемых рудных узлов и полей, в том числе определены границы крупного Средне-Кайемравеемского рудного узла.

Средне-Кайемравеемский узел приурочен к Кайемравеемскому стратовулкану, заложившемуся в позднемеловое время в зоне пересечения трёх систем разломов: Кайемравеем-Имрэвеемского, Крестовско-Саламихинского и Анюйского.

На площади рудного узла выявлено одно месторождение и пять золото-серебряных проявлений. В их размещении наблюдается следующие закономерности:

- все проявления узла укладываются в две полосы, одна из которых, объединяющая месторождение Купол и проявление Августейший, трассирует зону скрытого Кайемравеем-Имрэвеемского разлома, а другая является отражением зоны Крестовско-Саламихинского глубинного разлома северо-восточного простирания;

- большинство рудных объектов тяготеют к поясам сближенных субвулканических массивов и даек, относящихся к риолит-дацитовой ассоциации;

- рудные объекты золото-сульфосольного типа локализованы в краевых частях центральной просадки, сложенной андезитами верхней толщи еропольской свиты, золото-галенит-сфалеритового типа - флангах Кайемравеемского стратовулкана.

В 30 – 40 км к югу от Средне-Кайемравеемского узла расположено Горностаевое прогнозируемое рудное поле, приуроченное к зоне сочленения скрытого Кайемравеем-Имрэвеемского и Гребневого глубинных разломов с Ныркovым разломом 1-го порядка.

Рудное поле размещается в пределах приподнятого блока, подстилаемого базифицированным фундаментом и сложено породами вилковской свиты, представленными покровными андезитами и их туфами. Золото-серебряное оруденение тяготеет к массивам риолитов, относящихся к риолит-дацитовой формации позднего мела.

Проявление Горностаевое относится к золото-полисульфидному минеральному типу. На площади рудного поля выявлена медно-порфировая и серебро-полиметаллическая минерализация. Особенностью проявления являются высокие концентрации Pb, Zn и Cu (до первых %) и низкое золото-серебряное отношение (1:40 - 1:60). В бассейне одного из мелких ручьев установлена непромышленная россыпь золота.

Пеледонский рудно-россыпной узел расположен в юго-западной части Верхне-Яблонской зоны и ограничен со всех сторон зонами глубинных разломов: Оконайтовского на северо-западе, Анютовского на юге, Пеледон-Вургувеемского на западе и Перевального на востоке.

В пределах Пеледонского узла известны проявления Снежное, Ягодка и Пестрое, приуроченные к центральной части Мало-Пеледонской просадки и тяготеющие к субвулканическим образованиям риолит - дацитовой ассоциации.

Прогнозируемый Двужильный рудный узел расположен в междуречье р. Лисьи Норы, Ныркovая и Лев. Анотваам на периферии Лисьенорского блока и приурочен к зоне пересечения скрытого Анютвинского с Ныркovым и Илюкейвеемским разломами.

В пределах Двужильного узла выделяется одноименное рудное поле и ряд пунктов золоторудной минерализации в верховьях р. Анютва и на левобережье р. Лисьи Норы.

Золото-серебряные проявления Верхне-Яблонской зоны обладают следующими общими чертами (Вартанян и др., 2005, Сергиевский, 2006): связью с вулкано-плутоническими образованиями постгеосинклинального этапа; близповерхностными (300-1000 м) условиями образования; присутствием в составе руд минералов, характерных для неравновесных условий рудоотложения (халцедон и халцедоновидный кварц, гидрослюды); сложными сочетаниями ассоциаций разнообразных сульфидов с сульфосолями, селенидами и самородными металлами; развитием метаколлоидных, колломорфно-полосчатых и крустификационных структур; широким развитием площадных пропилитов хлоритовой и хлорит-эпидотовой фации и кварц-адуляровых околорудных метасоматитов.

Среди золото-серебряных проявлений Верхне-Яблонской зоны распространены объекты сульфосолевого и полисульфидного типов, различающиеся по минеральному составу, структурному положению и морфологии рудоносных зон.

В пределах Верхне-Яблонской зоны ***к сульфосольному типу*** принадлежит крупное месторождение Купол и ряд проявлений, приуроченных к позднемеловым вулканоструктурам (Кайемравеемскому стратовулкану).

Рудные поля с преимущественным развитием золото-серебряной минерализации сульфосольного типа приурочены к узлам пересечения субмеридиональных зон глубинных разломов с зонами разломов северо-восточного простирания.

Вмещающими породами золото-серебряных проявлений сульфосольного типа являются позднемеловые вулканиты, слагающие нижнюю (туфы умеренно кислого состава) и верхнюю (покровные андезиты) толщи еропольской свиты.

Важную роль в структуре проявлений сульфосольного типа играют позднемеловые субвулканические образования. Субвулканические массивы диоритов и андезитов, комагматичных покровным андезитам и андезито-базальтам, являются благоприятной средой для развития площадного и околожильного метасоматоза. Золото- серебряные рудные зоны располагаются как в приконтактовых, так и в апикальных частях массивов.

Широко распространены на золото-серебряных проявлениях сульфосольного типа субвулканические образования кислого состава риодацитовой формации, внедрявшиеся на завершающем этапе развития позднемеловых вулканоструктур. Золоторудные тела локализованы, как правило, в тех же зонах разломов, что и дайки риолитов и дацитов. Последние, по всей видимости, являлись экраном, ограничивавшим распространение гидротермальных растворов за пределы узкой зоны разлома.

Морфология золоторудных тел с сульфосольной минерализацией и их параметры определяются как расположением проявлений в пределах вулканической структуры, так и составом вмещающих пород. Для месторождения Купол и проявлений, приуроченных к границам центральной кальдеры стратовулкана, характерны жилы и жильно-прожилковые зоны протяженностью до 500 м и более при мощности от первых метров до 18 м.

В периферической части Кайемравеемского стратовулкана установлены рудные тела двух типов: а) зоны окварцованных и сульфидизированных пород протяженностью в первые сотни метров и мощностью до 20 м; б) зоны интенсивного кварц-карбонатного прожилкования протяженностью до 500 м и мощностью 3 – 5 м.

Особенности минерального и химического состава золото-серебряных руд сульфосольного типа согласуются с данными по месторождениям - аналогам:

1. Преимущественно кварц - адуляр - гидрослюдистый состав рудных зон.

2. Широкое развитие халцедона и халцедоновидного кварца, слагающих тонкие полосы, которые чередуются со слоями, обогащёнными адуляром, гидрослюдой и сульфосолями серебра, образуя полосчатые и тонко – полосчатые жильные агрегаты.

3. Главными рудными минералами кроме сульфидов железа (пирита и марказита) являются серебряные и медно - сульфосоли (пираргирит, стефанит, фрейбергит).

4. К второстепенным рудным минералам относятся акантит, полибазит, селенистые разности пираргирита, стефанита и акантита, самородное золото, сфалерит и халькопирит.

5. Характерны редкие минералы, отсутствующие в месторождениях других (селен-полибазит, агвиларит, науманнит, фишессерит, ютенбогардит).

6. Наблюдается несколько разностей самородного золота – раннее относительно высокопробное (пробность 800 - 850), электрум (одна или несколько генераций), а также гипергенное, образующее высокопробную оторочку вокруг золотин в окисленных рудах.

7. Мелкое золото класса –0,15 мм составляет 70 % и больше, однако встречаются и его крупные (до 2 мм) выделения.

8. В рудах наблюдаются высокие концентрации сурьмы, мышьяка при низких содержаниях меди, свинца и цинка.

9. Золото-серебряное отношение колеблется от 1:20 в рудах, сложенных минералами пирит-арсенопирит адуляр-кварцевой стадии до 1:5 - 1:10 в рудах, сложенных минералами главной продуктивной стадии.

10. Процесс минералообразования протекал в четыре стадии: пирит-адуляр-кварцевую (безрудную); арсенопирит-пирит-адуляр-кварцевую; стефанит-пираргирит-адуляр-кварцевую (золото-акантит-кварцевую на проявлениях Пеледонского узла); пирит-марказит- кварцевую (пострудную).

Классическим представителем объектов золото-сульфосольного типа на территории Верхне-Яблонской зоны является месторождение Купол.

Купольское рудное поле приурочено к краевой части Мечкеревской отрицательной вулканоструктуры позднемелового возраста, заложившейся в зоне пересечения трёх систем разломов: Кайемравеем-Имрэвеемского, Крестово-Саламихинского и Анюйского.

В геологическом строении месторождения участвуют стратифицированные вулканогенные образования верхнего мела, прорванные штоками и дайками риолитов (Technical Report…, 2006).

Восточная часть месторождения сложена андезито-базальтами, двупироксеновыми андезитами и их туфами, западная - преимущественно андезитовыми лавами (рис. 4).

Через центральную часть месторождения проходит субмеридиональный разлом протяжённостью более 5 км и мощностью 200-300 м. Зона разлома состоит западной и

восточной ветвей. Западная ветвь представлена сухой зоной дробления и трещиноватости. Восточная ветвь представляет собой мощную (до 200 м) зону дробления, окварцевания и аргиллизации, к которой приурочено золото-серебряное оруденение. Зона разлома и оперяющие его трещины вмещают дайки и штоки риолитов, внедрение которые предшествовало рудообразованию.

Главное рудное тело месторождения представлено сближенными жилами и зонами прожилкования кварц-адуляр-сульфидно-сульфосольного состава, окружёнными ореолом пирит-адуляр-кварцевых метасоматитов (монокварцитов), имеет протяженность 4 км при мощности до 20 метров, близкое к вертикальному падение и разведано скважинами на глубину 300 м. На южном фланге месторождения выявлено слепое рудное тело протяженностью около 600 м и мощностью до 10 м. Простирание его северо-западное, падение юго-западное под углом 60^0.

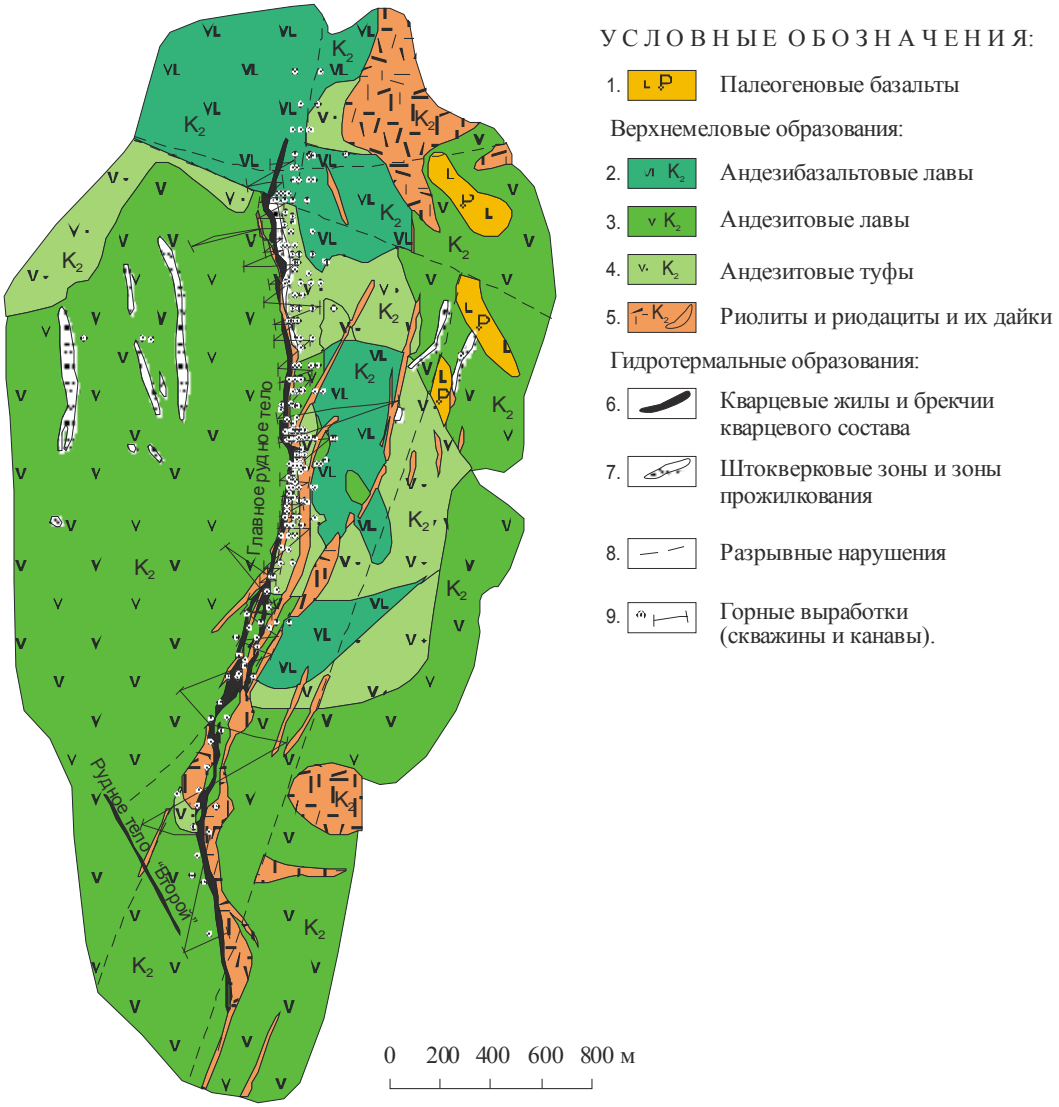


Рис. 4. Схема геологического строения месторождения Купол (по материалам компании «Кинросс» (Technical Report…, 2006)

Руды месторождения относятся к золото-сульфосольному минеральному типу золото-серебряной формации. В результате проведенных минералогических исследований в составе руд месторождения Купол были диагностированы 30 гипогенных, 12 жильных, а также более 15 гипергенных минералов (Отчет о выполнении, 2006).

Главными жильными минералами является кварц и халцедон (60-75%), адуляр (до 10%) и гидрослюда (до 15-30%). Остальные жильные минералы (серицит, хлорит, каолинит, гипс и цеолиты) встречаются в количестве первых %.

Характерной особенностью золото-серебряных руд месторождения Купол является низкое (1 % и менее) содержание рудных минералов. Лишь на отдельных участках рудных жил количество рудных минералов достигает 3 %.

Рудные минералы представлены самородным золотом, разнообразными сульфидами (пиритом, марказитом, арсенопиритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, борнитом), теннантитом, мышьяковыми и сурьмяными сульфосолями Ag и Ag-Cu, реже – селенидами и селено-сульфидами золота и серебра. Основную ценность в рудах представляет самородное золото (электрум пробы 610 - 700, в меньшей степени более высокопробное золото в ассоциации с теннантитом и халькопиритом). Среди минералов серебра преобладают пираргирит, стефанит, фрейбергит, акантит и пирсеит. В меньшей степени распространены полибазит, Se-содержащие разновидности пираргирита, стефанита, полибазита и акантита, а так же науманнит и агвиларит.

Руды месторождения имеют полосчатую (колломорфно-полосчатую, концентрически-полосчатую, фестончато-полосчатую), брекчиевую, каркасно-пластинчатую и кокардовую текстуры. Реже наблюдаются гидрослюдисто-адуляр-кварцевые агрегаты неясно-полосчатой текстуры. Вкрапленность сульфидов и сульфосолей приурочена к полосам кварца, обогащённого адуляром и гидрослюдой, а так же к полосам кварца и халцедона.

В составе руд выделяют 4 гипогенных минеральных комплекса: пирит-адуляр-кварцевый, арсенопирит-пирит-адуляр-кварцевый, золото-стефанит-пираргирит-адуляр-кварцевый и антимонит-марказит-кварцевый, которые формировались в температурном интервале 260-160^{0}С и гипергенный акантит-ярозитовый (Отчет о выполнении, 2006).

Продуктивными являются три минеральных комплекса:

1) арсенопирит - пирит - адуляр - кварцевый с двумя минеральными ассоциациями (арсенопирит-кварцевой и теннантит-пиритовой);

2) золото-стефанит-пираргирит-адуляр-кварцевый с тремя минеральными ассоциациями (золото - пирсеит - халькопиритовой, золото-фрейбергит-пираргиритовой и золото-агвиларит-Se-пираргиритовой).

3) акантит-ярозитовый (гипергенный) с тремя минеральными ассоциациями (акантит-ковеллиновой, полибазит-ярозитовой и гидроксидов железа).

Распределение продуктивных минеральных ассоциаций на месторождении Купол весьма неравномерное как по латерали, так и по вертикали.

Золото-серебряное отношение зависит от содержания золота в руде и соотношений минеральных комплексов. Арсенопирит-пирит-кварцевый комплекс характеризуется отношением Au:Ag=1:4-1:3, золото-стефанит-пираргирит-адуляр-кварцевый - 1:16-1:11. При этом первый слагает бедные и рядовые руды, а второй - основную массу богатых руд.

В керновых пробах из скважин, вскрывших оруденение на глубинах более 100 м, золото-серебряное отношение повышается с 1:6 до 1:5 во всех классах содержаний золота. Это связано с уменьшением с глубиной доли высокосеребристых сульфосолей и более широкое развитие на глубине теннантит-пиритовой ассоциации.

По результатам работ ЗАО «Чукотская горно-геологическая компания» на месторождении Купол в ГКЗ на 01.01.2005 г. утверждены запасы золота категорий C_1+C_2 в количестве 91,2 т со средним содержанием 23,8 г/т и серебра категорий C_1+C_2 в количестве 965,3 т со средним содержанием 251,6 г/т.

Золото-серебряные проявления полисульфидного (золото-галенит-сфалеритового) типа широко распространены как в пределах Верхне-Яблонской, так и в смежных с ней металлогенических зонах Чукотского сектора ОЧВП.

Золото-серебряные проявления полисульфидного типа установлены в северной (Купольский узел), центральной (Двужильный узел) и юго-восточной (Горностаевое рудное поле) частях территории. Они локализованы как в периферических частях вулканоструктур позднемелового возраста, так и в раннемеловых вулканоструктурах. Нередко наблюдается приуроченность золото-серебряных проявлений полисульфидного типа к блокам, подстилаемым базифицированным кристаллическим фундаментом.

Золото-серебряные рудные поля Купольского узла, относящиеся к полисульфидному типу, приурочены к зоне пересечения Крестовско-Саламихинского с восточной ветвью Каймравеем-Имравеемского глубинного разлома. Вмещающими породами проявлений полисульфидного типа, расположенных на периферии Каймравеемского стратовулкана являются туфы среднего состава, слагающие низы верхней толщи еропольской свиты или субвулканические риолиты, слагающие штоки и лакколиты размером 1 - 3 км.

Двужильное и Горностаевое рудные поля, где преимущественно развито оруденение полисульфидного типа, тяготеют к участкам пересечения региональных глубинных разломов, разделяющих блоки с гранитизированным и базифицированным фундаментом. Площади золото-серебряных проявлений, приуроченные к периферии верхнемеловых

отрицательных структур, сложены породами вилковской свиты (андезиты и их туфы), а также комагматичными субвулканическими массивами диоритов.

Рудные зоны золото-серебряных проявлений полисульфидного типа приурочены к субвулканическим телам риолитов и дацитов, а также к гипабиссальным массивам гранодиоритов. Они располагаются в апикальной части субвулканических массивов или в эндоконтактовой зоне, в других - в экзоконтактовой зоне массивов в радиусе 1 - 2 км.

Морфология и размеры рудных тел на проявлениях полисульфидного типа зависят от их размещения по отношению к субвулканическим образованиям и рудоподводящим разрывным нарушениям. Рудные тела, залегающие в апикальной части штоков субвулканических риолитов представлены кварцевыми жилами протяжённостью 100 - 200 м, переходящими на глубине 50 - 100 м в зоны сульфидно-кварцевого прожилкования. Рудные зоны в экзоконтактовой части субвулканических тел риолитов и дацитов представлены жилами и жильно-прожилковыми зонами протяжённостью до 500 м и мощностью 1 - 4 м.

Вещественный состав золото-серебряных руд на полисульфидных проявлениях характеризуется следующими отличиями от проявлений сульфосольного типа (Отчет о выполнении, 2006):

1. Жильные минералы представлены явнокристаллическим кварцем, реже карбонатом при отсутствии адуляра и неупорядоченных гидрослюд.

2. Широко распространенными жильными минералами являются хлорит и эпидот.

3. Главными рудными минералами являются галенит, сфалерит, халькопирит, а второстепенными – борнит, теннантит, акантит.

4. Самородное золото встречается редко, значительная часть золота находится в виде примеси в сульфидах.

5. Основная масса серебра содержится в галените и акантите, сульфосоли серебра встречаются очень редко.

6. Золото - серебряное отношение составляет 1:20 – 1:100 и меньше.

7. В рудах наблюдаются высокие концентрации свинца, цинка, меди и висмута при низких содержаниях мышьяка, сурьмы и селена.

Общими чертами сульфосольных и полисульфидных месторождений является наличие ранних генераций халькопирита и сфалерита, широкое развитие позднего безрудного кварца (в том числе аметистовидного), отсутствие железистых карбонатов.

Стадийность минералообразования на проявлениях полисульфидного и сульфосольного типа сходны. Главной продуктивной минеральной стадией на полисульфидных объектах является золото - акантит - галенитовая.

Площадные метасоматические преобразования на проявлениях полисульфидного типа протекали при более высоких температурах. В метасоматических образованиях практически отсутствуют неравновесные минералы (адуляр, гидрослюды). В центральных частях проявлений развиты монокварциты, сложенные кварцем с примесью серицита, карбонатов, эпидота и редкой вкрапленностью пирита. По мере удаления от субвулканических тел монокварциты сменяются пропилитами эпидот-хлоритовой фации, сохраняющими реликтовую текстуру первичных андезитов. На периферии эпидот-хлоритовые пропилиты переходят в низкотемпературные пропилиты хлоритовой фации, визуально мало отличающимися от первичных вулканитов. Если площадь рудопроявления сложена породами кислого состава, ореолы хлорит-эпидотовых и хлоритовых пропилитов не образуются, а монокварциты постепенно переходят в слабо окварцованные вулканиты.

Околорудные метасоматиты проявлений полисульфидного типа, залегающих в кислых субвулканических породах отличаются отсутствием хлорита, эпидота и других железистых силикатов. Они представлены в основном монокварцитами, иногда содержащими густую вкрапленность пирита. На ряде объектов помимо монокварцитов развиты околожильные метасоматиты кварц-карбонат-хлорит-эпидотового и кварц-серицит-турмалин-эпидотового состава. На наиболее эродированных проявлениях наблюдаются кварц-калишпатовые метасоматиты с вкрапленностью магнетита, более типичные для медно – (молибден) порфировых объектов.

В пределах Верхне-Яблонской металлогенической зоны выявлены проявления золота, относящиеся к ***золото-сульфидно-кварцевой рудной формации***.

Золото-сульфидно-кварцевые проявления характерны для северо-западной части Верхне-Яблонской зоны (верховье р. Мал. Пеледон, междуречье рек Гребневая и Верх. Китепваам). Вмещающими для золото-сульфидно-кварцевых проявлений являются терригенные породы айнахкургенской и чимчемемельской свит и покровные вулканиты нижнего мела (базальты саламихинской свиты и андезиты вилковской свиты).

Рудоконтролирующими структурами проявлений этого типа являются участки пересечения зон Крестовско-Саламихинского глубинного разлома с региональными и внутриблоковыми Пеледон-Вургувеемским, Перевальным и Гребневым разломами.

Золото-сульфидно-кварцевые проявления приурочены к эндо- и экзоконтактам массивов пеледонского интрузивного комплекса, а так же к поясам даек диорит-порфиров, комагматичных интрузивам. Золото-сульфидно-кварцевое оруденение представлено тремя морфологическими типами: а) зонами сульфидизации; б) зонами интенсивного кварцевого прожилкования; в) кварцевыми и кварц-карбонатными жилами.

Зоны сульфидизации развиты в габбро-диоритах и покровных андезитах вилковской свиты. Реже они образуют обширные ореолы с отдельными зонами, обогащенными вкрапленностью сульфидов в конгломератах и песчаниках чимчемемельской свиты.

Протяженность зон сульфидизации составляет 100-500 м при мощности 5-10 м и более. Они представлены ожелезнёнными породами с вкрапленностью и шлировидными обособления пирита, арсенопирита и халькопирита, часто пронизанными тонкими (1-2 мм) кварц-карбонатными прожилками. В сульфидизированных диоритах и габбро-диоритах наблюдаются повышенные концентрации золота (0,1-3 г/т), мышьяка (0,01-1 %), меди (0,01-0,5 %), серебра (20-100 г/т), молибдена (0,001-0,03 %) и кобальта (0,01 %).

Зоны интенсивного кварцевого прожилкования представляют собой окварцованные, серицитизированные и карбонатизированные габбро-диориты и диориты, пронизанные тонкими (2 - 5 мм, редко до 1 см) кварцевыми прожилками, несущими спорадическую вкрапленность пирита и молибденита.

Кварцевые и кварц-карбонатные жилы установлены в экзо - и эндоконтактовых частях массивов габбро-диоритов и диоритовых порфиритов. Протяженность кварцевых и кварц-карбонатных жил составляет 100 - 200 м при мощности 1 - 3 м.

Главными жильными минералами являются кварц и карбонаты (кальцит и анкерит), второстепенными – серицит и хлорит.

Главными рудными минералами являются пирит, арсенопирит и сфалерит, второстепенными – халькопирит, галенит и тетраэдрит. К числу редких минералов, относятся джемсонит и теллуровисмутит. Самородное золото представлено мелкими (первые мм) пластинчатыми выделениями двух генераций: более высокопробным, тяготеющим к участкам, обогащенным арсенопиритом, сфалеритом и халькопиритом, и более низкопробным, развитым в мелкозернистом кварц-карбонатном агрегате.

Содержания золота в кварц-карбонатных жилах составляют от 0,5 г/т до 7,4 г/т, серебра – 5 - 25 г/т. В кварц-карбонатных жилах наблюдаются повышенные содержания мышьяка, меди, свинца и цинка.

Относительно высокая сульфидность руд (3-5 % и более), широкое развитие пирита, арсенопирита и халькопирита, при наличии сфалерита, галенита, сульфосолей меди и свинца, сравнительно мелкое (0,5 - 2 мм) золото являются характерным признаками руд золото-сульфидно-кварцевой формации.

Стадийность минералообразования в рудных зонах золото-сульфидно-кварцевой формации установлена сотрудниками (Отчет о выполнении, 2006). Ими выделяется четыре стадии:

1. Молибденит-кварцевая (дорудная);

2. Халькопирит-арсенопирит-пирит-кварцевая (главная продуктивная), в ходе которой происходило отложение минералов арсенопирит-пирит-кварцевой и золото-тетраэдрит-халькопиритовой ассоциаций;

3. Галенит-анкерит-кварцевая (продуктивная) с галенит-анкеритовой и золото-пираргирит-халькопиритовой ассоциациями; 4. Кварц - кальцитовая.

2.4. Ландшафтно-геохимические условия

Исследуемая территория достаточно однообразна в ландшафтном отношении и в соответствии с принципами ландшафтного в ее пределах выделяются (Методические рекомендации, 2002):

Ряды ландшафтов. Около 97 % площади территории относится к области стабилизации и неотектонических поднятий. Последние развиты ограниченно в верховьях р. Бол. Анюй и р. Пеледон. В структурно-тектоническом плане эти участки приурочены к флангам Яракваамского поднятия.

Типы ландшафтов. Территория исследований принадлежит к тундровой природной зоне. Ее отдельные фрагменты являются частью северо-таежной зоны. В тундровой зоне выделяются две подзоны – горных тундр и горных редколесий.

Горно-тундровые ландшафты являются наиболее распространенными. Они занимают всю восточную и центральную часть территории. На северо-западе они приурочены к отрогам Анюйского хребта, на юго-западе – к отрогам Колымского нагорья. Горные редколесья имеют подчиненное значение и приурочены к невысоким водоразделам притоков р. Пеледон. Северо-таежные ландшафты развиты ограничено в нижнем и среднем течении р. Пеледон.

В тундровой зоне развиты хвойные редколесья, кедровые и ольховые стланики, кустарничковая растительность. Выше отметок 1000 м кустарничковая растительность сменяется гольцами и лишайниковой тундрой. Пойменная древесная растительность речных долин представлена ивой, тополем, ольхой.

Растительность северо-таежной зоны представлена хвойными лесами. Основным видом хвойной растительности является лиственница даурская. По долинам рек произрастает тополь, ива и береза.

Классы ландшафтов. В зависимости от щелочно-кислотных и окислительно-восстановительных условий миграции элементов на территории исследований выделяется три класса ландшафтов: кислый, тундрово-глеевый, торфяно-глеевый. Кислый класс распространен на водоразделах и склонах, покрытых делювиально-элювиальными отложениями. Тундрово-глеевый класс развит на пологих задернованных склонах. Торфяно-глеевый класс развит в долинах рек и по их заболоченным бортам.

К горным частям территории приурочены следующие подтипы почв: горные примитивные каменисто-щебнистые, горные подбуры тундровые и таежные и горные мерзлотно-таежные глеевые и глееватые на элювиально-делювиальных, делювиально-коллювиальных и коллювиальных плотных породах.

Подбуры сухоторфянистые и таежные на каменисто-мелкоземистых почвообразующих силикатных породах формируются в пределах денудационных плато и аккумулятивно-денудационных равнин в условиях хорошего дренажа. При затрудненном внутри почвенном дренаже на породах тяжелого механического состава при близком залегании вечной мерзлоты формируются таежные глеевые торфянистые или перегнойные или торфянистые неоглеенные почвы.

Болотные и аллювиальные почвы связаны с гидроморфным режимом увлажнения и приурочены к супераквальным ландшафтам (болота, поймы крупных рек).

Поверхностные воды территории относятся к классу гидрокарбонатно-кальциевым ультрапресных (М<0,1 г/л) с близкими к нейтральным значениями pH, формирующимися в весенне-летний период за счет таяния снега, а в летне-осенний период – за счет сезонной оттайки верхнего слоя многолетнемерзлых пород. В зависимости от типов ландшафтов наибольшей изменчивости подвержен катионный состав вод. В ландшафтах таежной зоны в катионном составе наряду с кальцием ведущую роль играет магний. В горно-тундровых ландшафтах катионный состав преимущественно кальциевый.

На заболоченных равнинах и низменностях, тяготеющих к долинам крупных рек (Пеледон, Мечкерева) образовалось большое количество мелких тундровых озёр за счет замедления поверхностного стока. Болота на территории имеют широкое распространение и приурочены к равнинам, межгорным понижениям и поймам рек. Общая минерализация болотных вод колеблется в пределах 30-140 мг/л; значения pH обычно находятся в области кислых – 5,4-6,4.

Роды ландшафтов. В структурно-геоморфологическом отношении рельеф рассматриваемой территории преимущественно выработанный (денудационный), в незначительной степени аккумулятивно-денудационный. В пределах листа выделяются глыбовые и глыбово-складчатые, средние и низкие горы, денудационные плато, аккумулятивные долины крупных рек.

Виды ландшафтов. Четвертичные отложения распространены практически повсеместно, за исключением вершин наиболее высоких водоразделов и поверхностей обрывистых склонов. Выделяются различные по генезису отложения. К денудационному рельефу приурочены четвертичные отложения гравитационного ряда – элювиально-делювиальные, делювиально-коллювиальные и делювиально-солифлюкционные.

Четвертичные отложения ледникового ряда (ледниковые и водно-ледниковые) приурочены, в основном, к аккумулятивно-денудационным формам рельефа, а водного ряда (аллювиальные и озерно-аллювиальные) – к аккумулятивным формам рельефа.

Ландшафтное районирование. На площади исследований выделяются следующие сочетания классов, родов и видов ландшафтов:

А) Горно-тундровые ландшафты.

1) Эрозионные и денудационно-эрозионные, в основном, массивные среднегорья, преимущественно грядовые, со сглаженными водоразделами, с мерзлотно-солифлюкционными формами, с кустарниковой растительностью по долинам и нижним частям склонов, выше с каменистыми и каменисто-лишайниковыми тундрами, с горными примитивными почвами, выходами коренных пород.

2) Денудационные, денудационно-эрозионные и эрозионные глыбово-складчатые и складчатые низкогорья, большей частью расчлененные с солифлюкционными и мерзлотно-солифлюкционными формами с кустарниковыми, каменисто-лишайниковыми, кустарничково-лишайниковыми тундрами по склонам и водоразделам с горными примитивными почвами и горными подбурами тундровыми на делювиально-коллювиальных образованиях, с выходами коренных пород.

3) Денудационно-цокольные и денудационно-эрозионные вулканогенные плато тундровых низких гор, плоские с широкими междуречьями, густо расчлененные, холмистые и волнистые, с мерзлотно-солифлюкционными формами, заболоченные, с каменисто-лишайниковыми, реже кустарничковыми и травяно-кустарничковыми тундрами, с горными подбурами тундровыми на элювиально-делювиальных и делювиально-солифлюкционных отложениях.

Б) Ландшафты горных редколесий тундровой зоны.

1) Денудационные и денудационно-эрозионные, глыбово-складчатые и складчатые низкогорья, массивные, расчлененные с мерзлотно-солифлюкционными формами, с лиственничным редколесьем и участками каменисто-лишайниковых тундр на водоразделах, с горными подбурами таежными и горными мерзлотно-таежными глеевыми и глееватыми почвами на делювиально-коллювиальных образованиях, с выходами коренных пород.

2) Аккумулятивные равнины (поймы и низкие террасы) редколесных низкогорий, плоские с руслами, протоками, старичными, реже термокарстовыми, озерами с лиственничным редколесьем и пойменными смешанными лесами, с пойменными болотными мерзлотными и торфянисто и торфяно-глеевыми болотными и таежными почвами на аллювиальных отложениях.

В) Северо-таежные ландшафты.

1) Глыбово-складчатые и складчатые среднегорья и низкогорья с лиственничными мохово-кустарничковыми редкостойными лесами, с таежными глеевыми и глееватыми, торфянистыми и таежными глеевыми торфянисто-перегнойными почвами на элювиально-делювиальных образованиях.

2) Аккумулятивные северо-таежные равнины пойм и низких террас, плоские, с термокарстовыми и старичными озерами, заболоченные, с лиственничными редколесьями кустарничково-моховыми и ерниковыми лесами в сочетании с кочкарными болотами, с пойменными болотными и торфяно-болотными почвами на аллювиальных отложениях.

В основу выделения категорий площадей по проявляемости вторичных литохимических ореолов положены сведения о видах и типах геохимических ландшафтов.

К открытым территориям отнесены площади среднегорных и низкогорных тундр и редколесий, а так же предгорные денудационные плато. Открытые территории занимают более 80% площади. Эта площади характеризуются развитием отложений элювиального и гравитационного рядов, определившим формирование устойчивых контрастных литохимических вторичных ореолов рассеяния.

К фрагментарно закрытым отнесено около 15% общей площади преимущественно в восточной и юго-восточной частях территориям. Они представлены денудационными плато с элювиально-делювиальными и делювиально-солифлюкционными образованиями, фрагментарно экранирующими остаточные механические вторичные ореолы. Вторичные ореолы формируются по смешанному типу (сочетание открытых и погребенных ореолов).

Закрытые территории имеют небольшое распространение (около 5%). Критерием выделения этих площадей являлось развитие водно-ледниковых, аллювиальных и озерно-аллювиальных отложений. К этим категориям относятся аккумулятивные долины крупных рек (Пеледон, Мечкерева). На подавляющей части площадей прогнозируется развитие погребенных вторичных остаточных ореолов рассеяния.

В пределах областей, испытавших в неоген-четвертичное время поднятия или стабилизацию, а это практически все выделенные ландшафтные обстановки литогеохимические потоки рассеяния формируются по открытому типу. Широкое развитие солифлюкционных склоновых отложений приводит к ослаблению сигнала в литохимических потоках рассеяния.

Открытые гидрогеохимические потоки рассеяния образуются почти на всей исследуемой территории в поверхностных водотоках и питающих их водах сезонно-талового слоя в пределах горной тундры и северо-таежных лесов.

С учетом установленных ландшафтных закономерностей и опыта работ в сопредельных районах территория является благоприятной для выявления рудных объектов по потокам и вторичным ореолам рассеяния.

3. Методика исследований

3.1. Полевые работы

Полевые работы проводились в соответствии с «Инструкцией по геохимическим методам поисков…, 1983» и «Методическими рекомендациями…, 1993» и включали:

1. Литохимические съемки по вторичным ореолам рассеяния М 1:50 000;
2. Литохимические съемки по вторичным ореолам рассеяния по сети М 1:10 000 м;
3. Поисковые маршруты;
4. Опробование горных выработок;
5. Литохимическое опробование бортов канав.

При поисках *по вторичным ореолам рассеяния* использовались стандартные прямоугольные сети. Заложение профилей проводилось с учетом геологического строения территории вкрест известных или предполагаемых рудоносных структур. При съемке масштаба 1:50 000 использовалась сеть 500×100 (расстояние между профилями 500 м, шаг опробования 100 м); при съемке масштаба 1:10 000 – сеть 100×20 (расстояние между профилями 100 м, шаг опробования 20 м). При поисковых литохимических съемках привязка точек отбора проб осуществлялась с помощью приборов GPS. На участках детальных работ проводилась инструментальная разбивка профилей с закреплением точек отбора деревянными пикетами.

Глубина отбора проб при литохимических съемках по вторичным ореолам составляла 0,2 - 0,4 м. В пробу отбирался песчано-глинистый материал. Масса пробы составлял 0,5 кг. Проба отбиралась в матерчатый мешочек, внутрь вкладывалась этикетка, на которой указывался профиль и пикет, буквенный код исполнителя и номер маршрута.

После просушки пробы просеивались через сито диаметром 1 мм. Вес сухой отсеянной пробы составлял 50-100 граммов. После просеивания пакеты раскладывались по порядку номеров, сверялись с журналами документации. Все неясности ликвидировались, утерянные пробы и пробы, масса которых оказалась недостаточной для проведения необходимых анализов, вычеркивались из журналов и с карты фактического материала и не включались в выполненные объемы.

Для документации пробоотбора использовались журналы литохимического опробования с цифровым кодированием. После маршрутов каждым исполнителем на рабочую топооснову выносились линии профилей и номера отобранных проб.

Поисковые маршруты проводились в соответствии с Временными требованиями…, 1999. Целью поисковых маршрутов являлось:

- определение характера, интенсивности и границ развития метасоматических изменений, их связи зонами разрывных нарушений, контактами субвулканических и интрузивных тел, наличие в их контуре рудоносных образований;

- выявление, прослеживание и штуфное опробование развалов жильных тел, зон сульфидизации, дробления, кварцевого прожилкования и других потенциально рудоносных образований;

- определение параметров потенциальных рудных тел и их связи с геологическими телами и тектоническими структурами, контролирующими размещение;

- уточнение геологического строения территории.

Поисковые маршруты проходили по профилям, проложенным по водоразделам, реже средним частям и подножиям склонов, с попутным осмотром аллювия водотоков.

Среднее расстояние между линиями поисковых маршрутов составляло 2 км, расстояние между пунктами наблюдения - 500 м. Средняя плотность поисковых маршрутов - 0,5 погонных км на 1 км^2 площади.

При выявлении в маршрутах развалоа жил, зон сульфидной минерализации и прожилкования, полей метасоматических изменений проводилось их прослеживание, описание и опробование.

Опробование гидротермальных образований осуществлялось методом «сборной» штуфной пробы, в которую отбиралось несколько сколков из развалов кварцевых жил, прожилков, сульфидизированных пород однотипного состава в радиусе нескольких метров. При наличии выраженных различий в составе гидротермальных образований каждая разновидность рудоносных образований опробовалась отдельной пробой. В ходе маршрутов опробовались также все встреченные по ходу гидротермальные образования и метасоматиты, несущие следы рудной минерализации. К каждой пробе отбирался образец для проведения минералогического изучения состава руд в камеральный период. Масса штуфной пробы составляла 1 – 1,5 кг, размеры образца – 5-10 см в поперечнике.

Привязка точек наблюдения и мест отбора штуфных проб осуществлялась с помощью приборов GPS. Каждой штуфной пробе присваивался восьмизначный номер: каждые четыре цифры, разделенные дробью, соответствовали координатам в системе «Гаусса-Крюгера» (точность привязки использовавшимися приборами ±10 м).

Точки наблюдения, линии маршрутов и места отбора штуфных проб и геологическая нагрузка выносились на полевые маршрутные карты масштаба 1:50000, изготовленные путем 2-х кратного увеличения топографической основы масштаба 1:100000.

Поисковые маршруты сопровождались ведением полевой документации с описанием геологического строения на интервалах маршрута, взаимоотношений между

различными геологическими образованиями, гидротермально-метасоматических изменений (их состава, распространенности) и гидротермальных рудоносных образований, являющихся основными объектами поисков. Описание последних включало состав, геометрические параметры (протяженность, мощность, размеры обломков в развалах), пространственные характеристики залегания (простирание, падение), взаимоотношение с вмещающими породами.

На участках детальных работ вскрытие и опробование предполагаемых рудных тел производилось путем проходки канав и бурением поисковых скважин. Проходка канав проводилась в летний период бульдозерами Б-10 методом «на оттайку». Для разведки рудных тел с поверхности на месторождении Купол производилась проходка траншей.

Средняя глубина канав на участках горных работ - 2,2 м, углубка в коренные породы составляла 0,6 м (местами до 1,0-1,2 м). Ширина полотна бульдозерных канав - 3,5 м. Ширина полотна траншей варьировала в зависимости от мощности жильной зоны и составляла от 10 до 40 м. Перед документацией и опробованием выполнялась ручная зачистка (добивка) полотна канав и траншей, пройденных бульдозером,.

Геологическая документация горных выработок сопровождалась опробованием и описанием полотна траншей и канав. Расстояние между канавами составляло 100-200 м, между сечениями опробования в траншеях - от 2 до 5 м. Всего на участках Купол, Токай, Дублон, Августейший, Прикуп было пройдено 15700 метров канав и 410 м траншей.

Для прослеживания ожидаемых рудных тел на глубину, изучения их структурно-морфологических особенностей и состава производилось колонковое бурение наклонных поисковых скважин (60^0) средней глубиной 50 м (до 100 м).

Бурение производилось на участках Купол, Прикуп, Токай, Дублон. В рамках Верхне-Яблонского проекта силами АГГГП пробурено на участках 4600 м скважин.

Бурение скважин АГГГП велось станками СКБ-4, смонтированными на передвижных буровых установках, с электроприводом (источник электроэнергии – передвижные дизельные электростанции ДЭС-60), снарядом ССК-59. В 2004 году на участке Прикуп для большей представительности опробования керна бурение велось снарядом ССК-76. Выход керна при бурении снарядом ССК составил 95-100 %.

Бурение наклонных (55 - 75^0) скважин на месторождении Купол в последующие годы проводилось Чукотской горно-геологической компанией двумя буровыми установками LY-38 фирмы «Boart Longear» (Канада) и двумя установками ВУР-500 со станками СКБ-4. Диаметр бурения станками LY-38 – 89 и 76 мм (при средней производительности 136 м/сутки), для СКБ-4 – 76 мм (при средней производительности 35 м/сутки). Бурение осуществлялось с промывкой по прямой схеме. Использовались

снаряды со съемными керноприемниками. Средний выход керна по скважинам составил 93 %. Общее количество скважин – 166 шт.; суммарная глубина – 22253,45 м; средняя глубина скважины – 134,87 м.

Согласно инструкции по проведению геологоразведочных работ поверхностные горные выработки были опробованы бороздовыми (жильные интервалы, метасоматиты) и сколковыми (слабоизмененные породы) пробами. Рудные интервалы и околорудные метасоматиты, вскрытые скважинами, опробовались в объеме всего керна, слабоизмененные породы - сколками.

При бороздовом способе опробования вдоль обнаженной поверхности канавы по заранее отмеченной линии в дне вырубалась борозда прямоугольного сечения. Отбор проб производился вручную с помощью зубила и молотка. Опробование производилось секционным методом, секции выделялись макроскопически по литолого-петрохимическим особенностям пород.

При сколковом способе равномерно с каждого интервала опробования отбивалось 10-12 образцов одинакового размера (массой 50 - 80 г) . Отбор производился с помощью многозубкового молотка, что способствовало выдержанности поперечных сечений «пунктирной» борозды, снижало вероятность избирательного выкрашивания минералов и обеспечивало удовлетворительную достоверность опробования.

При задирковом способе со всей обнаженной поверхности полезного ископаемого отбивался ровный слой, который поступал в пробу. Отбойка задирковых проб производилась вручную. Задирковый способ использовался при опробовании тонких жил с крайне неравномерным распределением рудной минерализации.

При бурении скважин использовался колонковый метод; материалом пробы служил керн. Для отбора пробы керн раскалывались по его длинной оси вручную или при помощи кернокола. Одна половина (или четверть) керна шла в пробу, другая сохранялась в качестве дубликата. Опробование производится секционным методом, секции выделялись макроскопически по литолого-петрохимическим особенностям пород.

Средняя длина бороздовых и керновых проб составляла 1 м. Сколковое опробование проводилось с интервала 5 м по полотну канав и по керну скважин.

Литохимическое опробование бортов канав проводилось на месторождении Купол, проявлениях Токай, Прикуп и Дублон. Опробование проводилось по сериям разрезов над выходами вскрытых в полотне рудоносных зон и околорудных метасоматитов. В каждом разрезе опробовались от 2 до 5 горизонтов в зависимости от глубины канавы. Мощность выделяемых горизонтов опробования в сечениях в среднем составляла 50 см. Отбор проб

из верхнего горизонта производился на глубине около 15-20 см, что соответствует опробованию при поисковых съемках по вторичным ореолам рассеяния. В зависимости от строения разреза и мощности рыхлых образований второй или третий горизонт опробования приходился на границу сезонно-талого слоя с мерзлым элювио-делювием. Нижний (в зависимости от мощности отложений третий, четвертый или пятый) горизонт представлял структурный элювий с песчано-глинистым заполнением по трещинам.

Расстояние между опробуемыми вертикальными разрезами в среднем составляло 5 метров: вблизи от выхода рудного тела оно сгущалось до 2,5 м, на удалении от рудной зоны – разряжалось до 10-15 м. Всего было опробовано 44 разреза в 5 канавах (№ 4, 9, 13, 33 и 34) на месторождении Купол, 34 разреза в 3 канавах (№ 7, 21 и 22) на проявлении Токай, 4 разреза в 3 канавах на проявлении Прикуп, 4 разреза в 3 канавах на проявлении Дублон.

В пробу набиралась песчано-глинистая фракция, общей массой 0,5 кг. После просушивания пробы просеивались через сито диаметром 1 мм и отправлялись в лабораторию для дальнейшего анализа.

3.2. Аналитические исследования

Пробы, отобранные на разных стадиях поисковых и геохимических работ, подвергались следующим видам лабораторного анализа:

- приближенно-количественному эмиссионному спектральному на 24 элемента (съемка М 1:50000);

- приближенно-количественному эмиссионному спектральному на 17 элементов (съемка М 1:10000, сколковые, штуфные, бороздовые и керновые пробы);

- атомно-эмиссионному ICP на 36 элементов (керновые пробы из рудных интервалов и околорудных метасоматитов, отобранные на месторождении Купол Чукотской горно-геологической компанией).

- химико-спектральному на золото (все пробы);

- атомно-абсорбционному на золото, серебро (все пробы с содержанием золота выше 0,1 г/т по данным химико-спектрального анализа) и ртуть (разрезы канав);

- пробирному на золото и серебро (бороздовые и керновые пробы из рудных интервалов, штуфные пробы).

В работе использовались результаты анализов различных лабораторий. В разные годы аналитические работы были выполнены в Чаунском ГГГП, Александровской ОМЭ,

Бронницкой экспедиции, Анюйском ГГГП, а так же лаборатории компании «Кинросс». Все определения пробирным методом золота и серебра были проведены в Анюйском ГГГП. ICP-AES анализ (далее по тексту – ICP анализ) был выполнен лабораторией компании «Кинросс», там же проводились контрольные определения пробирным методом содержаний золота и серебра. По информации Чукотской горно-геологической компании, в результате контрольных определений значимых расхождений с содержаниями, определеными пробирным методом в лаборатории Анюйской ГГГП не выявлено.

Подготовка проб к анализу проводилась в Анюйском ГГГП и включала истирание литохимических, дробление и истирание бороздовых проб до крупности 0.074 мм. Разложение проб для ICP-AES анализа смесью плавиковой, азотной, хлорной и хлорно-водородной кислот проводилось в лаборатории компании «Кинросс». Применение разложения «4-мя кислотами» позволяет разрушить большую часть минералов, однако метод считается приближенно-количественным, поскольку для отдельных элементов возможно присутствие неразлагаемых форм, из которых элемент не переходит в раствор.

Спектральный приближенно-количественный анализ выполнен методом трехфазной просыпки на дифракционном спектрографе (в лабораториях были использованы ИСП-30, ДФС-13, ДФС-8). Характеристика метода приведена в табл. 8, 9.

Таблица 8

Характеристики приближенно-количественного спектрального метода анализа проб лаборатории Чаунской экспедиции

№№ пп	Элемент	Порядок содержания n 10^{-x}	Нижний предел обнаружения	№№ пп	Элемент	Порядок содержания n 10^{-x}	Нижний предел обнаружения
1.	Золото	–7	2	17.	Бериллий	–4	2
2.	Медь	–3	1	18.	Ниобий	-4	6
3.	Серебро	–6	3	19.	Литий	–3	2
4.	**Мышьяк**	–3	3	20.	Ванадий	–3	1
5.	**Сурьма**	–3	2	21.	Цирконий	–2	1
6.	Свинец	–4	1	22.	Галлий	–4	3
7.	Олово	–4	1	23.	Германий	–5	7
8.	**Вольфрам**	–4	5	24.	Скандий	–4	7
9.	Молибден	–5	3	25.	Иттрий	-4	6
10.	Цинк	–3	3	26.	Хром	–4	3
11.	**Висмут**	–5	5	27.	Иттербий	-4	1
12.	Кобальт	–4	5	28.	**Кадмий**	–4	7
13.	Никель	–4	3	29.	**Индий**	–4	3
14.	Марганец	–4	5	30.	Гафний	–2	1
15.	Титан	–2	2	31.	Тантал	–2	1
16.	Барий	–2	2	32.	Галлий	–4	7

Таблица 9

Характеристики приближенно-количественного спектрального метода анализа проб лаборатории ОМЭ (г.Александров)

Химический элемент	Нижний предел обнаружения, %	Кларк, %	Химический элемент	Нижний предел обнаружения, %	Кларк, %
Pb	0,0002	0,002	Co	0,0003	0,002
Cu	0,0001	0,005	Ni	0,0003	0,006
Zn	0,002	0,008	Cr	0,0003	0,008
Ag	0,000005	0,000005	Mn	0,001	0,1
Mo	0,00003	0,0001	Ba	0.05	0.07
Sn	0,0001	0,0004	Li	0,001	0,003
As	0,003	0,0002	**Bi**	0,0001	0,00001
Sb	0,002	0,00007	Be	0.0004	0.0004
W	0,0005	0,00004			

Примечание: жирным шрифтом выделены химические элементы, для которых нижний предел обнаружения превышает кларк, что является критерием недостаточной чувствительности применяемого аналитического метода.

Перечень определяемых элементов и нижниие пределы обнаружения в обеих лабораториях соответствуют «Инструкции…, 1983» и являются достаточными для решении геологических задач при геохимических поисках по вторичным и первичным ореолам.

В проанализированных пробах не установлены только содержания кадмия, индия, тантала, галлия, гафния. Все остальные элементы определены более чем в 50 % проб.

Ошибки измерений ПКСА δ сист = 0,92, δ случ = 1,35.

Сравнение пределов обнаружения спектрального приближенно-количественного анализа и метода ICP (табл. 10) позволило выявить следующие различия:

1) Более низкий предел обнаружения вольфрама, никеля, марганца, скандия, кадмия – в пределах одного порядка; меди, мышьяка, сурьмы, цинка, ванадия – на 1 порядок; титана, бария, циркония – в пределах 1,5 - 2 порядков методом ICP анализа.

2) Более низкий предел обнаружения приближенно-количественным спектральным методом серебра, молибдена, висмута (разница пределах половины – двух порядков).

Определение олова и титана методом ICP признано недостоверным, так как большая часть этих элементов не перешла в раствор: в 99.9% проб не установлено значимых содержаний олова, в 99% проб определены содержания для титана 0,005%, в 36 пробах - от 0,01 до 0,13%, что значительно ниже кларка (фона) этого химического элемента в горных породах и фона в рыхлых образованиях, развитых на площади работ.

Таблица 10

Характеристики приближенно-количественного ICP-AES анализа

№ пп	Элемент	Интервал обнаружения, г/т	№ пп	Элемент	Интервал обнаружения, г/т
1	Ag	1-200	16	Sc	1-10000
2	As	2-10000	17	Sn	5-500
3	Ba	5-10000	18	Sr	1-10000
4	Be	1-1000	19	V	1-10000
5	Bi	3-10000	20	W	5-10000
6	Cd	5-1000	21	Y	1-500
7	Co	1-10000	22	Zn	2-10000
8	Cr	5-10000	23	Zr	1-500
9	Cu	1-10000	24	Al	0.01-25
10	Mn	5-10000	25	Ca	0.01-25
11	Mo	1-10000	26	Fe	0.01-50
12	Ni	1-10000	27	K	0.005-10
13	P	10-10000	28	Mg	0.005-25
14	Pb	1-10000	29	Na	0.005-10
15	Sb	3-10000	30	Ti	0.005-10

Нижний предел обнаружения золота и серебра атомно-абсорбционным методом соответствует инструктивным требованиям. Определение концентраций ртути проводилось на ртутно-абсорбционном фотометре “Меркурий-3 М” методом флуоресцентного анализа с пределом обнаружения 2·10-7 %, δ сист.=0.94, δ случ.=1,5.

Химико-спектральным анализом на золото (категория точности IY-Y) анализировались все пробы. Нижний предел обнаружения по разным лабораториям составляет 0,002 - 0,004 г/т, что является достаточным для решения задач по выявлению золоторудных объектов при поисках по вторичным и первичным ореолам. Внутренний контроль результатов анализов проводился в соответствии с требованиями.

Пробирным анализом на золото исследовались штуфные пробы, рудные, метасоматические интервалы в опробованных канавах и скважинах, а так же часть сколковых проб. Нижний предел обнаружения золота - 0,5 г/т, серебра – 5 г/т.

3.3. Методика обработки геохимических данных

Камеральные работы состояли из следующих этапов:

1. Формирование базы первичной геохимической информации из массивов аналитических данных и координат точек опробования.

В основу компьютерных методов обработки геохимических данных положена интеграция классических статистических и детерминированных моделей и методов обработки с геоинформационными технологиями.

На начальном этапе производилось объединение результатов анализов геохимических проб, данных по привязке сетей опробования и т.п., в единую базу геохимических данных с использованием Microsoft Access. Экспорт/импорт табличных данных осуществлялся в формате dBase (dbf). Содержания элементов приводились к единому типу (г/т), обязательным являлось наличие полей, содержащих координаты точек отбора проб.

Весь объем аналитических данных подразделяется на информационные массивы:

- литохимической съемки по вторичным ореолам рассеяния М 1:50000 (по участкам);
- литохимической съемки по вторичным ореолам рассеяния М 1:10000 (по участкам);
- результатов штуфного опробования, выполненного в поисковых маршрутах (по участкам);
- результатов бороздового и сколкового опробования по канавам и скважинам;
- результаты опробования бортов канав;
- результаты опробования керна скважин за 2003 году, проведенного Чукотской горно-геологической компанией на месторождении Купол.

Созданный таким образом блок аналитических данных состоит из реляционных таблиц содержащих:

а) общую характеристику массива проб - ключевым полем является «Индекс массива» с указанием номенклатуры листа, масштаба работ, метода геохимических работ, названия организации и ФИО ответственного исполнителя, времени пробоотбора, сведений о количестве основных и контрольных проб, методах анализа, перечне проанализированных элементов.

б) общую характеристику геохимической пробы массива - ключевым полем является «Номер пробы» (указываются сведения об опробованном компоненте ПГС, дата и место отбора пробы и координаты точки пробоотбора);

в) результаты анализов проб: в таблице указываются номера проб, координаты точек отбора проб и значения содержаний каждого из проанализированных элементов.

Реляционные таблицы были объединены в единую геоинформационную систему. В дальнейшем информация из базы данных использовалась как для обработки с целью получения новых данных, так и в виде справочной.

2. Статистическая обработка геохимических данных. Обработка материалов на всех этапах геохимических работ включала следующие основные операции:

- составление карты фактического материала по всем видам геохимического опробования на топографической основе в масштабе проводимых геохимических исследований;

- оценка параметров местного геохимического фона и минимально-аномальных содержаний химических элементов для выделения аномальных геохимических полей с использованием геолого-ландшафтной основы.

Для расчёта параметров геохимического фона создавались выборки по данным, которые характеризовались преобладанием относительно низких и не очень сильно колеблющихся содержаний элемента. Выделение проводилось с использованием модулей пространственного анализа ГИС-систем.

Способы оценки параметров фона по выделенным выборкам зависят от того, каким законом лучше аппроксимировать статистическое распределение содержаний элемента. Для микроэлементов, в том числе большинства рудных, обычно лучше подходит аппроксимация логарифмически нормальным законом.

При логнормальном распределении в качестве геохимического фона использовалось среднегеометрическое значение по выборке:

$$C_{ф} = \widetilde{C} = \sqrt[N]{\prod_{i=1}^{N} C_i}, \qquad (1)$$

Разброс данных относительно среднего значения при логнормальном распределении характеризовался стандартным множителем:

$$\varepsilon = \exp\left(\sqrt{\frac{\sum \left(\ln C_i - \ln C_{ф}\right)^2}{N-1}}\right), \qquad (2)$$

В случае логарифмически нормального распределения фоновых содержаний минимально аномальные значения определялись по следующей формуле (Соловов, 1985):

$$C_{an} = C_{ф} \cdot \varepsilon^{+\frac{3}{\sqrt{m}}}, \qquad (3)$$

где m – количество пространственно сближенных точек.

3. Построение моноэлементных геохимических карт. Для построения моноэлементных карт использовались программы автоматического построения изолиний (Surfer, геостатистический модуль ArcGis, Gold-геохимик) с последующей ручной

корректировкой результатов. Интервалы значений в сечениях аномалий выбирались исходя из установленного размаха содержаний конкретного химического элемента.

4. Методика построения структурно-геохимических моделей АГХП

Методические основы структурно-геохимического метода разработаны В.М.Питулько (1990), С.А. Григоровым (1988, 1990), С.В. Соколовым (1998). Основой для выделения АГХП ранга рудных полей являлись моноэлементные геохимические карты основных рудных элементов и их спутников. Выделение АГХП проводилось на основании пространственного совмещения аномалий химических элементов в ArcGis. Контуры АГХП корректировались с учетом геологического строения территории. В одно поле объединялись аномалии, распространенные на близких по составу и возрасту геологических образованиях или сложенные различными геологическими образованиями, прорванными одновозрастными интрузивами. Рангу рудного поля соответствовали следующие структуры: интрузивные массивы и их экзоконтактовые зоны, локальные вулканоструктуры, системы одновозрастных субвулканических тел, линейные зоны разрывных нарушений и области их пересечения, участки развития благоприятных для локализации типов горных пород и др.

В аномальных геохимических полях выделялись ядерная, промежуточная и внешняя зоны. Ядерные зоны АГХП выделялись в аномальных контурах с высокими содержаниями главных рудных элементов (золота, серебра, свинца, цинка, молибдена). В промежуточные зоны АГХП выделялись участки, прилегающие к ядерным частям, на площади которых развиты средне- и слабоконтрастные аномалии рудных элементов, пространственно перекрывающиеся между собой. Внешняя зона АГХП включала пространственно разобщенные слабоконтрастные аномалии элементов.

Выделение аномальных геохимических полей ранга рудных узлов проводилось путем объединения в общий контур АГХП рудных полей с близкими по составу ассоциациями элементов-спутников золота. Контуры АГХП корректировались с учетом структурно-тектонических особенностей строения территорий: выделяемых в ее пределах локальных поднятий, депрессий, систем тектонических разломов, зон надвигов, площадей развития потенциально-рудоносных геологических комплексов, вмещающих известные проявления золота, относящихся к одной рудной формации.

5. Определение параметров аномальных геохимических полей.

Проводилось с целью установления их рудно-формационной принадлежности и количественной оценки прогнозных ресурсов. Математическая обработка данных включала определение стандартных параметров АГХП: средних содержаний ($C_{ср.ан.}$),

отношений между содержаниями элементов в аномалиях, коэффициентов концентрации ($К_с$), площадных (Р) и удельных продуктивностей (q) химических элементов.

Основными критериями определения принадлежности АГХП к конкретным рудным формациям (рудно-формационным типам) является состав (типоморфная ассоциация) и соотношения между элементами в аномальном геохимическом поле.

Для характеристики состава АГХП использовались величины коэффициентов концентрации химических элементов.

$$К_с = С_{ср.ан}/С_ф \qquad (4)$$

В состав ассоциаций АГХП включались химические элементы, характеризующиеся уровнем накопления $К_с \geq 2$. Выделенные типоморфные ассоциации химических элементов ранжировались по убыванию $К_с$. Определение принадлежности АГХП проводилось по первым членам ранжированного ряда с учетом уровней накопления рудных элементов.

Дополнительным критерием определения состава геохимических ассоциаций и формационной принадлежности оруденения служили результаты многомерной статистики: корреляционный (построение корреляционных дендрограмм и спектров) и факторный анализ (программы Gold-геохимик, statistica и др.).

Для графического отображения результатов типизации была разработана специальная тройная диаграмма в барицентрических координатах. Для сокращения числа координат при построениях использовались парные суммы коэффициентов концентрации: Kc(Pb)+Kc(Zn), Kc(As)+Kc(Sb) и Kc(Mo)+Kc(Cu). Сумма коэффициентов концентрации элементов, образующих треугольник была пересчитана на 100%. В общем виде формулу, описывающую положение точки соотношения между суммами Kc, можно представить:

$$T = \frac{Kc_{As} + Kc_{Sb}}{\sum Kc} + \frac{Kc_{Cu} + Kc_{Mo}}{\sum Kc} + \frac{Kc_{Pb} + Kc_{Zn}}{\sum Kc},$$ где Т – точка, характеризующая соотношения сумм коэффициентов концентрации на объекте, ΣKc – сумма Kc Cu, Mo, As, Sb, Pb и Zn.

К числу параметров, определяющих перспективность рудных полей относятся площадная и удельная продуктивности главных рудных элементов и интенсивность АГХП.

Площадные продуктивности рассчитывались по формуле

$$Р = (С_{ср.ан.} - С_ф)\cdot S \qquad (5)$$

Величина площадной продуктивности является исходным параметром для оценки прогнозных ресурсов полезного компонента в АГХП. Несмотря на прямую

пропорциональную зависимость между этими двумя параметрами, большим величинам продуктивности не обязательно соответствуют большие ресурсы. Это правило реализуется для однотипных проявлений полезных ископаемых с одинаковым уровнем эрозионного среза, расположенных в одинаковых ландшафтно-геохимических условиях.

Удельная продуктивность АГХП характеризуют степень концентрированности оруденения на площади рудного поля.

Удельные продуктивности рудных элементов в АГХП рассчитывали по формуле:

$$\Delta q = \frac{P \cdot d}{S \cdot 100\%} = \frac{P \cdot 2{,}5}{S \cdot 100\%} = \frac{P}{40 \cdot S} m/м/км^2 \qquad (6)$$

где Р, м^2% – площадная продуктивность элемента, d=2,5 т/м^3 – средняя плотность гонных пород, S, км^2 – площадь структуры в пределах АГХП.

Интенсивность АГХП является интегральной мерой накопления элементов-индикаторов в его контуре (Головин, 1998). В общем случае, чем интенсивнее аномальное поле, тем крупнее и перспективнее прогнозируемое оруденение. Интенсивность определяется величиной суммы коэффициентов концентрации (∑Кс). По интенсивности АГХП дифференцируются на три категории: высокую, среднюю и низкую.

При построении структурно-геохимических моделей АГХП площади, средние содержания элементов, коэффициенты их концентрации, площадные и удельные продуктивности определялись раздельно для ядерных, промежуточных и внешних зон. Каждая из зон характеризовалась геохимической ассоциацией, представленной ранжированным рядом убывающих по степени концентрации элементов. По рассчитанным параметрам ядерных частей проводилась типизация выделенных АГХП.

Важнейшими параметрами, используемыми при оценке прогнозных ресурсов АГХП по параметрам вторичных ореолов, является коэффициент пропорциональности *k*, определяющий зависимость между количеством металла во вторичном ореоле (М, м%; Р, м^2%) и в коренном оруденении ($М_р$, м%; $Р_р$, м^2%):

$$М = k \cdot М_р \text{ и } Р = k \cdot Р_р \qquad (7)$$

где $k > 1{,}0$ - коэффициент остаточной продуктивности, зависящий от индивидуальных свойств элементов, от морфологии коренного оруденения и местных ландшафтно-геохимических условий. Исходя из общих законов гипергенной миграции химических элементов, существуют априорные представления о величинах коэффициентов пропорциональности в зависимости от ландшафтно-геохимических условий и свойств

рудных элементов (Соловов, 1985) и их численные значения, определенные в различных регионах на основании опытно-методических работ.

Определение этих параметров применительно к местным условиям проводилось по эталонным АГХП, на которых последовательно выполнялись съемки по вторичным ореолам рассеяния и опробование рудных тел в коренном залегании.

6. Оценка прогнозных ресурсов. Подсчет прогнозных геохимических ресурсов профилирующих металлов проводился по категории P_3 в соответствии с требованиями «Инструкции…, 1983», «Методических рекомендаций, 1992, 1993».

Для подсчета использовались два метода оценки: 1) по надфоновым концентрациям и геометрическим параметрам АГП, получивший широкое распространение в связи с применением компьютерных технологий обработки результатов геохимических съемок по потокам и ореолам рассеяния; 2) метод подсчетов по коэффициенту подобия эталонного месторождения, принадлежащего к соответствующей рудной формации.

Первый метод является модифицированным вариантом оценки прогнозных ресурсов по известным формулам А.П. Соловова (1985). Он адаптирован под схему компьютерной обработки данных на основе современных ГИС-технологий. Принятая схема обработки включает в себя автоматический подсчет площадей выделенных полигонов – расчеты в них средних содержаний профилирующих металлов – подсчет прогнозных ресурсов до заданной глубины с учетом фоновых содержаний и поправочных коэффициентов:

$$Q = 1/k \cdot \alpha \cdot (C_{ср} - C_{ф}) \cdot S \cdot H \cdot d \qquad (8)$$

где $C_{ср}$ – среднее содержание элемента в АГХП (г/т); $C_{ф}$ – фоновое содержание элемента (г/т); S – площадь аномалии оцениваемого полезного ископаемого в АГХП ($км^2$); H – глубина распространения оруденения (м); d – плотность горных пород (2,5 $т/м^3$); $\alpha < 1$ – коэффициент, учитывающий долю химического элемента в АГХП, отвечающую его концентрированному состоянию; $k > 1$ – коэффициент остаточной продуктивности.

Недостатком этого метода является необходимость определения коэффициента остаточной продуктивности, который варьирует для объектов разной формационной принадлежности в одних тех же ландшафтных условиях, и поправочного коэффициента α, учитывающего долю забалансовых руд, выбор которого определяется исходя из формализованного подхода – крупности объекта, масштаба съемки, ранга объекта и др.

Второй метод основан на использовании принципа геохимического подобия между однотипными месторождениями различных классов крупности (Соловов, 1985). Исходя из этого принципа, линейные, площадные и объемные геохимические параметры (и

геометрические размеры) оцениваемых объектов и эталона связаны между собой через коэффициент подобия:

$$æ = \sqrt[3]{\frac{Q_{проявл.}}{Q_{этал.}}} = \sqrt{\frac{P_{проявл.}}{P_{этал.}}} = \frac{M_{проявл.}}{M_{этал.}} = \frac{L_{проявл.}}{L_{этал.}} = \frac{h_{проявл.}}{h_{этал.}} = \frac{a_{проявл.}}{a_{этал.}} \qquad (9)$$

где $Q_{этал.}$, $P_{этал.}$, $M_{этал.}$, $L_{этал.}$, $h_{этал.}$, $a_{этал.}$ – параметры эталонного объекта: запасы, площадная продуктивность (вторичных ореолов), линейная продуктивность, протяженность по простиранию, полная протяженность оруденения на глубину, мощность; и $Q_{проявл.}$, $P_{проявл.}$, $M_{проявл.}$, $L_{проявл.}$, $h_{проявл.}$, $a_{проявл.}$ – аналогичные параметры оцениваемого объекта. Исходя из этой зависимости, при правильно подобранном эталоне, можно получить ресурсы проявления по следующей формуле:

$$Q_{проявл.} = æ^3 \cdot Q_{этал.} = \left(\sqrt{\frac{P_{проявл.}}{P_{этал.}}} \right)^3 \cdot Q_{этал.} \qquad (10)$$

где $Q_{проявл.}$ - прогнозные ресурсы оцениваемого объекта, $Q_{этал.}$ - запасы эталонного месторождения, $P_{проявл.}$ - площадная продуктивность вторичных ореолов на оцениваемом объекте, $P_{этал.}$,- площадная продуктивность вторичных ореолов на эталонном месторождении, æ - коэффициент подобия.

При известной оценке уровне эрозионного среза можно получить долю ресурсов в неэродированной части:

$$H_i = \frac{0.8 - i}{0.6} \cdot H_{полн.} \qquad (11)$$

где i – оцененный уровень эрозионного среза проявления в относительной метрике (от 0,2 до 0,8), H_i – оценка протяженности рудного тела на глубину с учетом эрозионного среза, $H_{полн.}$ – полная протяженность тела на глубину.

3.4. Методика исследования геохимической зональности оруденения

Существуют две основные методики изучения геохимической зональности месторождения: первая предложена А.П. Солововым (1985), разработкой второй занимался С.В.Григорян (1987). Как в первой, так и во второй используются средние аномальные содержания или продуктивности элементов в первичном ореоле месторождения.

По методу А.П. Соловова геохимический ряд зональности элементов можно определить, сравнивая между собой величины парных отношений средних надфоновых концентраций или продуктивностей элементов типоморфного комплекса на интервале

надрудный ореол – рудный интервал – подрудный ореол. Если отношение с глубиной убывает, то элемент числителя располагается в ряду зональности выше элемента знаменателя. В случае если отношение меняется не монотонно, вычисляется центр тяжести этого отношения (в относительной метрике приписывается горизонт месторождения). Если центр тяжести отношения находится выше среднего уровня месторождения, то элемент числителя находится выше в ряду зональности, чем элемент знаменателя. Для обработки многоэлементных массивов на кафедре геохимии МГУ была разработана программа «Ню-2». С помощью программы можно выявить не только ряд зональности, но и установить коэффициенты зональности ν (1, 2 или 3 порядка), монотонно убывающие с глубиной.

С.В. Григорян предложил использовать *коэффициент контрастности*, который представляет собой отношение средней аномальной концентрации (продуктивности) элемента в верхнем горизонте к аналогичной величине в нижнем горизонте. Располагая элементы в порядке возрастания коэффициентов контрастности, получается ряд геохимической зональности снизу вверх. Поскольку коэффициент контрастности не учитывает распределение элемента на промежуточных уровнях месторождения, автор предлагает использование *показателя зональности* в случае не монотонного изменения средних концентраций (продуктивностей) элемента по разрезу. Показатель зональности – отношение продуктивности элемента к суммарной продуктивности элементов, используемых при нахождении зональности. Для нахождения зональности предлагается использовать характерные для данного типа элементы-индикаторы. Ряд зональности первоначально составляется качественно – по расположению максимума показателя зональности на определенном уровне месторождения. Для уточнения положения элементов в ряду зональности используется показатель изменчивости. С помощью показателя изменчивости элементы выстраиваются в последовательный зональный ряд.

По методу Григоряна введение новых элементов в ряд зональности требует полного пересчета, тогда как в методе Соловова достаточно пересчитать отношения для добавленных элементов, чтобы расположить их в общем ряду зональности.

В данной работе для выявления геохимической зональности использовалась методика, предложенная А.П. Солововым.

Основными задачами при исследовании вертикальной зональности являются определение последовательности отложения химических элементов (снизу-вверх) и выявление геохимических показателей зональности *v*, значения которых однонаправлено («монотонно») меняется на всем протяжении рудной зоны. В этом случае каждому численному значению геохимического показателя будет однозначно соответствовать

определенный гипсометрический уровень (горизонт) рудной зоны *(z)*. Имея сведения о величинах $v_z=f(z)$ для эталонных месторождений, можно решать задачи оценки рудопроявлений и зон минерализации при поисках и разведке.

На практике задача исследования зональности существенно осложняется вследствие влияния природных и технических помех. При отсутствии устойчивых однонаправлено изменяющихся соотношений между двумя химическими элементами, требуется выявление геохимических показателей старшего порядка (2-го, 3-го), что невозможно без применения специальных компьютерных программ.

Выявление ряда зональности элементов и отыскание отношений между их содержаниями, монотонно изменяющихся вдоль рудной зоны, осуществлялось с помощью программы «Ню-2», разработанной на кафедре геохимии МГУ. Исследование зональности оруденения по программе «Ню-2» можно проводить по нескольким разрезам (разведочным профилям), что позволяет выявлять общие для них геохимические закономерности.

Входными данными для обработки в программе «Ню-2» служат величины линейных продуктивностей или средних надфоновых концентраций элементов типоморфного комплекса в первичных ореолах рассеяния. Для каждого профиля приводится набор средних содержаний элементов (продуктивностей) на каждом из горизонтов месторождения. Композицией называется сочетание профилей, входящих в обработку для получения ряда геохимической зональности.

Исследование вертикальной зональности оруденения по программе «Ню-2» для повышения устойчивости выявляемых геохимических показателей проводилось двумя способами: 1) путем составления «послойной» модели с подсчетом средних содержаний в элементарных слоях месторождения мощностью 50 м, параллельных дневной поверхности; 2) путем составления «композиции» из нескольких разрезов (разведочных профилей), выбор которых определялся полнотой вскрытия Главного рудного тела от верхней до нижней выклинки на отдельных его интервалах, и подсчетом в сечениях средних содержаний рудных элементов.

Для выяснения общих закономерностей зонального строения месторождения и предполагаемого направления движения рудоносных растворов проводились построения изолиний показателя зональности в продольной проекции Главного рудного тела.

Завершением исследования зональности являлось построение формализованной геохимической модели месторождения, характеризуемой зависимостями $C_z = f(z)$ и $\nu_Z = f(z)$. Предложенная модель позволяет производить оценку уровня эрозионного среза однотипных проявлений в метрике эталона.

4. Критерии выделения, типизации и оценки перспективности АГХП рудных полей северной части Верхне-Яблонской металлогенической зоны

4.1. Геолого-геохимические параметры и характеристики эталонных АГХП

Для разработки критериев выделения, типизации и оценки рудных полей по геохимическим данным были изучены закономерности строения, определены параметры и характеристики эталонных АГХП, на площади которых развиты ведущие типы оруденения, выявленные в северной части Верхне-Яблонской металлогенической зоны.

В качестве эталонов были выбраны АГХП шести рудных полей, рудно-формационная принадлежность которых была установлена с высокой достоверностью при проведении прогнозно-поисковых работ. На большинстве из них горными работами было выявлено оруденение, соответствующее или близкое к промышленным кондициям.

Эталонными объектами, на основе которых разрабатывались модели АГХП, послужили:

1. Рудное поле месторождения Купол - золото-сульфосольный тип золото-серебряной формации;
2. Рудное поле проявления Токай - золото-галенит-сфалеритовый тип золото-серебряной формации;
3. Рудное поле Горностаевое – серебро-полиметаллическая формация;
4. Рудное поле Китеп-Малышка – золото-сульфидно-кварцевая формация;
5. Рудное поле Пеледон – собственно- золотой тип оруденения;
6. Рудное поле Снежное – молибден-порфировая формация.

4.1.1. Модель аномального геохимического поля золото-сульфосольного типа оруденения

АГХП рудного поля Купол выделено по результатам литохимической съемки М 1:50000 и занимает площадь около 18 км^2. В составе аномального геохимического поля ведущую роль играет золото, вторичные ореолы которого имеют максимальное развитие и наиболее высокую интенсивность. Его основными спутниками являются серебро и мышьяк, аномалии которых занимают меньшую площадь и менее контрастны (рис. 5). На площади рудного поля выявлены слабоконтрастные аномалии молибдена цинка, вольфрама, в отдельных пробах установлены аномальные содержания марганца, висмута, олова, кобальта, бария, лития, стронция, сурьмы.

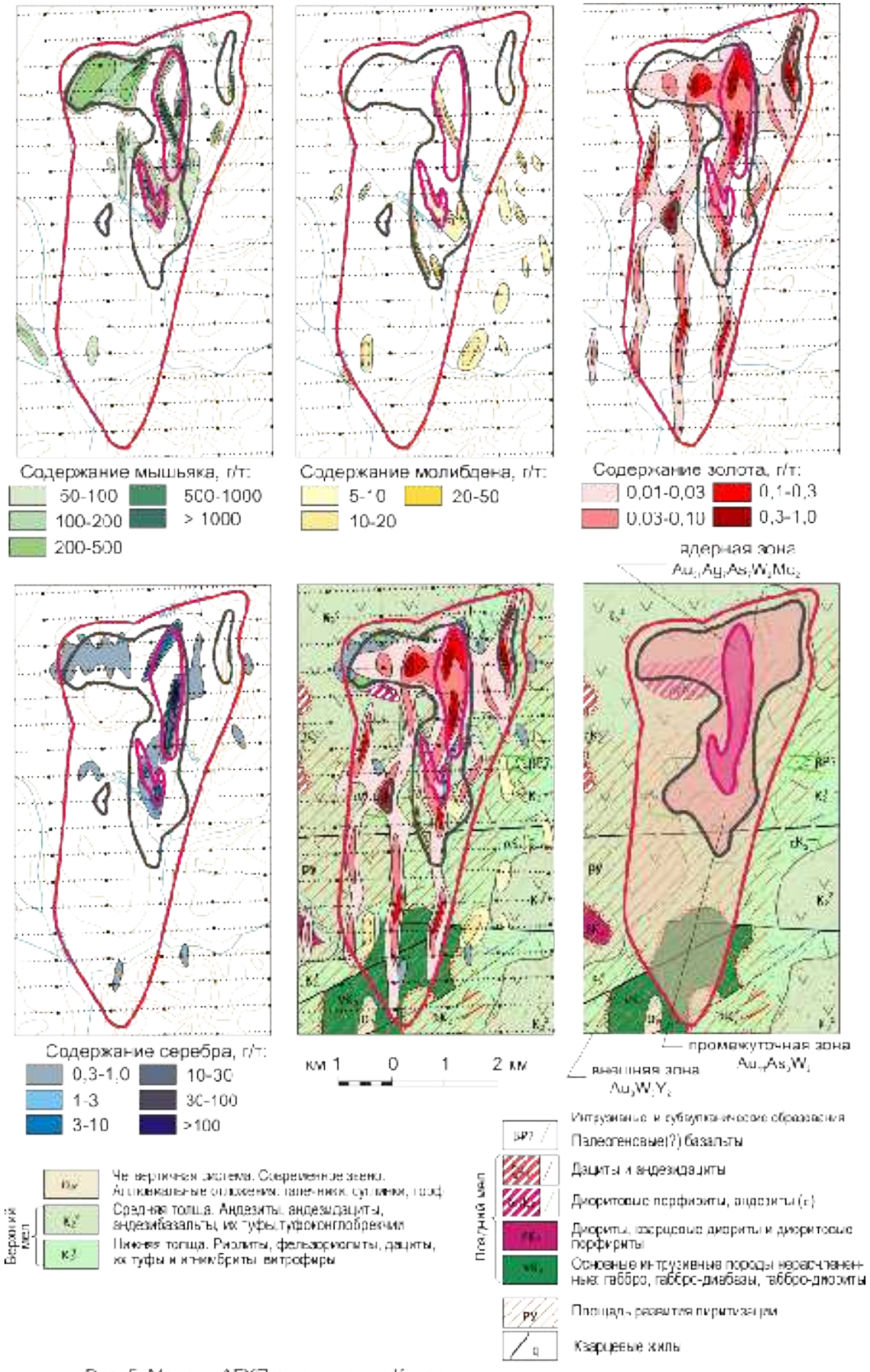


Рис. 5. Модель АГХП рудного поля Купол

В структуре АГХП рудного поля по развитию вторичных ореолов золота с содержаниями более 0,1 г/т (максимальное – 2 г/т) выделена узкая (0,5 км) протяженная (около 3,5 км) ядерная зона субмеридионального простирания. В контуре ядерной зоны развиты наиболее интенсивные аномалии серебра (> 1 г/т, максимальное – 200 г/т) и мышьяка (> 50 г/т, максимальное – 3000 г/т). Контур узких линейных аномалий ядерной зоны с наиболее высокими содержаниями главных рудных элементов, приуроченный к главной жильной зоне месторождения, полностью отражает морфологические особенности золото-серебряного оруденения данного типа.

Ядерная зона обрамляется аномалиями золота, серебра и мышьяка меньшей интенсивности, выделенными в промежуточную зону. Контур промежуточной зоны в целом повторяет границы ядерной части, резко расширяясь на севере за счет входящих в ее состав аномалий золота и мышьяка, имеющих среднюю интенсивность.

Внешняя граница АГХП рудного поля установлена по развитию слабоконтрастных разрозненных аномалий золота и молибдена. В контуре внешней зоны АГХР рудного поля имеет эллиптическую форму.

По результатам корреляционного анализа в типоморфную золото-серебряную ассоциацию элементов входят Au, Ag, As (рис. 6). На дендрограмме корреляционных связей к золото-серебряной ассоциации тяготеют Zn, Cu, W, Pb, Mo и Li , среди этих элементов значимые корреляционные связи выявлены между Zn, W, Pb, Cu и Mo, для которых отмечается схожесть в строении аномальных контуров.

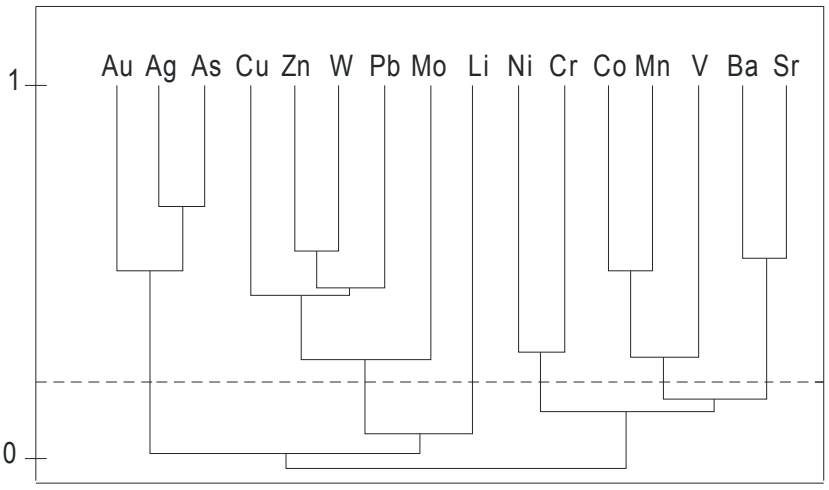


Рис. 6. Дендрограмма корреляционных связей между элементами в АГХП рудного поля Купол (в контуре с содержаниями золота ≥0.01 г/т; n = 104, $r_{5\%}$ = 0,2)

Расчеты средних содержаний и коэффициентов концентрации в контуре АГХП свидетельствуют о невысокой средней контрастности аномалий главных рудных элементов (табл. 11).

Таблица 11

Параметры и характеристики вторичных ореолов рудного поля Купол по результатам съемки масштаба 1:50000

Параметры, характеристики	Au	Cu	Zn	Pb	Co	Mo	Ag	Mn	As	Sb	W	Sn	Bi	Ba	Li
$C_ф$, *г/т*	0,002	36	75	19	12	1,6	0,12	610	15	10	3	1,5	0,05	480	35
ε	1,55	1,27	1,34	1,45	1,45	1,44	1,5	1,24	-	-	1,06	1,13	-	1,22	1,51
$C_{мин. ан}$, *г/т*	0,005	50	120	40	25	3	0,3	1000	30	20	5	3	1	600	60
% аном. проб	51	10	30	26	1	20	30	10	44	0,3	3	3	2	4	18
$S_{ан}$, *км²*	7,7	1,5	4,6	3,9	0,2	3,1	4,6	1,5	6,6	0,1	0,4	0,4	0,3	0,6	2,7
$C_{ср. ан}$, *г/т*	0,016	50	169	30	20	4,2	0,84	1250	72	-	-	-	0,1	900	77
K_c	7	1,4	2	1,5	1,7	3	7	2	4	-	-	-	2	1,9	2,2
$C_{макс.}$, *г/т*	>2	50	400	30	30	20	200	5000	3000	120	3	10	10	1500	150
P, *м²%*	54	2100	44800	4300	270	962	1423	115000	94000	-	-	-	153	26000	12200
Δq, *т/м/км²*	0,18	35	247	28	45	8	7,8	360	360	-	-	-	11	1100	113
Геохимическая ассоциация АГХП рудного поля $Au_7Ag_7As_4Mo_3Zn_2$ $Mn_2Li_2Bi_2$															

По ведущей роли золота и серебра в ранжированном ряде АГХП может быть отнесено к золото-серебряной формации. Особенностью состава АГХП является узкий круг элементов-спутников золота и серебра, главным из которых является мышьяк.

Аномальное геохимическое поле характеризуется относительно невысокими площадными и удельными продуктивностями золота, значительно уступающими аналогичным параметрам среднего по запасам месторождения золото-кварцевой формации (Поисковые модели…, 1992). Площадные и удельные продуктивности серебра в АГХП также являются невысокими.

Расчеты средних содержаний элементов в контурах внутренних зон АГХП позволяют конкретизировать состав и уточнить геохимические параметры эталонного объекта (табл. 12).

Ассоциация элементов в ядерной зоне характеризуются существенным преобладание золота (K_c=31) над серебром (K_c=7) и мышьяком (K_c=7). Золото-серебряное отношение в ядерной зоне Au:Ag=1:11 близко к истинным значениям этого показателя в рудах месторождения. Состав ассоциаций промежуточной и внешней зон более бедный, в них практически отсутствует серебро.

При соотношении площадей $S_{яд}$: $S_{пр}$: $S_{вн}$ = 1,2 км^2 : 4,3 км^2 : 13 км^2 около 70 % продуктивности золота и 97 % продуктивности серебра приходится на ядерную часть АГХП. Одновременно с этим для ядерной части определены высокие удельные продуктивности главных элементов.

Таблица 12

Геохимические параметры внутренних зон АГХП рудного поля Купол

Элементы	Ядерная часть				Промежуточная зона				Внешняя зона			
	$Au_{31}Ag_7As_7W_2Mo_2$				$Au_{11}As_3W_2$				Au_8W_3			
	Кс	P		Δq, т/м/км^2	Кс	P		Δq, т/м/км^2	Кс	P		Δq, т/м/км^2
		м^2%	% от $P_{об}$			м^2%	% от $P_{об}$			м^2%	% от $P_{об}$	
Au	31	29	70	0,6	11	7,6	19	0,05	8	4,4	11	0,01
Ag	7	1360	97	28	<2	22	2	0,13	<2	10	1	0,02

Результаты детализационных работ на площади рудного поля позволяют определить соответствие разработанной модели АГХП структурно-морфологическому типу золото-сульфосольного оруденения и подтвердить обоснованность выделения в его составе ядерной, периферийной и внешней зон.

Литохимической съемкой М 1:10000 на площади рудного поля выявлены узкие высокоинтенсивные вторичные ореолы золота (рис. 7), серебра (рис. 8).

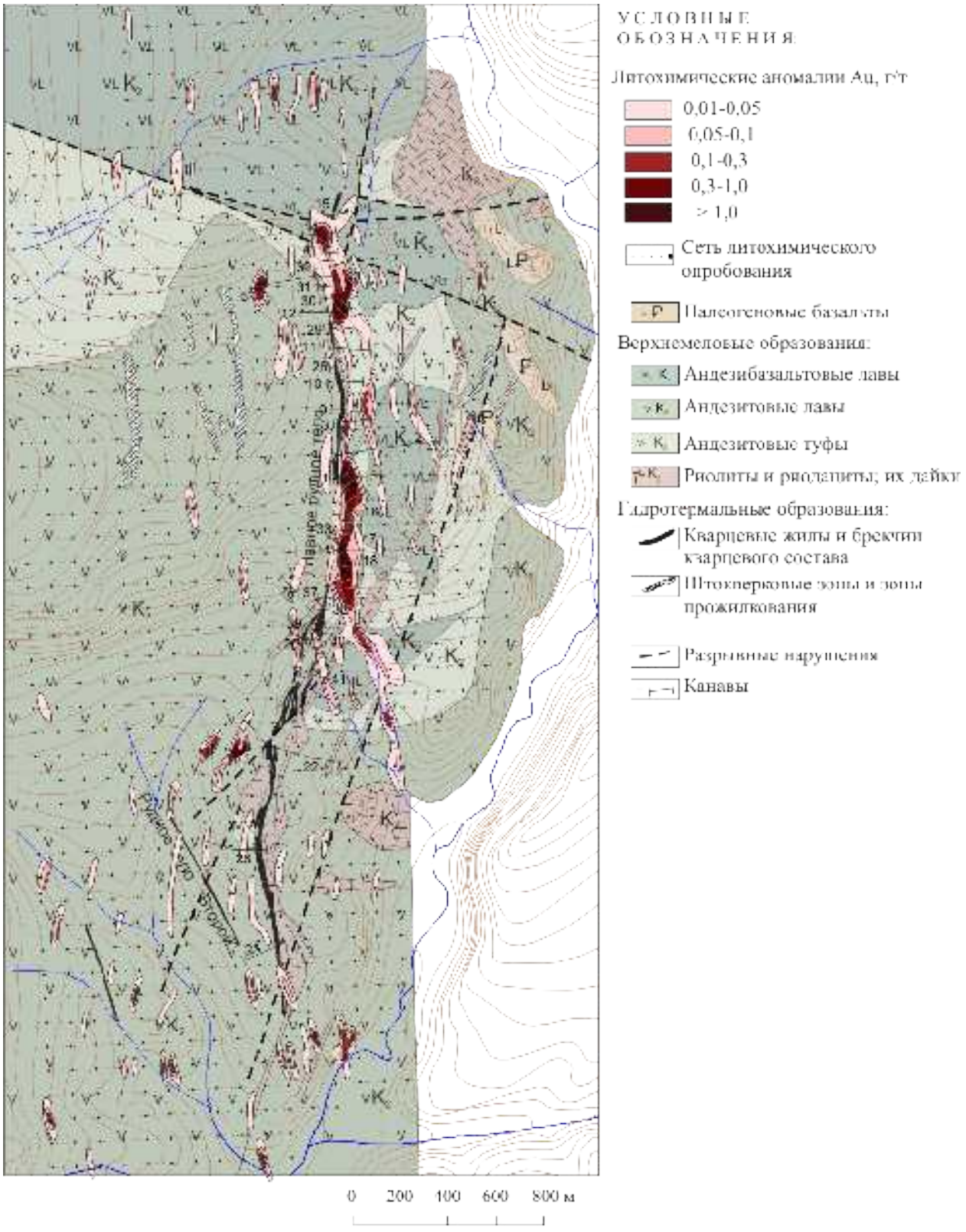


Рис. 7. Вторичные ореолы золота месторождения Купол (геологическая схема приводится по обобщённым данным Чукотской горно-геологической компании и Анойского ГГП)

80

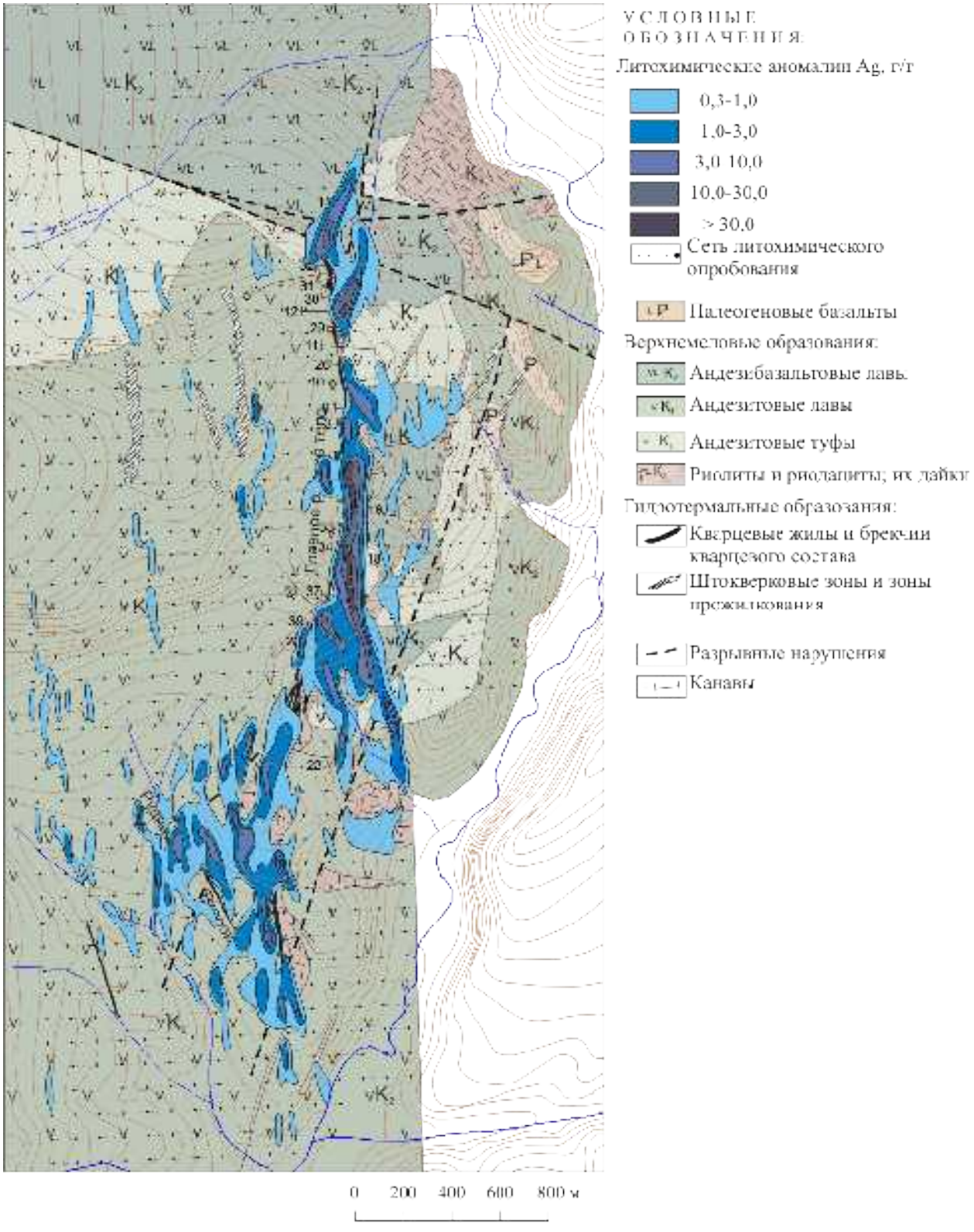


Рис. 8. Вторичные ореолы серебра месторождения Купол (геологическая схема приводится по обобщённым данным Чукотской горно-геологической компании и Анюйского ГГГП)

Основным спутником золота и серебра во вторичных ореолах является мышьяк, второстепенными - свинец, молибден и сурьма. Вторичные ореолы этих элементов, при меньшей площади и интенсивности, пространственно совпадают с контурами высоко аномальных содержаний золота и серебра.

В пределах участка съемки выявлены разрозненные аномалии цинка, марганца и отдельные точки с повышенными содержаниями меди, вольфрама, висмута, олова, кобальта, бария, лития.

Контура аномалий с наиболее высокими содержаниями главных рудных элементов и их спутников (мышьяка, сурьмы, свинца, молибдена) обнаруживают отчетливую пространственную связь с главной жильной зоной месторождения. Смещение осей аномалий относительно ее выхода на дневную поверхность незначительно, что позволило практически безошибочно производить вскрытие и прослеживание жильной зоны относительно короткими канавами.

Главная жильная зона месторождения Купол в северном и центральном блоках фиксируется узкой (50-80 м), протяженной (около 2 км), высокоинтенсивной (среднее содержание - более 0,1 г/т, максимальное – 3 г/т) линейной аномалией золота, имеющей субмеридиональное простирание. На этом отрезке аномальной зоны наблюдается разрыв в 150 м, разделяющий северный блок от южного в интервале между канавами №26 и №9.

Аномалия серебра в контуре 1 г/т имеет ширину 100-150 м, в раздувах на флангах - до 200 м. Максимальные содержания серебра в аномалии –100 г/т.

Строение аномалий мышьяка и серебра на этом участке месторождения идентично строению аномалий золота. Аномалии мышьяка в контуре более 300 г/т полностью повторяют строение аномалий золота и имеют одинаковую с ними ширину и протяженность. Максимальные концентрации мышьяка достигают 1%.

Аномалии свинца приурочены преимущественно к центральному блоку главной жильной зоны и небольшому по протяженности интервалу северного блока. Они имеют незначительную ширину и слабоконтрастны (основной контур выделен по изолинии 30 г/т, в максимумах редко более 100 г/т).

Аномалия молибдена в северной и центральной части месторождения прерывиста, содержания в максимумах не превышает 30 г/т.

Аномалия сурьмы в этой части месторождения приурочена к северному блоку главной жильной зоны и имеет небольшую протяженность и невысокую интенсивность.

Параллельно аномалии главной жильной зоны со стороны лежачего и, особенно, висячего бока, протягиваются цепочки слабоконтрастных аномалий золота, серебра,

мышьяка, свинца, молибдена, фиксирующие мелкие апофизы главной жильной зоны и маломощные зоны прожилкования.

На южном фланге месторождения аномалии золота и его основных спутников имеют сплошное развитие, относительно изометричную форму, протяженность около 1,5 км и ширину около 600 м. В составе комплексной аномалии ведущая роль принадлежит серебру, мышьяку и молибдену. Аномалии золота, свинца и сурьмы слабоконтрастны и не имеют сплошного площадного развития.

В контуре аномалии серебра выделяется обогащенная часть, соответствующая главной жильной зоне в южном блоке месторождения, вскрытом с поверхности серией канав № 22-24. Средние содержания серебра в контуре аномалии сопоставимы с центральным и северным блоками, в максимумах превышают 10 г/т. В этой части зоны наблюдается тесная пространственная корреляция серебра с мышьяком и молибденом. Интенсивность аномалий последнего существенно выше, чем в северной и центральной частях месторождения. Максимальные концентрации достигают 100 г/т.

Аномалии золота на восточном фланге прерывисты и слабоконтрастны, смещены относительно главной жильной зоны и не имеют отчетливой пространственной корреляции с аномалиями серебра, мышьяка и молибдена. Южная часть месторождения характеризуется площадным развитием аномалий цинка, которые практически отсутствуют в северном и центральном блоках.

В этой же части рудного поля выявлены мелкие непротяженные аномалии меди, не совпадающие с аномалиями золота и его элементов-спутников.

В строении геохимического поля южной части месторождения, формирование которого определяется развитием площадных метасоматитов, отчетливо проявляются локальные линейные аномалии субмеридионального направления, фиксирующие как южное продолжение главной жильной зоны, так и ряд параллельных ей более мелких структур.

Состав этих комплексных аномалий характеризуется доминированием серебра и мышьяка при резко подчиненном значении золота. Разбуривание южного фланга Главной жильной зоны, которая по результатам опробования канав является с поверхности не продуктивной, позволило установить слепое залегание промышленного золотого оруденения на незначительной глубине от поверхности. Исходя из этого, можно предположить, что оси субпараллельных Главной жильной зоне аномалий к западу от нее являются проекциями выхода слепых рудных тел на дневную поверхность.

Контур богатых ореолов золота, серебра и мышьяка, приуроченный к Главной жильной зоне месторождения Купол может быть соотнесен с ядерной частью АГХП,

выделенной по результатам литохимической съемки М 1:50000, а контур, в котором объединяются разрозненные аномалии золота, серебра и их спутников в ее обрамлении – с внешней границей промежуточной зоны.

При одинаковой протяженности (около 4 ± 0,5 км) ширина ядерной зоны по данным литохимической съемки М 1:50000 более чем в 2 раза превосходит ширину контура богатых вторичных ореолов золота и серебра, выделенных в результате сгущения шага опробования с 100 м до 20 м. Это не противоречит общему правилу, согласно которому при увеличении детальности съемки происходит уменьшение размеров аномалий с одновременным возрастанием в них средних содержаний рудных элементов (Соловов, 1985).

Суммарная площадь ядерной и периферийной зон АГХП по данным литохимической съемки М 1:50000 составляет 5,5 км^2, детальной съемки – 5 км^2. Выделенная в контуре площадь соответствует месторождению Купол в его геологических границах.

Расчеты средних содержаний золота, серебра и основных спутников по результатам детальных геохимических работ свидетельствуют об их существенном росте по сравнению с содержаниями этих элементов в аномальном поле, выделенном по данным литохимической съемки М 1:50000.

В общем аномальном контуре степень концентрации золота и серебра (табл. 13) соответствуют степени концентрации этих элементов в ядерной части АГХП рудного поля. В составе геохимической ассоциации появляются сурьма, свинец и кобальт, степень концентрации которых, по данным среднемасштабной съемки, не превышала установленного порогового значения ($K_c \geq 2$).

Состав ассоциации рудных элементов во вторичных ореолах рассеяния в контуре аномалии жильной зоны (C_{Au} > 0,1 г/т) характеризуется резким преобладанием золота (K_c=205) над серебром (K_c=22) и мышьяком (K_c=19) при снижении роли Sb, Mo, Pb (K_c=2) по сравнению с ее ближайшим обрамлением. Золото-серебряное отношение в контуре богатых вторичных ореолов также возрастает (Au:Ag=1:6) и фактически не отличается от отношения в рудах.

По результатам корреляционного анализа в типоморфную золото-серебряную ассоциацию элементов входят Au, Ag, As, Sb, Pb и Mo (рис. 9). На дендрограмме корреляционных связей к золото-серебряной ассоциации тяготеют Zn, Li, Ba и Sn, аномалии которых пространственно совпадают со слабоконтрастными ореолами главных элементов в южной части рудного поля.

Таблица 13

Параметры и характеристики вторичных ореолов месторождения Купол по результатам съемки масштаба 1:10000

Параметры, характеристики	Au	Cu	Zn	Pb	Co	Mo	Ag	Mn	As	Sb	W	Sn	Bi	Ba	Li
$C_ф$, *г/т*	0,002	32	66	18	9	1,2	0,1	540	15	10	2,1	2,5	0,9	220	26
ε	1,22	1,35	1,55	1,5	1,92	1,62	1,74	1,96	-	-	1,14	1,38	1,47	1,42	1,63
$C_{мин. ан}$, *г/т*	0,005	60	150	40	30	3	0,3	1500	30	20	5	5	2	500	50
% аном. проб	11	3	17	4	6	12	19	14	33	5	0,8	1,3	9	1	4
$S_{ан}$, *км²*	0,8	0,3	1,3	0,3	0,4	0,9	1,5	1,1	2,5	0,4	0,06	0,1	0,7	0,1	0,3
$C_{ср. ан}$, *г/т*	0,044	68	197	46	43	4	0,85	2700	195	39	3,5	5,8	2,2	430	53
K_c	28	2	3	3	5	3	9	5	13	4	2	2	2	2	2
$C_{макс.}$, *г/т*	3	200	1000	200	1000	100	100	12000	12000	500	600	15	30	1000	100
P, *м²%*	10	1000	18900	1000	2000	332	343	316000	85500	370	230	36	102	2600	920
Δq, *т/м/км²*	0,3	94	355	80	118	9	6	7400	840	96	90	9	4	880	68
Геохимическая ассоциация в общем аномальном контуре									$Au_{28}As_{13}Ag_9Co_5Mn_5Sb_4Zn_3Mo_3Pb_3$						
Геохимическая ассоциация в контуре аномальных содержаний Au > 0,1 г/т									$Au_{205}Ag_{22}As_{19}Sb_2Mo_2Pb_2$						

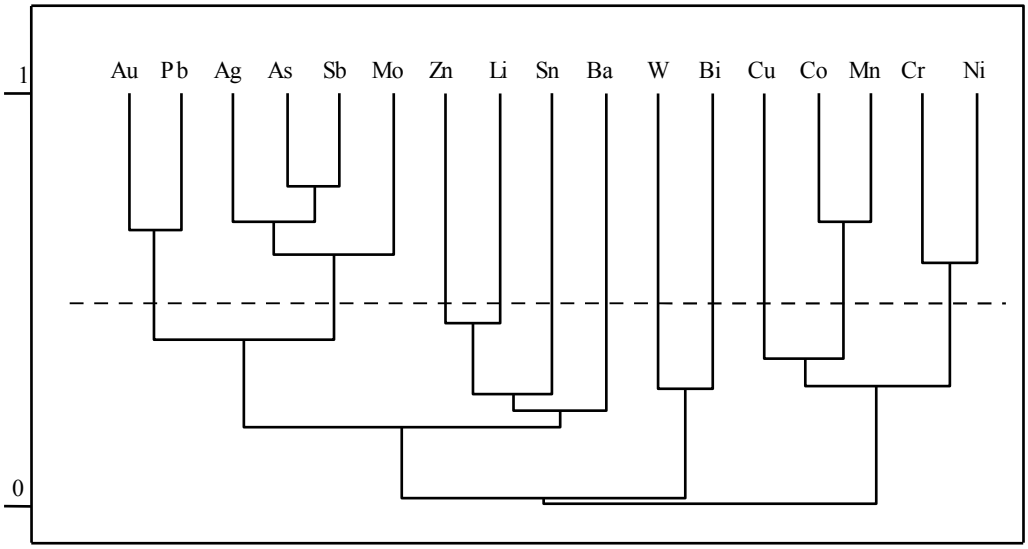


Рис. 9. Дендрограмма корреляционных связей между элементами в контуре вторичных ореолов Главной жильной зоны (содержания золота ≥ 0,1 г/т; n = 14, $r_{5\%}$ = 0,46)

Характер корреляционных связей между элементами во вторичных ореолах существенно не изменяется при разных масштабах съемки, что позволяет использовать их при разработке критериев типизации АГХП.

Наиболее существенные различия между результатами съемок обнаруживаются при сопоставлении площадных продуктивностей главных рудных элементов. Установленное по данным литохимической съемки М 1:10000 уменьшение площадей аномалий не компенсируется возрастанием содержаний элементов, вследствие чего продуктивности золота на площади ядерной и промежуточной зоны уменьшаются в 3,6 раза, серебра – в 4 раза по сравнению с аналогичными параметрами, определенными по результатам съемки М 1:50000.

Продуктивности золота и серебра во вторичных ореолах крупного по запасам месторождения Купол, определенные по результатам детальной литохимической съемки, являются низкими, что, как отмечалось при анализе литературных источников (Раздел 1.3) является типичным для золото-серебряных месторождений жильного типа.

Факты существенного снижения продуктивностей золота при увеличении детальности съемок на золоторудных объектах также отмечены в опубликованной литературе (Поисковые модели…, 1992) и наиболее характерны для жильных типов золотого оруденения.

Детальная изученность месторождения Купол дает возможность определить на основании дополнительных исследований особенности формирования вторичных ореолов жильного золото-сульфосольного оруденения.

Изучение этих особенностей проводилось по результатам погоризонтного опробования бортов канав. Для сопоставления составов и параметров вторичных ореолов и коренного оруденения использовались результаты бороздового (сколкового) опробования полотна канав.

Рельеф в пределах рудного поля среднегорный, ландшафты горно-тундровые. Главная жильная зона месторождения располагается на склонах правого борта долины р. Средний Кайемравеем, в который врезаны мелкие ручьи и ложбины. Растительный покров на участке развит слабо. Растительность представлена тундровыми низкорослыми кустарниками, травами, склон задернован менее чем на 50%, на большей части растительность отсутствует и на поверхность развиты развалы коренных пород и жильного кварца. Строение разрезов рыхлых образований на площади месторождения достаточно однообразно.

Северный фланг и центральная часть Главной жильной зоны приурочены к слабонаклонной поверхности уступа (полки) в средней части склона. В разрезе присутствует маломощный (0,1-0,2 м) почвенно-растительный слой, под которым залегает щебнисто-глинистый слабопермещенный элювио-делювий мощностью до 2 м, переходящий в крупнообломочный структурный элювий. Южный фланг Главной жильной зоны приурочен к относительно пологому склону крутизной $8\text{-}15^0$, спускающемуся в долину руч. Оранжевый недалеко от его впадения в р. Средний Кайемравеем. В разрезе рыхлых образований мощностью 2-3 м присутствует почвенно-растительный слой, залегающий на существенно глинистом, со щебнем и крупными обломками, делювии, сформировавшемся на развитых в этой части площадных метасоматитах (аргиллизитах, пропилитах).

На участках развития площадных метасоматитов верхние горизонты представлены глинистой фракцией, над выходами жильной зоны состав рыхлых отложений более песчанистый (пески, супеси). Суглинки и глины ярко окрашены – рыжего, оранжевого и желтоватого оттенков. На нижних горизонтах доля щебнистого материала увеличивается, и в полотне канав отмечается переход в структурный элювий с песчанисто-глинистым заполнением по трещинам. Увлажненность пород растет с глубиной, встречаются отдельные линзы льда.

Результаты спектрального и атомно-абсорбционного анализов свидетельствуют о присутствии в рыхлых образованиях в повышенных концентрациях всего спектра элементов рудного комплекса. Для выяснения морфологии вторичных ореолов рассеяния золота и его спутников (Ag, As, Sb, Pb, Zn, Cu, Mo) были построены геохимические разрезы по канавам, вскрывающим Главную жильную зону на различных ее интервалах.

Канава 4 вскрывает северный фланг жильной зоны и пройдена на участке относительно пологого склона северной экспозиции со средним углом наклона около 9^0 (3 - 12^0). Средняя мощность элювио-делювия в канаве составляет 2 м. Рыхлые отложения имеют преимущественно песчанистый и супесчанистый состав, большая часть опробованных горизонтов содержит щебнистый материал.

В полотне канавы задокументированы выходы жил и околорудных метасоматитов, развитых по андезитам. Главная жила выходит в западном конце канавы и имеет мощность около 10 м. Ближе к восточному краю канавы вскрыты менее мощные (1 - 3 м) кварцевые жилы, которые, вероятно, являются апофизами главной жилы. Концентрация золота в полотне канавы крайне неравномерны: в пределах кварцевых жил разброс содержаний составляет от 0,015 до 92 г/т; метасоматитах – 0,001 – 4,6 г/т. Содержания серебра бороздовых пробах 1,5 - 863 г/т.

Борт канавы был опробован по 9 разрезам, включающим от трех до пяти уровней.

Вторичный ореол золота в вертикальном разрезе имеет грибообразную ассиметричную форму, эффективную ширину более 40 м, содержания 0,1-3 г/т. Максимум ореола приурочен к выходу главного рудного тела в западной части канавы (рис. 10). Максимальное содержание золота в рыхлых образованиях - 7,19 г/т.

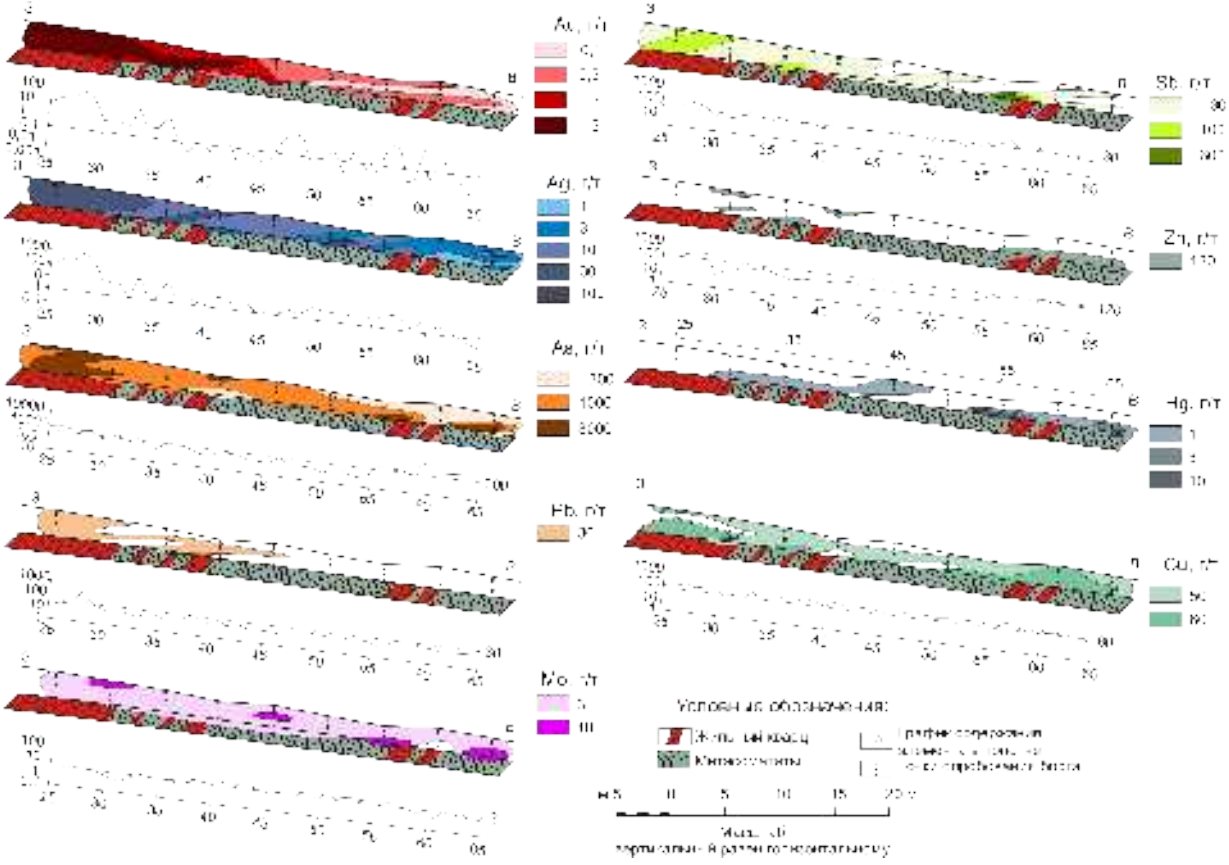


Рис. 10. Строение вторичных ореолов рудных элементов в вертикальном разрезе рыхлых образований (канава 4, месторождение Купол)

Аналогичное строение имеют ореолы серебра в рыхлых образованиях. Наиболее богатая часть ореола с содержаниями 50-100 г/т приурочена к главной жиле. Высокие содержания серебра (30 г/т) установлены в отдельных пробах над апофизами главной жилы и метасоматитами.

Распределение мышьяка незначительно отличается от распределения главных элементов. Наиболее богатые содержания мышьяка (более 3000 г/т) в борту канавы выявлены над главной жилой и двумя апофизами в западном конце канавы. В последнем случае они соответствуют максимальному содержанию элемента в одной из них (2 %), установленному бороздовым опробованием. Несмотря на высокий уровень содержания мышьяка в апофизах, в верхнем горизонте рыхлых образований его концентрации составляют 30 г/т (минимально-аномальный уровень), что отражает влияние безрудного материала, поступающего с верхних участков склона.

Распределение свинца, цинка, молибдена, меди, сурьмы в рыхлых образованиях отражает их невысокую концентрацию в коренном оруденении и метасоматитах на данном интервале Главной жильной зоны. Определенную связь с главными элементами обнаруживают свинец, сурьма, в меньшей степени ртуть и медь, слабоконтрастные локальные ореолы которых приурочены к главной жиле и ее апофизам. Морфология ореолов этих элементов не выражена из-за низкого градиента концентраций, наблюдаемых в рыхлых образованиях.

Корреляционные связи свидетельствуют об отсутствии существенных перераспределений элементов при формировании вторичного ореола в рыхлых образованиях над жильной зоной, несмотря на имеющее место смещение рыхлых масс вниз по склону (рис. 11). Во вторичных ореолах сохраняются устойчивые связи Au - Ag - Pb и Mo – As – Sb – (Hg).

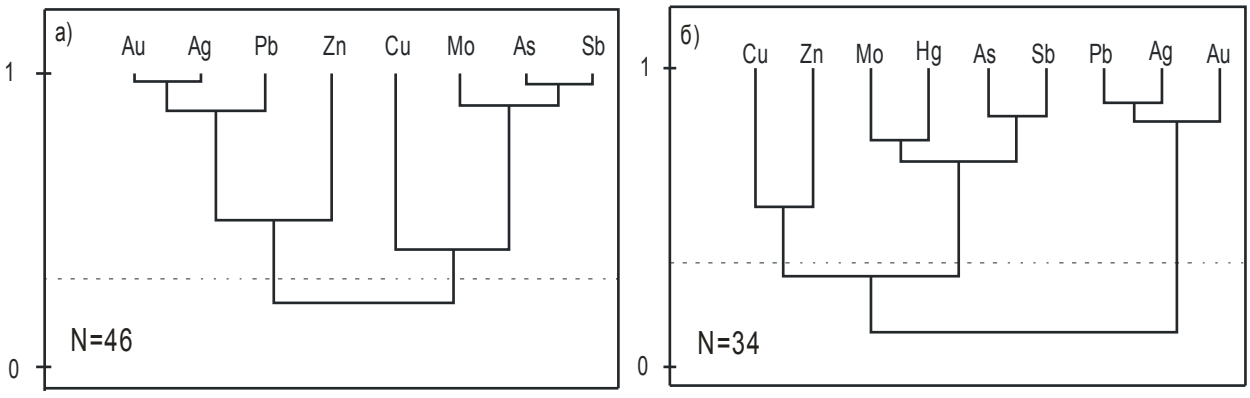


Рис. 11. Корреляционные связи между элементами в жильной зоне и ее вторичном ореоле (канава 4, месторождение Купол: а) руды и первичные ореолы; б) вторичный ореол)

Ближе к южному флангу месторождения крутизна склона возрастает. Изучение строения вторичного ореола жильной зоны на этом участке было проведено в разрезе, вскрытом канавой 34. В районе канавы средняя крутизна склона составляет 20^0. Склон имеет юго-восточную экспозицию.

В полотне канавы главная жила имеет мощность около 10 м. На опробованном интервале задокументированы метасоматиты, слабоизмененные андезиты и дайки риолитов (рис. 12). Средняя концентрация золота в жиле около 30 г/т, максимальная - более 100 г/т, серебра - 100 г/т, максимальная – 300 г/т.

Вскрытый разрез имеет среднюю мощность 1,75 м (при вариациях от 1,5 до 2,2 м) и представлен склоновыми щебнисто-песчано-глинистыми рыхлыми образованиями. К восточному краю канавы мощность рыхлых образований увеличивается.

В борту канавы опробовано 8 разрезов с интервалом 5 метров, число опробованных уровней от 3 до 4.

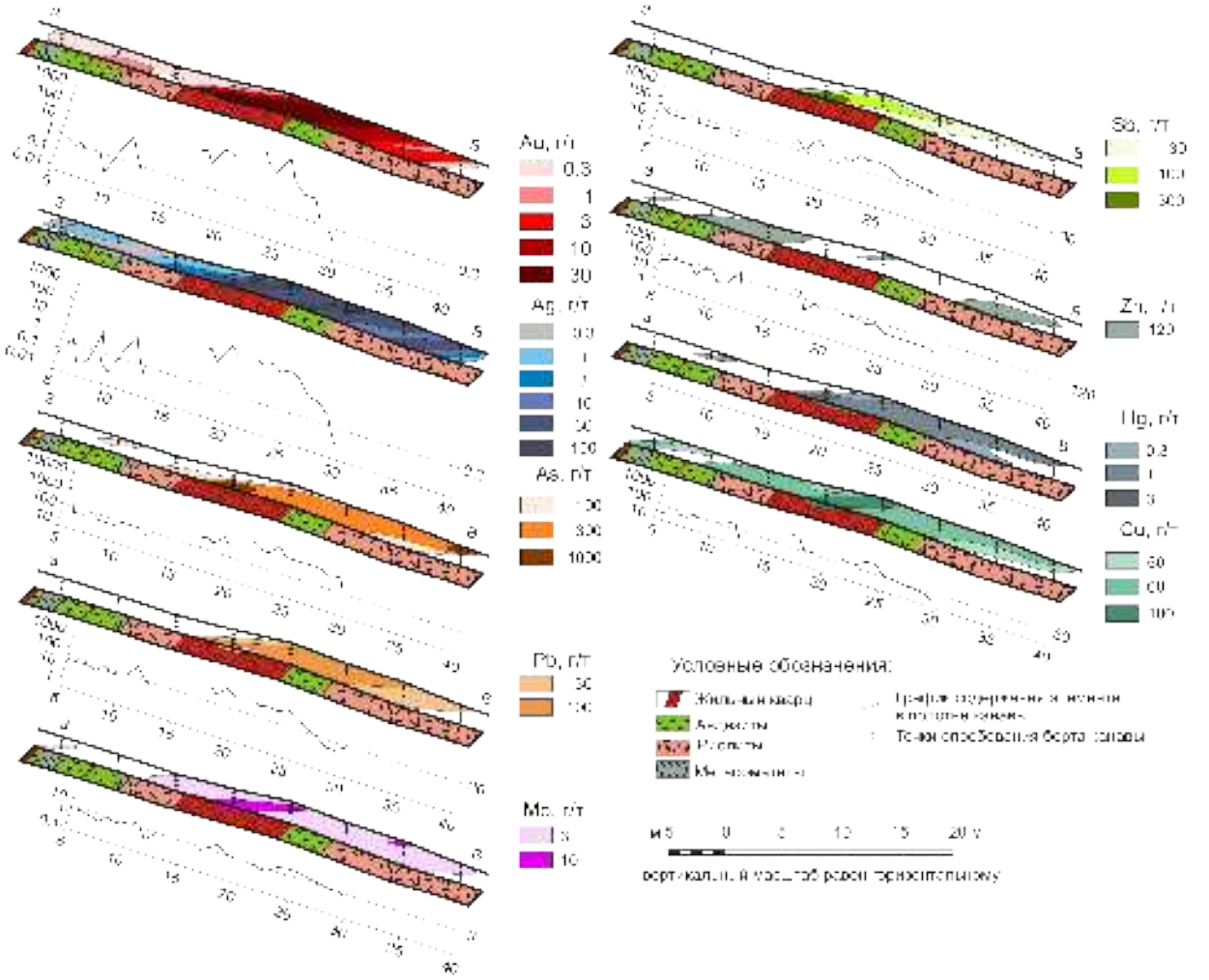


Рис. 12. Строение вторичных ореолов рудных элементов в вертикальном разрезе рыхлых образований (канава 34, месторождение Купол)

Вторичные ореолы большинства элементов имеют простое сходное строение. В вертикальном разрезе вторичные ореолы имеют форму пламени свечи с резким наклоном в сторону понижения рельефа. Максимумы ореолов приурочены к подошве разреза над главной жилой и постепенно убывают вверх и в сторону уклона склона. Уровень содержаний золота в максимуме ореола достигает 30 г/т, серебра – 100 г /т. На всем опробованном интервале ниже выхода главной жилы содержания золота и серебра не опускаются ниже 1 г/т.

При сходной морфологии вторичные ореолы элементов-спутников (за исключение цинка) повторяют богатые контура ореолов золота и серебра, имея максимумы над выходом главной жилы. По сравнению с разрезом канавы 4 вторичные ореолы элементов-спутников отличаются более высокой контрастностью.

Корреляционные связи между элементами в рудах и первичных ореолах отражают развитый на данном отрезке жильной зоны характер минерализации (рис. 13). В рудах наблюдается более слабая корреляция между золотом и серебром. Тем не менее, значимые корреляционные связи Ag - Pb - Sb - Au - As безусловно соответствуют сульфосольной ассоциации элементов.

Эта же группа выделяется на дендрограмме корреляционных связей, характеризующей вторичные ореолы жильной зоны, подтверждая установленное выше отсутствие перераспределение элементов в рыхлых образованиях.

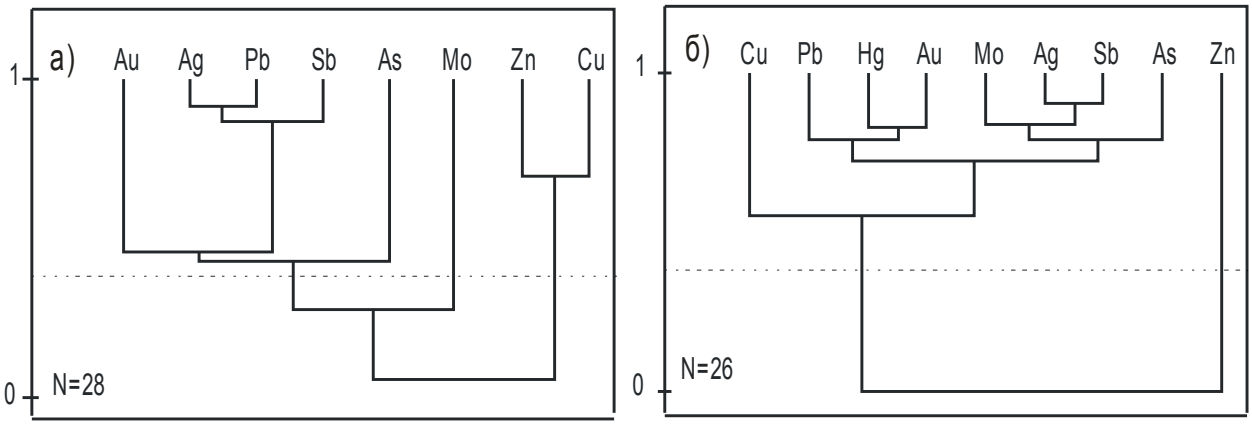


Рис. 13. Корреляционные связи между элементами в жильной зоне и ее вторичном ореоле (канава 34, месторождение Купол: а) руды и первичные ореолы; б) вторичный ореол)

Сопоставление линейных продуктивностей рудных элементов на различных горизонтах, выполненное по результатам бортового опробования рыхлых образований в канавах 3 и 34, свидетельствует о неубывающем или слабоубывающем изменении этого параметра от подошвы разрезов к поверхности (рис. 14).

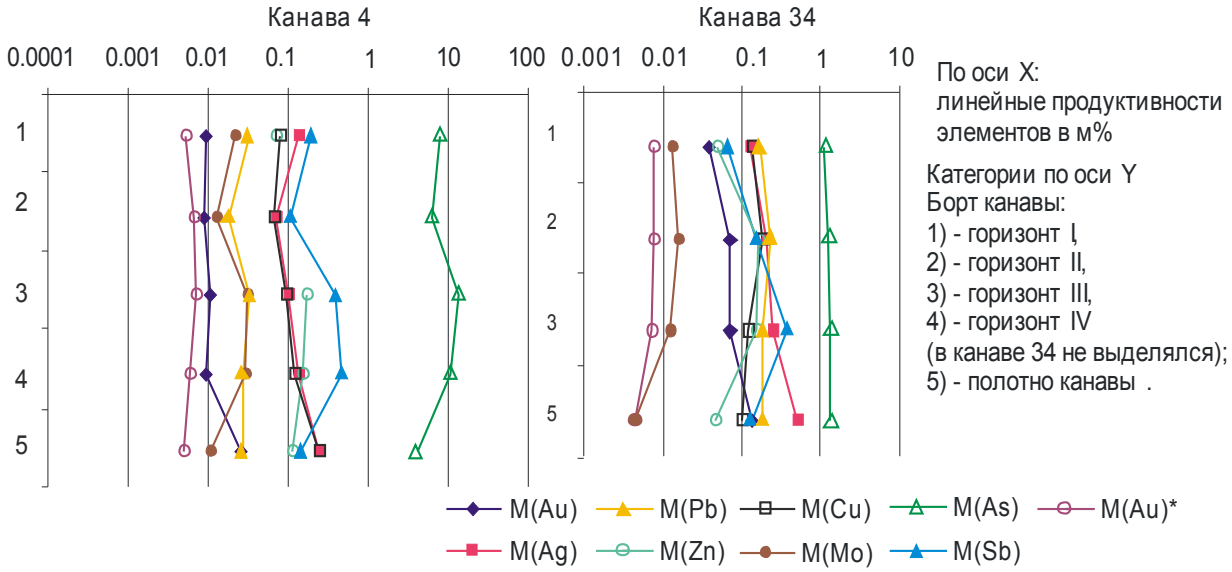


Рис. 14. Линейные продуктивности в первичных и вторичных ореолах на месторождении Купол в канавах (M(Au)* - линейная продуктивность золота по данным спектрохимического анализа)

Относительно резкое возрастание продуктивностей золота и серебра, несвойственное остальным элементам-спутникам, наблюдается непосредственно в коренных породах.

Неубывающий характер продуктивностей главных и сопутствующих элементов на различных горизонтах разреза рыхлых образований может свидетельствовать об отсутствии их перераспределения между минеральной фазой и почвенным раствором. Для горных ландшафтов преимущественное рассеяние рудных элементов в твердой фазе, принятое в диффузионной модели А.П. Соловова (1985), разделяется большинством исследователей. Скачкообразное уменьшение продуктивностей золота и серебра при переходе от коренного субстрата к рыхлым образованиям объясняется слабым высвобождением золота и серебра из жильного кварца, в котором «запаяны» рудные минералы. Опробуемая тонкая фракция элювио-делювия представлена в большей степени глинистыми минералами, образующимися при выветривании метасоматитов, в которых уровень содержаний золота и серебра значительно ниже, чем в кварцевых жилах.

Среди элементов-спутников только мышьяк характеризуется высокими продуктивностями в коренном субстрате и рыхлых образованиях. Его основная масса, в отличие от золота и серебра, сконцентрирована в околорудных метасоматитах, а не в жильном кварце. Этим объясняется наблюдаемый факт равенства его линейных продуктивностей на всех горизонтах, включая коренной субстрат (канава 34).

Низкие уровни содержаний остальных элементов-спутников в жильном кварце позволяют предположить, что их основное количество также поступает в тонкую

фракцию при выветривании метасоматитов, вследствие чего характер их распределения в рыхлых образованиях аналогичен мышьяку.

Выявленные особенности формирования вторичных ореолов на месторождении Купол позволяют обосновать низкие коэффициенты остаточной продуктивности золота и серебра, полученные при расчетах а) по результатам бортового опробования канав и б) по результатам литохимической съемки М 1:10000 (табл. 14). При втором варианте в случае несовпадения линии профиля с канавой линейная продуктивность коренного оруденения определялась как среднее по двум ближайшим к нему горным выработкам.

Таблица 14

Коэффициенты остаточной продуктивности золота и серебра в рыхлых образованиях на месторождении Купол

По результатам съемки М 1:10000	k_{Au}	k_{Ag}
профиль 920	0.08	0.5
профиль 910	2.9	4.0
профиль 900	0.02	0.09
профиль 890	0.08	0.8
профиль 880	0.6	1.1
профиль 870	0.04	0.03
профиль 860	0.04	-
профиль 850	0.02	0.2
профиль 840	0.09	0.7
профиль 830	0.005	0.02
профиль 820	0.001	0.01
профиль 810	0.01	0.04
профиль 800	0.02	0.06
профиль 790	0.002	0.01
профиль 770, 780	0.08	0.7
профиль 760	0.8	2.3
Среднее значение k по 16 определениям	***0.3***	***0.7***
По результатам опробования бортов канав	k_{Au}	k_{Ag}
канава 33	0.30	0.25
канава 34	0.31	0.24
канава 4	0.36	0.57
канава 9	0.32	0.21
Среднее значение k по 4 определениям	***0.32***	***0.32***

Более устойчивые частные значения коэффициентов остаточной продуктивности получены при расчетах по результатам бортового опробования. Это связано с высокой детальностью опробования (шаг отбора 5 м), полным совпадением профилей и канав, и применением атомно-абсорбционного анализа для определения золота и серебра.

Вариации значений коэффициентов остаточной продуктивности при расчетах по второму варианту весьма значительны. Они обусловлены достаточно большим

расстоянием между канавами и профилями литохимической съемки на отдельных интервалах и недостаточной точностью определения золота и серебра в области высоких содержаний спектрохимическим и спектральным методами (в 28 из 153 проб из бортов канав содержания золота превышают 3 г/т).

Неравномерное распределение главных элементов в жильной зоне, выраженное в чередовании богатых и относительно бедных интервалов, смещение вторичных ореолов, продольное рассеяние, аналитические погрешности приводят к наблюдаемому сильному разбросу частных определений относительно среднего значения k.

Несмотря на это, при расчетах по обоим вариантам были получены близкие значения коэффициентов остаточной продуктивности золота при двукратном расхождении в оценке этого показателя для серебра. Полученные значения $k < 1$ не соответствуют ландшафтно-геохимическим условиям, в которых происходит формирование вторичных ореолов месторождения. Их «ослабленность», как уже отмечалось выше, определяется непредставительностью тонкой фракции, которая обеднена относительно валового состава рыхлых образований, поскольку основная масса рудных элементов заключена в щебнисто-дресвянистом материале и крупных обломках кварца.

Выявленные особенности формирования «ослабленных» вторичных ореолов золото-сульфосольного жильного оруденения имеют важное поисковое значение. Относительно невысокие площадные продуктивности золота и серебра, типичные для АГХП этого типа могут соответствовать крупным по запасам золото-серебряным месторождениям, что вытекает из результатов изучения эталонного объекта и находит подтверждение в литературных источниках (Николаев, 2005).

4.1.2. Модель аномального геохимического поля золото-галенит-сфалеритового типа оруденения

АГХП рудного поля Токай, выбранное в качестве эталона, выделено в восточной части Кайемравеемского стратовулкана по результатам литохимической съемки М 1:50000 (рис. 15). Площадь рудного поля сложена туфами умеренно кислого состава, риолитами, дацитами и игнимбритами, относящимися к нижней толще еропольской свиты K_2 *er*$_1$, перекрываемыми андезитами, андези-базальтами и их туфами средней толщи K_2 *er*$_2$, прорванными дайками диоритовых порфиритов и базальтов. Гидротермальные образования на участке Токай представлены жильно-прожилковыми зонами кварцевого состава с золото-серебряной минерализацией протяжённостью 200 - 500 м и мощностью до 20 м, а так же линейными зонами кварц-серицитовых метасоматитов, площадными пропилитами и аргиллизитами.

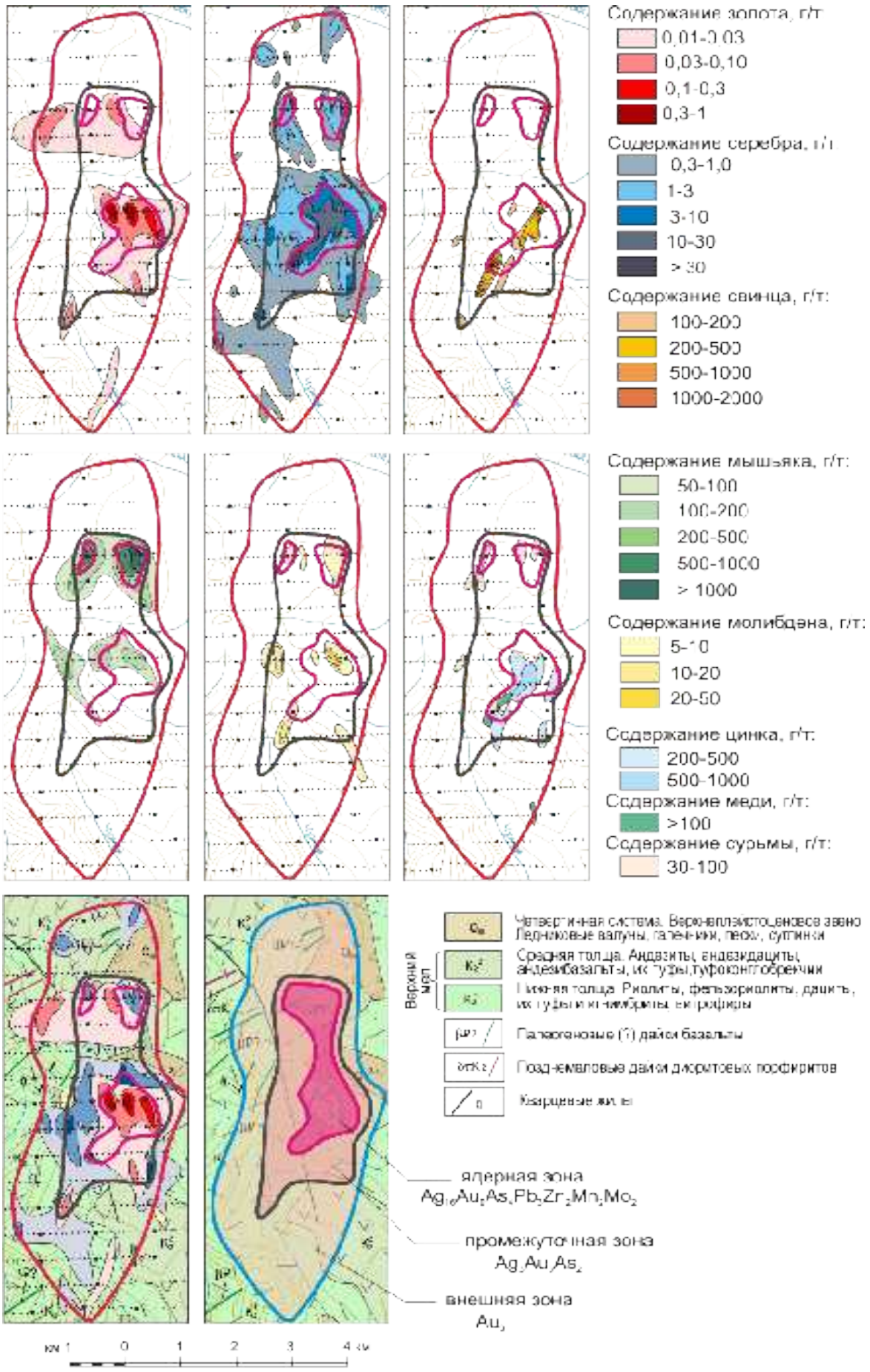


Рис. 18. Модель АГХП рудного поля Токай

По результатам литохимической съемки 1:50000 масштаба на площади рудного поля были выявлены высококонтрастные аномалии золота, серебра, свинца, мышьяка, суммарной площадью более 9 км^2. В составе вторичных ореолов в аномальных концентрациях присутствуют также Zn, Mo, Li, Cu, Sb, Mn, Co, W, Ba.

АГХП рудного поля оконтурено по развитию аномалий серебра, имеющих максимальные размеры. В центральной части АГХП в едином контуре выделена наиболее крупная (более 4 км^2), высококонтрастная аномалия, в максимуме которой содержание серебра достигает 30 г/т. По ее периферии расположены более мелкие слабоконтрастные аномалии. Аномалии золота, совпадающие с аномалиями серебра, занимают несколько меньшую площадь, наиболее контрастны в центральной части АГХП, где установлено максимальное содержание 0,4 г/т.

АГХП в выделенном контуре имеет эллипсовидную форму с субмеридиональным направлением длинной оси, отражающей главное направление разрывной тектоники этой части территории, контролирующей размещение золото-серебряного оруденения. Выделение ядерной и промежуточной зон проводилось с учетом установленной интенсивности аномалий главных рудных элементов. Ядерная зона выделена в контуре содержаний серебра, превышающих 10 г/т и золота более 1 г/т. Внешняя граница промежуточной зоны проведена по развитию аномалий серебра, превышающих 3 г/т, и включает в свой контур среднеинтенсивные аномалии золота и основных элементов-спутников.

В строении АГХП наблюдается отчетливая зональность. В центральной части в контуре высококонтрастной аномалии золота и серебра развиты аномалии свинца, цинка, меди, в северной аномалии золота пространственно совпадают с высококонтрастными аномалиями мышьяка и серебра, при этом интенсивность последних существенно ниже, чем в центральной части. Северная и центральная аномалии разделены слабоаномальным полем, приуроченным к долине небольшого ручья, пересекающего территорию в субширотном направлении.

На корреляционной дендрограмме в составе АГХП выделяются две основные ассоциации химических элементов. Первую из них образуют Cu, Zn, Pb, Ag, Mn, Li, Au, причем более тесные корреляционные связи наблюдаются между серебром и полиметаллами. В состав второй входят As, Mo, W, Sb. Значимые связи существуют только между двумя первыми элементами. Характер корреляционных связей отражает наблюдаемую зональность в строении АГХП: золото-серебро-полиметаллическая ассоциация отвечает составу комплексной аномалии ее центральной части, мышьяк-молибденовая – северной.

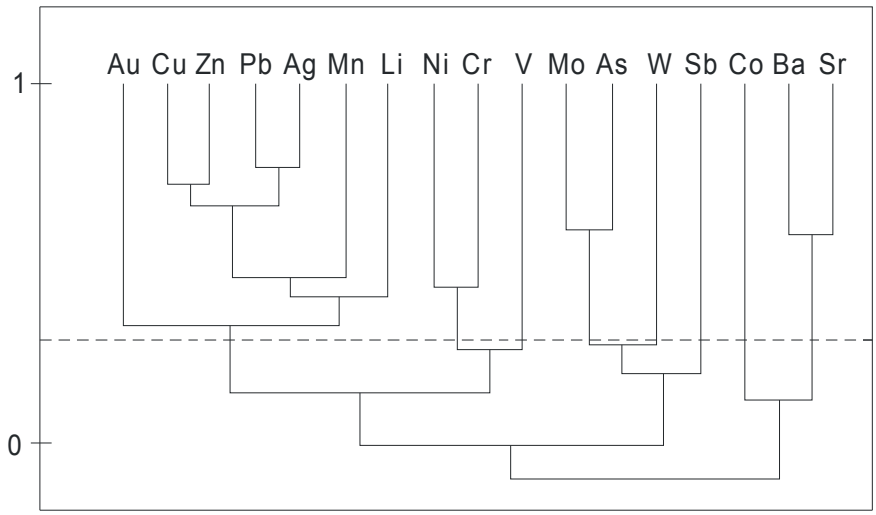


Рис. 16. Дендрограмма корреляционных связей между элементами в АГХП рудного поля Токай (в контуре с содержаниями золота ≥0.01 г/т; n = 47, $r_{5\%}$ = 0,28)

Средние содержания и коэффициенты концентрации, рассчитанные в общем конуре АГХП, свидетельствуют о невысокой степени накопления главных рудных элементов (табл. 15). Выделенная на основе ранжированного ряда ассоциация элементов характеризуется ведущей ролью золота, серебра и свинца, на основании чего АГХП может быть отнесено к золото-галенит-сфалеритовому типу золото-серебряной формации. Условность такого отнесения достаточно очевидна, поскольку близость коэффициентов концентрации золота и серебра при их невысоких значениях не исключает возможной ошибки в определении рудно-формационной принадлежности АГХП.

Аномальное геохимическое поле характеризуется относительно низкими площадными и удельными продуктивностями золота, уступающими аналогичным невыдающимся параметрам расположенного поблизости золото-сульфосольного месторождения Купол, что, как было отмечено выше, является характерной особенностью всех золото-серебряных АГХП, на площади которых развито оруденение жильного типа.

В то же время, площадные и удельные продуктивности серебра в АГХП этих двух объектов являются практически одинаковыми.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что АГХП золото-галенит-сфалеритового типа характеризует более высокая серебристость, выраженная в низком золото-серебряном отношении, близкие коэффициенты концентрации двух главных элементов и относительно высокие удельные продуктивности серебра. Одной из важных особенностей этого типа АГХП является повышенная степень концентрации свинца, который является одним из основным индикатором оруденения.

Таблица 15

Параметры и характеристики вторичных ореолов рудного поля Токай по результатам съемки масштаба 1:50000

Параметры, характеристики	Au	Cu	Zn	Pb	Co	Mo	Ag	Mn	As	Sb	W	Sn	Bi	Ba	Li
$C_ф$, *г/т*	0,002	28	70	21	11	1,6	0,19	645	17	10	3	1,0	0,05	530	35
ε	1,68	1,35	1,45	1,56	1,51	1,51	1,51	1,43	1,36	-	1,73	2,	-	1,65	1,59
$C_{мин. ан}$, *г/т*	0,005	50	150	40	30	3	0,3	1200	30	20	10	5	1	1000	60
% аном. проб	41	5	11	16	2	18	46	21	28	10	19	9	1	28	35
$S_{ан}$, *км²*	5,7	0,8	1,5	2,3	0,3	2,6	6,4	2,9	3,9	1,4	2,7	1,3	0,1	3,9	4,9
$C_{ср. ан}$, *г/т*	0,011	56	196	73	21	4,5	1,04	1780	73	24	10	8	-	1100	60
K_c	5	2	3	4	1,9	3	5	3	4	2	1,9	3	-	2	1,8
$C_{макс.}$, *г/т*	0,4	100	800	1200	40	20	30	8000	10000	50	10	10	1	2000	150
P, *м²%*	14	2200	22000	23700	525	870	1264	950000	93000	2100	1300	875	-	230000	13500
Δq, *т/м/км²*	0,06	73	367	263	53	9	4,9	8100	600	38	12	-	-	2500	69
Геохимическая ассоциация АГХП рудного поля $Au_5Ag_5Pb_4As_4Mo_3Zn_3Sn_3Mn_3Cu_2Sn_2Ba_2$															

Геохимические параметры внутренних зон АГХП позволяют конкретизировать состав и уточнить геохимические параметры эталонного объекта (табл. 16).

Ассоциация элементов в ядерной зоне характеризуются преобладанием серебра (K_c=16) над золотом (K_c=9). Золото-серебряное отношение в ядерной зоне Au:Ag=1:150 резко отличается от аналогичного показателя на эталонном АГХП золото-сульфосольного типа. Состав ассоциаций промежуточной и внешней зон бедный, основную роль в них играют золото и серебро.

Общая площадь и соотношение между площадями внутренних зон $S_{яд} : S_{пр} : S_{вн}$ = 1,4 км^2 : 4,4 км^2 : 10 км^2 идентичны АГХП рудного поля Купол. Более 80 % продуктивности серебра и 97 % продуктивности золота сосредоточено в ядерной части АГХП. Значения площадной и удельной продуктивностей золота низкие. Исходя из расчетных параметров ядерных частей АГХП можно определить, что при сходных структурно-морфологических типах оруденения геохимические параметры, а не размеры АГХП определяют прогнозную оценку объектов.

Таблица 16

Геохимические параметры внутренних зон АГХП рудного поля Токай

Элементы	Ядерная часть				Промежуточная зона				Внешняя зона			
	$Ag_{16}Au_9As_4Pb_3Zn_2Mn_2Mo_2$				$Ag_3Au_3As_2$				Au_3			
	Кс	P		Δq, т/м/км^2	Кс	P		Δq, т/м/км^2	Кс	P		Δq, т/м/км^2
		м^2%	% от $P_{об}$			м^2%	% от $P_{об}$			м^2%	% от $P_{об}$	
Au	9	9,3	63	0,15	3	1,9	13	0,01	3	3,5	24	0,01
Ag	16	881	81	14	3	153	14	1	<2	58	5	0,14
Pb	3	16250	81	258	<2	3490	17	20	<2	400	2	1

Результаты детализационных работ на площади рудного поля подтверждают обоснованность модельных построений и позволяют определить устойчивость выявленных характеристик и параметры эталонного АГХП

Литохимической съемкой М 1:10000 на площади рудного поля выявлены аномалии Au (рис. 17), Ag (рис. 18) и их элементов-спутников (As, Pb, Zn, Mo, Li, Cu, Sb, Mn, Co, W, Bi, Ba). В строении АГХП контрастно выделяются локальные аномалии северной и центральной частей рудного поля в контурах, соответствующих ядерной части АГХП.

В северной части выделены две аномальные геохимические зоны север-северо-западного простирания имеющие протяженности 1400 м и 800 м при ширине 500 м и 300 м соответственно. В центральной части выделяется крупная высококонтрастная аномалия размером 1400 700 м.

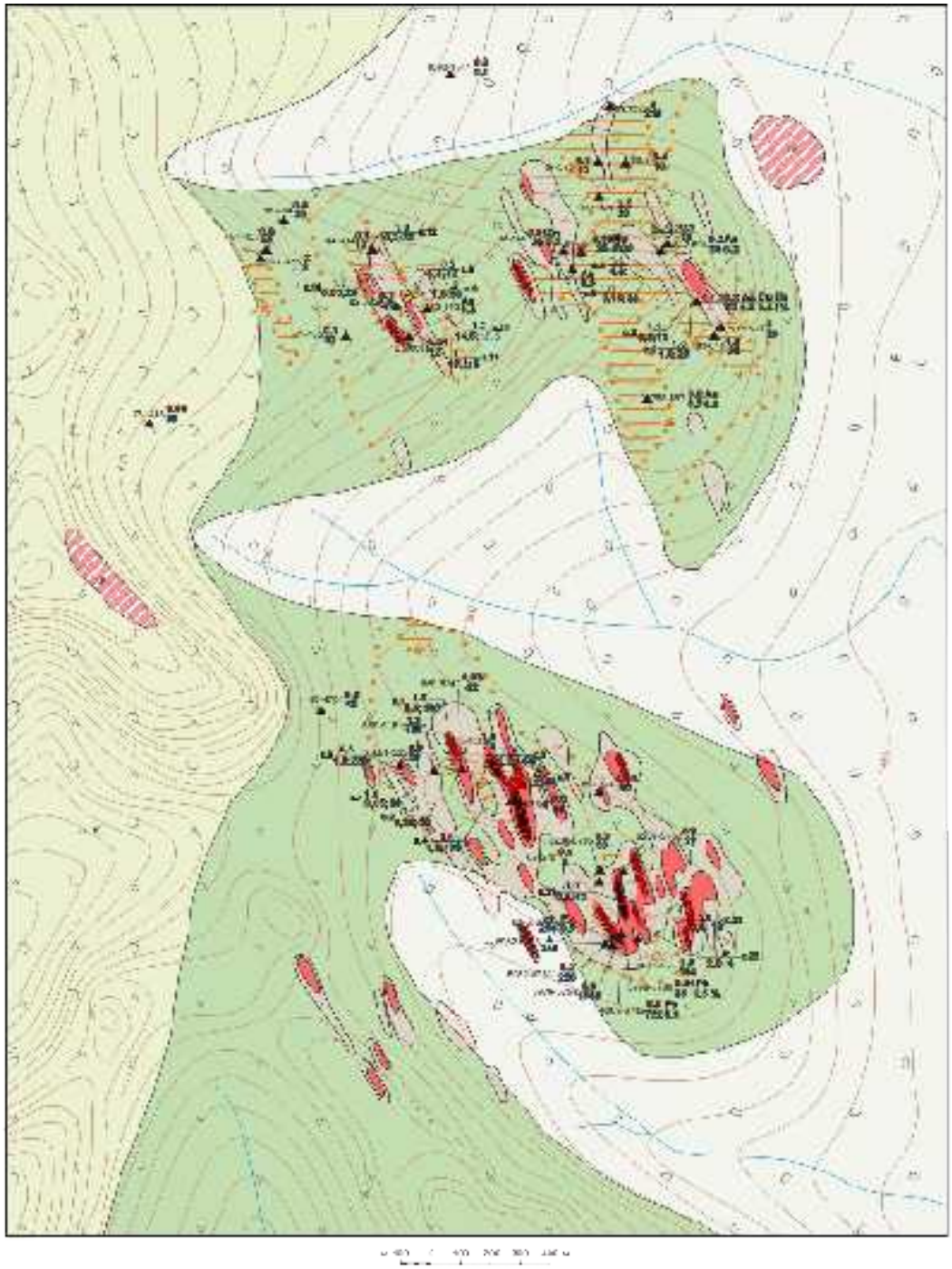


Рис. 17. Вторичные ореолы золота проявления Токай (геологическая схема приводится по данным Анюйского ГГГП)

100

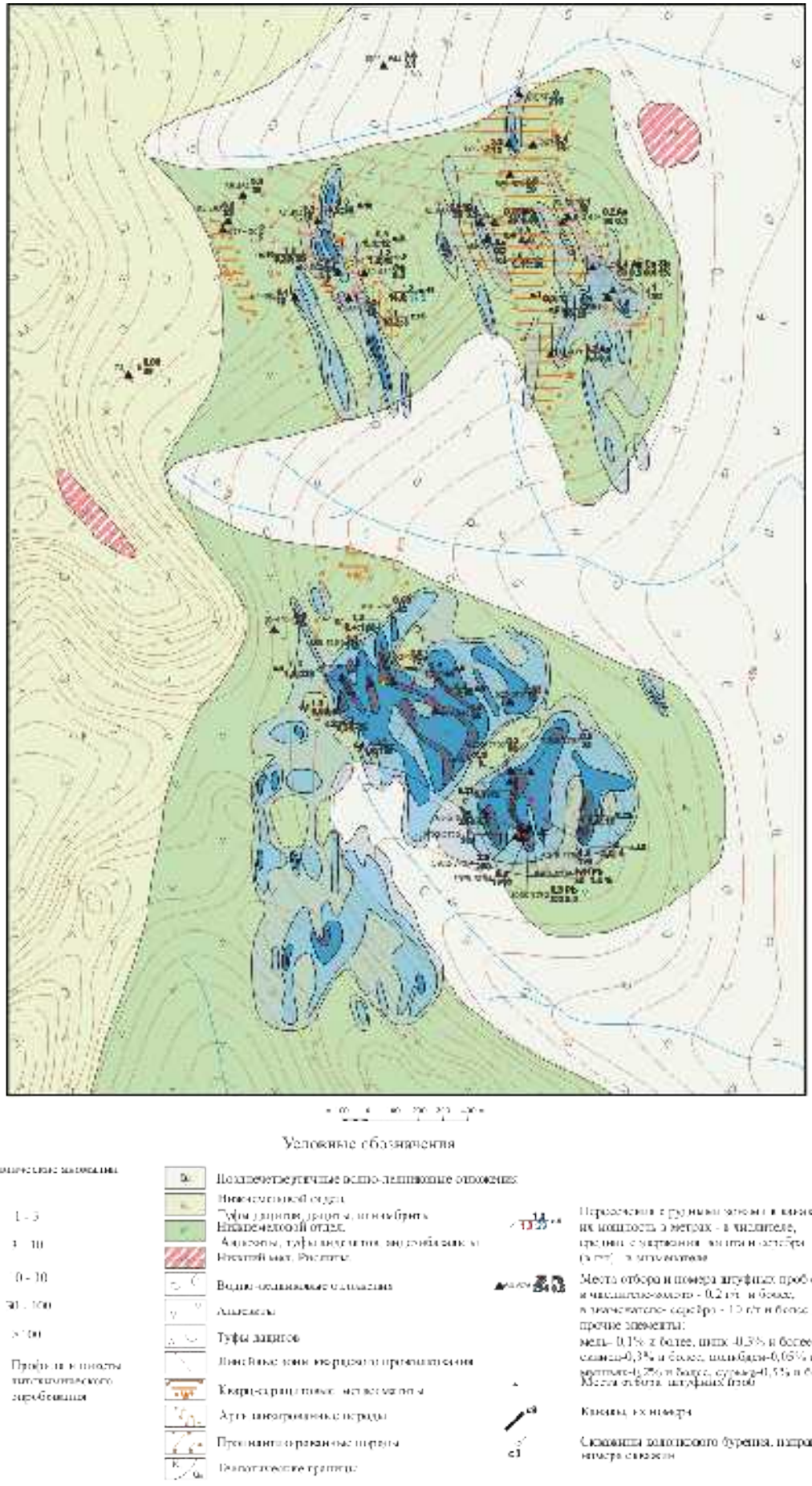


Рис. 18. Вторичные ореолы серебра проявления Токай (геологическая схема приводится по данным Анюйского ГГГП)

Состав аномальных зон северной и центральной частей АГХП различен. В северной части выявлены более контрастные и большие по площади аномалии мышьяка, сурьмы, молибдена, бария, лития; в южной – более контрастные аномалии золота, серебра, свинца, цинка, марганца.

Существующие различия отражаются в характере корреляционных связей между элементами. Во вторичных ореолах северных аномальных зон основные рудные элементы образуют две ассоциации: Ag – Mo – Pb и As – Sb (рис. 19). Корреляционная связь между элементами этих ассоциаций и золотом отсутствует.

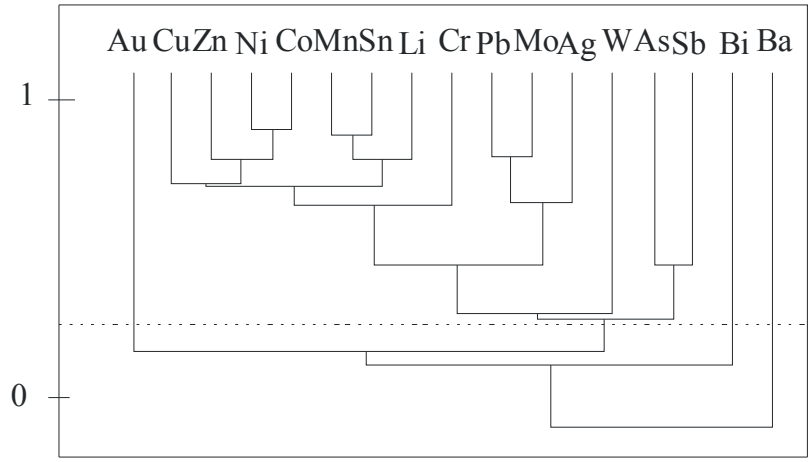


Рис. 19. Дендрограмма корреляционных связей между элементами во вторичных ореолах рассеяния в контуре Au ≥ 0,01 г/т на участке Токай (север).

Во вторичных ореолах центральной части золото имеет устойчивые корреляционные связи со всеми элементами рудного комплекса (Ag, Pb, Cu, Zn, As, Sb и Mo), при этом наиболее сильные – с серебром (рис. 20).

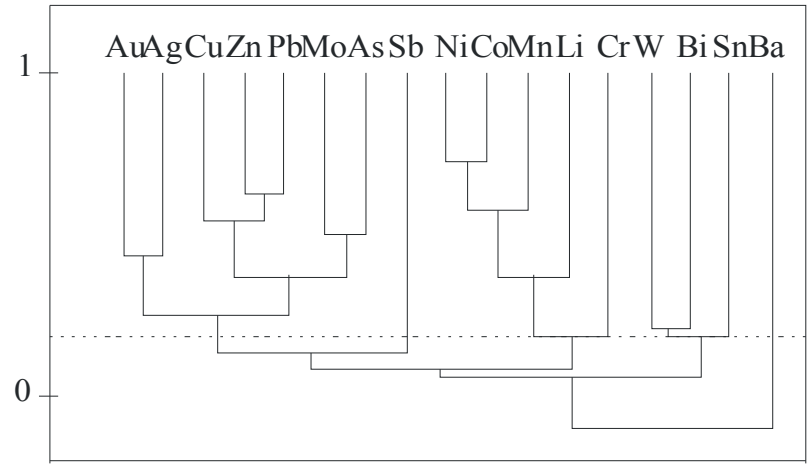


Рис. 20. Дендрограмма корреляционных связей между элементами во вторичных ореолах рассеяния в контуре Au ≥ 0,01 г/т на участке Токай (центральная часть)

Строение аномалии в центральной части АГХП характеризуется большей дифференцированностью, чем северной. В ее контуре выделяются многочисленные локальные максимумы с концентрациями более 1 г/т золота и 100 г/т серебра. Максимальное содержание золота во вторичных ореолах рассеяния на севере участка не превышает 0,3 г/т, а серебра – 80 г/т.

Состав ассоциации рудных элементов во вторичных ореолах рассеяния по данным детальной съемки М 1:10000 характеризуется сохранением паритета между серебром и золотом. Степень концентрации в аномальном контуре составляет: Ag - $К_с$=13, Au - $К_с$=13; в контуре богатых аномалий золота и серебра, совпадающих с ядерной частью АГХП, выделенной по результатам съемки М 1:50000: Ag - $К_с$=79, Au - $К_с$=70 (табл. 17).

При существенном росте степени концентрации главных элементов по результатам детальной съемки увеличения степени концентрации элементов-спутников не наблюдается (Pb, As, Mo и Zn - $К_с$ =2-6).

Отмеченные выше различия между составами вторичных ореолов в северной и центральной частях отчетливо проявляются в золото-серебряном отношении: на юге Au:Ag = 1:83, на севере - Au:Ag = 1:18.

Удельная продуктивность золота (0,08 т/м/км^2) по результатам съемки М 1:10000 уступает удельной продуктивности ореолов месторождения Купол (Δq = 0,3 т/м/км^2), серебра – превосходит их (13 т/м/км^2 против 9 т/м/км^2). Это свидетельствует не в пользу развития на проявлении богатых руд, что подтверждается результатами проведенных работ. В то же время, установленные значения этого параметра являются ориентиром, по которому может определяться соответствие прогнозируемого оруденения нижней границе промышленного оруденения.

Продуктивность аномального геохимического поля по результатам детальной литохимической съемки снизилась по золоту в 2 раза (с 11,2 до 6,6 м^2%), что подтверждает тенденцию, выявленную при рассмотрении результатов разномасштабных геохимических работ на месторождении Купол. В то же время, площадная продуктивность серебра после детальной съемке даже несколько возросла (с 1050 до 1320 м^2%). Как установлено последующими работами, серебро входит в состав не только развитого на площади жильного типа оруденения. Близкие к промышленным содержания серебра выявлены в многочисленных телах метасоматитов, вскрытых канавами в центральной части рудного поля.

Таблица 17

Параметры и характеристики вторичных ореолов участка Токай по результатам съемки масштаба 1:10000

Параметры, характеристики	Au	Cu	Zn	Pb	Co	Mo	Ag	Mn	As	Sb	W	Sn	Bi	Ba	Li
$C_ф$, *г/т*	0,0025	30	66	20	14	1,6	0,16	392	19	10	3	3	0,6	432	38
ε	1,71	1,3	1,36	1,46	1,64	1,73	1,76	1,69	1,45	1,16	1,28	1,32	1,31	1,68	1,37
$C_{мин. ан}$, *г/т*	0,006	50	120	50	40	5	0,5	1200	30	20	5	5	2	1200	80
% аном. проб	47	2	21	20	4	11	55	7	45	4	3	0,1	1	2	17
$S_{ан}$, *км²*	2,2	0,1	1	0,9	0,2	0,5	2,5	0,3	2,1	0,2	0,1	0,01	0,04	0,1	0,8
$C_{ср. ан}$, *г/т*	0,034	72	148	110	44	7,5	2,1	1300	85	23	5	5	3,3	1250	94
K_c	13	2	2	5	3	5	13	3	5	2	2	2	6	3	2
$C_{макс.}$, *г/т*	1,5	500	1500	3000	120	100	200	4000	8000	1000	30	5	30	2000	600
P, *м²%*	6,6	390	9000	11300	634	404	1320	34000	43000	436	56	1	20	7140	4740
Δq, *т/м/км²*	0,08	132	230	310	76	19	13	2560	510	60	11	5	11	2130	150
Геохимическая ассоциация рудного поля									$Au_{13}Ag_{13}$ Bi_6 $Pb_5Mo_5As_5Mn_3Co_3Ba_3$						
Геохимическая ассоциация в контуре аномальных содержаний Au > 0,1 г/т									$Ag_{79}Au_{70}Pb_4As_2Mo_2Zn_2$						

Поисковыми маршрутами на площади рудного поля выявлены и прослежены линейные гидротермально-метасоматические тела (типа гидротермальных кварцитов), кварцевые жилы и зоны кварцевого и кварц-карбонатного прожилкования с золото-серебряной, галенит-сфалеритовой и пирит-арсенопиритовой минерализацией.

Протяженность линейных гидротермально-метасоматических тел до 300-350 м, мощность 2-3 м. Минерализация убогосульфидная, в сумме не превышает 1-3 % (преимущественно пирит и арсенопирит). Жильно-прожилковый тип представлен маломощными жилами и зонами прожилкования кварцевого и кварц-карбонатного состава. Протяженность зон жильно-прожилковых зон до 250 м, мощность до 5 м.

По результатам штуфного опробования была установлена повсеместная золотоносность гидротермальных образований участка. В 35% штуфных проб содержание золота превысило 0,1 г/т, в 20 % – 1 г/т.

Большинство проб с содержанием более 1 г/т было отобрано в пределах богатого контура аномалий золота и серебра в центральной части рудного поля. Поисковыми маршрутами в этой части была выявлена зона прожилкового окварцевания северо-западного простирания. Содержания золота в прожилковом кварце в семи пробах превысили 1 г/т, максимальное содержание золота - 25 г/т. Все пробы характеризуются очень высокими содержаниями серебра – 154,8 - 1039,7 г/т, свинца – 0,3 - 0,5 %, и повышенными содержания сурьмы, меди и цинка (сотые доли %).

Последующее вскрытие тел гидротермальных кварцитов и жильно-прожилковых зон поверхностными горными выработками и бурением показало наличие отдельных пересечений с промышленными и близкими к ним содежаниями золота и серебра.

В центральной части участка канавами №№ 1, 2, 3 была вскрыта маломощная зона кварцевого прожилкования с содержаниями золота до 1,2 г/т, серебра – до 144,4 г/т.

Канавой 4 в этой же части участка была вскрыта зона метасоматитов с кварцевыми прожилками. На интервале около 10 м содержания золота в метасоматитах превышают 0,1 г/т (максимальные – 1,8 г/т), серебра – 10 г/т (максимальные – 137,6 г/т).

Канавой 5 вскрыта маломощная (до 3 м) зона кварцевого прожилкования с содержаниями золота до 1,2 г/т, серебра – до 130 г/т.

Канавой 6 вскрыто тело гидротермальных кварцитов с кварцевыми прожилками мощностью до 0,3 м и содержаниями золота 0,25-13,4 г/т, серебра – 12,2 - 238 г/т на интервале 4,6 м.

На севере и северо-востоке участка канавами вскрыты тела гидротермальных кварцитов и зоны кварцевого прожилкования.

В северо-восточной части участка канавами и неглубокими скважинами вскрыты гидротермально-метасоматические тела мощностью до 3 м с убогосульфидной пирит-арсенопиритовой минерализацией, характер которой не изменяется на глубине 30 м от поверхности. Содержания золота в гидротермальных кварцитах – десятые г/т (до 0,8 г/т), серебра – первые г/т (до 30 г/т).

В северной части канавами 9, 10, 11 и скважинами вскрыто тело гидротермальных кварцитов и ряд сближенных зон кварцевого и кварц-карбонатного прожилкования с сульфидной минерализацией. Мощность зон прожилкования от 1,5-2 до 3-5 м. Пробуренными скважинами на глубине 30-50 м установлено некоторое увеличение мощности прожилков (до 30 см) с не изменяющимся характером рудной минерализации.

Содержания золота на отдельных интервалах имеют промышленное значение: в канаве 9 – 10,2 г/т на мощность 1 м, канаве 11 – 19,8 г/т на мощность 1 м 10,2 г/т на мощность 1,1 м. Содержания серебра на этих интервалах составляют 3, 8,6 и 4,4 г/т соответственно. Максимальные содержания золота по скважинам в этой части участка – 4,4 г/т.

Модель АГХП, на наш взгляд, адекватно отражает выявленное в пределах рудного поля золото-серебряное оруденение жильного и жильно-прожилкового типа, Ее параметры соответствуют среднему по масштабам объекту золото-галенит-сфалеритового типа золото-серебряной формации с близкими к промышленным содержаниями главных элементов.

4.1.3. Модель аномального геохимического поля серебро-полиметаллической рудной формации

Прогнозируемое рудное поле Горностаевое, выбранное в качестве эталона для разработки модели АГХП серебро-полиметаллической формации, расположено в южной части территории исследований, на водоразделе правых притоков р.Анадырь – р. Горностаевый и р. Мечкерева.

В геологическом отношении рудное поле приурочено к центральной части раннемеловой Горностаевой вулканоструктуры, сложенной лавами и туфами андезитов и андезито-базальтов, относящихся к вилковской свите нижнего мела. Центральная и восточная части рудного поля сложены двупироксеновыми андезитами и их туфами. В северо-западной части развиты андезито-базальты вилковской свиты.

Субвулканические образования представлены штоками диорит-порфиритов и долеритов, комагматичных андезитам и андезито-базальтам вилковской свиты, и массивами позднемеловых риолитов.

Рудоносные образования участка представлены сульфидно-кварцевыми и кварцевыми жилами и жильно-прожилковыми зонами протяженностью 100-300 м и мощностью 0,5-4 м. В центральной и восточной частях они имеют северо-западное простирание, отвечающее простиранию Гребневого глубинного разлома, в западной части - северо-восточное, соответствующее простиранию Ныркового глубинного разлома. В верховьях руч. Аметист установлена штокверковая зона окварцевания и сульфидизации диаметром 200-300 м (Отчет оработе Горностаевой…, 1973).

Литохимической съемкой по сети 500×100 м на площади рудного поля выявлены контрастные аномалии золота, серебра, свинца, цинка, меди, мышьяка и др. элементов (рис. 21), приуроченные как к ранее известным жилам и зонам в центральной и северо-восточной частях участка, так и к новым на флангах проявления.

На площади рудного поля наиболее широко распространены аномалии серебра и полиметаллов. Аномалии серебра занимает всю центральную часть участка и его юго-западный фланг. На фоне достаточно ровных и высоких содержаний в аномальном поле выделяются локальные аномалии серебра с концентрациями, превышающими 10 г/т, приуроченные к известным серебро-полиметаллическим жилам.

Аномалии свинца, цинка и меди отличаются высокой контрастностью и имеют сходное строение. Они широко распространены в центральной, южной и юго-западной частях рудного поля. В центральной части они отчетливо тяготеют к массиву диоритовых порфиритов. Преобладающим является субмеридиональное простирание аномалий. Концентрации полиметаллов в наиболее богатых частях ореолов превышают 0,1%.

Аномалии золота имеют широкое распространение и занимают около половины площади рудного поля. Их значительная часть концентрируется в аномальной зоне северо-западного простирания, пресекающей участок с северо-запада на юго-восток по диагонали. В контуре аномальной зоны локализована большая часть кварцевых жил, выявленных предшествующими работами. Ореолы золота, образующие аномальную зону, имеют протяженность до 2 км при ширине 200-300 м и характеризуются средней контрастностью. В северо-восточной и юго-западной частях участка ореолы золота имеют субмеридиональное простирание, менее протяженны (редко более 500 м), но также достаточно контрастны. Максимальные содержания золота в аномалиях превышают 1 г/т.

Аномалии мышьяка и молибдена имеют меньшее распространение и обнаруживают пространственную связь с аномалиями полиметаллов только на отдельных участках. Аномалии мышьяка сконцентрированы в юго-западной части рудного поля. Аномалии молибдена равномерно распределены по всей площади.

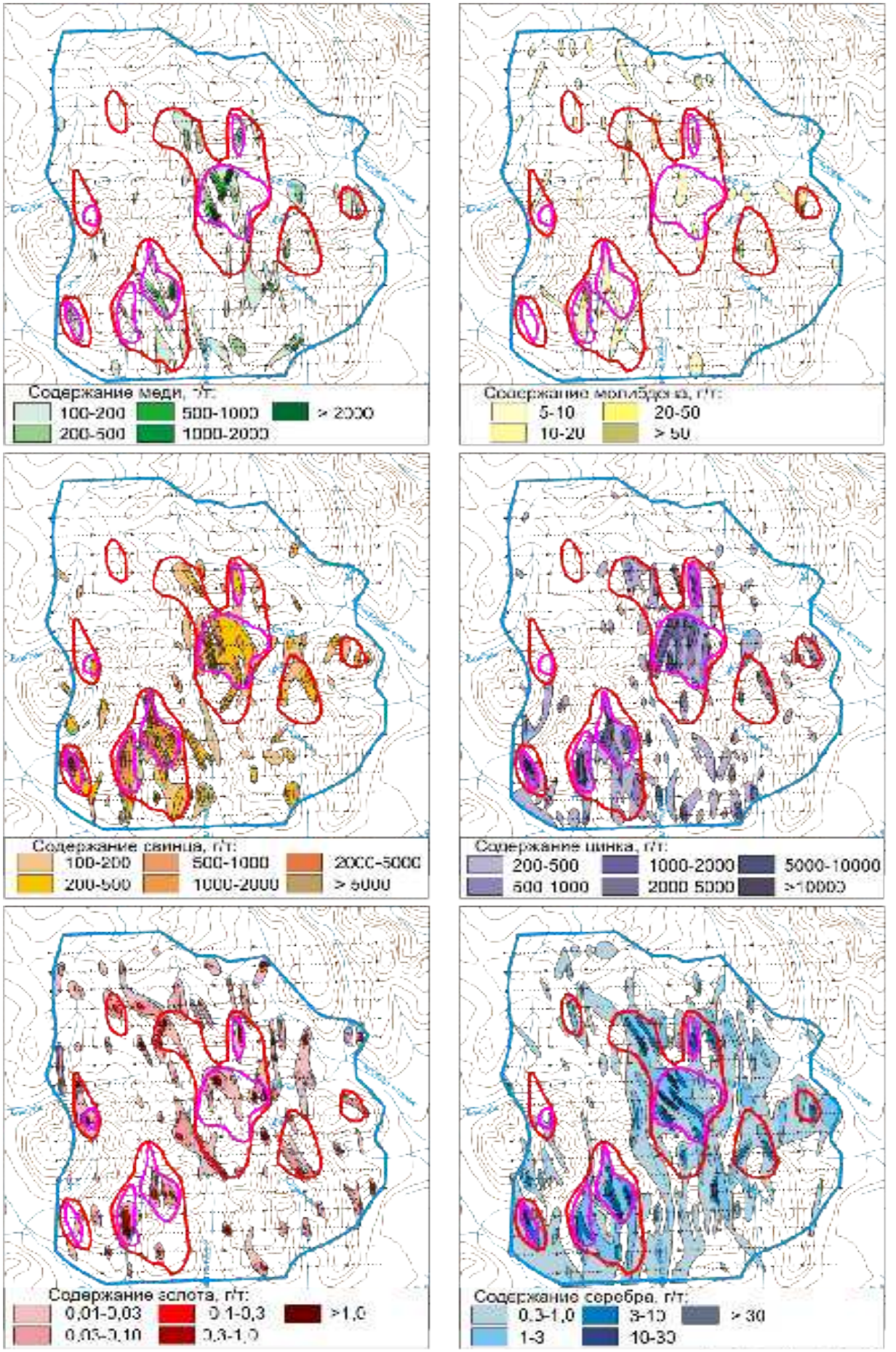


Рис. 21. Модель АГХП рудного поля Горностаевое

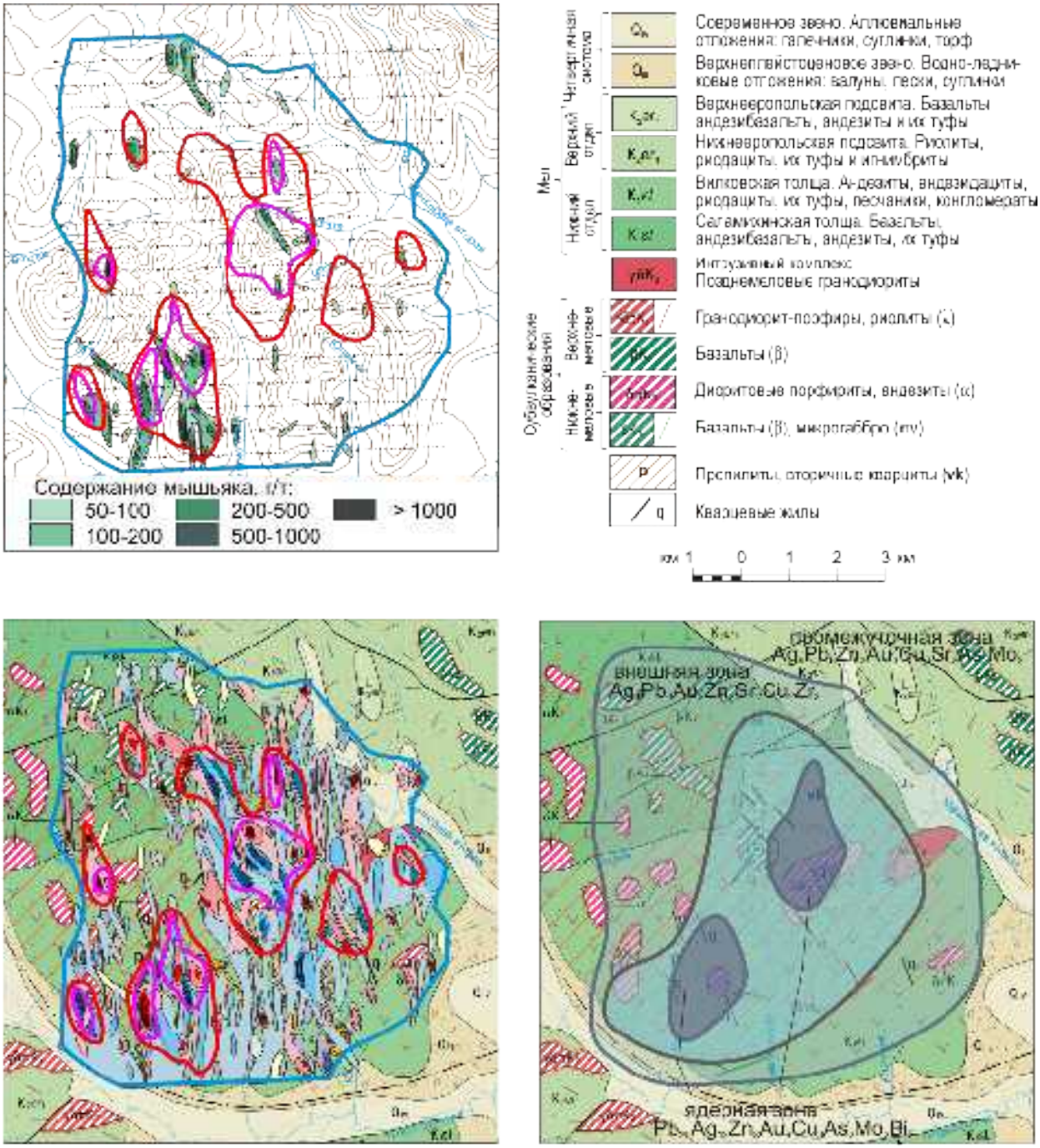


Рис. 21. Модель АГХП рудного поля Горностаевое *(продолжение)*

Характер взаимосвязей между элементами во вторичных ореолах свидетельствует об обособленности золота от серебро-полиметаллической ассоциации (рис. 22). С последней значимо коррелирует молибден. Слабые корреляционные связи выявлены между мышьяком, сурьмой, висмутом и вольфрамом, которые образуют отдельную группу.

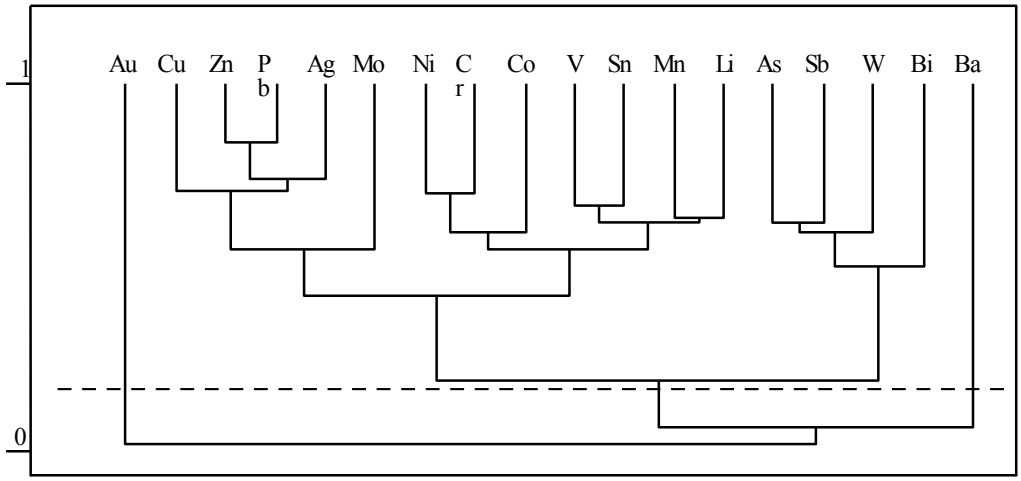


Рис. 22. Дендрограмма корреляционных связей между элементами в АГХП рудного поля Горностаевое (n = 266, $r_{5\%}$ = 0,15)

В составе ассоциации элементов, характеризующей аномальное геохимическое поле в целом, степень концентрации свинца, висмута, серебра и цинка выше, чем степень концентрации золота. Обособленность золота от серебра и полиметаллов проявляется в контуре ореолов золота с содержанием более 0,1 г/т (табл. 18).

Построение модели АГХП рудного поля проводилось с учетом доминирующей роли серебро-полиметаллической ассоциации. Ядерные части АГХП выделялись по развитию высококонтрастных ореолов серебра (более 10 г/т) свинца, цинка (более 0,1%). Промежуточная зона выделялась в контурах аномалий средней интенсивности главных и сопутствующих элементов. Во внешний контур АГХП были объединены слабоконтрастные разрозненные аномалии рудных элементов. Внешняя граница АГХП в значительной степени определяется развитием слабоконтрастных аномалий серебра, распространенных на большей части рудного поля.

Аномальное геохимическое поле в выделенных границах имеет достаточно крупные размеры (62 км^2), значительно превосходя по площади золото-себряные АГХП. Оно имеет полиядерную изометричную структуру, включающую относительно крупные эллипсовидные ядра, контура которых соответствуют рудоносным структурам представленным непротяженными субпараллельными группами жил.

Таблица 18

Параметры и характеристики вторичных ореолов рудного поля Горностаевое по результатам съемки масштаба 1:50000

Параметры, характеристики	Au	Cu	Zn	Pb	Co	Mo	Ag	Mn	As	Sb	W	Sn	Bi	Ba	Li
$C_ф$, *г/т*	0,002	36	65	16	13	1,5	0,16	660	16	10	3	3	0,7	550	22
ε	1,70	1,30	1,50	1,88	1,38	1,56	1,62	1,29	1,24	1,02	1,11	1,28	1,46	1,32	1,50
$C_{мин. ан}$, *г/т*	0,005	60	150	50	30	4	0,4	1200	30	20	5	6	2	1000	50
% аном. проб	44	26	25	27	5	12	28	9	15	0,1	2,4	1,6	3	21	2,1
$S_{ан}$, км^2	29	17	17	18	3,3	8	19	6	10	0,1	1,7	1,1	2,1	14	1,4
$C_{ср. ан}$, *г/т*	0,01	87	298	124	38	4,8	0,9	1570	57	20	5	8	4	1190	51
Кс	5	3	5	8	3	3	6	2	4	2	2	2	6	2	2
$C_{макс.}$, *г/т*	1.2	4000	3000	8000	200	20	25	12000	1500	20	15	30	50	3000	60
P, *м^2%*	91	143000	560000	396000	9000	2800	2300	652000	70000	50	390	660	1200	952000	4000
Δq, *т/м/км^2*	0,08	210	830	550	70	9	3	2800	170	25	6	15	15	2700	73
Геохимическая ассоциация рудного поля									$Pb_8Bi_6Ag_6Au_5Zn_5As_3Mo_3Co_3Cu_3$						

Несмотря на крупные размеры внутренних зон АГХП, существующие между ними соотношения $S_{яд} : S_{пр} : S_{вн}$ = 4,5 км^2 : 10 км^2 : 48 км^2 в процентом выражении практически идентичны золото-серебряным АГХП.

Ассоциация элементов в ядерной зоне характеризуются преобладанием ведущей ролью свинца (K_c=20) и серебра (K_c=12) при подчиненной роли золота (табл. 19). Золото-серебряное отношение в ядерной зоне Au:Ag=1:130 практически не отличается от аналогичного показателя в АГХП золото-галенит-сфалеритового типа. В промежуточной и внешней зонах состав ассоциаций не меняется, снижается только степень концентрации элементов.

Одним из главных отличием АГХП золото-серебряной формации от объектов иной рудно-формационной принадлежности является более равномерное распределение площадных продуктивностей главных элементов между внутренними зонами. В ядерных частях сосредоточено немногим более половины (54-66 %) общей продуктивности главных элементов от их общего количества, заключенного в АГХП. Вследствие этого, вдвое превосходя эталонные объекты золото-серебряной формации по общей продуктивности золота в АГХП, рассматриваемый объект не отличается от них по величине этого параметра для ядерной зоны. Принадлежность АГХП рудного поля к серебро-полиметаллической формации проявляется в высокой площадной и удельной продуктивности свинца, по которым он на порядок превосходит сходные с ним по составу АГХП золото-галенит-сфалеритового типа золото-серебряной формации.

Таблица 19

Геохимические параметры внутренних зон АГХП рудного поля Горностаевое

Элементы	Ядерная часть $Pb_{20}Ag_{12}Zn_8Au_6Cu_3As_2Mo_2Bi_2$				Промежуточная зона $Ag_6Pb_6Zn_3Au_3Cu_2Sr_2As_2Mo_2$				Внешняя зона $Ag_4Pb_3Au_2Zn_2Sr_2Cu_2$			
	Кс	P		Δq, т/м/км^2	Кс	P		Δq, т/м/км^2	Кс	P		Δq, т/м/км^2
		м^2%	% от $P_{об}$			м^2%	% от $P_{об}$			м^2%	% от $P_{об}$	
Ag	12	1069	54	6	6	520	24	1,3	4	580	22	0,3
Pb	20	234600	66	1303	6	54000	15	138	3	68400	19	36
Au	6	35	39	0,2	3	18	20	0,05	2	37	41	0,02

Поисковыми маршрутами на участке была заверена большая часть геохимических аномалий и подтверждено наличие значительного числа (более 50) жил и жильно-прожилковых зон. По объему жильной массы проявление Горностаевое превосходит

большинство участков Верхне-Яблонской металлогенической зоны. Кварцевые жилы локализованы в системах трещин субмеридионального и северо-западного направлений.

Протяженность отдельных жил достигает 2 км, мощность – 2 м. Наиболее насыщена жилами центральная часть рудного поля. Здесь наряду с жилами развиты площадные и линейные штокверки в субвулканических телах дацитов и диоритовых порфиритов.

В результате заверки литохимических аномалий были обнаружены и прослежены новые жилы и зоны кварцевого прожилкования в юго-западной части участка и в верховьях руч. Цель (правый приток р. Мечкеревы). В верховьях руч. Цель выявленная жила имеет протяженность около 1 км при мощности до 1.5-2 м. На юго-западе участка кварцевые жилы до 500 м при мощности более 1-1.5 м, прожилковые зоны до 150-200 м при мощности 1.5-3 м. Все жильные и прожилковые образования представлены несколькими генерациями кварца с галенит-сфалерит-халькопиритовой, халькопирит-блеклорудной, пирит-халькопиритовой минерализацией.

В пробах из кварц-адуляровых жил в восточной части участка содержания серебра составили 100-200 г/т, меди 1-2 %, золота - до 0,15 г/т, свинца 0,02 - 0,3 %.

В поисковых маршрутах при заверке участка было отобрано более 100 штуфных проб. В 30 % проб выявлены повышенные содержания золота (более 0,1 г/т), в том числе в 15 пробах – 1 г/т.

Максимальные содержания золота – 8,4 г/т были определены в пробе, отобранной из кварцевой жилы на юго-западе участка, где ранее были неизвестны продуктивные золотоносные образования. Содержания серебра в пробе 31,2 г/т, свинца – 1 %, цинка и меди – 0,1 %, отношение Au:Ag = 1:4.

В южной части участка из развалов кварцевых жил были отобраны пробы с содержанием золота до 5,4 г/т, серебра - до 8,6 г/т, меди - до 0,12%, цинка - сотые доли %, Отношение Au:Ag = 1:1,5. Здесь же в пробе из обогащенных халькопиритом кварцевых прожилков содержание меди - 30%, золота - 6 г/т, серебра - 146 г/т, висмута - 0,01 %.

Результаты поисковых маршрутов подтверждают ранее известные факты полиформационности рудного поля Горностаевое, в котором, наряду с серебро-полиметаллической, развиты золото-серебряная и медно-молибден-порфировая формации.

Разработанная модель АГХП отражает выявленные параметры и характеристики среднего по масштабам объекта серебро-полиметаллической формации с некондиционными рудами, пользующимися широким развитием на площади рудного поля, характеризующегося отмеченной выше полиформационностью.

4.1.4. Модель аномального геохимического поля золото-сульфидно-кварцевой рудной формации

АГХП рудного поля Китеп – Малышка выделено по результатам съемки М 1:50000 и в междуречье р. Нижний Китепваам - Гребневая и Нижний Китепваам - Верхний Китепваам в центральной части Китепского блока и приурочено к участку пересечения регионального Гребневого разлома северо-западного простирания с внутриблоковым Крестово-Саламихинским разломом.

Площадь рудного поля сложена конгломератами, песчаниками и алевролитами чимчемемельской свиты, на которых залегают базальты саламихинской свиты (в южной части) и андезиты вилковской свиты.

Интрузивные образования представлены штоком габбро-диоритов на правом берегу р. Верхний Китепваам и массивом габбро-диоритов в междуречье рек Гребневая и Нижний Китепваам. Субвулканические образования раннего мела - штоки и дайками диоритовых порфиритов, позднемеловые – дайки гранодиорит-порфиров и риолитов мощностью 5 - 10 м и протяжённостью 0,5 - 1 км пользуются широким развитием на площади рудного поля.

Гидротермальные образования представлены зонами окварцевания и сульфидизации по габбро-диоритам и конгломератам чимчемемельской свиты.

Основными особенностями АГХП участков рудного поля является многокомпонентный состав, высокая контрастность аномалий золота и его элементов-спутников и их приуроченность к зонам глубинных разломов и интрузивным и субвулканическим образованиям.

Комплексные аномалии образуют две структуры АГХП: северную – Китеп и южную – Малышка (рис. 23). АГХП Малышка имеет площадь около 25 км^2, близкую к изометричной форму и приурочена к крупному телу субвулканических диоритовых порфиритов на пересечении Гребневого и Крестово-Саламихинского глубинных разломов. Аномалия занимает междуречье верхнего течения рек Гребневая – Нижний Китепваам и объединяет в своем контуре серию высококонтрастных ореолов золота, серебра, мышьяка, свинца, цинка, меди, имеющих субмеридиональное простирание и протяженность до 2 км при ширине 200-400 м.

К северо-востоку от АГХП Малышка, в междуречье верхнего течения рек Верхний Китепваам - Нижний Китепваам, выявлена близкая по площади комплексная аномальная зона, которая ориентирована параллельно осевой части Гребневого разлома – АГХП проявления Китеп. В составе комплексной аномалии ведущую роль играют золото, серебро, мышьяк, свинец и цинк.

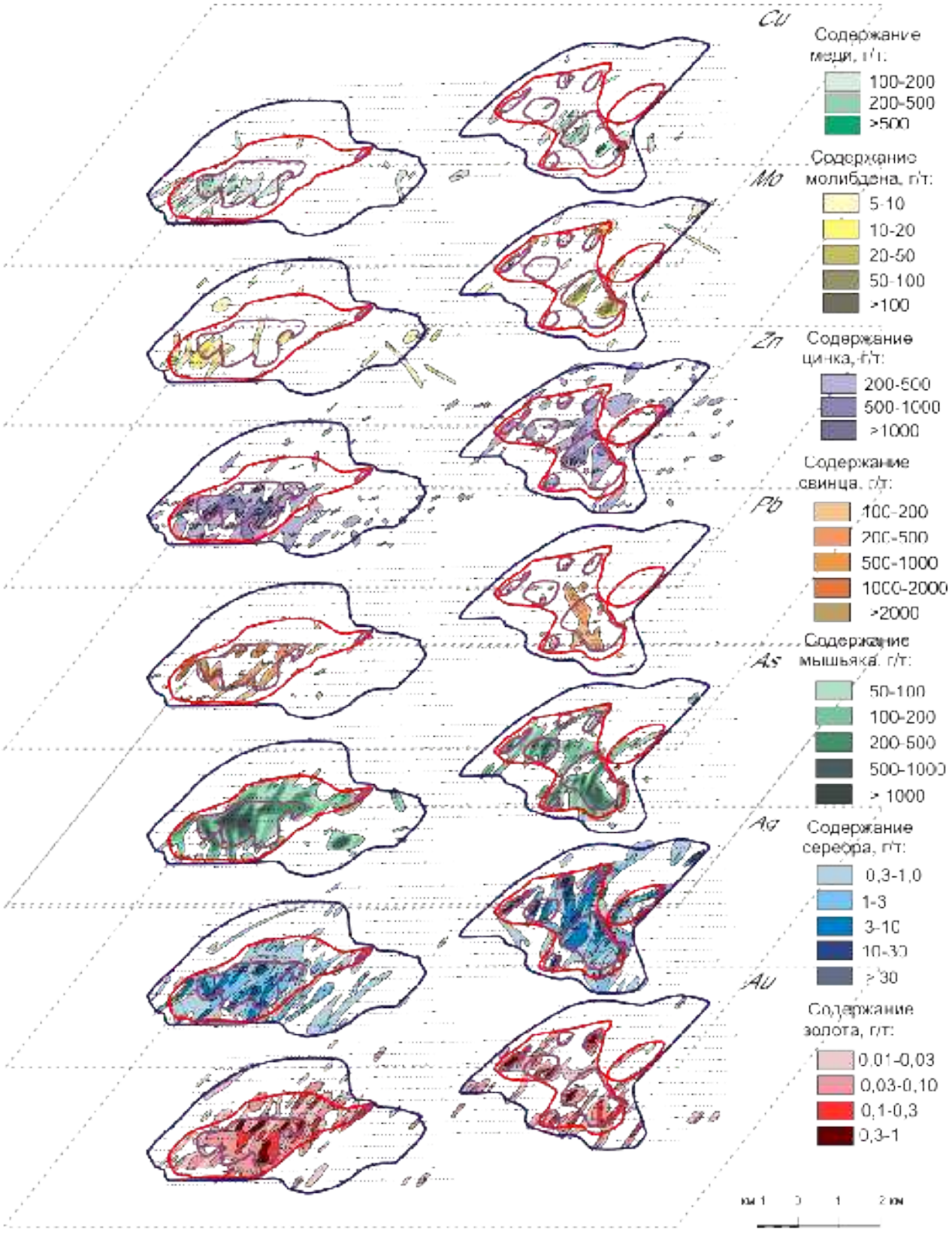


Рис. 23. Модель АГХП рудного поля Китеп-Малышка

115

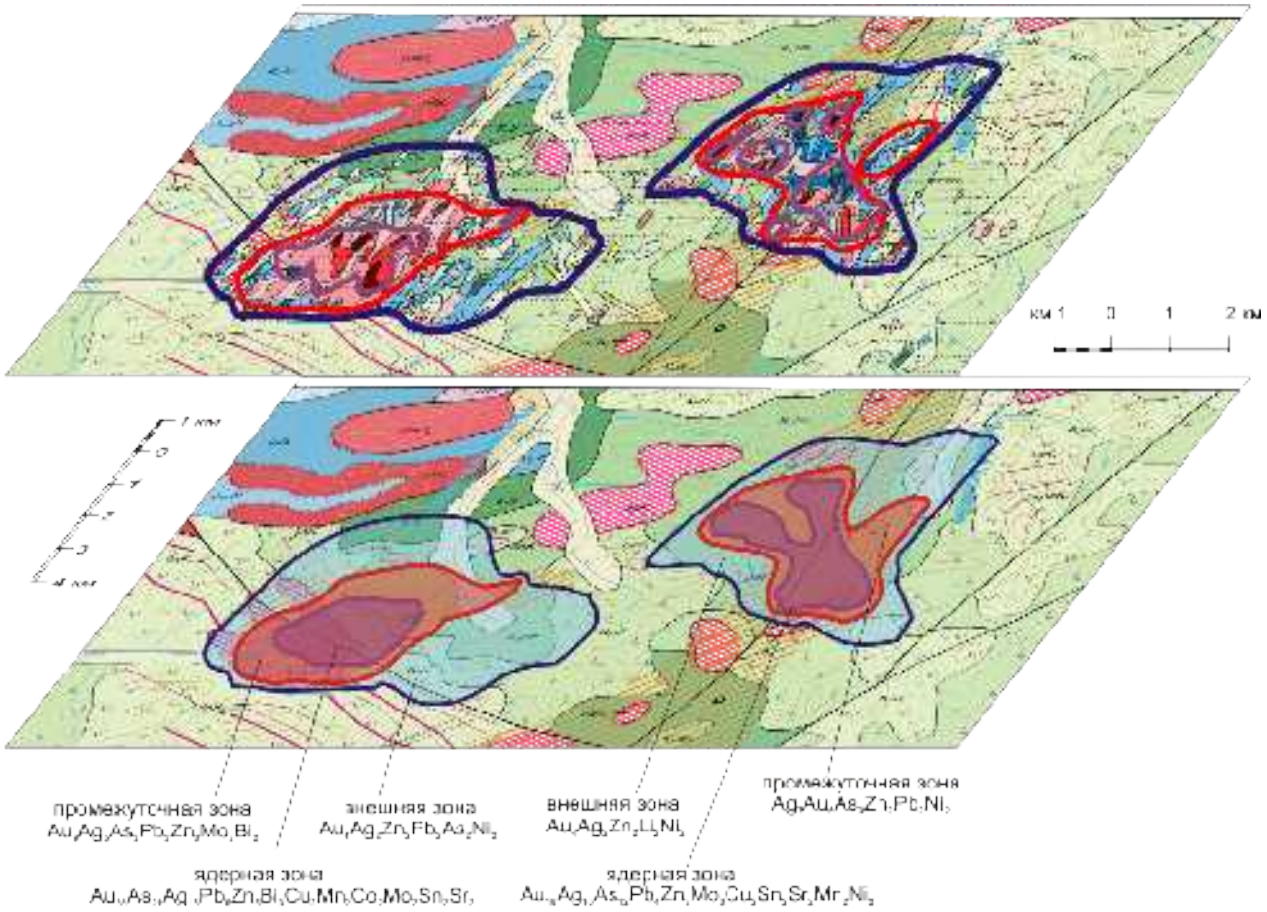


Рис. 23. Модель АГХП рудного поля Китеп-Малышка *(продолжение)*

116

По результатам корреляционного анализа рудные элементы образуют во вторичных ореолах три основные ассоциации: Au – Pb – As – Sn – Zn, Ag - Sb – V и Cu – Mo – W (рис. 24). В составе золоторудной ассоциации наиболее тесные связи наблюдаются между золотом, мышьяком и свинцом.

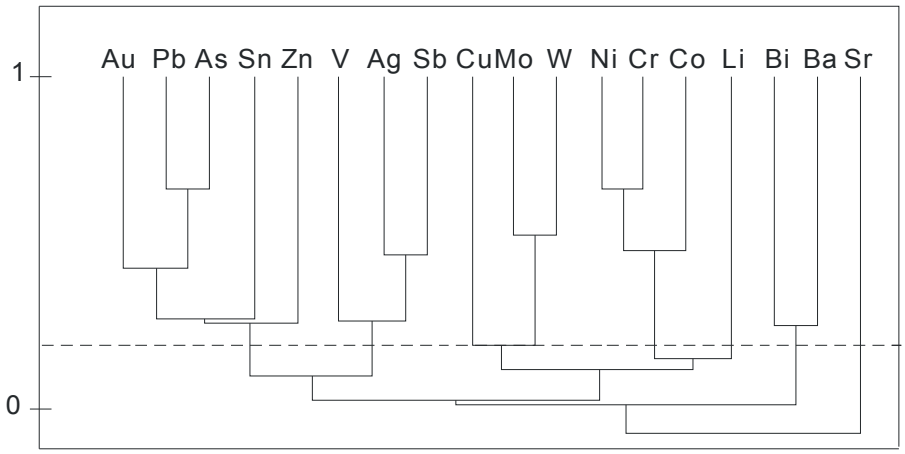


Рис. 24 . Дендрограмма корреляционных связей между элементами в АГХП рудного поля Китеп - Малышка (в контуре с содержаниями золота ≥0.01 г/т; n = 94, $r_{5\%}$ = 0,21)

АГХП рудного поля выделяется по развитию аномалий серебра и цинка, которые превосходят по размерам аномалии золота. Ядерные части АГХП были выделены в контурах высококонтрастных ореолов золота с содержаниями более 0,1 г/т и мышьяка с содержаниями более 200 г/т. В ядерных частях АГХП максимальные содержания золота достигают 2,5 г/т, мышьяка – 2%, свинца, цинка, меди – десятых долей %, серебра – 100 г/т. Промежуточные зоны выделялась по развитию среднеконтрастных, пространственно совпадающих аномалий Au, Ag, As, Bi, Zn, Pb, Ba, обрамляющих ядерные части.

АГХП рудных полей с золото-сульфидно-кварцевым оруденением имеют концентрически-зональное строение. Относительно изометричные или эллипсовидные ядерные части, имеющие площадь более 3 км^2, последовательно обрамляются промежуточной и внешней зоной, повторяющей их контур. Соотношения ядерных, промежуточных и внешних зон 1:2:4 отличается от аналогичных соотношений в золото-серебряных и серебро-полиметаллических АГХП. Изометричная форма ядерных частей отражает морфологию штокверкового оруденения и мощных зон сульфидизации развитых на площади рудного поля.

Состав аномального геохимического поля характеризуется максимально широкой ассоциацией рудных элементов, средняя степень концентрация которых выше, чем в других типах АГХП (табл. 20).

Таблица 20

Параметры и характеристики вторичных ореолов рудного поля Китеп-Малышка по результатам съемки масштаба 1:50000

Параметры, характеристики	Au	Cu	Zn	Pb	Co	Mo	Ag	Mn	As	Sb	W	Sn	Bi	Ba	Li
$C_ф$, *г/т*	0,002	31	70	15	15	1,5	0,1	475	16	11	2	2	0,6	206	20
ε	1,65	1,57	1,45	1,79	1,58	1,68	1,8	1,70	1,25	1,24	1,16	1,64	1,47	2,22	1,6
$C_{мин.\ ан}$, *г/т*	0,005	80	150	50	40	4	0,3	1200	30	20	5	5	2	1000	50
% аном. проб	33	23	37	14	17	12	25	9	38	4,4	1,3	3	6,4	7,8	7,8
$S_{ан}$, км^2	24	16	27	10	12	9	18	6,6	28	3,2	1	2,2	4,6	5,7	5,6
$C_{ср.\ ан}$, *г/т*	0,015	107	217	94	51	65	1	174	82	27	5	7	4	1460	74
Кс	7	4	3	6	3	4	11	4	5	2	3	4	7	7	4
$C_{макс.}$, *г/т*	2,5	1000	2500	8000	200	100	100	20000	20000	400	10	30	50	8000	600
P, *м^2%*	117	99000	491000	173000	46000	6780	4256	$1,1*10^6$	693000	7380	315	1340	2790	822000	41300
Δq, *т/м/км^2*	0,12	150	460	430	95	20	6	4000	630	58	8	16	15	3640	184
Геохимическая ассоциация рудного поля									$Ag_{11}Au_7Bi_7Ba_7Pb_6As_5Mo_4Sn_4Cu_4Mn_4Li_4Zn_3Co_3W_3$						

Ведущую роль в ассоциации играют Au, Ag, As, Bi, Pb, Ba ($К_с$ = 5-11). Второстепенными элементами являются Mo, Cu, Mn, Sn, Zn, Co, Sb ($К_с$ = 2-5).

Ассоциация ядерной части АГХП характеризуется резко доминирующей ролью золота ($К_с$ = 28), мышьяка ($К_с$ = 21) и серебра ($К_с$ = 16) и наиболее широким набором элементов-спутников (табл. 21). В промежуточной и внешней зонах степень концентрации главного и сопутствующих элементов последовательно убывает, а число элементов уменьшается. Отличительной особенностью состава АГХП является большое число и повышенная степень концентрации элементов-спутников, не характерная для других типов объектов.

Таблица 21

Геохимические параметры внутренних зон АГХП рудного поля Китеп-Малышка

Элементы	Ядерная часть				Промежуточная зона				Внешняя зона			
	$Au_{28}As_{21}Ag_{16}Pb_6Zn_5Bi_3Cu_2Mn_2Co_2Mo_2Sn_2Sr_2$				$Au_9Ag_5As_3Pb_3Zn_3Mo_2Bi_2$				$Au_4Ag_2Zn_2Pb_2As_2Ni_2$			
	Кс	P		Δq, т/м/км^2	Кс	P		Δq, т/м/км^2	Кс	P		Δq, т/м/км^2
		м^2%	% от $P_{об}$			м^2%	% от $P_{об}$			м^2%	% от $P_{об}$	
Au	28	55	77	0,4	9	13	18	0,05	4	3	5	0,01
Ag	16	1044	74	8	5	273	19	1,1	2	85	7	0,14
Pb	6	97700	76	746	3	25200	20	99	2	6000	4	10

АГХП эталонного золото-сульфидно-кварцевого рудного поля при средней степени концентрации золота характеризуется его относительно высокой площадной продуктивностью, превышающей продуктивность АГХП крупного месторождения золото-серебряной формации. Более 75% площадной продуктивности золота и его основных спутников сконцентрировано в ядерной части АГХП

Поисковыми маршрутами при заверке аномалий на площади рудного поля выявлены мощные зоны кварцевого прожилкования и сульфидизации, имеющие повышенную золотоносность. По результатам опробования в 4-х из 20 штуфных проб были выявлены содержания золота выше 1 г/т. Максимальные содержания золота 4,4 г/т были установлены в кварцевых прожилках из зоны окварцевания в верховьях р. Верхний Китепваам. Основным спутником золота в рудах является молибден (до 0,03%). Содержания серебра в пробе - 3 г/т, остальных элементов – фоновые. На водоразделе рек Нижний Китепваам – Верхний Китепваам в пробе при содержании золота 1,6 г/т были установлены максимальные содержания серебра – 108,8 г/т. Основными спутниками золота являются мышьяк (0,4 %) и сурьма (0,03 %).

Результаты заверочных работ подтверждают рудно-формационную принадлежность объекта и адекватность модели АГХП, отражающей структурно-морфологические особенности оруденения, представленного зонами сульфидизации и прожилкования штокверкового типа, развитыми на площади рудного поля.

4.1.5. Модель аномального геохимического поля собственно золотого типа оруденения

Разработана на примере Пеледонского рудного поля, расположенного в бассейне правых притоков р. Малый Пеледон.

Площадь рудного поля сложена вулканогенными породами альбского яруса и вулканогенно-осадочными породами айнахкургенской свиты, прорванными интрузией кварцевых габбро-диоритов, дайками гранит-порфиров позднемелового возраста, а также субвулканическими телами и дайками диорит-порфиритов раннемелового возраста.

В северной части рудного поля по крупным субпараллельным разломам северо-восточного простирания на поверхность выведены вулканогенно-осадочные породы аптского яруса. На границах интрузивных тел широко проявлен контактовый метаморфизм, выразившийся в окварцевании, сульфидизации, ороговиковании вмещающих пород. К интрузии кварцевых габбро-диоритов г. Пеледон приурочены зоны метаморфически и метасоматически измененных пород - зона окварцевания на юге и зона окварцевания и сульфидизации на севере, с которыми связаны проявления рудного золота.

Первые сведения о рудоносности участка Пеледон были получены при геологической съемке масштаба 1:200 000, во время которой была выявлена россыпная золотоносность ручьев Лис, Вольга, Впикумаривеем, а в штуфах, взятых из измененных диоритовых порфиритов массива г. Пеледон, были установлены содержания Au до 1 г/т и Ag до 10 г/т.

При проведении ГСП-50 была подтверждена перспективность участка на золотое оруденение. В штуфных пробах, взятых из кварцевых жил, диоритов с прожилками кварца, роговиков по диоритовым порфиритам выявлены содержания Au до 12.7 г/т, Ag >10 г/т, Cu > 0.3 %, As > 0.2 % и Zn > 0.3 % (Отчет о работах Мало-Пеледонской…, 1968).

Литохимической съемкой по сети 500×100 м на площади рудного поля были выявлены высококонтрастные аномалии золота и слабоконтрастные аномалии его немногочисленных спутников (рис. 25). Юго-восточная аномалия золота приурочена к эндо- и экзоконтактам интрузии кварцевых габбро-диоритов, где локализованы большинство известных точек золоторудной минерализации. Северо-западная аномалия контролируется тектоническим нарушением в верховья ручья Браслет.

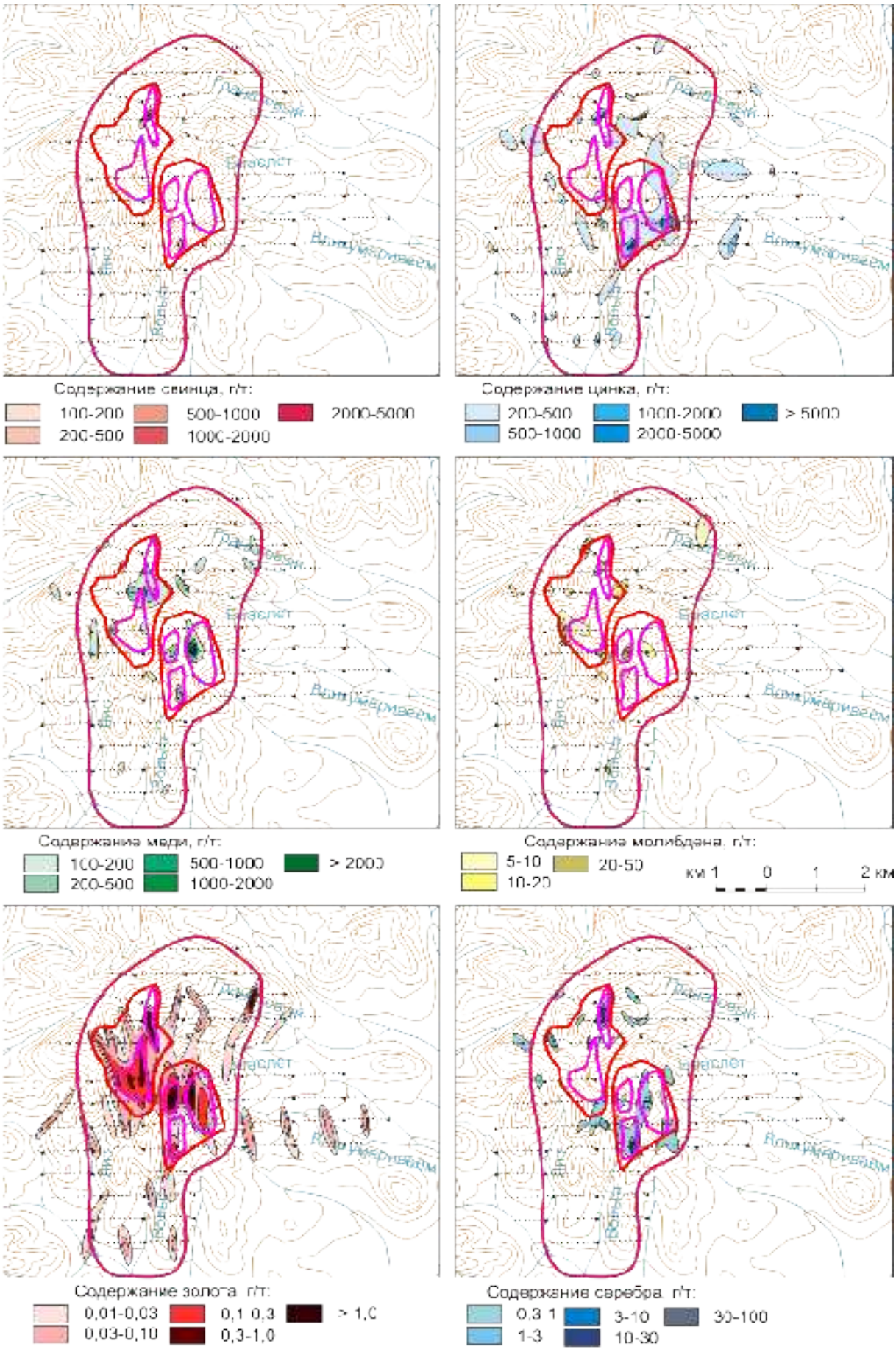


Рис. 25. Модель АГХП рудного поля Пеледон

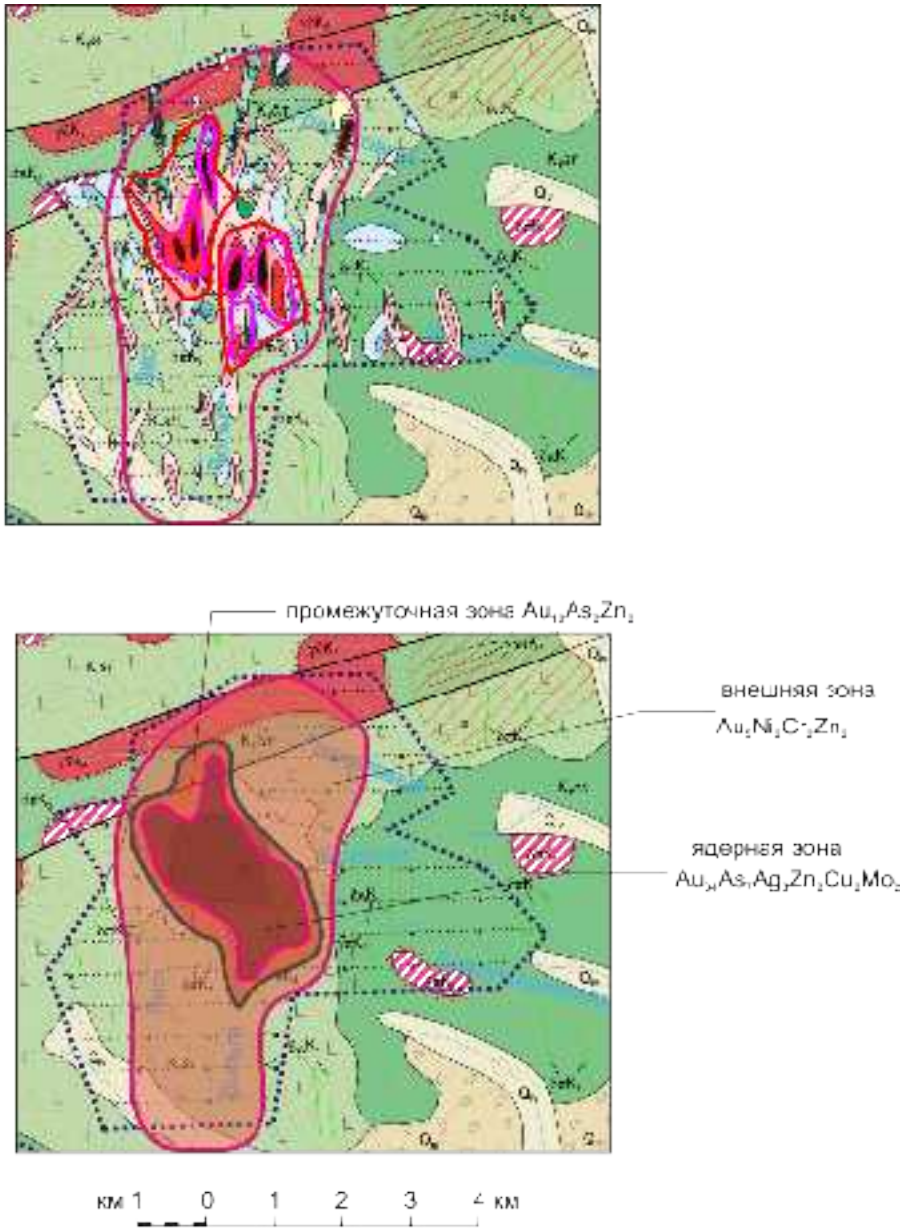


Рис. 25. Модель АГХП рудного поля Пеледон *(продолжение)*

АГХП рудного поля оконтурено по развитию аномалий золота на площади 18 км^2 и характеризуется эллиптической формой, отражающей линейность рудоносных структур, контролируемых субмеридиональным разломом фундамента, трассируемого сериями даек. В структуре АГХП выделяется относительно крупное ядро эллиптической формы, в контур которого объединены локальные высокоинтенсивные аномалии золота в центральной части рудного поля. В контуре локальных аномалий максимальные содержания золота превышают 1 г/т. Промежуточная зона выражена слабо и по площади уступает ядерной части. В ее контуре объединены менее интенсивные аномалии золота и слабоконтрастные аномалии цинка, обрамляющие ядерную часть АГХП.

По результатам корреляционного анализа в составе АГХП выделяется три ассоциации элементов: Au - Cu - Mo; Ag - Pb - Zn - W и As – Bi – Sn.

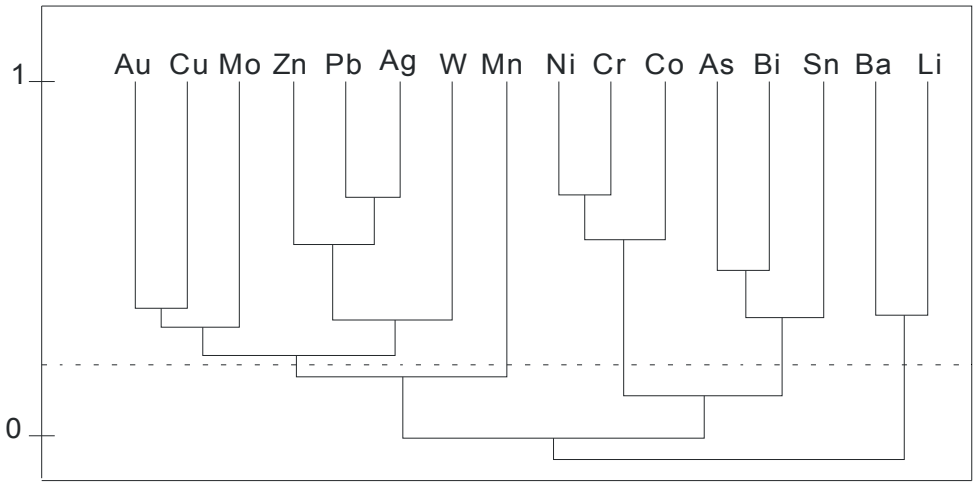


Рис. 26. Дендрограмма корреляционных связей между элементами в АГХП рудного поля Пеледон (в контуре с содержаниями золота ≥0.01 г/т n = 106, $r_{5\%}$ = 0,19)

Расчеты средних содержаний и коэффициентов концентрации в АГХП показывают, что основными спутниками золота (K_c = 9) являются мышьяк, серебро, медь, цинк и молибден (K_c = 3-5) (табл. 22). В ранжированный ряд входит ограниченный круг элементов, что является характерной особенностью АГХП с собственно золотым типом оруденения.

Аномальное геохимическое поле характеризуется максимальными площадными и удельными продуктивностями золота из всех рассмотренных эталонных объектов. Ее подавляющая часть (87%) сосредоточена в ядерной зоне АГХП.

В ассоциации элементов ядерной части ведущую роль играет золото (K_c=39), его основными спутниками являются мышьяк (K_c=7) серебром (K_c=3) (табл. 23).

Таблица 22

Параметры и характеристики вторичных ореолов Пеледонского рудного поля по результатам съемки масштаба 1:50000

Параметры, характеристики	Au	Cu	Zn	Pb	Co	Mo	Ag	Mn	As	Sb	W	Sn	Bi	Ba	Li
$C_ф$, *г/т*	0,002	44	86	21	13	1,9	0,1	520	17	10	5	2	0,9	500	45
ε	1,42	1,12	1,23	1,58	1,32	1,35	1,45	1,27	1,32	1,05	1,1	1,19	1,15	1,20	1,15
$C_{мин.\ ан}$, *г/т*	0,005	60	120	50	30	4	0,2	800	30	20	8	4	1,5	800	80
% аном. проб	33	19	48	4	2	10	13	4	25	0,2	1,4	2,3	2,5	4	9
$S_{ан}$, км^2	9,1	5,4	13	1,2	0,5	2,9	3,6	1,1	7,0	0,1	0,4	0,7	0,7	1,3	2,6
$C_{ср.\ ан}$, *г/т*	0,02	88	186	76	30	5,1	0,35	990	90	30	6	4	2	840	66
Кс	9	2	2	4	2	3	3	2	5	3	1	2	2	2	1
$C_{макс.}$, *г/т*	2,5	3000	5000	3000	30	20	40	10000	12000	30	10	5	40	2000	200
P, *м^2%*	88	46500	186400	21200	765	1120	390	89900	354500	100	130	145	250	45500	11450
Δq, *т/м/км^2*	0,24	217	350	440	43	10	2,7	2140	1270	50	8	6	9	910	110
Геохимическая ассоциация рудного поля									$Au_9As_5Pb_4Ag_3Mo_3$						

Для АГХП собственно золотого типа характерно самое высокое золото-серебряное отношение Au:Ag=1:3.

Состав ассоциаций промежуточной и внешней зон бедный, основными спутниками золота в них являются мышьяк и цинк.

Таблица 23

Геохимические параметры внутренних зон АГХП Пеледонского рудного поля

Элементы	Ядерная часть				Промежуточная зона				Внешняя зона			
	$Au_{34}As_7Ag_3Zn_2Cu_2Mo_2$				$Au_{10}As_2Zn_2$				$Au_5Ni_2Cr_2Zn_2$			
	Кс	P		Δq, т/м/км^2	Кс	P		Δq, т/м/км^2	Кс	P		Δq, т/м/км^2
		м^2%	% от $P_{об}$			м^2%	% от $P_{об}$			м^2%	% от $P_{об}$	
Au	34	74	87	0,6	10	3,5	4	0,04	5	7,2	9	0,01

Поисковыми маршрутами, проведенными при заверке аномалий на участке Пеледон, были получены дополнительные данные, подтверждающие его золотоносность.

В верховьях ручья Лис при отработке старателями россыпи в плотике полигона была вскрыта зона дробления, вмещающая кварц-карбонатные прожилки, которые, вероятно являются корневой частью эродированной жилы - одного из источников россыпи. Пробирным анализом в шести штуфных пробах, отобранных по простиранию зоны, установлены содержания золота 1,4 - 4,6 г/т, серебра - до 8,6 г/т.

В поисковом маршруте на западном склоне г. Пеледон среди делювиальных развалов габбро-диоритов и роговиков был обнаружен кварц с видимым золотом. В штуфных пробах выявлены содержания золота – до 878.2 г/т, серебра – до 33.2 г/т. Количество сульфидов, прежде всего пирита и арсенопирита, достигает 5 %.

Заверочные работы подтверждают соответствие модели АГХП собственно золотого типа оруденения структурно-морфологическим особенностям, составу руд и соотношениям между главными элементами на площади рудного поля Пеледон.

4.1.6. Модель аномального геохимического поля медно-порфировой рудной формации

Для разработки модели АГХП молибден-порфировой формации были использованы результаты поисковых геохимических работ М 1:50000, выполненных предшественниками на площади рудного поля Снежное (Отчет о производстве опережающих…, 1999). Рудное поле расположено на правобережье р. Бол. Пеледон, выше впадения в него р. Мал. Пеледон, в бассейнах ручьев Гибрид и Снежный.

Рудное поле приурочено к центральной части Мало-Пеледонской отрицательной вулканоструктуры (просадки). Его площадь, за исключением южной части, сложена лавами и туфами риолитов и дацитов, относящихся к нижней толще еропольской свиты.

Южная часть сложена андезитами вилковской свиты нижнего мела, которые перекрыты верхнемеловыми вулканитами кислого состава.

Субвулканические образования на участке представлены штоком гранит-порфиров размером 0,5 × 1 км в северной части и несколькими дайками гранит-порфиров в южной. В верховьях левого притока руч. Снежный установлен шток риолитов диаметром 500 м.

На участке Снежный закартированы многочисленные зоны разрывных нарушений субмеридионального и северо-восточного простирания протяжённостью первые км и мощностью до 10 - 20 м, сложенных в центральной части раздробленными кислыми вулканитами, а в краевых частях – интенсивно трещиноватыми породами, содержащими тонкие (1-2 см) кварцевые прожилки. В зонах разрывных нарушений наблюдается интенсивное кварц-карбонатное прожилкование и густая вкрапленность сульфидов

Первые данные о рудоносности участка Снежный были получены при проведении геологосъемочных работ масштаба 1:200 000. В штуфных пробах из гидротермальных образований были выявлены содержания золота до 0.3 г/т, серебра – до 2 г/т.

Последующими геолого-поисковыми работами в масштабе 1:50 000 были выявлены зоны интенсивного окварцевания и кварцевые жилы. Максимальные содержания золота по данным штуфного опробования составили 13.8 г/т, серебра – до 100 г/т, молибдена, цинка, меди, лития – до 0.1 %. По данным бороздового опробования канав были установлены содержание золота в до 5.9 г/т, серебра до 10 г/т, мышьяка до 0.03 %. Участок был рекомендован для поисковых работ 1 очереди (Отчет о работах, 1976).

Геохимической съемкой на площади рудного поля выявлены аномалии молибдена, золота, серебра, мышьяка, цинка, вольфрама, олова и висмута (рис. 27).

Аномалии молибдена занимают более 50 % площади рудного поля. Наиболее крупная и контрастная аномалия выделена в юго-восточной части, в ее контуре содержания молибдена превышают 0,005 % (максимальные – до 0,03 %).

Аномалии золота развиты на большей части рудного поля, пространственно совпадают с аномалиями молибдена. Содержания золота в максимумах аномалий составляет 0,1 - 0,4 г/т. Аномалии серебра и мышьяка занимают около 20 % площади и пространственно совпадают с молибдена. Аномалии цинка менее контрастны, имеют широкое распространение, обрамляют по периферии аномалии молибдена и его основных спутников.

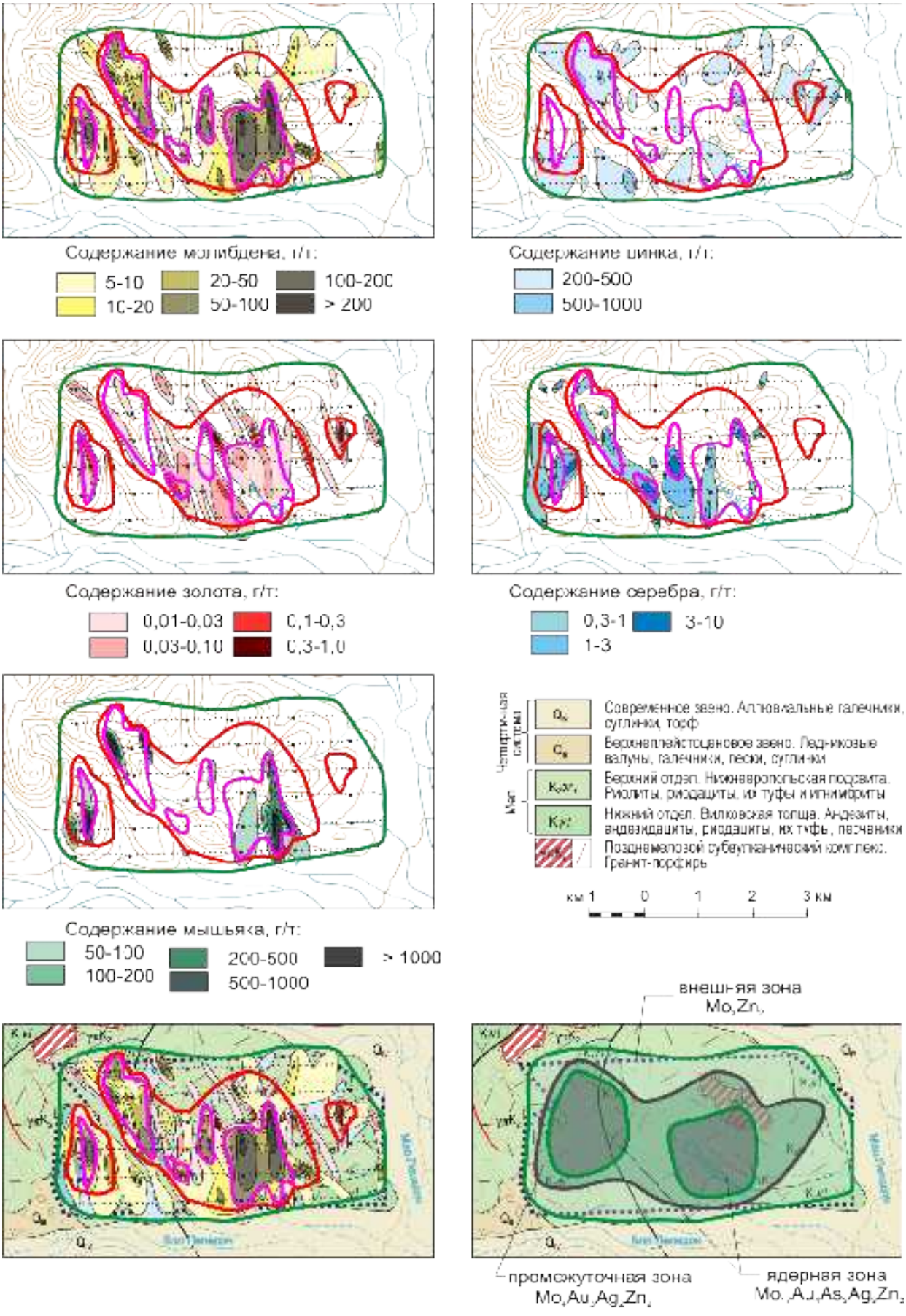


Рис. 27. Модель АГХП рудного поля Снежное

По результатам корреляционного анализа во вторичных ореолах выделяется ассоциация элементов, в состав которой входят Au, Ag, Mo, Pb, As, Sn. Молибден имеет значимые корреляционные связи с золотом и серебром.

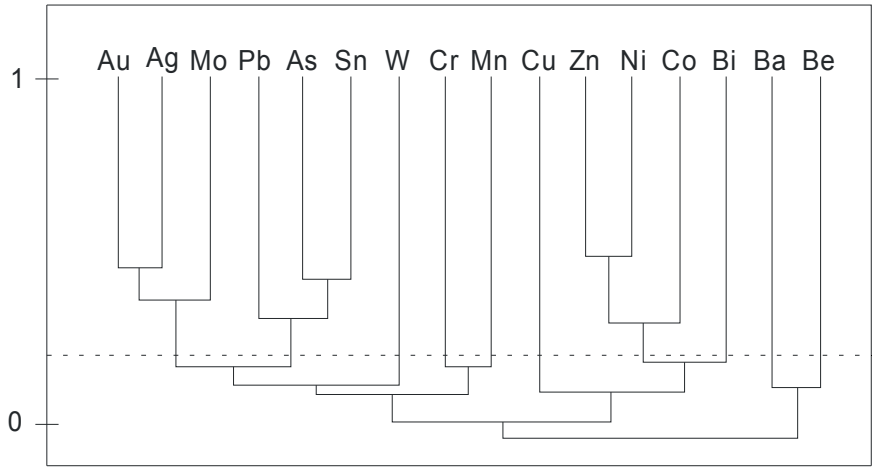


Рис. 28. Дендрограмма корреляционных связей между элементами в АГХП рудного поля Снежное (n = 166, $r_{5\%}$ = 0,15)

Результаты обработки геохимических данных подтверждают принадлежность объекта к молибден-порфировой формации. В ранжированном ряде, рассчитанном по средним содержаниям химических элементов в АГХП, молибден занимает первое место (табл. 24). Основными спутниками молибдена являются золото и серебро, имеющие близкие коэффициенты концентрации. Особенностями состава АГХП является ограниченный круг элементов и отсутствие в нем меди.

При построении модели АГХП его внешняя граница была определена по развитию аномалий цинка, обрамляющих аномалии молибдена, серебра и золота. Ядерная часть выделялась в контуре содержаний молибдена, превышающих 100 г/т.

АГХП эталонного объекта молибден-порфировой формации имеет общую площадь 18 км^2, эллиптическую форму и относительно некрупные изометричные ядра, типичные для штокверкового оруденения порфировых систем. Соотношение площадей внутренних зон АГХП: $S_{яд}$: $S_{пр}$: $S_{вн}$ = 2,9 км^2 : 5,4 км^2 : 9,3 км^2.

В ядерной части АГХП степень концентрации молибдена ($К_с$=17) значительно превышает степень концентрации основных элементов-спутников: золота ($К_с$=4) и серебра ($К_с$=3). Состав ассоциаций промежуточной и внешней зон последовательно сокращается с одновременным уменьшением степени концентрации главного и сопутствующих элементов. Во внешней зоне повышенные концентрации характерны только для молибдена и цинка.

Таблица 24

Параметры и характеристики вторичных ореолов рудного поля Снежное по результатам съемки масштаба 1:50000

Параметры, характеристики	Au	Cu	Zn	Pb	Co	Mo	Ag	Mn	As	Sb	W	Sn	Bi	Ba	Li
$C_ф$, *г/т*	0,0025	40	91	28	9	2,3	0,12	620	20	10	6	3	0,9	470	42
ε	1,44	1,06	1,15	1,63	1,18	1,48	1,63	1,24	1,48	1,02	1,12	1,44	1,20	1,24	1,24
$C_{мин. ан}$, *г/т*	0,005	60	150	50	20	5	0,3	1000	40	20	8	6	1,5	800	80
% аном. проб	47	0,3	70	10	-	51	20	10	21	-	3,7	3,4	3,4	5	12
$S_{ан}$, км^2	8	0,1	11	2	-	8	3	2	3	-	0,6	0,6	0,6	0,9	2
$C_{ср. ан}$, *г/т*	0,013	60	200	75	-	13,8	0,8	1300	76	-	8	7	2	810	86
Кс	5	1	2	3	-	6	6	2	4	-	1	2	2	2	2
$C_{макс.}$, *г/т*	0,46	60	600	100	15	300	8	10000	5000	-	8	10	2	1000	150
P, *м^2%*	17	100	144000	3900	-	23300	355	173000	9000	-	120	215	33	29000	9500
Δq, *т/м/км^2*	0,05	50	320	63	-	70	3	2600	670	-	5	10	1	850	120
Геохимическая ассоциация рудного поля									$Mo_6Ag_6Au_5As_4Pb_3$						

АГХП эталонного объекта характеризуется высокими удельной и площадной продуктивностями молибдена, превышающими аналогичные параметры медно-порфировых объектов (табл. 25). Более 80 % продуктивности молибдена приходится на ядерную зону. Сопутствующее молибдену золото распределено равномерно между ядерной и промежуточной зонами, что свидетельствует о развитии золоторудной минерализации как молибден-порфировом штокверке, так и обособленно за его пределами.

Таблица 25

Геохимические параметры внутренних зон АГХП рудного поля Снежное

Элементы	Ядерная часть				Промежуточная зона				Внешняя зона			
	$Mo_{17}Au_4As_3Ag_3Zn_2$				$Mo_4Au_3Ag_2Zn_2$				Mo_3Zn_2			
	Кс	P		Δq, т/м/км^2	Кс	P		Δq, т/м/км^2	Кс	P		Δq, т/м/км^2
		м^2%	% от $P_{об}$			м^2%	% от $P_{об}$			м^2%	% от $P_{об}$	
Mo	17	18400	81	161	4	3050	13	14	3	1200	6	3
Au	4	8	47	0,07	3	7	42	0,03	<2	2	11	0,005

Разработанная модель АГХП молибден-порфирового рудного поля не противоречит общим представлениям о строении порфировых систем и соответствует объекту со средним масштабом ресурсов.

4.2. Критерии типизации АГХП северной части Верхне-Яблонской зоны по характеристикам их вторичных ореолов рассеяния

В ассоциациях АГХП эталонных объектов, представляющих ведущие типы оруденения, главную роль играют Au, Ag, Pb Mo. Занимая первые места в ранжированных рядах, главные элементы, как правило, образуют наиболее крупные аномалии, которые являются определяющими при выделении рудных полей. Аномальные геохимические поля, на площади которых развиты ведущие типы оруденения, имеют различную морфологию и внутреннее строение.

Структурно-морфологические особенности АГХП тесно связаны с геологическим строением и рудно-формационной принадлежностью объектов. Во всех АГХП эталонных объектов выделяются внутренняя (ядерная), промежуточная и внешняя зоны, которые имеют различную морфологию, размеры, состав и степень концентрации главных и сопутствующих элементов.

АГХП золото-серебряных рудных полей приурочены к умеренно эродированной вулканоструктуре, сложенной верхнемеловыми вулканитами, вмещающими субвулканические тела и дайки кислого-среднего состава. Они имеют небольшие размеры (<20 км^2), эллиптически-зональную структуру, в которой выделяется узкая ядерная часть, занимающая менее 10% от общей площади. Морфология и параметры ядерных частей (выраженная линейность, протяженность 3-4 км при ширине 0,5-0,8 км) соответствуют параметрам жильных зон на объектах этого типа.

АГХП серебро-полиметаллического рудного поля приурочено к умеренно эродированной вулканоструктуре, сложенной вулканитами нижнего мела, прорванными субвулканическими и интрузивными телами. Оно характеризуется максимальными размерами ($S_{об}$>60 км^2), изометрично, имеет полиядерную структуру, включает крупные промежуточную и внешнюю зоны. Ядерные части относительно изометричны и отражают структурно-морфологические особенности строения жильного поля, представленного группами непротяженных жил. Ядерные части в сумме занимают около 7% от общей площади АГХП.

АГХП золото-сульфидно-кварцевой формации приурочены к краевой части ОЧВП, насыщенной интрузиями среднего-кислого состава, прорывающими нижнемеловые образования глубоко эродированной вулканоструктуры. Они отличаются небольшими размерами (до 25 км^2), имеют изометричную или близкую к ней форму. Ядерные части АГХП имеют диаметр около 2 км, их доля в общей площади составляет 13-16%. Форма АГХП этого типа отвечает морфологии изометричных и линейно-изометричных штокверков с прожилковым оруденением.

АГХП эталона собственно золотого типа приурочено к глубоко эродированной вулканоструктуре с выходами складчатого терригенного основания пояса. АГХП характеризуется небольшими размерами (<20 км^2) и имеет эллиптически-зональное строение. Отличительной особенностью АГХП является крупная ядерная часть (17 % от общей площади), невыраженная промежуточная зона (S=2 км^2, доля от $S_{об}$ – 11 %). Эллиптическая форма ядер с соотношением осей 2,5:1 соответствует морфологии и параметрам жильно-прожилковых зон этого типа оруденения.

Строение АГХП молибден-порфирового рудного поля, приуроченного к глубоко эродированной вулканоструктуре, отражает структурно-морфологические особенности этого типа оруденения (Попов, 1977; Кривцов и др., 1986) и сходно с строением аномальных полей медно-порфировых объектов Баимского района, расположенного на сопредельной территории. Размеры АГХП (17 км^2) и его ядерной части (S<3 км^2) близки к параметрам средних по масштабу объектов этого типа.

Ассоциации ядерных частей АГХП в наибольшей степени отвечают составу развитых на их площади рудных формаций (типов оруденения) (табл. 26).

Таблица 26

Состав и характеристики внутренней структуры эталонных АГХП

Геохимические характеристики	Ядерная часть	Промежуточная зона	Внешняя зона
Золото-серебряная формация (сульфосольный тип)			
S, км^2 (доля от $S_{АГХП}$)	1,2 (0,06)	4,3 (0,23)	13 (0,71)
Главный элемент	Au	Au	Au
Основные спутники	As, Ag	As	-
Золото-серебряная формация (золото-галенит-сфалеритовый тип)			
S, км^2 (доля от $S_{АГХП}$)	1,6 (0,10)	4,4 (0,27)	10 (0,63)
Главный элемент	Ag, Au	Au, Ag	Au
Основные спутники	Pb, Zn, As	As	-
Серебро-полиметаллическая формация			
S, км^2 (доля от $S_{АГХП}$)	4,5 (0,07)	10 (0,16)	48 (0,77)
Главный элемент	Pb, Ag	Ag, Pb	Ag
Основные спутники	Zn, Cu, Au, As, Bi, Mo	Zn, Au, Cu, As, Mo	Pb, Au, Zn, Cu
Золото-сульфидно-кварцевая формация			
S, км^2 (доля от $S_{АГХП}$)	3,3 (0,13)	6,4 (0,25)	15,5 (0,62)
Главный элемент	Au	Au	Au
Основные спутники	As, Ag, Pb, Zn, Bi, Cu, Mo, Sn	As, Ag, Pb, Zn, Bi, Mo	As, Ag, Pb, Zn
Собственно золотой тип оруденения			
S, км^2 (доля от $S_{АГХП}$)	3 (0,17)	2 (0,11)	13 (0,72)
Главный элемент	Au	Au	Au
Основные спутники	As, Ag, Zn, Cu, Mo	As, Zn	Zn
Молибден-порфировая формация			
S, км^2 (доля от $S_{АГХП}$)	2,9 (0,16)	5,4 (0,31)	9,3 (0,53)
Главный элемент	Mo	Mo	Mo
Основные спутники	Au, As, Ag, Zn	Au, Ag, Zn	Zn

Состав ядерных частей основных типов АГХП характеризуется:

1) золото-сульфосольного ($Au_{31}Ag_7As_7W_2Mo_2$) - доминирующей ролью золота, основными спутниками которого являются мышьяк и серебро;

2) золото-галенит-сфалеритового ($Ag_{16}Au_9As_4Pb_3Zn_2Mo_2Mn_2$) - доминирующей ролью серебра и золота, основные спутники - мышьяк и свинец;

3) серебро-полиметаллического ($Pb_{20}Ag_{12}Zn_8Au_6Cu_3As_2Mo_2Bi_2$) - доминирующей ролью свинца и серебра, основные спутники цинк, медь и золото;

4) золото-сульфидно-кварцевого ($Au_{28}As_{21}Ag_{16}Pb_6Zn_5Bi_3Cu_2Mo_2Sn_2Co_2$) - доминирующей ролью золота, максимальным числом элементов в ассоциации, среди которых ведущая роль принадлежит мышьяку, серебру, свинцу, цинку;

5) собственно золотого ($Au_{34}As_7Ag_3Zn_2Mo_2Cu_2$) - доминирующей ролью золота, главным спутником которого является мышьяк;

6) молибден-порфирового ($Mo_{17}Au_4As_3Ag_3Zn_2$) – доминирующей ролью молибдена, основным спутником которого является золото.

Полученные результаты показывают, что использование ранжированных рядов, рассчитанных по ядерным частям, более эффективно для определения рудно-формационной принадлежности АГХП на стадии поисковых геохимических работ.

Дополнительным критерием типизации АГХП рудных полей являются корреляционные связи и индикаторные отношения между элементами (табл. 27).

В соответствии с результатами корреляционного анализа во вторичных ореолах ядерных частей эталонов были установлены: а) тесные взаимосвязи между Au, Ag, As, Sb, Pb в АГХП золото-сульфосольного типа оруденения; б) наличие связей между Au и As в АГХП золото-сульфидно-кварцевой формации; в) устойчивые связи между Ag, Pb, Zn, Cu, Mo в АГХП серебро-полиметаллической формации и золото-галенит-сфалеритового типа оруденения (для последнего характерна также корреляции Ag с Au); г) устойчивые связи Mo с Au в АГХП молибден-порфировой формации.

Таблица 27

Геохимические критерии типизации АГХП рудных полей

Прогнозируемая формация (тип)	Главный элемент (спутники)	Корреляция с главным элементом	Au:Ag	$\frac{AsSb}{PbZn}$	$\frac{PbZn}{CuMo}$
Золото-сульфосольный	Au, Ag (As)	Au-Ag-As-Sb-Pb	1:11	0,8	2
Золото-галенит-сфалеритовый	Au, Ag (Pb, Zn, As)	Au-Ag Ag-Pb-Zn-Cu-Mo	1:150	0,08	9
Золото-серебро-полиметаллическая	Ag, Pb (Au, Cu, Zn)	Ag-Pb-Zn-Cu-Mo	1:130	0,002	51
Золото-сульфидно-кварцевая	Au (As, Ag, Pb, Zn, Bi)	Au-As-Pb	1:25	0,19	5
Собственно золотой	Au (As, Ag)	Au-Cu-Mo	1:3	0,21	2
Молибден-порфировая	Mo (Au,Ag,Zn,As)	Mo-Au-Ag	1:30	0,09	0,4

В качестве индикаторных отношений использовались:

1) золото-серебряное отношение, которое дискретно и контрастно убывает от собственно золотого к золото-галенит-сфалеритовому типу оруденения; является определяющим при разбраковке близких по составу объектов АГХП золото-сульфидно-кварцевой формации и собственно золотого типа оруденения;

2) отношение AsSb/PbZn является определяющим при разбраковке близких по составу АГХП серебро-полиметаллической и золото-серебряной формаций;

3) отношение PbZn/CuMo, которое является определяющим для идентификации АГХП молибден-порфировой формации.

Для определения рудно-формационной принадлежности была разработана тройная диаграмма в координатах $K_{C(As)}+K_{C(Sb)}$; $K_{C(Pb)}+K_{C(Zn)}$; $K_{C(Mo)}+K_{C(Cu)}$, которая учитывает описанные выше соотношения между ведущими элементами и удобна для использования при типизации большого количества АГХП.

К числу важнейших геохимических параметров АГХП, используемых для оценки рудных объектов, относятся коэффициенты концентрации, площадные и удельные продуктивности главных элементов во вторичных ореолах (табл. 28).

Коэффициенты концентрации главных элементов, рассчитанные по их средним содержаниям в контуре ядерных частей АГХП, могут рассматриваться в качестве критерия «богатства-бедности» руд в рамках групп выделяемых рудных формаций со сходными структурно-морфологическими типами оруденения.

Таблица 28

Геохимические параметры эталонных АГХП

Элементы	Ядерная часть				Промежуточная зона				Внешняя зона			
	Кс	Р		Δq, т/м/км^2	Кс	Р		Δq, т/м/км^2	Кс	Р		Δq, т/м/км^2
		м^2%	% от $P_{об}$			м^2%	% от $P_{об}$			м^2%	% от $P_{об}$	
Золото-серебряная формация (сульфосольный тип, эталон - Купол)												
Au	31	29	70	0,6	11	7,6	19	0,05	8	4,4	11	0,01
Ag	7	1360	97	28	<2	22	2	0,13	<2	10	1	0,02
Золото-серебряная формация (золото-галенит-сфалеритовый тип, эталон -Токай)												
Au	9	9,3	63	0,15	3	1,9	13	0,01	3	3,5	24	0,01
Ag	16	881	81	14	3	153	14	1	<2	58	5	0,14
Pb	3	16250	81	258	<2	3490	17	20	<2	400	2	1
Серебро-полиметаллическая формация (эталон - Горностаевое)												
Au	6	35	39	0,2	3	18	20	0,05	2	37	41	0,02
Ag	12	1069	54	6	6	520	24	1,3	4	580	22	0,3
Pb	20	234600	66	1303	6	54000	15	138	3	68400	19	36
Золото-сульфидно-кварцевая формация (эталон – Малышка)												
Au	28	55	77	0,4	9	13	18	0,05	4	3	5	0,01
Ag	16	1044	74	8	5	273	19	1,1	2	85	7	0,14
Pb	6	97700	76	746	3	25200	20	99	2	6000	4	10
Собственно золотой тип оруденения (эталон - Пеледон)												
Au	34	74	87	0,6	10	3,5	4	0,04	5	7,2	9	0,01
Молибден-порфировая формация (эталон - Снежный)												
Au	4	8	47	0,07	3	7	42	0,03	<2	2	11	0,005
Mo	17	18400	81	161	4	3050	13	14	3	1200	6	3

Для АГХП эталонных объектов золоторудных формаций степень концентрации золота во вторичных ореолах ядерных частей K_c>30, для золотосодержащих (молибден-

порфировой, серебро-полиметаллической) - $К_с$=5-10. Наиболее высокий уровень концентрации золота установлен в ядерных частях АГХП собственно золотого типа оруденения. Степень концентрации главных элементов (серебра, свинца, молибдена) в ядерных частях АГХП серебро-полиметаллической и молибден-порфировой рудных формаций $К_с$=10-20.

Удельные продуктивности главных и сопутствующих элементов в ядерных частях АГХП являются показателем концентрированности оруденения и указывают на его близость к промышленным кондициям.

Удельные продуктивности Au в АГХП соответствующих типов убывают в ряду: золото-сульфосольный, собственно золотой (0,6 т/м/км^2) - золото-сульфидно-кварцевый (0,4 т/м/км^2) - золото-галенит-сфалеритовый, серебро-полиметаллический (0,15-0,18 т/м/км^2) - молибден-порфировый (0,06 т/м/км^2). Более высокие значения удельной продуктивности характерны для АГХП с узкими линейными ядерными зонами (жильный сульфосольный тип), менее высокие – для АГХП с крупными изометричными ядрами (штокверковое золото-сульфидно-кварцевое и собственно золотое оруденение), в то время как максимальные площадные продуктивности золота присущи последним. Таким образом, удельная продуктивность АГХП напрямую связана со структурно-морфологическими особенностями оруденения.

Сходные закономерности присущи серебросодержащим формациями, в которых удельная продуктивность Ag в ядерных частях убывает в ряду: золото-сульфосольный (28 т/м/км^2) - золото-галенит-сфалеритовый (14 т/м/км^2) - золото-сульфидно-кварцевый, серебро-полиметаллический (6-8 т/м/км^2) тип АГХП.

Площадные продуктивности золота в эталонных АГХП золоторудных формаций (за исключением золото-галенит-сфалеритового типа) характеризуются одним порядком значений ($P=n\cdot10^1$ м^2%) с тенденцией их возрастания от жильных типов золото-серебряной формации к штокверковым объектам золото-сульфидно-кварцевого и собственно золотого типов оруденения.

Площадные продуктивности серебра в АГХП серебро-полиметаллической и других серебросодержащих рудных формаций имеют наименьшие вариации и также характеризуются одним порядком значений ($P=n\cdot10^3$ м^2%).

Площадные продуктивности свинца в эталонных АГХП, где он является одним из главных элементов, наиболее дифференцированы. Они максимальны в АГХП серебро-полиметаллической формации ($P=3,5\cdot10^5$ м^2%) и минимальны в АГХП золото-галенит-сфалеритового типа оруденения ($P=2\cdot10^4$ м^2%). Относительно высокие значения

площадных продуктивностей свинца установлены в АГХП золото-сульфидно-кварцевой формации ($P=1,3\cdot10^5$ м^2%).

Расчеты по эталонным объектам показывают, что основная доля площадных продуктивностей главных элементов (70-97 %) приходится на ядерные части АГХП.

Положительная корреляция между удельной и площадной продуктивностью характерна только для свинца. Оба параметра возрастают в ряду золото-галенит-сфалеритовый тип (258 т/м/км^2) - золото-сульфидно-кварцевая (746 т/м/км^2) - серебро-полиметаллическая (1303 т/м/км^2) формация.

Геохимические параметры эталонных АГХП послужили основой для определения критериев прогнозной оценки рудных полей, выявленных при проведении геохимических съемок по вторичным ореолам по сети 500×100 м.

Исходя из результатов геологоразведочных работ на месторождении Купол и других объектах золото-серебряной формации с жильным типом оруденения определено, что в горных ландшафтах территории вторичные ореолы ядерных частей АГХП, характеризующиеся степенью концентрации золота $K_c\approx30$, серебра - $K_c\approx10$, соответствуют участкам развития руд со средними содержаниями C_{Au} ≥20 г/т, C_{Ag} ≥200 г/т. Эталонные значения удельной продуктивности вторичных ореолов ядерных частей АГХП составляют: золото - 0,6 т/м/км^2, серебро - 28 т/м/км^2 и являются вторым важным критерием, определяющим соответствие промышленным кондициям.

Для объектов, представленных группами сближенных непротяженных жил, штокверками с прожилковым и прожилково-вкрапленным оруденением, мощными зонами сульфидизации (медно-порфировая, золото-сульфидно-кварцевая, собственно золотой тип), средние содержания и коэффициенты концентрации в ядерных частях АГХП имеют параметрический характер и рассматриваются как важный количественный критерий определения промышленной ценности объекта.

АГХП золото-сульфидно-кварцевой формации и собственно золотого типа оруденения характеризуются коэффициентами концентрации золота $K_c\geq30$. На сопредельной территории при $K_c>100$ в АГХП промышленных золоторудных полей штокверкового типа (месторождение Весеннее в Баимском рудном районе), средние содержания золота в рудах $C_{ср}$=6-9 г/т (Отчет о разведке, 1999). Исходя из этого, можно полагать, что установленный коэффициент концентрации Au для АГХП этих типов соответствует бедным рудам, что подтверждается результатами заверочных работ на

участках Пеледон, Китеп, Малышка (содержания в штуфных пробах не превышают 4-6 г/т).

Сходные результаты получаются при сопоставлении удельных продуктивностей золота в ядерных частях эталонных АГХП рассматриваемой территории с их промышленными аналогами в Баимском районе: для первых этот показатель характеризуется значениями 0,4 - 0,6 т/м/км^2, для вторых - > 0,8 т/м/км^2 (Отчет по теме…, 2008).

В АГХП серебро-полиметаллической формации степень концентрации серебра составляет $К_с$=12-16, удельная продуктивность – 6-8 т/м/км^2. Аналогичная степень концентрации в АГХП Весеннинского рудного поля ($К_с$=15), отвечает средним содержаниям серебра в рудах $С_{ср}$ = 35 г/т. Эти показатели существенно ниже, чем в АГХП серебро-полиметаллических рудных полей Дукат: $К_с$=100, Δq=47 т/м/км^2, Гольцовое: $К_с$=15, Δq=30 т/м/км^2 (Методические рекомендации…, 1993), где средние содержания в промышленных рудах разных типов составляют 300-800 г/т.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что установленная степень концентрации серебра в ядерных частях эталонных АГХП соответствует бедным рудам. Это подтверждается результатами штуфного опробования на серебро-полиметаллическом проявлении Горностаевое, где 19% проб относятся к классу с содержаниями серебра 10-30 г/т, 10% - к классу 30-100 г/т, 5,5% – к классу 100-300 г/т (в сумме 34,5% от общего числа проб, отобранных на площади рудного поля).

Степень концентрации свинца в АГХП серебро-полиметаллической формации ($К_с$=20) и его удельная продуктивность Δq = 1300 т/м/км^2 также уступают аналогичным характеристикам промышленных аналогов (в АГХП рудного поля Дукат $К_с$=40, Δq = 3600 т/м/км^2; Гольцовое - $К_с$=8, Δq = 2000 т/м/км^2). По данным штуфного опробования средние содержания свинца в наиболее богатых жилах на проявлении Горностаевое составляют 0,25%, что выше, чем его средние содержания как сопутствующего элемента на месторождении Весеннее (0,1%), но ниже промышленных кондиций для полиметаллических объектов (1% и более).

В АГХП эталонного объекта молибден-порфировой формации коэффициент концентрации молибдена во вторичных ореолах $К_с$=17. В ядерных частях АГХП промышленных медно-молибден-порфировых объектов Баимского района (2-е, 3-е Весенние, Находка) степень концентрации молибдена аналогична ($К_с$=8-23) и отвечает

уровню его средних содержаний в рудах 0,015%, при которых он рассматривается исключительно как сопутствующий компонент меди (Отчет по теме…, 2008).

Оценка масштаба запасов в прогнозируемых объектах определяется значениями площадных продуктивностей рудных элементов в АГХП. Абсолютные значения этого параметра рассматривались в увязке с конкретными типами оруденения.

Применительно к жильному (золото-сульфосольному, золото-галенит-сфалеритовому) типу оруденения величина P≈30 м^2% соответствует запасам крупного объекта (100 т, месторождение Купол). Исходя из принципа геохимического подобия (Соловов, 1985) площадные продуктивности однотипных объектов различной крупности находятся в пропорциях $P_{мелк.}:P_{ср.}:P_{кр.}$ = 1:4,64:21,5. Для жильного типа золото-серебряной формации при $P_{кр} \geq 30$ м^2%, $P_{ср.}$ = 6,5-30 м^2%, $P_{мелк} \leq 6,5$ м^2%.

Аналогичным образом для золоторудных штокверковых (золото-сульфидно-кварцевого, собственно золотого) типов оруденения при значении $P_{кр} \geq 200$ м^2% (100 т, месторождение Весеннее) площадные продуктивности для объектов смежных классов крупности составляют: $P_{ср.}$ = 43-200 м^2%, $P_{мелк} \leq 43$ м^2%.

Площадная продуктивность серебра в АГХП крупного рудного поля (Дукат) с запасам 15 тыс. т составляет $P_{кр} \approx 11500$ м^2%. Исходя из рассмотренных выше пропорций, продуктивности серебра в АГХП серебро-полиметаллической формации различных классов крупности будут характеризоваться величинами: $P_{кр} \geq 8000$ м^2%, $P_{ср}$= 2000-8000 м^2%, $P_{мелк} \leq 2000$ м^2%. В указанный интервал значений площадных продуктивностей АГХП рудного поля с средним масштабом запасов серебра укладывается месторождение Гольцовое: P_{Ag} = 3000 м^2%, $Q_{Ag} \approx$ 2000 т.

Площадная продуктивность свинца в АГХП данного типа, соответствующая крупному масштабу запасов, составляет $P_{кр} \approx 850$ тыс. м^2% (Дукат). Вычисленные соотношения между продуктивностями свинца в АГХП серебро-полиметаллической формации различных классов крупности определяются значениями: $P_{кр} \geq 500$ тыс. м^2%, $P_{ср}$=100-500 тыс. м^2%, $P_{мелк} \leq 20$ тыс. м^2%. Площадные продуктивности свинца в АГХП (P=22000 м^2%) мелкого по запасам рудного поля Гольцовое (Q≈20000 т) укладываются в соответствующий интервал.

Разработанные критерии оценки коренного оруденения по параметрам ядерных частей АГХП (табл. 29) были использованы для прогноза оруденения на территории.

Оценка масштаба ресурсов молибдена в порфировых объектах по параметрам ядерных частей их АГХП представляется достаточно сложной задачей вследствие отсутствия адекватных эталонов. В месторождениях и проявлениях Баимского района молибден при уровне содержаний в рудах 0,01-0,03 % является сопутствующим компонентом меди, хотя его собственные запасы в некоторых месторождениях (Песчанка, Находка, Малыш) соответствуют масштабу крупных (Отчет о работе Находкинской…, 1973).

Таблица 29

Геохимические критерии оценки ресурсов в АГХП рудных полей

Главные и сопутствующие элементы	Параметры АГХП				
	Кс	Δq, т/м/км^2	$P_{кр}$, м^2%	$P_{ср}$, м^2%	$P_{мелк}$, м^2%
Золото-сульфосольный, золото-галенит-сфалеритовый типы					
Золото	≥ 30	≥ 0,5	≥ 30	6,5-30	1,5- 6,5
Серебро	≥ 10	≥ 20	-	-	-
Золото-сульфидно-кварцевая формация, собственно золотой тип оруденения					
Золото	≥ 100	≥ 0,5	≥ 200	40-200	10 - 40
Серебро	≥ 15	≥ 10	-	-	-
Серебро-полиметаллическая формация					
Серебро	≥ 15-100	≥ 30	$\geq 8 \cdot 10^3$	$1{,}8 \cdot 10^3$-$8 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^2$-$1{,}8 \cdot 10^3$
Свинец	≥ 40	≥ 3000	$\geq 5 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$-$5 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^4$-$1 \cdot 10^5$
Молибден-порфировая формация					
Молибден	10-20	30-90	$1\text{-}4 \cdot 10^3$		-

Параметры АГХП собственно молибденовых объектов порфировой формации для территории Северо-Востока РФ не известны. Продуктивность молибдена в эталонном АГХП исследуемой территории выше, чем на крупных медно-молибден-порфировых объектах Баимского района. Вместе с тем, степень его концентрации и удельная продуктивность в АГХП позволяют прогнозировать его невысокий уровень содержаний в рудах (<0.1%), соответствующий «сопутствующему» компоненту.

5. Геохимическая зональность и критерии оценки уровня эрозионного среза золото-серебряного оруденения

5.1. Геохимическая зональность месторождения Купол

Входными данными для нахождения зональности с помощью программы «Ню-2» служили величины средних содержаний химических элементов в сечениях Главного рудного тела, вскрытого горными выработками на различных горизонтах. Выбор элементов для исследования зональности был проведен по результатам изучения химического состава руд и первичных ореолов месторождения.

Для изучения состава руд, первичных ореолов и исследования зональности использовалась база данных, сформированная из 14000 бороздовых и керновых проб, проанализированных пробирным методом на золото и серебро. В 6000 проб из этой выборки атомно-эмиссионным приближенно-количественным спектральным анализом определены содержания 18 химических элементов, еще 1600 проб были проанализированы методом ICP на 29 химических элементов.

Первичная статистическая обработка результатов анализов, которая заключалась в проведении расчетов средних содержаний химических элементов в различных типах гидротермально-метасоматических образований, позволила определить состав типоморфных геохимических ассоциаций, соотнести их с основными минеральными комплексами и обосновать схему исследования геохимической зональности.

Графики нормированных на фон средних содержаний отражают общие закономерности распределения химических элементов и позволяют разделить их по участию в накоплении (выносе) в рудах, околорудных метасоматитах и метасоматически измененных горных породах на три основные группы (рис. 29):

1) накапливающиеся в жильном кварце и метасоматически измененных горных породах: Au, Ag, As, Sb, Pb, Mo, W, Sn, Cu, Zn, Li, Ca;

2) накапливающиеся в метасоматитах и измененных горных породах и имеющие близкие к «фоновым» концентрации в жильном кварце: Na, K, Fe, Mg, Al, Sr, Sc, V;

3) характеризующиеся пониженными относительно фона концентрациями как в жильном кварце, так и в метасоматически измененных горных породах: Ni, Mn, Co, Ba (элементы выноса).

По степени концентрации в рудах и метасоматически измененных породах в составе первой группы выделяются главные - Au, Ag, As, Sb (коэффициент концентрации K_c >

100) и второстепенные – Pb, Mo, W, Sn, Cu, Zn, Li, Ca ($20 > K_c > 2$) химические элементы. Химические элементы первой группы, в свою очередь, образуют две подгруппы:

А) имеющие существенно более высокую степень концентрации в жильном кварце, по сравнению с околорудными метасоматитами и метасоматически измененными горными породами - Au, Ag, Sb, Pb, Mo, Cu, Zn;

Б) имеющие близкую степень концентрации в жильном кварце, околорудных метасоматитах и метасоматически измененных горных породах - As, W, Sn, Li.

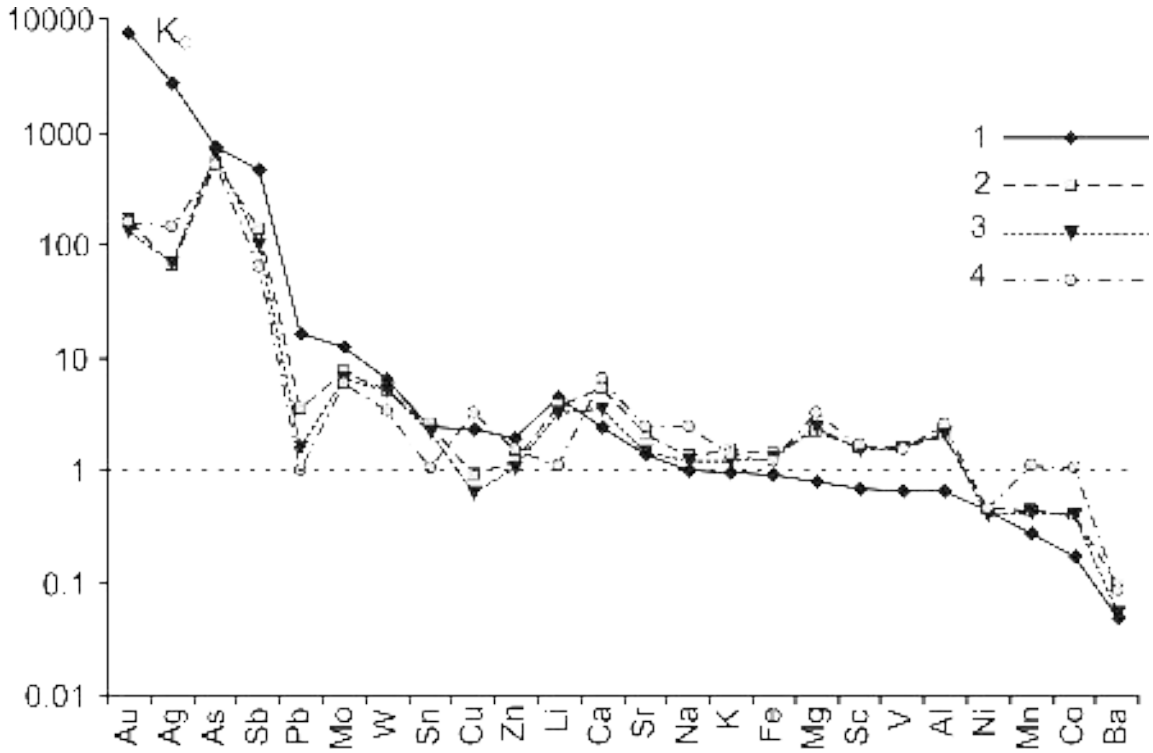


Рис. 29. Геохимические спектры состава руд и околорудных метасоматитов на месторождении Купол. Условные обозначения: 1 – жильный кварц; 2 – пирит-адуляр-кварцевые метасоматиты; 3 – метасоматически измененные андезиты; 4 – метасоматически измененные риолиты.

Сопоставление минерального и химического составов жильного выполнения свидетельствует, что главные элементы «подгруппы А» (Au, Ag, Sb), а также As (в форме сульфосолей), соответствуют продуктивному золото-сульфосольному минеральному комплексу. Второстепенные элементы «подгруппы А» (Pb, Mo, Cu, Zn), а также As (в форме арсенопирита), соответствуют раннему сульфидно-кварцевому минеральному комплексу жильных образований. Изучение соотношений между элементами этой группы по падению и простиранию Главного рудного тела отвечает задаче выявления вертикальной и продольной зональности рудоотложения.

Элементы «подгруппы Б» (As, W, Sn, Li), вероятнее всего, были сконцентрированы в процессе дорудных метасоматических изменений (пропилитизации, аргиллизации, окварцевания) вмещающих горных пород, предшествующем стадии жильного выполнения, рудоотложения и синрудного околотрещинного метасоматоза.

В околорудных метасоматитах и метасоматически измененных породах основной формой нахождения мышьяка является арсенопирит. Формы нахождения W и Sn в составе метасоматитов не установлены вследствие их невысокой распространенности. Элементы «подгруппы Б» были использованы как при исследовании вертикальной зональности отложения в рудном теле (As, W, Sn), так и при выявлении зональности околорудных метасоматитов и метасоматически измененных горных пород (Li).

Концентрирующиеся в околорудных метасоматитах и измененных горных породах элементы второй группы (Na, K, Fe, Mg, Al, Sr, Sc, V), а также Ca использовались в проведенных исследованиях для выявления «метасоматической» зональности и разработки дополнительных критериев оценки уровня эрозионного среза золотого оруденения. Из литературных источников известно закономерное убывание отношения K/Na по падению рудных тел на золото-серебряных месторождениях (Бельчанская Л.Н. и др., 1992). Возможность использования более широкого набора типоморфных элементов для выявления «метасоматической» зональности изучена в меньшей степени и этому вопросу было уделено особое внимание.

При разведке месторождения Купол опробование керна скважин проводилось по жильным интервалам в полном объеме, а по околорудным метасоматитам и метасоматически измененным вмещающим горным породам – на отдельных интервалах, выбранных на основе описания и документации разрезов. Учитывая неполноту информации по скважинным пересечениям, использование в качестве входных данных линейных продуктивностей или средних содержаний химических элементов для исследования зональности по программе «Ню-2» требует дополнительного обоснования.

Построение графиков содержаний химических элементов в поперечных сечениях по отдельным скважинам, вскрывающим Главное рудное тело на различной глубине от поверхности, свидетельствует об устойчивости общестатистических закономерностей и позволяет конкретизировать характер распределения химических элементов в сопряженной системе «жильные образования – околорудные метасоматиты – метасоматически измененные (пропилитизированные) вмещающие горные породы».

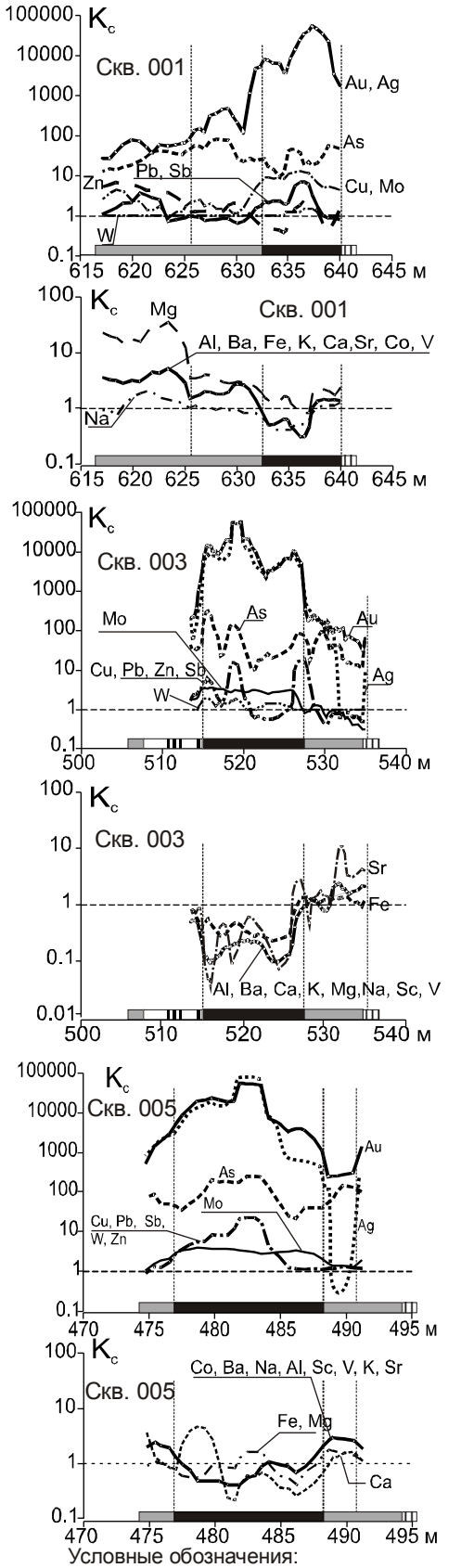


Рис. 30. Распределение коэффициентов концентрации химических элементов в сечениях главного рудного тела на различных гипсометрических уровнях

В рассматриваемой системе для главных и второстепенных элементов первой группы характерны относительно равномерные содержания в пробах из жильного кварца, резко падающие на контакте жилы. По удалению от контакта жилы на расстояние 2-3 м наблюдается сначала возрастание, а затем более плавное убывание надфоновых содержаний рудных элементов при переходе от околорудных метасоматитов к метасоматически измененным горным породам (рис. 30).

Относительное постоянство содержаний в жильном кварце позволяет использовать в качестве входных данных средние надфоновые содержания химических элементов, имеющие смысл геохимических параметров для интервалов мощной жильной зоны. Основное количество элементов первой группы (за исключением As), исходя из представленных графиков, сконцентрировано в жильном кварце, вследствие чего линейные продуктивности в неполностью опробованных сечениях также могут использоваться в качестве входных данных (величина остаточного интеграла под кривой распределения содержаний за пределами интервала, ограниченного контактами жилы, невелика).

Мышьяк в жильном кварце не образует ярко выраженного максимума по сравнению с околорудными метасоматитами и метасоматически измененными породами. Эффективная ширина его первичных ореолов по данным опробования магистральных канав в центральной части месторождения составляет более 20 м при мощности жилы около 5 м. При

устойчиво высоких содержаниях мышьяка в метасоматитах, как минимум, не уступающих его содержаниям в жильном кварце, величина линейной продуктивности напрямую зависит от протяженности интервала опробования.

Для элементов второй группы кривые распределения характеризуются наличием нескольких интервалов: с близкими к фоновым содержаниями в жильной зоне и с повышенными содержаниями в метасоматитах и измененных породах, не убывающими в пределах опробованных интервалов.

Относительно равномерный уровень содержаний и отсутствие данных об эффективной мощности ореолов элементов, концентрирующихся в метасоматических образованиях на разных горизонтах месторождения, определяют безальтернативный выбор средних содержаний в качестве входных данных для исследования вертикальной геохимической зональности месторождения Купол.

Общие закономерности распределения химических элементов в рудах и метасоматических образованиях Главного рудного тела месторождения Купол по глубине были изучены на «послойной» модели.

Исходя из характера распределения и уровня средних содержаний золота, превышающих 20 г/т (рис. 31), разведанный бурением интервал Главного рудного тела от поверхности до горизонта с абсолютными отметками 325 м соответствует полному размаху промышленного оруденения (0,2-0,8 в условной метрике), равному 300 м.

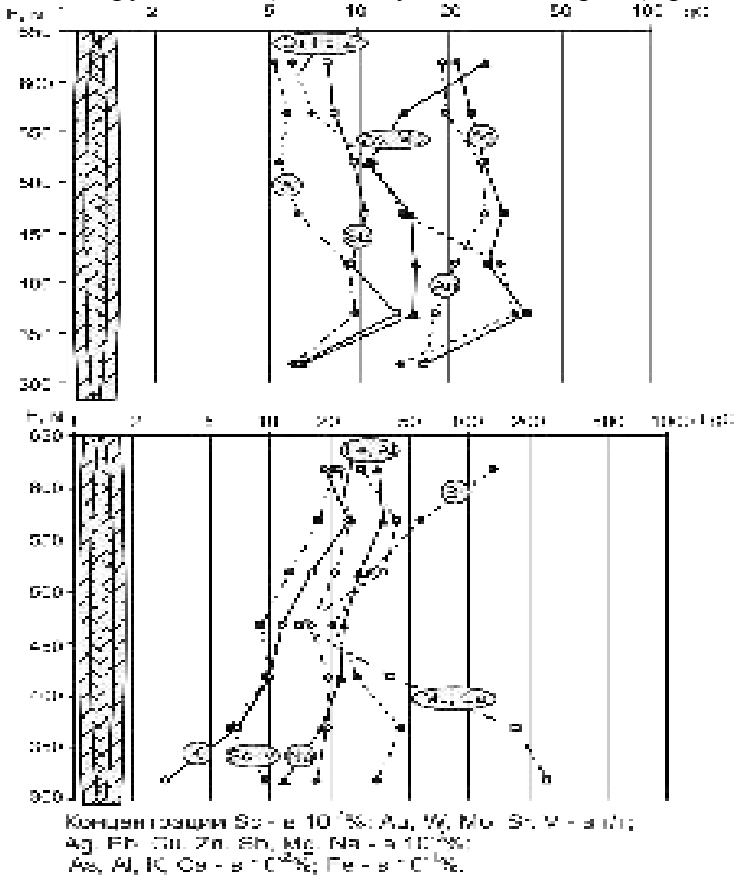


Рис. 31. Распределение средних содержаний по уровням месторождения Купол

При отсутствии явных тенденций к снижению содержаний золота по восстанию и падению рудного тела, его протяженность на горизонтах +625 и +325 м, по данным разведки, достаточно резко уменьшается и составляет 900 и 500 м соответственно против средней протяженности 2000 м в интервале глубин 550-400 м, что свидетельствует о намечающейся выклинке оруденения.

Элементы рудного комплекса в рассматриваемом интервале обнаруживают сходные, в большинстве своем отличные от золота, тенденции распределения по глубине.

Средние содержания Ag, Cu, Pb, Zn монотонно возрастают на всем интервале глубин и достигают максимума на горизонте +375 м. При наблюдаемом сходстве изменение средних содержаний этих химических элементов с глубиной характеризуется различными градиентами: для Ag установлено двукратное (с 200 до 400 г/т), для Cu, Pb, Zn – пяти-шести кратное (с $n \cdot 10^{-3}$% до $n \cdot 10^{-2}$%) возрастание. В отличие от серебра и полиметаллов средние содержания Sb незначительно возрастают (с $8 \cdot 10^{-3}$% до с $10 \cdot 10^{-3}$%) на интервале +625-+525 м и затем длительное время остаются постоянными. Средние содержания W до горизонта +475 имеют устойчивый минимально-аномальный уровень (7 г/т) и только затем начинают быстро возрастать с глубиной, достигая своего максимума (14 г/т) на глубине +375 м. Ниже этого горизонта наблюдается резкое снижение средних содержаний всех рассмотренных выше рудных элементов.

Распределение средних содержаний As и Mo с глубиной отличается от рассмотренных выше элементов рудного комплекса. Максимумы их средних содержаний расположены у поверхности современного среза. На интервале от +625 до +525 м происходит почти трехкратное убывание их содержаний (для Mo - с 30 до 12-15 г/т, для As с 0,3 до 0,1%), после чего они сохраняются постоянными на интервале в 150 м и только затем резко падают к абсолютной отметке +325 м.

Иной характер распределения по вертикали установлен для группы элементов, концентрирующихся в метасоматических образованиях. На графиках распределения наблюдается устойчиво монотонное убывание с глубиной средних содержаний K, Na, Sc, V, Fe, Al. Среди перечисленных элементов максимальный градиент убывающих с глубиной содержаний (почти десятикратный) имеет K, наименьший – Fe и Al.

Убывание с глубиной содержаний Sr, Mg, Ca сменяется в средней части разреза резкой инверсией: ниже горизонта +475 м после достижения минимумов средние содержания Ca и Mg возрастают к отметке +325 м более чем на порядок, Sr – более чем в 2 раза.

Таким образом, основной тенденцией распределения элементов рудного комплекса по вертикали на интервале от предполагаемой верхней до нижней выклинки Главного

рудного тела является устойчивый рост их средних содержаний с глубиной на фоне относительно постоянных и неубывающих содержаний золота. Для большинства элементов, концентрирующихся в метасоматитах, основной тенденцией распределения по вертикали является убывание их средних содержаний с глубиной, для Ca, Mg и Sr – возрастание к средним частям рудного тела, сменяющееся падением к нижней выклинке.

Обработка данных «послойной модели» по программе «Ню-2» позволила выявить последовательность отложения элементов рудного комплекса (снизу вверх):

Zn-Cu-Pb-W-Sb-Ag-Au-As-Mo.

Ряд вертикальной зональности отложения элементов рудного комплекса, полученный при исследовании композиции из трех разведочных профилей, вскрывающих Главное рудное тело в отдельных наиболее богатых блоках, незначительно отличается от приведенного выше (коэффициент ранговой корреляции $r = 0{,}78$ при $r_{5\%} = 0{,}67$):

Zn-Pb-Cu-W-Au-Mo-Ag-Sb-As.

Для элементов, концентрирующихся в метасоматических образованиях, ряд вертикальной геохимической зональности при исследовании «послойной модели» имеет вид (снизу вверх):

Mg-Ca-Fe-Al-V-Na-Sc-Sr-K.

Ряд вертикальной метасоматической зональности, выявленный по композиции из трех разведочных профилей, характеризуется еще более тесной корреляцией с аналогичным рядом, полученным при исследовании «послойной модели» ($r = 0{,}9$ при $r_{5\%} = 0{,}67$):

Mg-Fe-Al-Ca-Na-Sc-V-Sr-K.

Ряды отложения элементов рудного комплекса, полученные при расчетах различными способами, в целом отражают известные закономерности, выявленные при исследовании вертикальной зональности золото-серебряных месторождений вулканогенных поясов Северо-Востока России (Некрасова и др., 1979; Николаев, Литвиненко, 1990; Бельчанская и др., 2004).

Результаты настоящих исследований подтверждают общую тенденцию, установленную для золото-серебряных месторождений различных минеральных типов. Она заключается в смене с глубиной сульфосольных минеральных парагенезисов сульфидными. Это находит свое отражение в приуроченности сульфосольной геохимической ассоциации (Sb–Ag–As) к верхним, а сульфидной (Zn-Pb-Cu) – к нижним частям рядов вертикальной зональности большинства изученных месторождений.

На некоторых золото-серебряных месторождениях Камчатки (Аметистовое) руды верхних горизонтов, содержащие сульфосоли серебра, сменяются с глубиной на золото-

полисульфидные, в которых содержания Zn, Pb, Cu, As превышают 1 %, а общее количество сульфидов, включая пирит, может достигать 20 % (Отчет Камчатской.., 1990).

Для большинства золото-серебряных объектов характерен один тип руд и таких переходов не наблюдается, но при этом с глубиной, так же, как на месторождении Купол, наблюдается рост содержаний Zn, Pb, Cu, As (до 0,*n*%) за счет увеличения в рудах количества простых сульфидов, не характерных для верхних горизонтов.

При наблюдаемой стабильности мест большинства элементов рудного комплекса в рядах вертикальной геохимической зональности золото-серебряных месторождений наименее устойчивое положение в них занимают As и Mo.

Для As более типично крайнее верхнее положение в ряду зональности. Оно определяется доминированием в рудах целого ряда золото-серебряных объектов его сульфосольных форм, которыми обогащены верхнерудные интервалы. Наличие второго максимума накопления As на глубоких горизонтах месторождений (в том числе и на месторождении Купол) связано с резким возрастанием на нижних горизонтах количества арсенопирита на фоне уменьшения доли его сульфосольных форм. Расположение As в нижних частях рядов зональности характерно для золото-полисульфидных и глубоко эродированных золото-сульфосольных объектов.

Положение Mo в рядах зональности определяется типом золото-серебряного оруденения. В золото-серебряных объектах, приуроченных к периферийным частям медно-молибден-порфировых систем, молибден тяготеет к нижним частям рядов вертикальной зональности. В рядах зональности золото-серебряных объектов, где такая связь отсутствует, Mo занимает верхнее положение.

С учетом наличия двух максимумов отложения мышьяка и молибдена в Главном рудном теле месторождения Купол уточненный ряд вертикальной зональности элементов рудного комплекса в окончательном варианте имеет вид (снизу вверх):

$$Zn\text{-}Cu\text{-}Pb\text{-}As_{(1)}\text{-}Mo_{(1)}\text{-}W\text{-}Sb\text{-}Ag\text{-}Au\text{-}As_{(2)}\text{-}Mo_{(2)}.$$

Ряд вертикальной зональности элементов, концентрирующихся в метасоматических образованиях, в окончательном варианте был выведен по сумме мест в частных рядах, рассчитанных для «послойной модели» и композиции из трех разрезов:

Mg-Fe- Ca- Al-Na-V-Sc-Sr-K.

Он в целом не противоречит представлениям о минералогии околорудных метасоматитов на месторождениях золото-серебряной формации. Согласно этим представлениям, на верхних горизонтах месторождений широко развиты адуляр-кварцевые метасоматиты, что отражается в крайнем верхнем положение калия в ряду зональности. Наблюдаемое накопление стронция в верхней части метасоматической

колонки, вероятно, связано с его способностью изоморфно замещать калий в адуляре. С глубиной в метасоматитах начинают преобладать гидрослюдистые минералы, карбонаты, эпидот и проявляется более широко пиритизация, что объясняет положение Al, Ca, Fe, Mg в нижней части ряда зональности. Результатом обработки данных по программе «Ню-2» стали выявленные монотонно-изменяющиеся с глубиной геохимические показатели зональности.

По частоте встречаемости элементов в числителе и знаменатели общий вид показателей зональности элементов рудного комплекса (А) и элементов, концентрирующихся в метасоматических образованиях (Б), можно представить соответствующими формулами:

$$V_A = \frac{Ag \cdot As \cdot Sb}{Cu \cdot Pb \cdot Zn}; V_Б = \frac{K \cdot Sr \cdot Sc}{Na \cdot Ca \cdot Al \cdot Mg}.$$

На основе выявленной геохимической зональности крупнейшего на Северо-Востоке России месторождения Купол разработаны критерии оценки уровня эрозионного среза золото-серебряного оруденения. Впервые для объектов золото-сульфосольного типа определены геохимические показатели общего вида $V_A = \frac{Ag \cdot As \cdot Sb}{Cu \cdot Pb \cdot Zn}$; $V_Б = \frac{K \cdot Sr \cdot Sc}{Na \cdot Ca \cdot Al \cdot Mg}$, характеризующие вертикальную геохимическую зональность как рудных тел, так и околорудных метасоматитов.

5.2. Формализованная модель геохимической зональности и критерии оценки уровня эрозионного среза золото-сульфосольного типа оруденения

Обобщенная формализованная модель вертикальной зональности Главного рудного тела месторождения Купол (рис. 32) отражает основные закономерности изменения средних содержаний золота и геохимических показателей на интервале Z=0,2-0,8.

В соответствии с установленными кондициями положение характеристических точек Z=0,2 и Z=0,8 установлено по пересечению ординаты $C_{борт}$=7 г/т с кривой изменения средних содержаний золота по глубине. В пределах этого интервала изменение показателей рудной зональности характеризуется максимальным градиентом и составляет не менее 4-х порядков. Ниже уровня Z=0,8 значения этих показателей либо незначительно падают, либо остаются на постоянном уровне. Выше уровня Z=0,2 значения показателей рудной зональности не определены, и можно только предполагать, что они будут характеризоваться незначительным ростом.

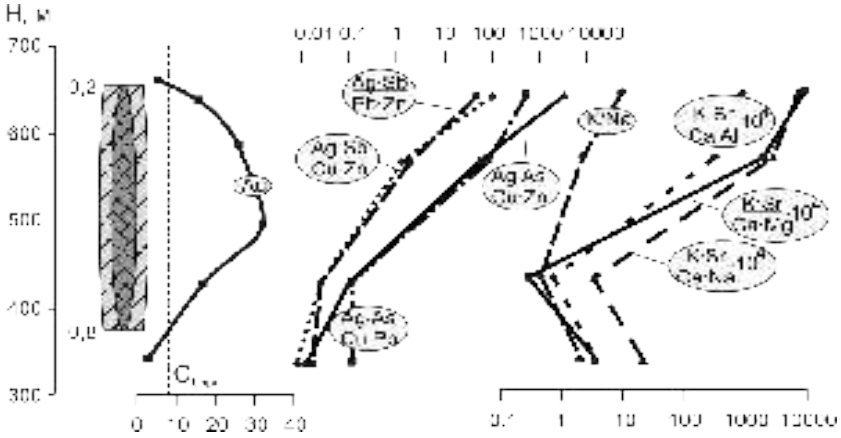


Рис. 32. Формализованная модель вертикальной геохимической зональности месторождения Купол

Изменение показателей метасоматической зональности характеризуется сходными тенденциями: наличием высоких градиентов в интервале Z = 0,2-0,8 при слабом изменении и даже нарушении монотонности в над- и подрудном сечениях.

Установленный характер изменения геохимических показателей по глубине свидетельствует, что результаты исследования вертикальной геохимической зональности позволяют выявлять надежные критерии для оценки уровня эрозионного среза в интервале от верхнерудного до подрудного уровней, что согласуется с результатами исследований, проведенных на золото-серебряных месторождениях Камчатки (Николаев, Аплеталин, 2005). В то же время, следует признать, что предлагаемые критерии менее надежны для оценки слабо эродированного оруденения и для решения этой задачи требуются дополнительные исследования.

Конкретный вид и численные значения геохимических показателей вертикальной зональности, которые были выявлены при обработке данных по месторождению Купол, приведен в табл. 30.

Таблица 30

Значения показателей зональности на разных уровнях месторождения Купол

Уровень оруденения	Показатели рудной зональности				Показатели метасоматической зональности			
	AgSb / CuZn	AgAs / CuZn	AgSb / PbZn	AgAs / CuPb	KSr / NaCa	KSr / CaMg	KSr / CaAl	K / Na
Верхнерудный	$n\cdot10^{2}$	$n\cdot10^{3}$	$n\cdot10^{1}$	$n\cdot10^{2}$	$n\cdot(10^{0}-10^{-1})$	$n\cdot(10^{0}-10^{-1})$	$n\cdot10^{-1}$	$n\cdot(10^{1}-10^{0})$
Среднерудный	$n\cdot10^{0}$	$n\cdot10^{1}$	$n\cdot10^{0}$	$n\cdot10^{1}$	$n\cdot10^{-1}$	$n\cdot10^{-1}$	$n\cdot(10^{-1}-10^{-2})$	$n\cdot10^{0}$
Нижнерудный	$n\cdot10^{-2}$	$n\cdot10^{-1}$	$n\cdot10^{-2}$	$n\cdot10^{-1}$	$n\cdot(10^{-3}-10^{-4})$	$n\cdot(10^{-4}-10^{-5})$	$n\cdot(10^{-4}-10^{-5})$	$n\cdot(10^{0}-10^{-1})$
Подрудный	$n\cdot(10^{-2}-10^{-3})$	$n\cdot(10^{-2}-10^{-3})$	$n\cdot(10^{-2}-10^{-3})$	$n\cdot(10^{-1}-10^{-2})$	$n\cdot(10^{-3}-10^{-4})$	$n\cdot(10^{-4}-10^{-5})$	$n\cdot(10^{-4}-10^{-5})$	$n\cdot(10^{0}-10^{-1})$

Построение изолиний содержаний золота и показателей зональности в продольной проекции (рис. 33) подтверждает предположение о незначительном уровне эрозионного среза Главного рудного тела месторождения. В приповерхностных горизонтах центрального и северного блоков месторождения значения приведенного на рис.6 показателя рудной зональности AgAs/PbCu > 100 соответствует, исходя из модельных построений, верхнерудно-надрудному уровню оруденения. В северной части месторождения наблюдаемое глубокое погружение изолиний показателя рудной зональности свидетельствует о продолжении промышленного оруденения на глубину и высоких перспективах увеличения запасов месторождения за счет северного фланга Главного тела.

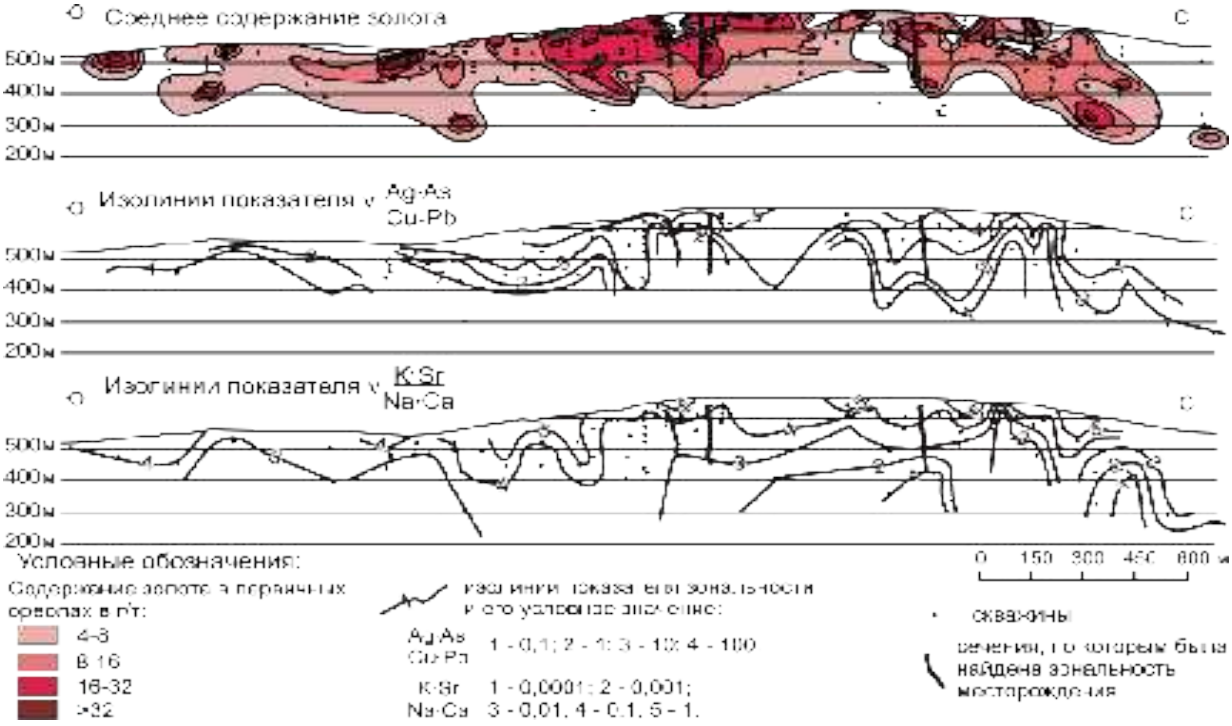


Рис. 33. Средние содержания золота и значения геохимических показателей в скважинах в проекции на вертикальную плоскость на месторождении Купол.

В центральном блоке на нижних горизонтах, достигнутых бурением, значения показателя рудной зональности AgAs/PbCu ≤ 0,1 соответствуют нижнерудно-подрудному уровню и свидетельствуют о нижней выклинке оруденения. Слабоконтрастная зональность, выявленная в южном блоке, типична для фланговых частей месторождений, в пределах которых наблюдается боковая выклинка золото-серебряного оруденения. Перспективы прироста запасов в этом направлении представляются ограниченными.

Строение изолиний показателя метасоматической зональности KSr/NaCa в продольной проекции Главного рудного тела подтверждает сделанные выводы и повышает достоверность выполненного прогноза.

6. Геохимическое районирование территории Верхне-Яблонской зоны и оценка ресурсов оруденения по параметрам и характеристикам АГХП

6.1 Типизация АГХП

В результате литохимических съемок М 1:50000 в северной части Верхне-Яблонской металлогенической зоны было выделено около 30 АГХП ранга рудных полей

Типизация АГХП, выделенных в северной части Верхне-Яблонской зоны, была проведена на основе разработанных критериев с использованием тройной диаграммы, позволяющей визуализировать результаты разбраковки путем объединения близко расположенных дискретных точек в поля, соответствующие прогнозируемым рудным формациям. На тройной диаграмме выделяется четыре поля, соответствующих АГХП молибден-порфировой (I), серебро-полиметаллической (II), золото-сульфидно-кварцевой (III) и золото-серебряной (сульфосольный тип, IV) рудным формациям (рис. 34).

Рис. 34. Диаграмма состава АГХП

(Объекты: 1.Купол, 2.Токай, 3.Прикуп, 4.Августейший, 5.Морошка, 6.Кривой, 7.Дублон, 8.Китеп, 9.Малышка, 10.Серый, 11.Ледянка север, 12.Ледянка юг, 13.Пеледон, 14.Олений север, 15.Олений юг, 16.Перевальный, 17.Звериный, 18.Снежный, 19.Тройной, 20.Пестрый, 21.Ныркoвый, 22.Анютваам, 23.Двужильный, 24.Крылатая, 25.Горностаевый, 26.Пинкуон)

Для выделения в поле II золото-галенит-сфалеритового, а в поле III – собственно золотого типов оруденения использовались дополнительные критерии: индикаторные отношения Au/Ag, AsSb/PbZn и PbZn/CuMo и корреляционные связи между элементами в ядерных частях АГХП (табл.31).

Результаты разбраковки показали, что большинство прогнозируемых рудных полей северной части Верхне-Яблонской зоны относятся к золото-серебряной, серебро-полиметаллической и золото-сульфидно-кварцевой формациям.

К золото-сульфосольному типу (поле IV), наряду с эталонным месторождением Купол, отнесены АГХП проявлений Прикуп, Морошка, Кривой и нескольких безымянных пунктов минерализации. Типичный состав золоторудной ассоциации (Au, As, Ag) при доминирующей роли золота и тесной корреляции с основными спутниками является отличительным признаком этих АГХП. Все они характеризуются высокими индикаторными отношениями As Sb/Pb Zn ≥1 и низкими - Pb Zn/Cu Mo = 1-2 при разбросе золото-серебряных отношений от 1:11 до 1:51. Исключением является АГХП проявления Морошка, где нехарактерное для этого типа отношение Au:Ag = 1:200 обусловлено развитием серебро-сульфосольной минерализации.

К золото-галенит-сфалеритовому типу золото-серебряной формации (поле II б), помимо эталонного проявления Токай, отнесены АГХП участков Августейший, Дублон, Кай. Наиболее крупное АГХП участка Августейший характеризуется наличием двух ассоциаций: золото-серебряной (Au, Ag, As, Zn, Mn, Mo) и серебро-полиметаллической (Ag, Pb, Mo, As, Zn, Cu, Au, Mn). Последняя развита в периферийных частях АГХП. В их ядерных частях, представленных золоторудной ассоциацией, наблюдается устойчивые корреляционные связи Au с Ag. Для АГХП Этого типа характерны низкие отношения Au:Ag = 1:80-1:150, As Sb/Pb Zn = 0,01 – 0,2, и относительно высокие Pb Zn/Cu Mo = 7-26.

В поле II золото-галенит-сфалеритовые и серебро-полиметаллические АГХП, имеющие сходный состав, разделены условной границей. Точки последних располагаются ближе к вершине треугольной диаграммы ($Кс_{Pb}$+$Кс_{Zn}$), однако одна из них (Двужильный) попадает в нижнюю часть поля, где сконцентрированы золото-галенит-сфалеритовые АГХП. Рудно-формационной принадлежность объекта определена по отсутствию корреляционных связей между золотом и серебро-полиметаллической ассоциацией. При заверке поисковыми маршрутами на площади прогнозируемого рудного поля были выялены проявления собственно золотого типа оруденения, что находит свое отражение в аномально высоком отношении Au:Ag=1:25, не свойственном серебро-полиметаллическим АГХП (табл.31).

К серебро-полиметаллическим объектам отнесены АГХП Горностаевое (эталон), Крылатая, Ледянка юг, Ныркoвый, Анютваам, Двужильный, Звериный и Перевальный. На

диаграмме составов все они (за исключением Двужильного) попадают в поле II а. Их относительная обособленность на диаграмме от сходных по составу золото-галенит-сфалеритовых АГХП выражается в более низких отношениях Au:Ag = 1:130-1:500, AsSb/PbZn = 0,0001-0,09 и более высокие Pb Zn/Cu Mo = 14-214. Во всех АГХП этого типа отсутствует корреляция между золотом и элементами серебро-полиметаллической ассоциации.

Таблица 31

Состав, корреляционные связи между элементами и индикаторные отношения в ядерных частях АГХП

Участок	Главный элемент (основные спутники)	Корреляция с главным элементом	Au:Ag	AsSb / PbZn	PbZn / CuMo
Золото-сульфосольный					
Купол	**Au, Ag (As)**	**Au-Ag-As-Sb-Pb**	**1:11**	**0,8**	**2**
Прикуп	Au, Ag (As, Mo)	Ag-As-Sb-Mo-Pb	1:45	7,5	1
Морошка	Ag, Au (As)	Ag-Mo-As-Zn-Cu-Pb	1:200	1,3	1
Кривой	Au, Ag (As)	Ag-As-Pb	1:51	1,2	2
Золото-галенит-сфалеритовый					
Токай	**Au, Ag (Pb, As)**	**Au-Ag; Ag-Pb-Zn-Cu-Mo**	**1:150**	**0,08**	**9**
Августейший	Au, Ag (Pb, Zn, As)	Au Ag; Pb-Zn-As	1:80	0,01	26
Дублон	Au, Ag (As, Pb)	Au-Ag-Pb-Mo-As	1:120	0,21	7
Золото-серебро-полиметаллическая					
Горностаевое	**Ag, Pb (Zn, Au, Cu)**	**Ag-Pb-Zn-Cu-Mo**	**1:130**	**0,002**	**51**
Крылатая	Ag, Pb, Zn (Cu, Au)	Ag-Cu-Bi-Zn-Pb-Mo	1:200	0,0002	214
Звериный	Pb, Ag (Zn, Cu)	Ag-Cu-Zn-Pb	1:400	0,0001	124
Ледянка юг	Ag, Pb (Bi, As, Au, Zn)	Ag-As-Zn-Pb-Cu-Sb	1:500	0,02	36
Перевальный	Pb, Ag (As, Zn, Bi, Mo)	Ag-Pb-Zn-Cu	1:130	0,02	29
Ныркovый	Ag, Pb (Zn, Bi)	Ag-Pb-Cu-Zn Au-Mo-As	1:350	0,004	26
Анютваам	Ag, Pb (As, Zn, Au, Cu)	Ag-Cu-Zn-Pb	1:180	0,02	14
Двужильный	Au, Ag, (Pb)	Ag-Pb-Cu-Zn-Sn-Mo	1:25	0,09	2
Золото-сульфидно-кварцевая					
Китеп, Малышка	**Au (As, Ag, Pb, Zn, Bi)**	**Au-As-Pb**	**1:25**	**0,19**	**5**
Ледянка север	Au (Ag, As, Pb, Zn, Mo)	Au-Mo-Cu Ag-Pb-As-Sb-Sn	1:40	0,13	6
Олений север	Au (As, Ag, Pb, Zn, Bi)	Au-Ag-Pb-Zn-Bi-As-Sb	1:30	0,37	9
Олений юг	Au (As, Zn, Ag)	Ag-Cu-Mo-Zn-Pb-Sn	1:30	0,14	5
Тройной	Au (Mo, As, Zn)	Ag-Mo-Pb-Zn-Sn	1:10	0,17	2
Пинкуон	Au (Ag, Mo, Bi)	Ag-Mo-Bi-As	1:5	0,23	1
Собственно золотой					
Пеледон	**Au (As, Ag)**	**Au-Cu-Mo**	**1:3**	**0,21**	**2**
Серый	Au (Mo, Cu)	Au-Cu-Mo	3:1	0,34	0,06
Молибден-порфировая					
Снежный	**Mo (Au,Ag,Zn,As)**	**Mo-Au-Ag**	**1:30**	**0,09**	**0,4**
Пестрый	Mo (Ag, Zn, Au, As, Pb)	Mo-Au-As-Ag	1:50	0,06	0,5

К золото-сульфидно-кварцевой формации, наряду с эталонами (Малышка, Китеп), отнесены АГХП участков Олений, Ледянка север, Тройной, Пинкуон, объединенные на

диаграмме состава в поле III. Золоторудные ассоциации на площади АГХП, в пределах которых прогнозируется развитие этой формации, отличаются большим разнообразием. На ряде участков (Китеп, Малышка, Олений, Ледянка) в их состав входят Au, Ag, As, Zn, Pb, Mo, Cu, Bi, Sr, Sn, Mn, Co. В некоторых АГХП (участки Тройной, Пинкуон) состав ассоциаций более бедный и наряду с Au включает только As, Zn, Mo.

АГХП этого типа характеризуются устойчивым отношением Au:Ag = 1:25-1:40 (исключение – Пинкуон и Тройной, где не выделяется ядерная часть), близкими значениями показателя As Sb/Pb Zn = 0,13-0,37 (на порядок ниже, чем у золото-сульфосольных объектов и на 1-2 порядка выше, чем у золото-галенит-сфалеритовых и серебро-полиметаллических).

К собственно золотому типу отнесены АГХП Пеледон и Серый. По составу ассоциации (Au, As, Mo), максимально высокой степени концентрации золота, аномально высокому золото-серебряному отношению 1:3-3:1 они отличаются от наиболее близких к ним АГХП золото-сульфидно-кварцевой формации, попадая с ними в одно поле (Пеледон), либо обособляясь вместе с молибден-порфировыми АГХП в поле I вследствие относительно высоких содержаний молибдена при отсутствии других элементов-спутников (Серый).

АГХП молибден-порфировой формации, столь же немногочисленные, как и собственно золотые, представлены прогнозируемыми рудными полями Снежный (эталон) и Пестрый. Они обособлены в поле I, тяготеющем к вершине треугольной диаграммы ($Кс_{Cu}$+$Кс_{Mo}$). АГХП этого типа характеризуются доминирующей ролью молибдена, присутствием в составе золота, с которым они имеют значимую корреляционную связь, наиболее низкими индикаторными отношениями Pb Zn/Cu Mo = 0,4-0,5.

Достоверность типизация, проведенной на основе разработанных критериев и диаграммы состава АГХП, проверялась путем сопоставления геохимических ассоциаций ядерных частей АГХП с ассоциациями, определенными в рудах объектов, опробованных в поисковых маршрутах при заверке перспективных участков (табл. 32).

Результаты сопоставления свидетельствуют:

1) На площади большинства АГХП выявляются прогнозируемые по результатам геохимической съемки М 1:50000 рудные формации и типы оруденения;

2) В ряде АГХП наряду с основной прогнозируемой рудной формацией выявляются дополнительные типы оруденения. Полиформационность наиболее характерна для АГХП, на площади которых развита серебро-полиметаллическая рудная формация.

3) Значения индикаторных отношений (особенно золото-серебряного) в рудах и ядерных частях АГХП существенно различаются. Это явление закономерно и связано с процессом рассеяния рудных элементов в рыхлых образованиях, степень концентрации которых изменяется в зависимости от их кларка, различным образом.

Таблица 32

Сопоставление состава геохимических ассоциаций в ядерных частях АГХП и рудах, выявленных на их площади

Участки, проявления	Геохимическая ассоциация ядерных зон АГХП	Au:Ag	Формация (тип) АГХП	Геохимическая ассоциация в рудах	Au:Ag	Рудная формация (тип)
Золото-серебряная						
Купол	$Au_{31}Ag_7As_7W_2Mo_2$	1:11	золото-сульфосольный	$Au_{1514}Ag_{124}As_3Mo_2Sb_2$	1:8	золото-сульфосольный
Прикуп	$As_{38}Au_8Mo_7Ag_6Sr_3Sb_2Sn_2Cu_2$	1:45	золото-сульфосольный	$Au_{417}Ag_{52}Mo_{27}As_{23}Pb_2Cr_2Sb_2$	1:5	золото-сульфосольный
Морошка	$As_{18}Ag_{13}Au_4W_4Mo_3Pb_2Zn_2$	1:200	золото-сульфосольный	$Ag_{930}Au_{326}As_{185}Sb_{25}Mo_{17}Pb_7$	1:123	золото-сульфосольный
Токай	$Ag_{16}Au_9As_4Pb_3Zn_2Mn_2Mo_2$	1:147	золото-галенит-сфалеритовый	$Au_{429}Ag_{134}Pb_4Mo_3Sb_3As_2Bi_2$	1:19	золото-галенит-сфалеритовый
Августейший	$Pb_{11}As_7Ag_7Au_5Zn_5Mo_4W_3$	1:77	золото-галенит-сфалеритовый	$Au_{554}Ag_{46}Pb_{15}Mo_4As_3Cu_2Li_2$	1:5	золото-галенит-сфалеритовый
				$Ag_{205}Au_{18}Pb_{12}As_9Mo_5Bi_2Cu_2$	1:730	Серебро-полиметаллическая
Дублон	$As_{22}Ag_{16}Au_7Pb_6Mo_3Zn_2W_2Cu_2Sn_2$	1:120	золото-галенит-сфалеритовый	$Au_{528}Ag_{51}Pb_8As_2Cu_2Bi_2Mo_2$	1:7	золото-галенит-сфалеритовый
				$Ag_{285}Pb_{57}Au_{43}Cu_4Bi_4$	1:463	Серебро-полиметаллическая
Горностаевое	$Pb_{20}Ag_{12}Zn_8Au_6Cu_3As_2Mo_2Bi_2$	1:130	Серебро-полиметаллическая	$Ag_{257}Pb_{119}Au_{34}Cu_{26}Bi_{22}Zn_{10}As_4Mn_2$	1:1424	Серебро-полиметаллическая
				$Au_{1029}Ag_{22}Pb_6Zn_5Cu_4Bi_4Cr_2Ni_2$	1:4	золото-галенит-сфалеритовый
Крылатая	$Pb_{30}Zn_{16}Ag_{16}Cu_5Au_3Mn_2Bi_2Mo_2V_2$	1:211	Серебро-полиметаллическая	$Au_{921}As_7Ag_2W_2Pb_2Cu_2$	5:1	собственно золотой
Звериный	$Pb_{37}Ag_{16}Zn_9Cu_6Mn_2Au_2Bi_2Ge_2Mo_2Li_2$	1:400	Серебро-полиметаллическая	$Cu_{121}Ag_{96}Zn_{70}Pb_{20}Au_{13}Bi_4As_4Mo_3Mn_2$	1:378	Серебро-полиметаллическая
				Au_{128}	3:1	Собственно Au

Продолжение таблицы 32

Перевальный	$Pb_{11}Ag_7As_6Zn_6Bi_4Mo_3Au_2Cu_2Mn_2Co_2$	1:130	Серебро-полиметаллическая	$Au_{333}Ag_8Sb_4As_3Mo_2Cu_2Ni_2$	1:3	собственно золотой
Двужильный	$Au_{15}Ag_{10}Pb_3Mo_2Zn_2As_2Li_2$	1:25	золото-галенит-сфалеритовый	$Ag_{399}Au_{355}As_{11}Pb_8Mo_5Cu_4Li_4Bi_3Sb_2Zn_2$	1:193	золото-галенит-сфалеритовый
				$Au_{3236}Ag_8Pb_3Bi_2As_2Mo_2Cu_2$	2:1	собственно золотой
Нырковый	$Ag_{17}Pb_{11}Zn_4Bi_4Cu_2Au_2Li_2Mo_2Mn_2$	1:350	Серебро-полиметаллическая	$Ag_{388}Pb_{186}Au_{100}Bi_{44}Mo_{16}Cu_8Li_6Zn_3As_3Sb_2$	1:333	Серебро-полиметаллическая
				$Au_{1003}Ag_{16}As_3Mo_3Li_2$	1:2	собственно золотой
Анютваам	$Ag_{17}Pb_{14}Li_6As_6Zn_5Au_4Cu_4Mo_4Mn_2Sb_2$	1:180	Серебро-полиметаллическая	не заверен	-	-
Китеп	$Au_{18}Ag_{15}As_{12}Pb_4Zn_3Mo_3Cu_2Sn_2Sr_2Mn_2Ni_2$	1:34	Золото-сульфидно-кварцевая	$Au_{1769}Ag_{112}As_{15}Mo_{10}Sb_5Pb_3Cu_2Bi_2$	1:7	Золото-сульфидно-кварцевая
Малышка	$Au_{28}As_{21}Ag_{16}Pb_6Zn_5Bi_3Cu_2Mn_2Co_2Mo_2Sn_2Sr_2$	1:24	Золото-сульфидно-кварцевая	$Au_{1333}As_{179}Ag_{93}Mo_{48}Sb_6Pb_2Bi_2$	1:8	Золото-сульфидно-кварцевая
Ледянка север	$Au_{21}Ag_{20}As_6Pb_4Zn_4Mo_4Co_3Li_2Sb_2Sn_2Mn_2Cu_2$	1:40	Золото-сульфидно-кварцевая	$Au_{42}Ag_{12}Pb_5As_5Sb_5Zn_4Li_3$	1:32	Золото-сульфидно-кварцевая
Олений север	$As_{31}Au_9Ag_7Pb_6Zn_4Bi_3Ni_2Mo_2Cu_2Co_2Cr_2$	1:34	Золото-сульфидно-кварцевая	$Au_{552}As_{16}Ag_{13}Mo_2Sb_2Sn_2Cu_2$	1:3	Золото-сульфидно-кварцевая
Пинкуон	$Au_{31}Ag_3Mo_2Bi_2$	1:4	Золото-сульфидно-кварцевая	$Au_{1057}Ag_{26}As_5Mo_5Sb_2$	1:2	собственно золотой
Пеледон	$Au_{34}As_7Ag_3Zn_2Cu_2Mo_2$	1:3	собственно золотой	$Au_{1418}Ag_5Mn_3$	2:1	собственно золотой
Серый	$Au_{72}Mo_6Cu_3$	3:1	собственно золотой	$Au_{36}Mo_{20}Ag_{12}Cu_3Co_2$	1:34	Молибден-порфировая
Пестрый	$Mo_{16}Ag_4Zn_3Au_3As_3Pb_3Cu_2Li_2Bi_2W_2$	1:50	молибден-порфировая	$Mo_9Ag_6Au_3As_3$	1:40	Молибден-порфировая
				$Au_{151}Ag_4$	1:1	собственно золотой

6.2 Районирование территории

В основу геохимического районирования территории было положено объединение близко расположенных АГХП рудных полей одинаковой рудно-формационной принадлежности, приуроченных к конкретным вулканоструктурам, однородным тектоническим блокам, мощным зонам глубинных разломов с выделением минерагенических объектов ранга прогнозируемых рудных узлов (районов). В некоторых случаях в составе прогнозируемых узлов объединялись АГХП разной рудно-формационной принадлежности, но близкие по времени и условиям образования. Полиформационные прогнозируемые рудные узлы свойственны западной и юго-западной частям территории, где широко преобладают глубоко эродированные вулканоструктуры и в отдельных блоках на поверхность выведены породы основания вулкано-плутонического пояса. К умеренно эродированным вулканоструктурам восточной и северо-восточной частей территории приурочены, как правило, моноформационные АГХП.

Наиболее многочисленную группу составляют АГХП золото-серебряной формации, компактно расположенные в северо-восточной части территории (рис. 35).

Золото-серебряные АГХП этой части территории были объединены в Средне-Кайемравеемский узел, приуроченный к умеренно эродированному Кайемравеемскому стратовулкану. В составе узла выделяется АГХП золото-сульфосольного и золото-галенит-сфалеритового типов оруденения.

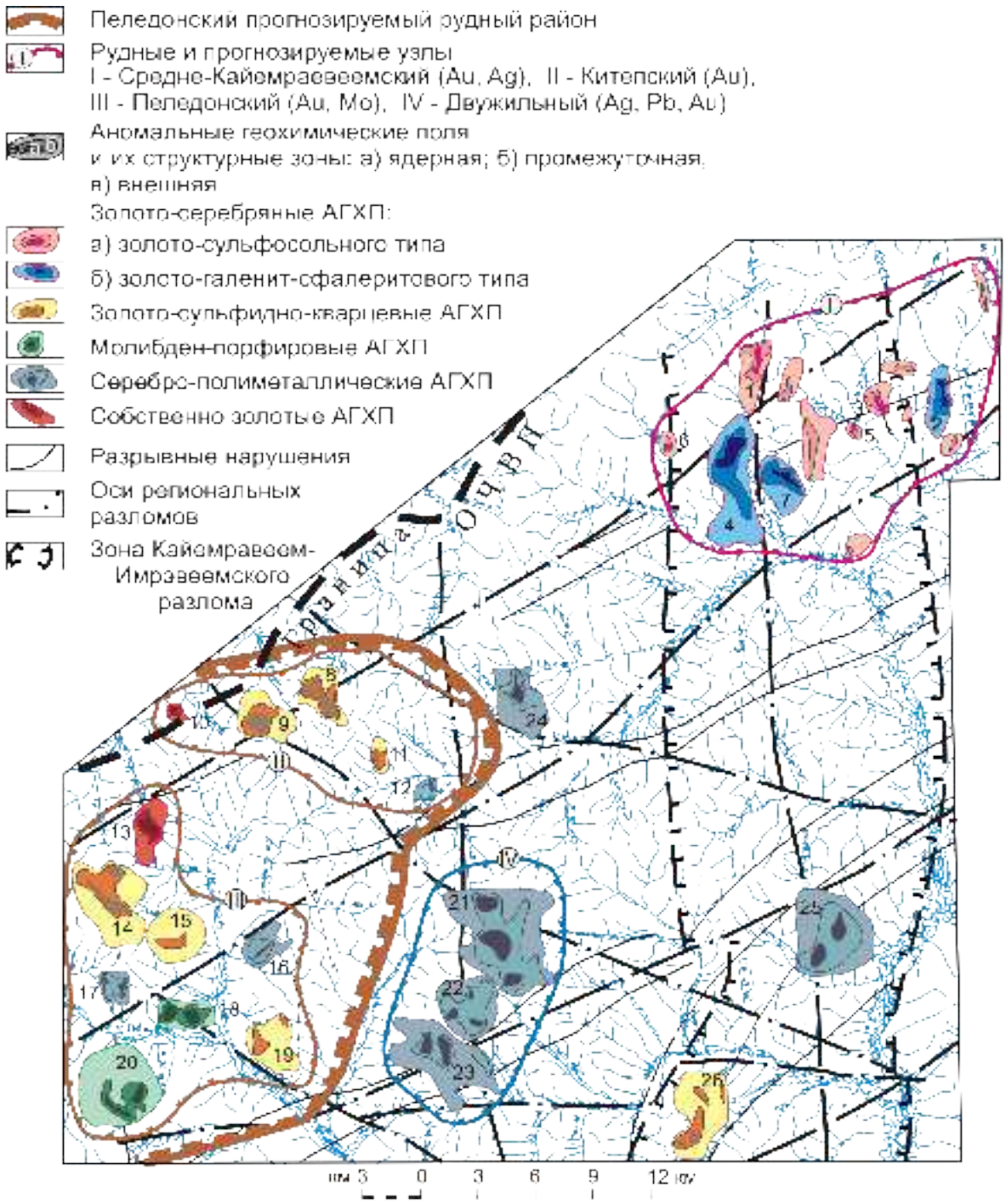
Золото-сульфосольные АГХП тяготеют к зонам субмеридиональных нарушений, характеризуются небольшими размерами, включают узкие линейные ядра с относительно невысокими степенью концентрации, удельной и площадной продуктивностями золота (табл. 33).

Таблица 33

Параметры АГХП северной части Верхне-Яблонской зоны

Параметры АГХП	Прогнозируемая золоторудная формация (тип)				
	Золото-серебряная		Золото-сульфидно-кварцевая	Собственно золотой	Серебро-полиметал-лическая
	Сульфосольный	Золото-галенит-сфалеритовый			
$S_{АГХП}$, км^2	8 (0,6*)	32 (1,9*)	30 (2,1*)	10 (1,8*)	45 (2*)
Гл. элемент	Au	Au	Au	Au	Ag
*K*c	12 (4-30)	7 (5-10)	18 (2-31)	52 (33-72)	15 (10-17)
∑*K*c	49 (30-70)	47 (40-60)	60 (20-90)	65 (50-80)	90 (30-300)
P, м^2%	8 (0,2-30)	4 (0,5-10)	25 (4-52)	42 (9-74)	480 (65-1300)
Δ*q*, т/м/км^2	0,16 (0,005-0,6)	0,06 (0,01-0,15)	0,3 (0,1-1)	0,5 (0,4-0,6)	8,8(3-30)
$P_{яд}/P_{об}$	0,32 (0,1-0,7)	0,26 (0,06-0,6)	0,7 (0,5-0,8)	0,8 (0,8-0,9)	0,3 (0,1-0,6)

*Площади ядерных частей АГХП; Параметры Kc, P, q, $P_{яд}/P_{об}$ приводятся для главного элемента .



АГХП золото-серебряной формации: 1) Купол, 2) Токай, 3) Прикуп, 4) Августейший, 5) Морошка, 6) Кривой, 7) Дублон

АГХП золото-сульфидно-кварцевой формации: 8) Китеп, 9) Малышка, 11) Ледянка Север, 14) Олений Север, 15) Олений Юг, 19) Тройной, 26) Пинкуон

АГХП серебро-полиметаллической формации: 12) Ледянка юг, 16) Перевальный, 17) Заорный, 21) Нырковый, 22) Анютваам, 23) Двужильный, 24) Крылатая, 25) Горностаевый

АГХП собственно золотого типа: 10) Сезный, 13) Пеледон

АГХП молибден-порфировой формации: 18) Снежный, 20) Пестрый

Рис. 35. Районирование территории северной части Верхне-Яблонской металлогенической зоны (тектоническая схема по В. М. Залуцкому, 2006)

АГХП золото-галенит-сфалеритового типа характеризуются средними размерами, имеют более крупные ядерные части с низкой степенью концентрации, удельной и площадной продуктивностями золота.

В западной и юго-западной частях территории наиболее широко распространены АГХП, отнесенные к золото-сульфидно-кварцевой формации и собственно золотому типу оруденения. Их размещение контролируется пересечением зон глубинных разломов северо-восточного и северо-западного направлений. В юго-западной части они приурочены к нижнемеловым глубокоэродированным отрицательным вулканоструктурам.

Аномальные геохимические поля золото-сульфидно-кварцевой формации имеют средние размеры, относительно крупные ядерные части, характеризуются более высокой степенью концентрации, удельными и площадными продуктивностями золота по сравнению с золото-серебряными АГХП.

Незначительное распространение на площади имеют АГХП собственно золотого типа оруденения, залегающие в основании пояса на западной границе территории.

В юго-западной части территории, наряду с золоторудными, выделено несколько АГХП молибден-порфировой формации. АГХП этого типа приурочены к Малопеледонской вулканоструктуре. АГХП проявления Пестрое локализовано в периферийной части вулканоструктуры, имеет большие размеры при меньшей ядерной части, отличаясь от эталонного объекта (Снежный) более низкими удельными продуктивностями молибдена.

АГХП этой части территории объединены в два прогнозируемых рудных узла: Китепский и Пеледонский. Первый выделен по результатам геохимического районирования территории и включает в свой состав АГХП золото-сульфидно-кварцевой формации (Китеп, Малышка, Ледянка) и собственно золотого типа оруденения (Серый), приуроченные к Китепскому блоку в краевой части ОЧВП. Второй частично совпадает с выделявшимся ранее Пеледонским золото-россыпным узлом и объединяет в своем составе АГХП золото-сульфидно-кварцевой (Олений, Тройной), молибден-порфировой (Снежный, Пестрый) формаций и собственно золотого типа оруденения (Пеледон). Размещение оруденения контролируется приуроченностью молибден-порфировых АГХП к глубоко эродированной Малопеледонской отрицательной вулканоструктуре, золоторудных – к выходам основания пояса в краевой части ОЧВП.

Серебро-полиметаллические АГХП широко распространены в южной и центральной частях территории. Большинство из них приурочено к зоне Илюкейвеемского субмеридионального разлома. В южной части три наиболее крупных АГХП этого типа объединены в прогнозируемый Двужильный рудный узел.

Аномальные геохимические поля входящих в состав узла участков Двужильный, Ныркovый, Анютваам, в отличие от АГХП эталонного проявления Горностаевое, отличаются более выраженной полиформационностью. Наряду с серебро-полиметаллической на площади АГХП этого типа широко проявлена молибден-порфировая и золоторудная ассоциации. Полиформационные АГХП имеют максимальные размеры, интенсивность и приурочены к умеренно-эродированной Двужильной вулканоструктуре, ее периферическим частям, вмещающим крупные массивы гранодиоритов, внедрившиеся вдоль зоне глубинного разлома. К последним отчетливо тяготеют аномалии молибден-порфировой ассоциации, пространственно разобщенные с ядерными частями серебро-полиметаллических АГХП.

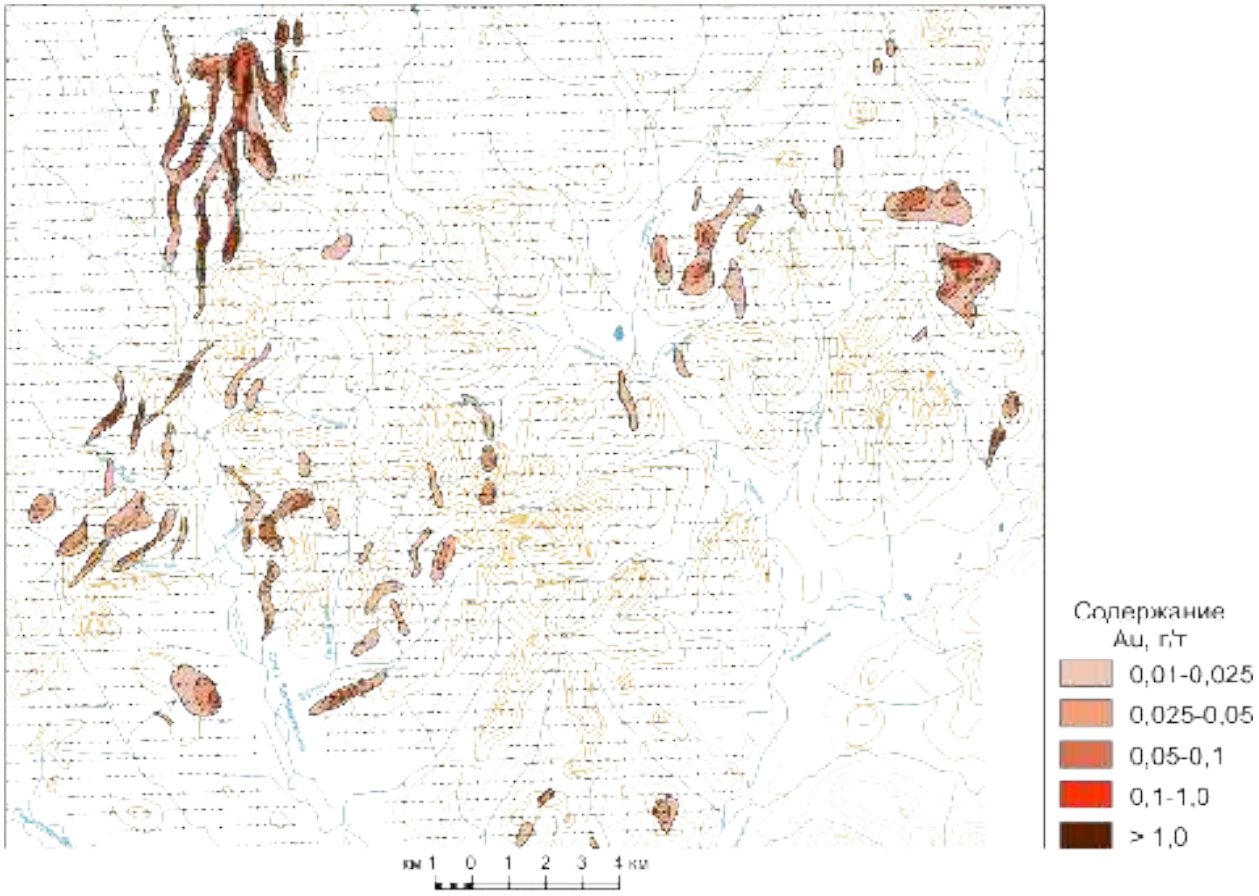
Статистические данные по параметрам аномальных геохимических полей основных типов оруденения северной части Верхне-Яблонской металлогенической зоны подтверждают закономерности, выявленные при изучении эталонных АГХП.

Наиболее крупные размеры характерны для АГХП серебро-полиметаллической формации (табл. 33). Среди золоторудных АГХП наиболее высокой степенью концентрации, удельными и площадными продуктивностями золота обладают объекты с собственно золотым типом оруденения. АГХП имеющих промышленное значение объектов золото-сульфосольного типа характеризуется невыдающимися геохимическими параметрами: имеет наименьшие размеры, небольшие удельные и площадные продуктивности и невысокую степень концентрации золота.

Результаты выполненного геохимического районирования территории доказывают наличие латеральной зональности по направлению от внешней к внутренним частям вулкано-плутонического пояса, в последовательности: собственно-золотой тип оруденения - золото-сульфидно-кварцевый и молибден-порфировый, серебро-полиметаллический и золото-серебряный.

Строение аномалий главных элементов и их основных спутников в прогнозируемых узлах отражает структурно-морфологические особенности оруденения. Размещение АГХП рудных полей в пределах узлов контролируется геологическими и структурно-тектоническими факторами.

На площади **Средне-Кайемравеемский рудного узла** строение аномального геохимического поля характеризуется развитием протяженных линейных аномальных зон двух направлений: субмеридионального и северо-восточного. Аномальные зоны наиболее отчетливо выделяются по вторичным ореолам золота и серебра (рис. 36), достаточно уверенно - по мышьяку и молибдену (рис. 37), менее отчетливо – по свинцу и цинку (рис. 38). Они имеют прерывистое строение, протяженность около 20 км при ширине 3-4 км.



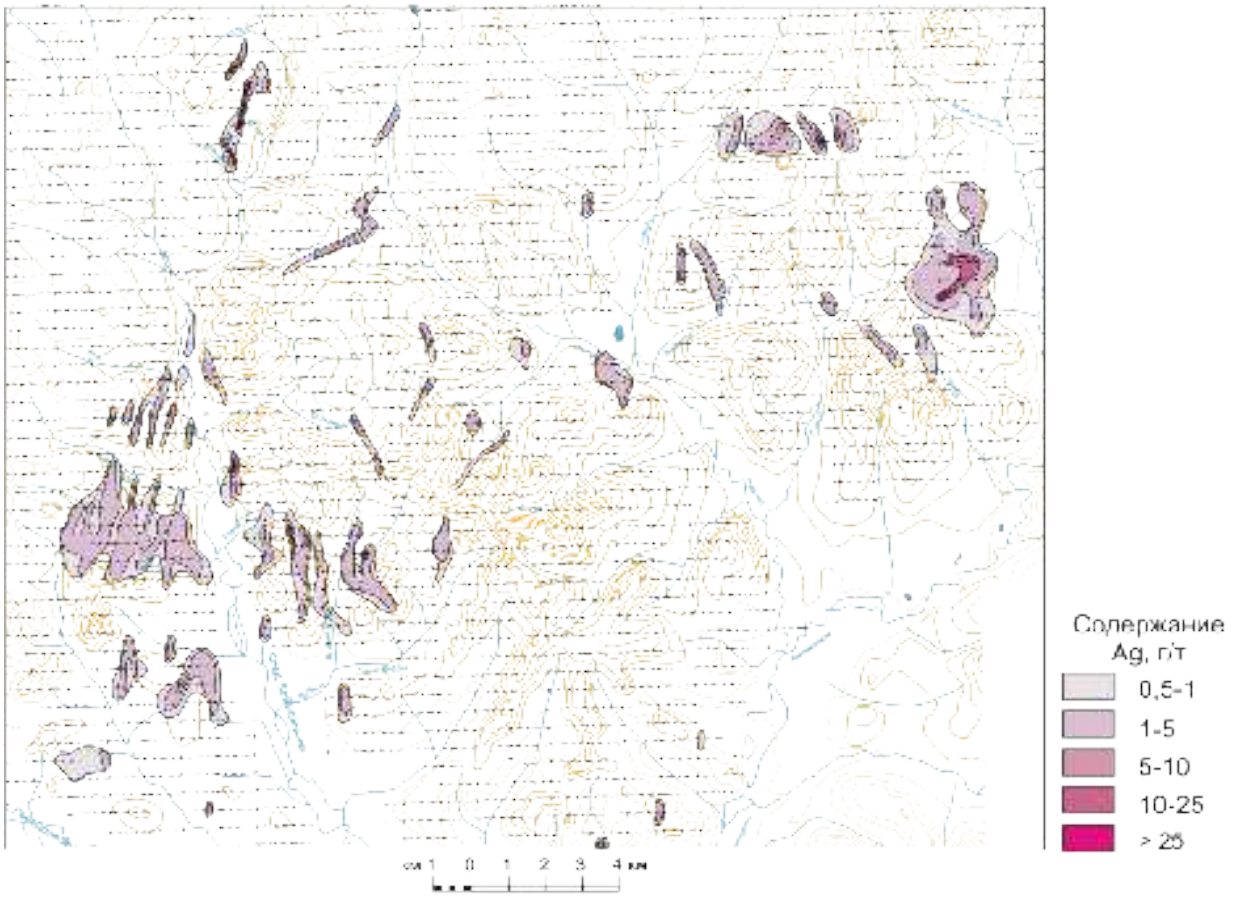
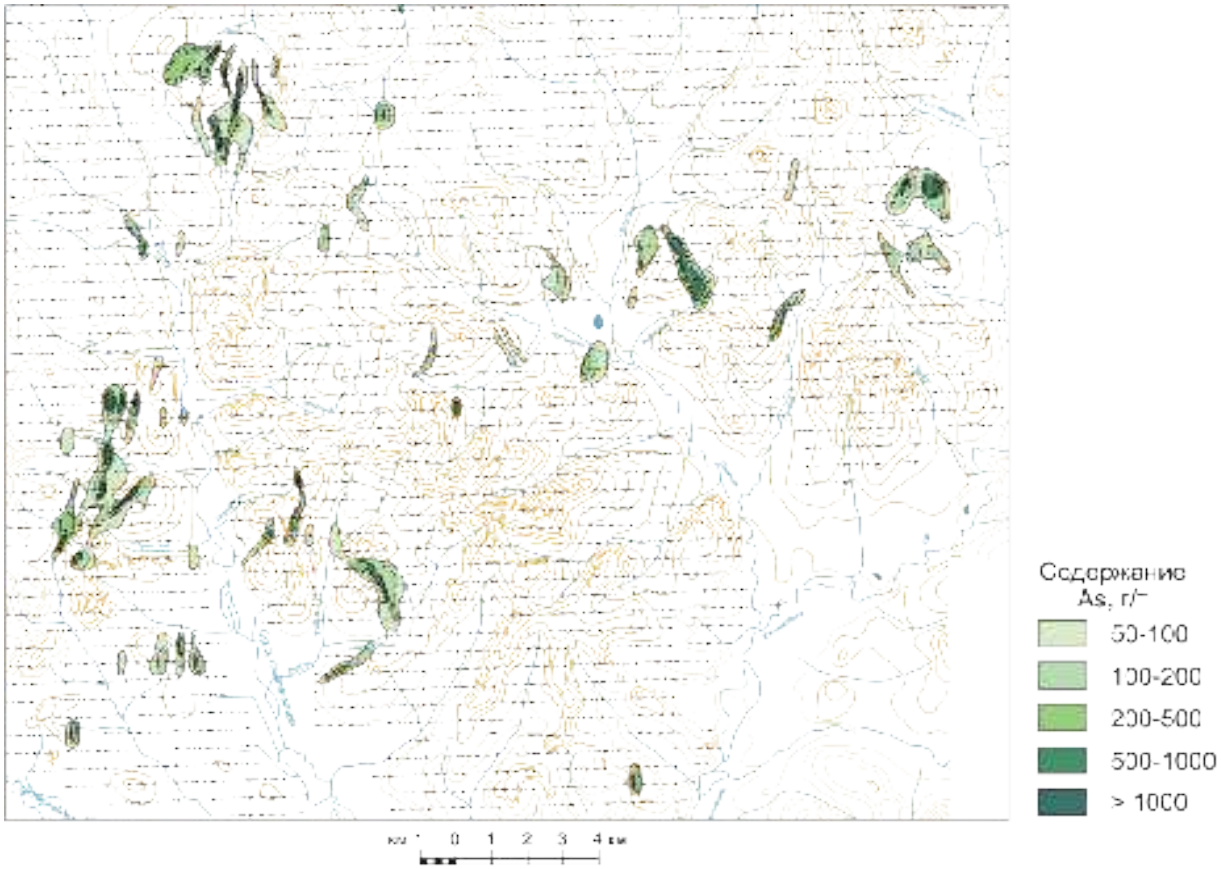


Рис. 36. Аномалии золота и серебра на площади Средне-Кайемраваемского рудного узла



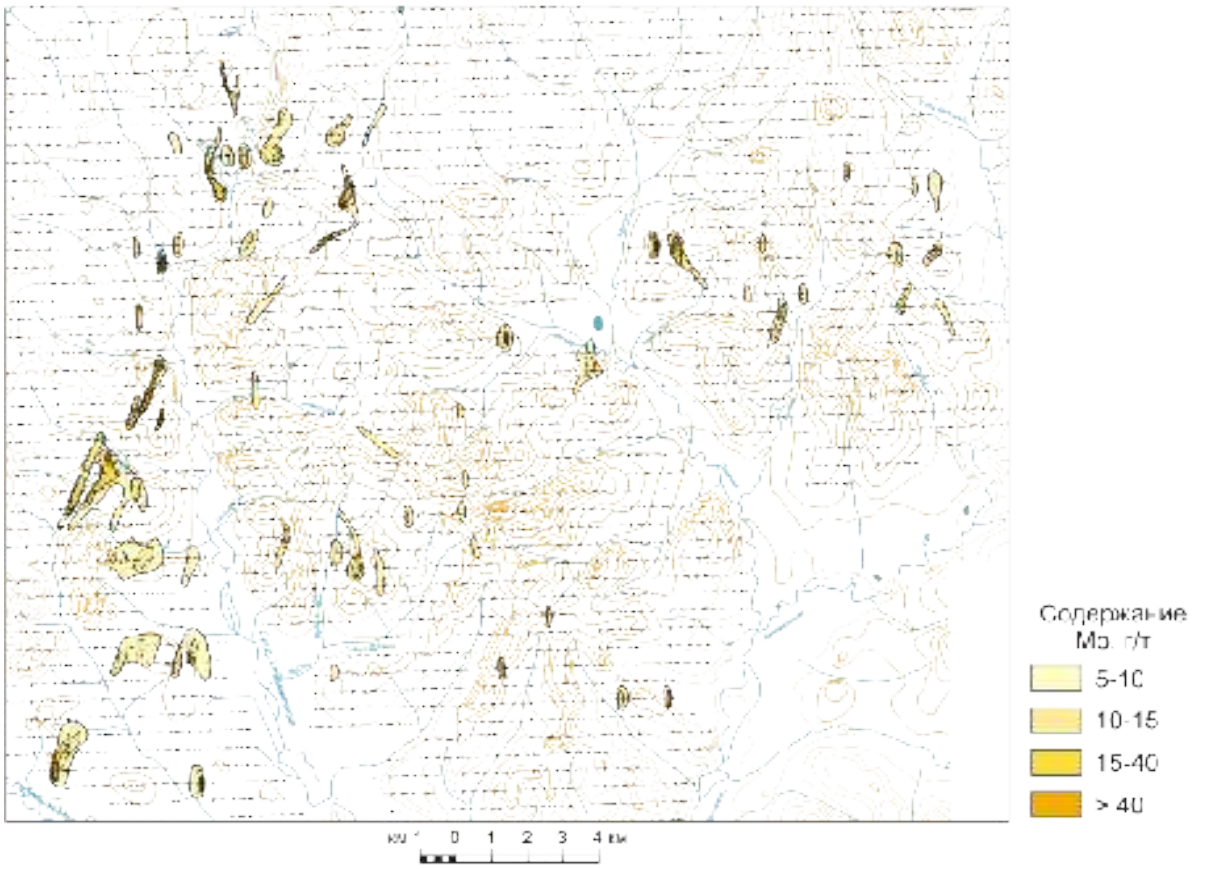
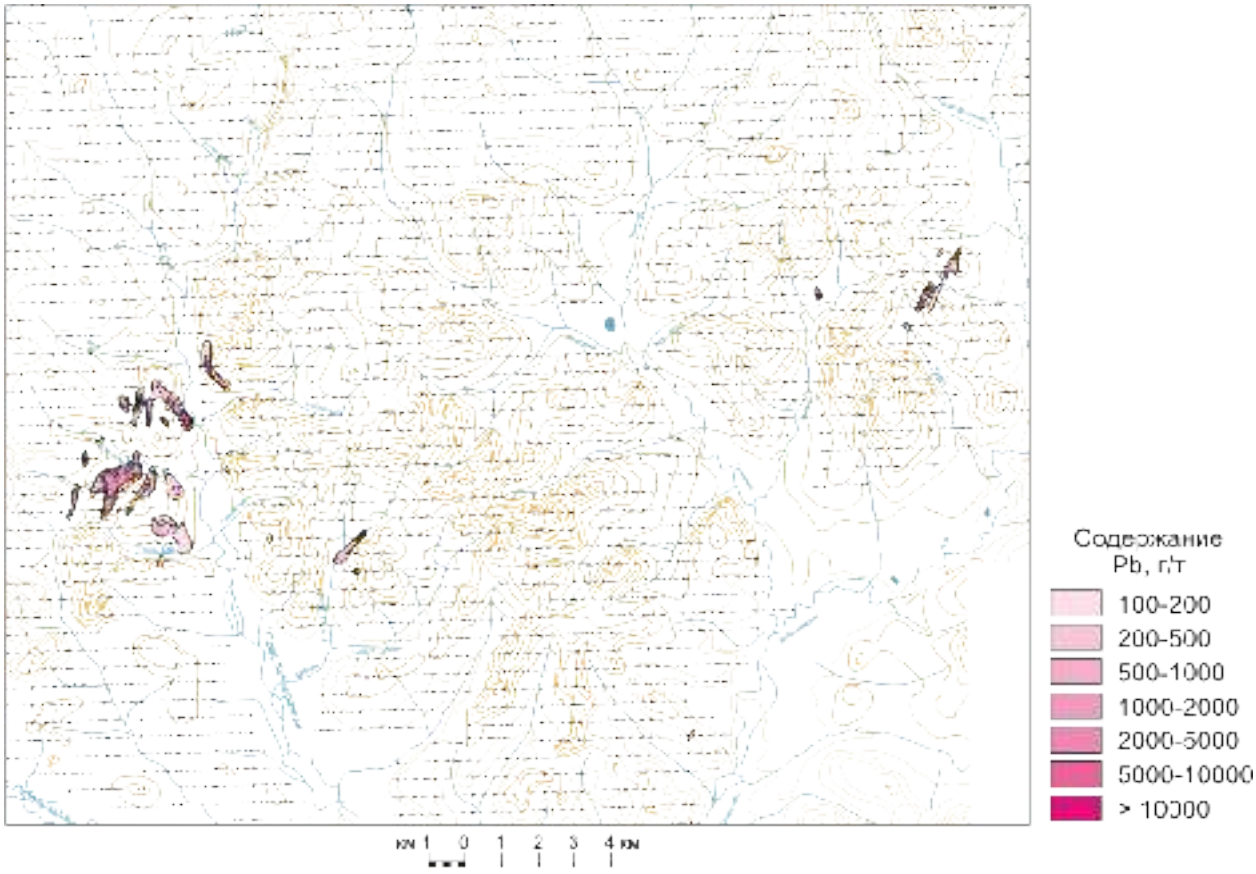


Рис. 37. Аномалии мышьяка и молибдена на площади Средне-Кайсмравеемского рудного узла



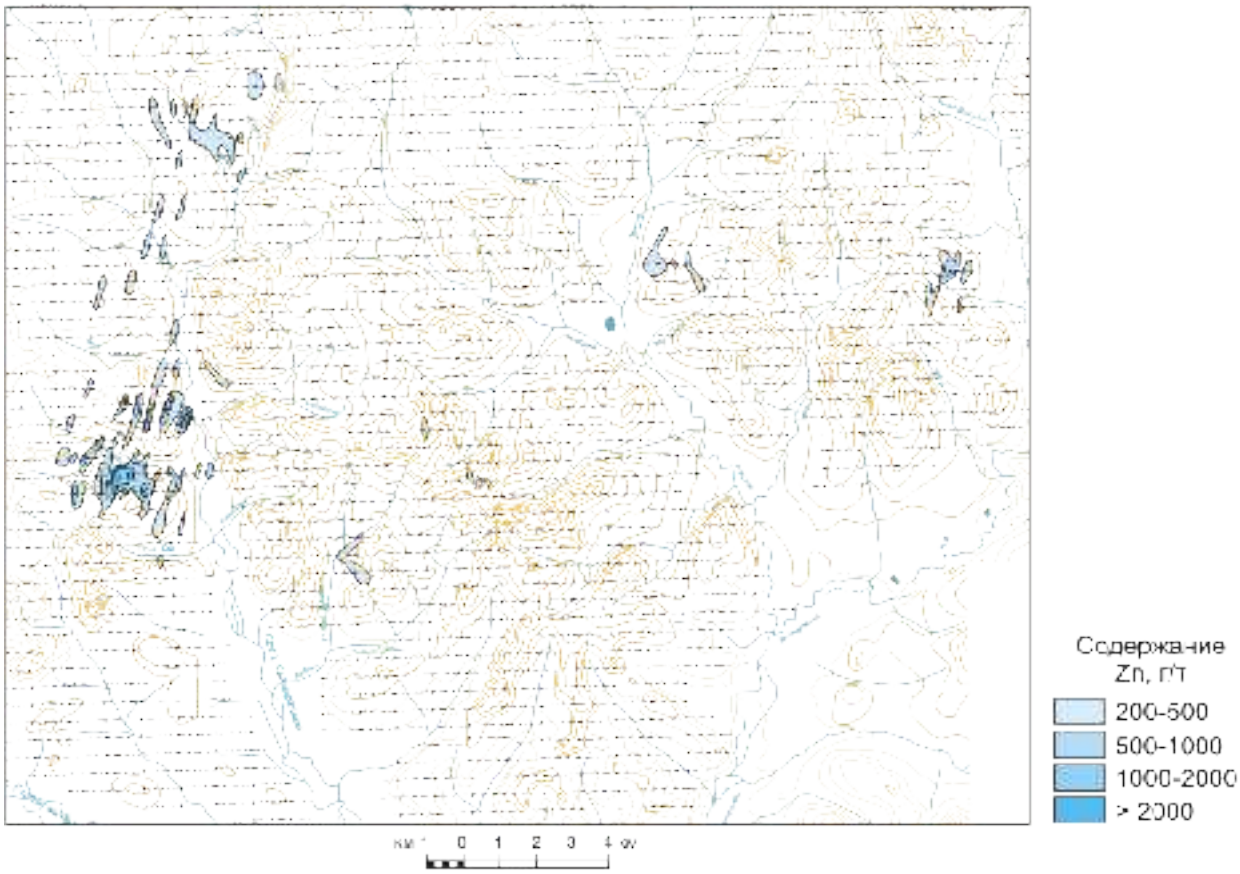


Рис. 38. Аномалии свинца и цинка на площади Средне-Кайемравеемского рудного узла

163

Западная аномальная зона субмеридионального направления трассирует осевую часть Кайемравеем-Имревеемского глубинного разлома. В пределах зоны развиты наиболее интенсивные аномалии золота, мышьяка и молибдена. Восточная зона протягивается в субмеридиональном направлении на 10 км вдоль восточной границы зоны глубинного разлома.

К зоне северо-восточного внутриблокового разлома приурочена диагональная аномальная зона, трассируемая аномалиями золота, серебра, мышьяка, молибдена, в меньшей степени – свинца и цинка. К узлам пересечения субмеридиональных зон диагональной приурочены наиболее крупные комплексные аномалии: на северо-востоке – АГХП рудного поля Токай, на юго-западе - АГХП рудного поля Августейший.

По характеру размещения можно судить о приуроченности АГХП золото-сульфосольного типа к зоне субмеридионального Кайемравеем-Имревеемского глубинного разлома, АГХП золото-галенит-сфалеритового типа – к зоне северо-восточного Крестово-Саламихинского глубинного разлома (рис. 39).

Практически все выделенные на площади АГХП, отнесенные к золото-сульфосольному типу, характеризуются вытянутостью в субмеридиональном направлении. Наиболее крупным среди объектов этого типа является АГХП рудного поля Купол. На площади АГХП объектов, содержащих ядерные зоны (Прикуп, Морошка), по результатам заверочных работ выявлено золото-серебряное оруденение с близкими к промышленным параметрами. Некоторые, относительно крупные АГХП этого типа (центральная часть узла), не содержат ядерных зон. По результатам заверки на их площади не выявлено признаков концентрированного золото-серебряного оруденения.

АГХП золото-галенит-сфалеритового типа, выделенные в составе диагональной аномальной зоны северо-восточного простирания, обладают более крупными размерами. Они имеют линейную структуру, вытянуты в субмеридиональном направлении, содержат ядерные зоны. По данным заверки и горных работ наиболее перспективным является АГХП рудного поля Токай. АГХП однотипных ему объектов (Августейший, Дублон), имеют большие размеры и содержат более крупные, по сравнению с эталоном, ядерные зоны. В ядерные части АГХП этих объектов объединены мелкие локальные аномалии золота и серебра, разделенные промежутками с менее высокими содержаниями главных элементов. Размытость ядерных зон отражает отсутствие на их площади крупных рудоносных структур, характерных для промышленных АГХП этого типа. Крупные размеры ядерных частей при относительно невысокой степени концентрации золота и серебра по сравнению с эталоном является показателем невысокой перспективности этих объектов.

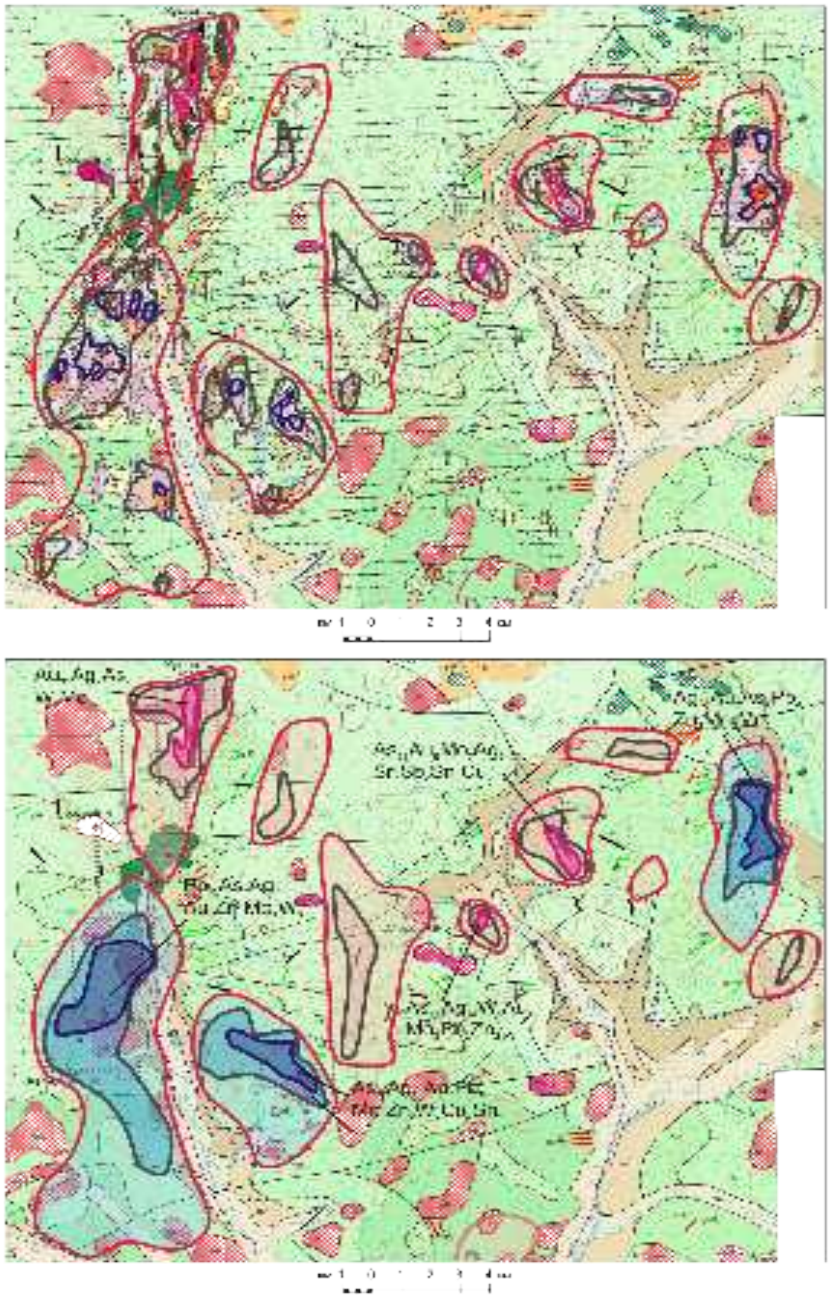


Рис. 39. Структура АГХП Средне-Кайемравеемского рудного узла
I. Совмещенные аномалии основных рудных элементов II. Структуры АГХП рудных полей

Западная и юго-западная части территории работ насыщены аномалиями золота, серебра, свинца, цинка, молибдена, мышьяка, меди (рис. 40-46).

В северо-западной части выделяются крупные высококонтрастные аномалии золота, мышьяка, серебра, послужившие основой для выделения наиболее продуктивных АГХП золото-сульфидно-кварцевой формации и собственно золотого типа оруденения, объединенных в прогнозируемый **Китепский золоторудный узел** (рис.48).

Золоторудные АГХП приурочены к глубоко эродированному Китепскому блоку, расположенному в краевой части ОЧВП, на стыке с Яракваамским поднятием. Наиболее крупные и высокопродуктивные АГХП (Китеп, Малышка) приурочены к осевой части северо-восточного Крестово-Саламихинского глубинного разлома. Более мелкие АГХП (Ледянка, Серый) – к внутриблоковым разломам. Золоторудные АГХП имеют изометричную форму. Размеры ядерных частей возрастают пропорционально общей площади. В составах АГХП присутствует широкий круг элементов-спутников.

В юго-западной части территории выделяется обширная площадь, на которой выделено несколько сотен мелких, преимущественно средней интенсивности аномалий золота, серебра, молибдена, цинка мышьяка (рис. 40-46). На этой территории выделено семь АГХП рудных полей, объединенных в Пеледонский прогнозируемый рудный узел полиформационного состава (рис. 47). В составе узла выделяются АГХП золото-сульфидно-кварцевой (Олений-юг, Олений-север, Тройной), молибден-порфировой (Снежный, Пестрый) формаций и собственно золотого типа оруденения (Пеледон).

Полиформационность узла определяется неоднородностью строения Пеледонского блока: наличием на его площади разноэродированных вулканоструктур (Малопеледонской, Верхнепеледонской, Пеледонской), глубинных разломов нескольких направлений и широким развитием интрузивных комплексов разного возраста и состава.

К глубоко эродированным частям блока, с выходами на поверхность основания пояса и гипабиссальных интрузий, приурочены АГХП собственно золотого типа оруденения (Пеледон), на площади которых развиты крупные высокоинтенсивные аномалии золота и мышьяка.

АГХП молибден-порфировой формации приурочены к умеренно эродированной Малопеледонской вулканоструктуре, они ассоциируют с небольшими массивами гранитоидов, их размещение в ряде случаев контролируются зонами северо-западных разрывных нарушений. АГХП выделяются по развитию высокоинтенсивных аномалий молибдена. На их площади широко развиты средне- и слабоинтенсивные разрозненные ореолы золота, серебра, цинка мышьяка.

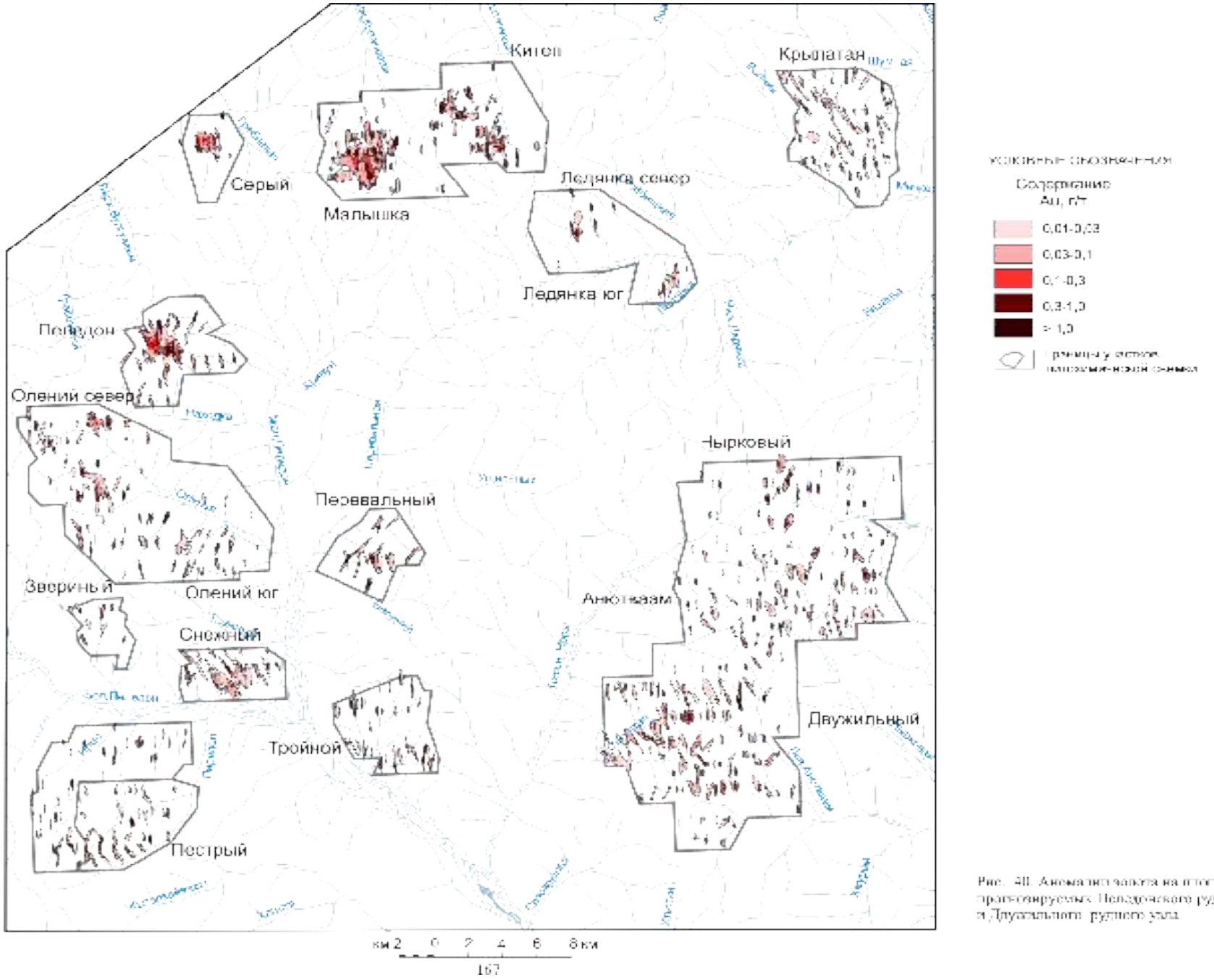
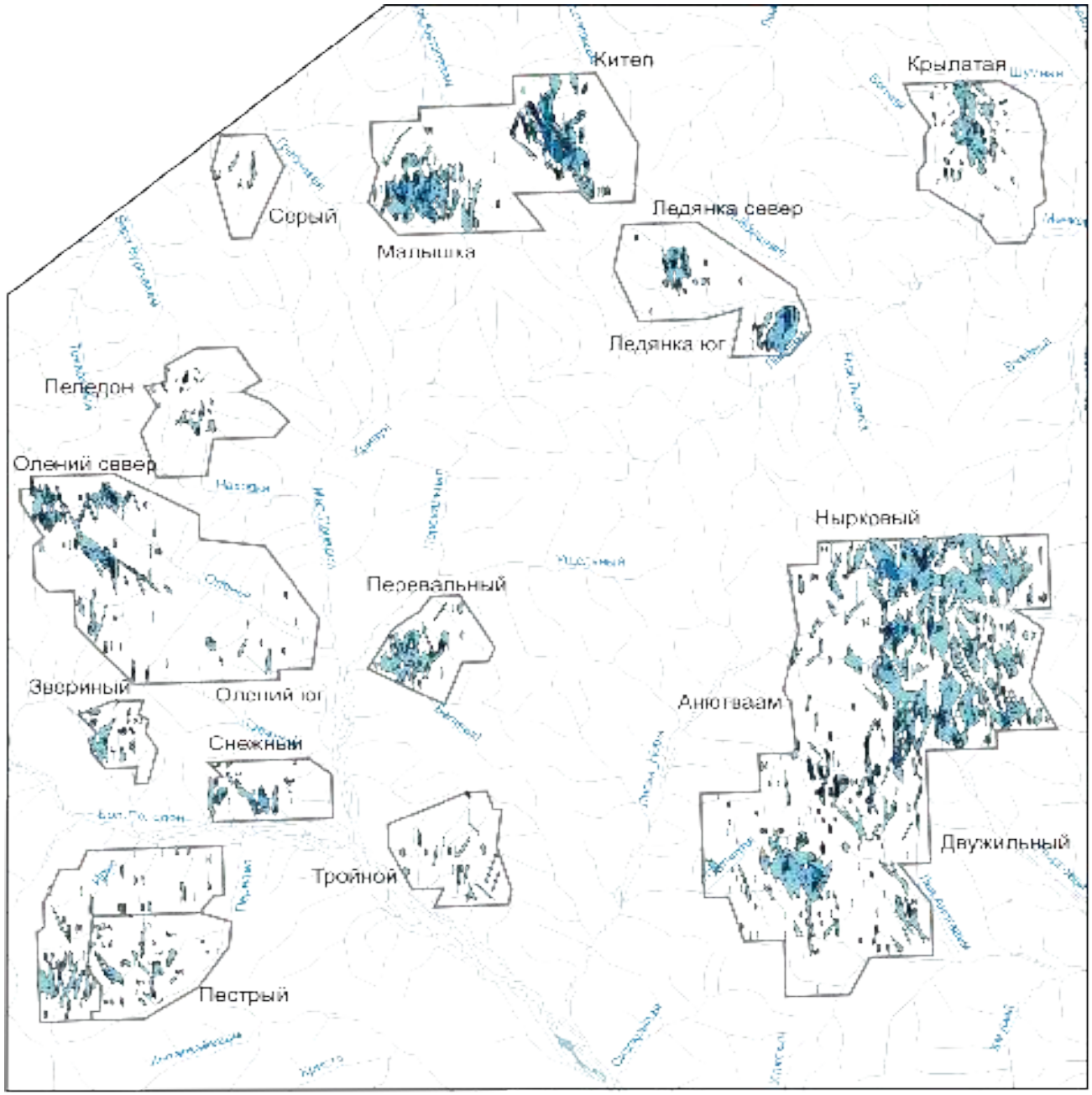


Рис. 48. Аномалии золота на плотике протерозойских Пепеудонского рудного района и Двужильного рудного узла



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Содержание Ag, г/т

0,3-1

1-3

3-10

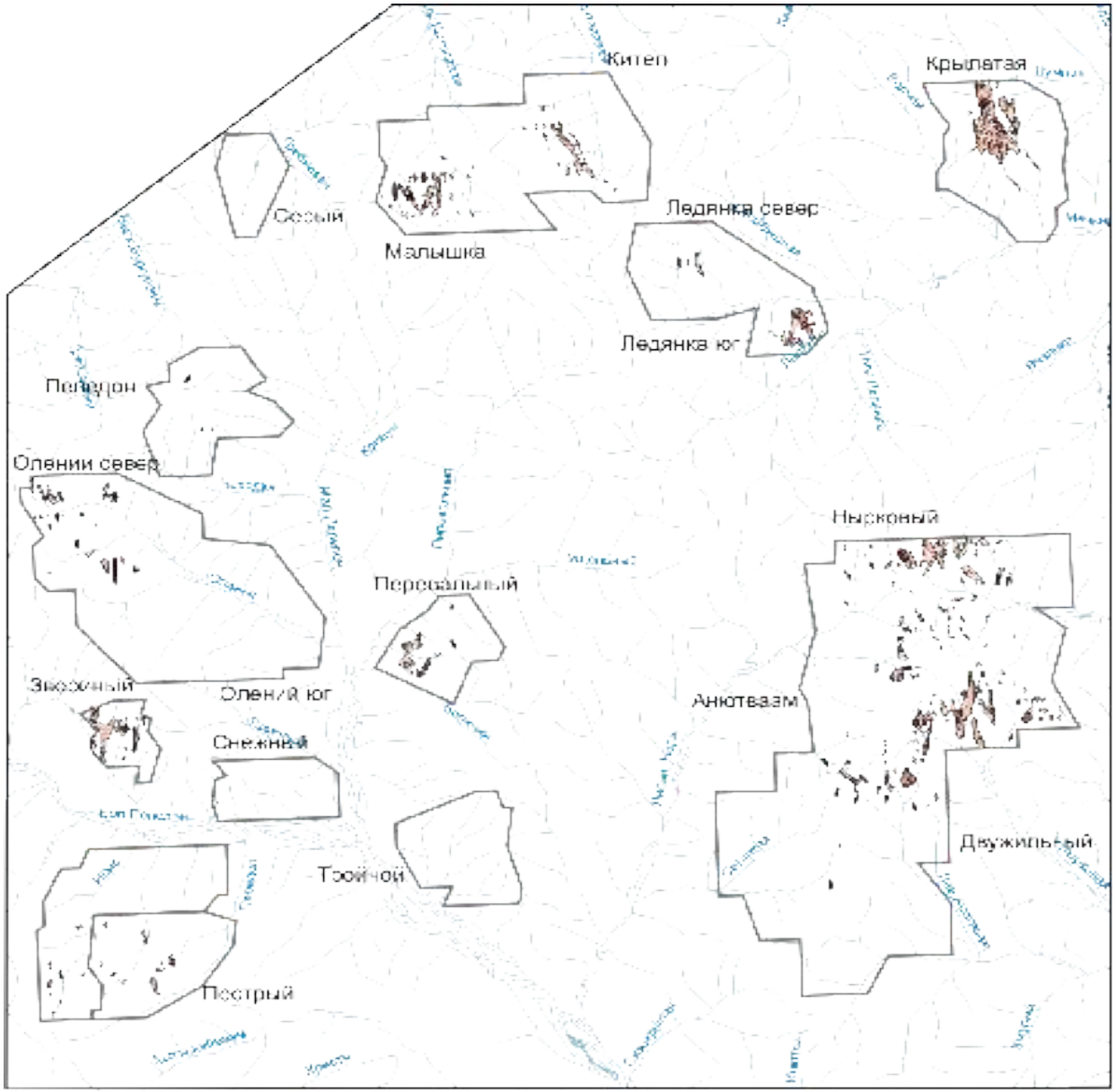
10-30

30-100

> 100

Границы участков лицензионной съемки

Рис. 41. Аномалии серебра на площади прогнозируемых Пеледонского рудного района и Двужильного рудного узла



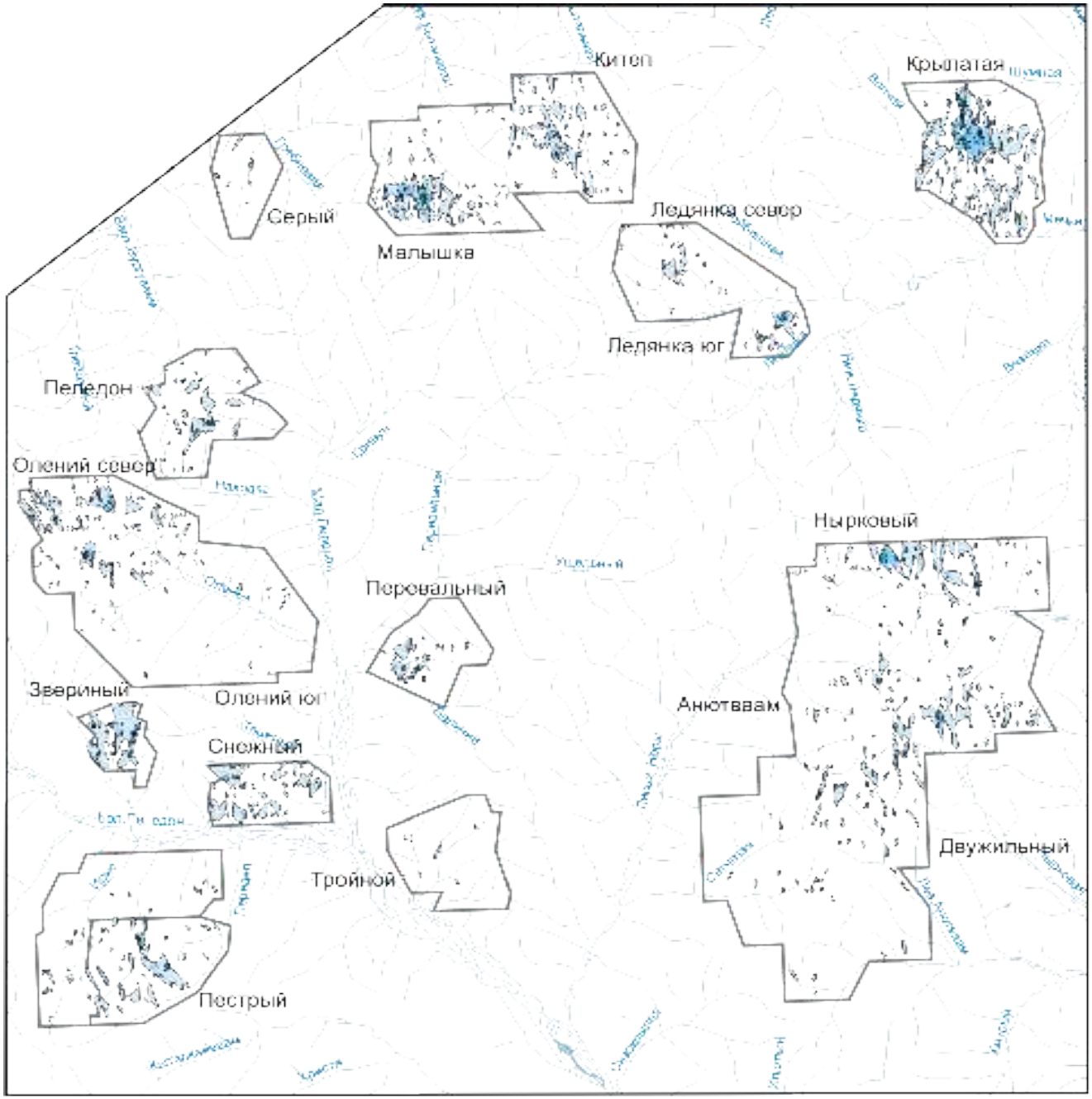
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Содержание Pb, n/t

- 100-200
- 200-500
- 500-1000
- 1000-2000
- 2000-5000
- > 5000

Границы выделенных литохимических ореолов

Рис. 42. Аномалии свинца на площади проявлений в Геологическом рудном районе и Двужильного рудного узла



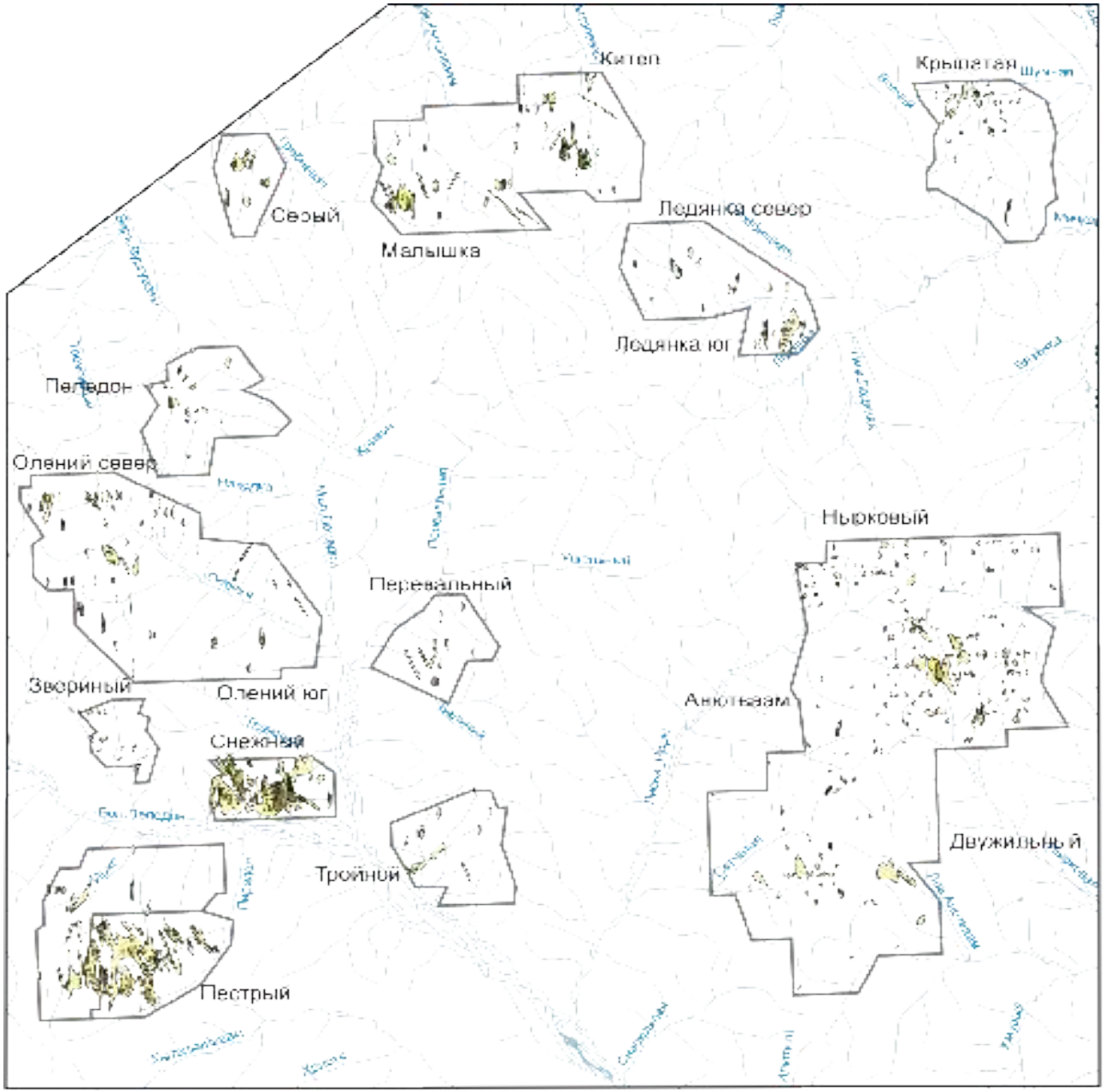
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Содержание Zn, г/т

- 200-500
- 500-1000
- 1000-2000
- 2000-5000
- > 5000

границы участков положительных аномалий

Рис. 43. Аномальные знаки на площади прогнозируемых Пеледонского рудного района и Двужильного рудного узла



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Содержание Mo, г/т

- 5-10
- 10-20
- 20-50
- 50-100
- 100-200
- > 200

Границы участков литохимической съемки

Рис. 41. Аномалии молибдена на площади прогнозируемых Полсадьюского рудного района и Двужильного рудного узла

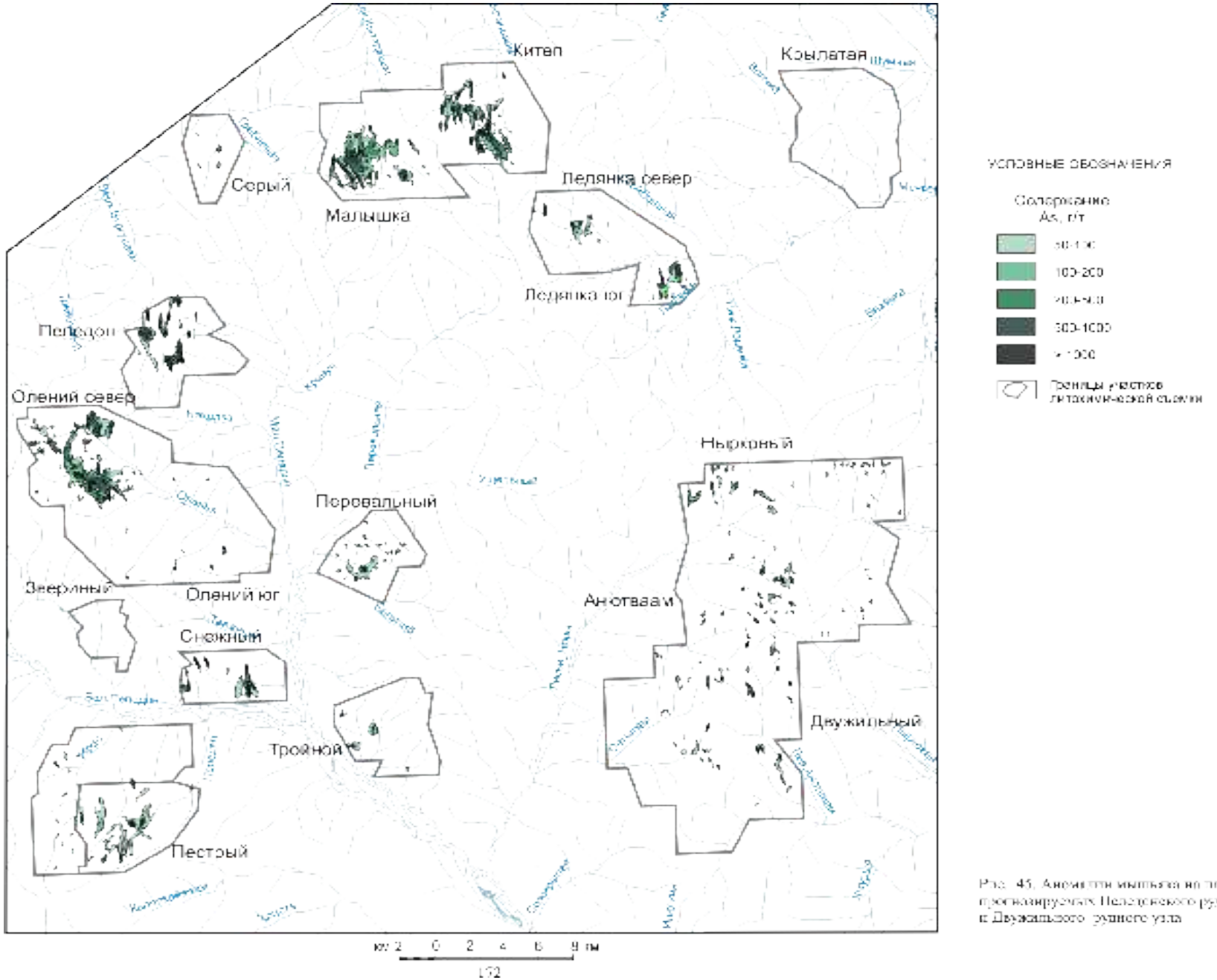
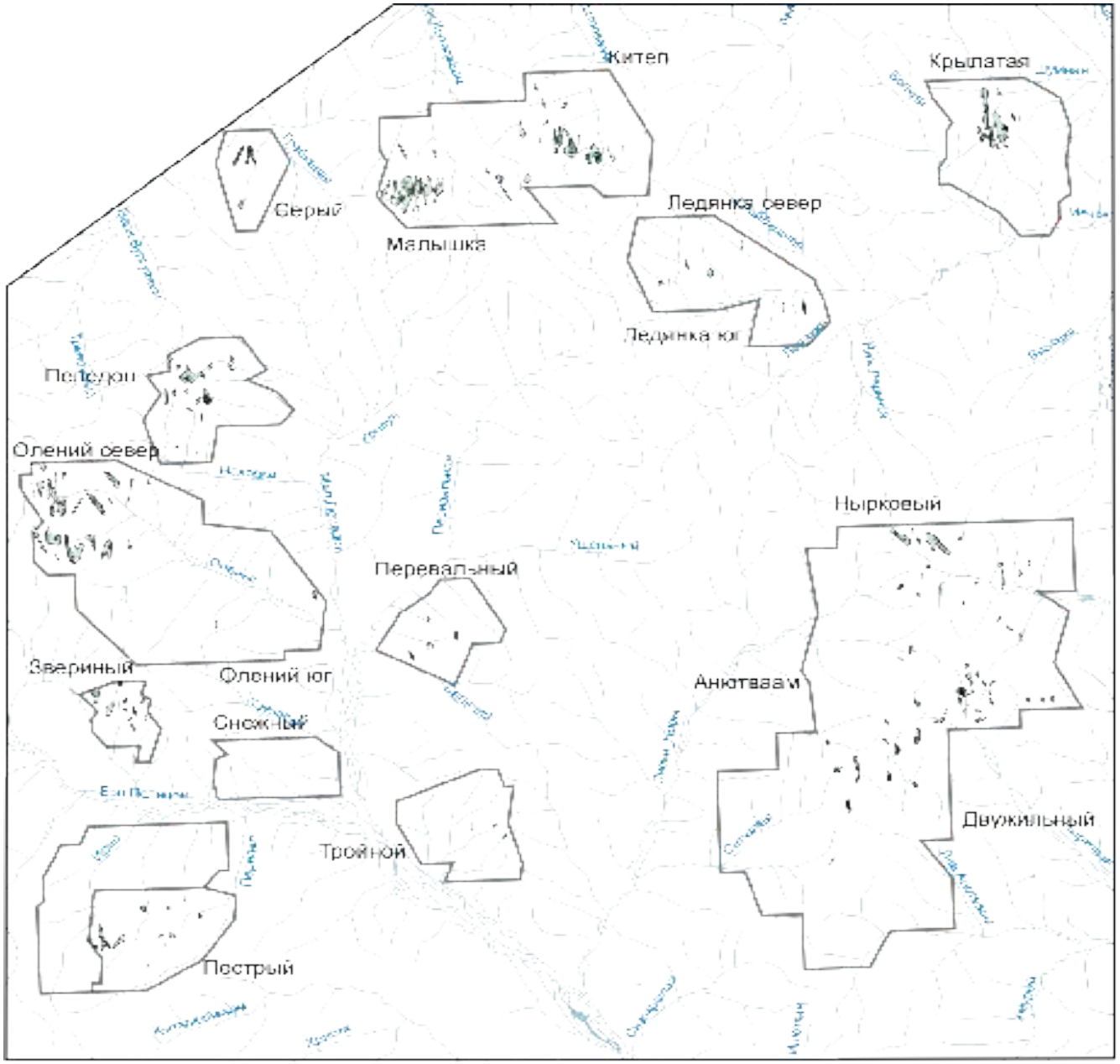


Рис. 45. Аномалии мышьяка на площади прогнозируемых Пеледонского рудного района и Двужильного рудного узла



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Содержание Cu, ppm

100-200

200-500

500-1000

1000-2000

>2000

Границы участков детализационной съемки

Рис. 45. Аномалии меди на площади проектируемых Пеледуйского рудного района и Двужильного рудного узла.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Пепедоновый прогнозируемый рудный район

Прогнозируемые узлы:
I - Китепский (Au)
II - Пепедоновый (Au, Mo),
IV - Двухильный (Au, Pb, Au)

Аномальные нахимические поля (АГХП) в их структурные зоны: а) ядерная б) промежуточная; в) внешняя

Золотоносно-фрагментированные АГХП

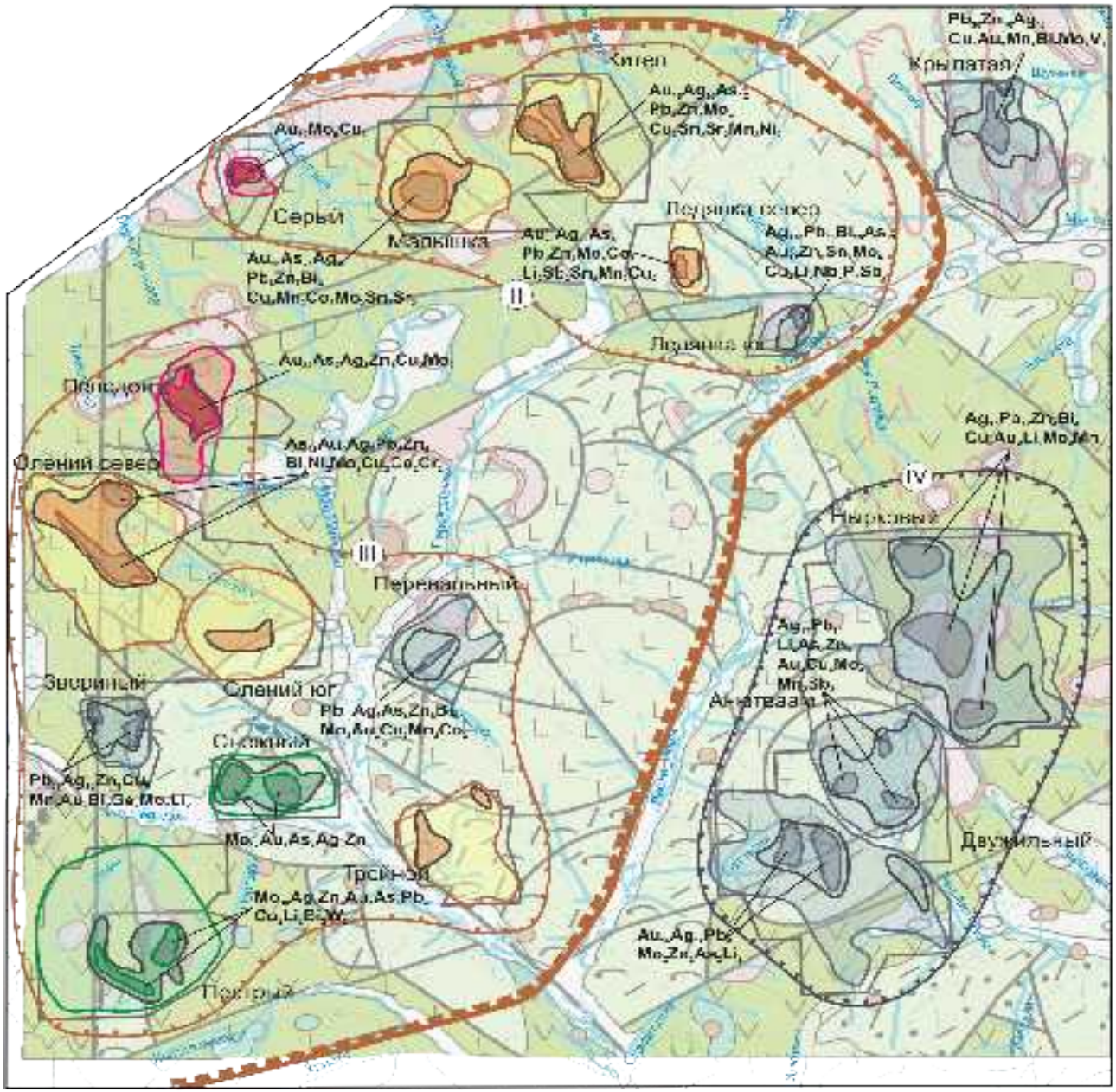
Молибден-порфировые АГХП

Серебро-полиметаллические АГХП

Собственно золотые АГХП

Границы участков литохимической съемки

Рис. 47. Сенимационные аномалии основных рудных элементов на площади прогнозируемых Пепедонского рудного района и Двухильного рудного узла



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- Палеодолинный проп-озерно-рыхлый рудный район
- Пострудные кальдеры
  - II - Хитенская (Au),
  - III - Пельгинская (Au, Mo),
  - IV - Пенжинская (Ag, Pb, Au)
- Антикластовые палеовулканические поля (АПВП) и конструктивные зоны: а) ядерная, б) промежуточная, в) внешняя
- Золото-сульфидно-кварцевые АГХП
- Молибден-порфировые АГХП
- Сильфинкоидные месторождения АГХП
- Собственно эпитермальные АГХП
- Ag...Mo — геохимическая специализация ореолов АГХП
- Граница рудных полей литохимической съемки

Рис. 48. Структура АГХП пресноозерных Палеодолинного рудного района и Двухмильного рудного узла (основа к металлогенической схеме архипелага, см. с. 9)

АГХП эталонного объекта (Снежное) при меньших размерах характеризуется богатой ядерной частью. Более крупное АГХП рудного поля Пестрый имеет большую по размерам ядерную часть, выделенную в контуре разрозненных богатых ореолов молибдена, разделенных участками с его относительно невысокими содержаниями. Крупность и «размытость» ядерной частей АГХП является отрицательным фактором и отражает более низкую перспективность объектов, что установлено поисковыми работами на проявлении Пестрое.

АГХП золото-сульфидно-кварцевой формации в пределах Пеледонского узла приурочены к Верхне-Пеледонской вулканоструктуре (Олений-юг) либо тяготеют к зоне Крестово-Саламихинского глубинного разлома. В их контуре объединяются многочисленные мелкие, преимущественно среднеконтрастные аномалии золота, серебра, цинка, молибдена, меди свинца. АГХП имеют изометричную форму, крупные размеры, в ряде случаев (Олений-юг, Тройной) в их структуре не выделяется ядерная часть, что свидетельствуют в пользу их низкой перспективности.

На площади Пеледонского узла по преимущественному развитию аномалий серебра, свинца, цинка при подчиненном значении золота выделяется несколько некрупных АГХП, отнесенных к серебро-полиметаллической формации. Они располагаются на флангах вулканоструктур, имеют изометричную форму, содержат небольшие по размеру ядерные части и по своим параметрам существенно уступают эталону.

Наиболее обширные по площади и наиболее интенсивные аномалии серебра выделены в междуречье р. Лисьи Норы и Анотваам. Они представляют собой единое аномальное поле **Двужильного серебро-полиметаллического рудного узла**, в контуре которого выделены три крупные высокоинтенсивные аномалии, соответствующие прогнозируемым рудным полям. На площади узла широко развиты аномалии свинца, цинка, золота, молибдена и мышьяка. Аномальное поле узла вытянуто в меридиональном направлении и трассирует зону Илюкевеемского глубинного разлома. Размещение АГХП прогнозируемых рудных полей контролируется их приуроченностью к крупным массивам диоритовых порфиритов и вулканоструктур, заложившихся вдоль зоны глубинного разлома. АГХП узла имеет зональное строение. Выделенные на севере и в центральной части АГХП прогнозируемых рудных полей Ныркoвый и Анютваам существенно серебро-полиметаллические. АГХП прогнозируемого рудного поля Двужильной – золото-серебро-полиметаллическое. Полиформационность АГХП, на площади которого выявлено перспективное золотое оруденение, вероятно связано с меньшей эродированностью Двужильной вулканоструктуры, к которой приурочено одноименное рудное поле.

АГХП серебро-полиметаллической формации на площади узла имеют крупные размеры, в некоторых случаях превосходящие эталон. В их контуре выделяются относительно изометричные ядра, размеры которых предполагают наличие рудоносных образований значительной мощности и протяженности.

6.3. Прогнозно-геохимическая оценка АГХП

Прогнозно-геохимическая оценка АГХП рудных полей, выделенных в северной части Верхне-Яблонской зоны, проводилась исходя из принципа геохимического подобия однотипных объектов различной крупности (Соловов, 1985).

Расчеты коэффициентов подобия æ производились через отношения площадных продуктивностей главных элементов в ядерных частях оцениваемых и эталонных АГХП по формуле (9), оценка прогнозных ресурсов – по формуле (10), приведенным в разделе 3.3.

В качестве эталонов для жильных типов оруденения золото-серебряной формации использовались параметры АГХП рудного поля Купол, штокверковых золото-сульфидно-кварцевых и собственно золотых – АГХП Весеннинского рудного поля, серебро-полиметаллических – АГХП Дукатского рудного поля, молибден-порфировых – АГХП рудного поля Находка.

При оценке АГХП Средне-Кайемравеемского рудного узла в рамках разработанной модели вертикальной зональности месторождения Купол проводилось определение уровня эрозионного среза на проявлениях золото-сульфосольного типа. Для определения уровня эрозионного среза объектов золото-галенит-сфалеритового типа оруденения использовалась модель вертикальной зональности месторождения Аметистовое (Николаев, Литвиненко, 1990.).

Входными данными для оценки уровня эрозионного среза на проявлениях служили средние содержания рудных элементов в рудных интервалах, вскрытых канавами и скважинами, в отдельных случаях – результаты штуфного опробования жильных зон (участок Морошка).

Результаты оценки золото-сульфосольных объектов свидетельствуют о среднерудном уровне эрозионного среза жильных зон рудного поля Прикуп (участки Прикуп, Прикуп-Запад) и слабой эродированности жильной зоны проявления Морошка.

В Главной жильной зоне проявления Прикуп по данным бороздового опробования выделяется интервал промышленных руд, в котором наряду с золото-сульфосольным минеральным комплексом широко распространен золото-пирит-арсенопиритовый,

характерный для нижних горизонтов месторождения Купол. В жильной зоне проявления Морошка минералогическими исследованиями установлена серебро-сульфосольная минерализация, обычно характерная для верхних частей месторождений. (Отчет о результатах, 2006). Минералогические исследования подтверждают результаты оценки эрозионного среза сульфосольных объектов по геохимическим данным, что свидетельствует о надежности разработанных критериев.

Таблица 34

Оценка уровня эрозионного среза на объектах в метрике месторождения Купол.

Рудное поле	Вид опробования	AgSb / CuZn	AgAs / CuZn	AsSb / CuZn	AgSb / CuPb	AgAs / CuPb	AsSb / CuPb	AgSb / PbZn	AgAs / PbZn	Z	$\pm \frac{S}{\sqrt{N}}$
Прикуп	бороздовый (канавы)	0.07	2.0	8	0.06	1.6	6	0.1	4	0.49	0.02
Прикуп Запад	бороздовый (канавы)	0.05	0.3	0.8	0.3	1.6	4	0.3	1.7	0.50	0.02
Морошка	штуфной	20	242	418	6	69	119	17	204	0.29	0.01

Оценка уровня эрозионного среза проявлений золото-галенит-сфалеритового типа в метрике месторождения Аметистовое показало близкий к нижнерудному эрозионный срез жильных зон на проявлениях Дублон и Августейший и верхнерудно-надрудный срез проявления Токай (табл. 35). На проявлении Токай оценка по результатам бороздового опробования канав подтверждается данными по керну неглубоких поисковых скважин, вскрывающих рудные интервалы на глубине 25 м от поверхности.

Таблица 35

Оценка уровня эрозионного среза на объектах в метрике месторождения Аметистовое (Камчатка)

Участок	Вид опробования	H, м	AuSb / CuZn	SbBa / ZnCu	AgSb / CuZn	AgSb / CuBi	Z	$\pm \frac{S}{\sqrt{N}}$
Августейший	бороздовый (канавы)	0	$5\cdot10^{-5}$	$4\cdot10^{-3}$	$7\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{0}$	0.48	0.02
Дублон	бороздовый (канавы)	0	$6\cdot10^{-5}$	$3\cdot10^{-3}$	$6\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{0}$	0.47	0.02
Токай	бороздовый (канавы)	0	$2\cdot10^{-2}$	$9\cdot10^{-1}$	$3\cdot10^{-1}$	$1\cdot10^{1}$	0.13	0.05
Токай	керновый (скважины)	25	$2\cdot10^{-3}$	-	$2\cdot10^{-2}$	$3\cdot10^{0}$	0.28	0.03

Оценка прогнозных ресурсов золота и серебра (табл. 36), с учетом установленного уровня эрозионного среза, свидетельствует о невысокой перспективности золото-сульфосольных проявлений, несмотря на наличие интервалов промышленных руд в канавах (Прикуп) и незначительный эрозионный срез некоторых объектов (Морошка).

Таблица 36

Оценка проявлений золото-серебряной формации в метрике месторождения Купол.

АГХП	Au				Ag			
	P, м²%	Δq, т/м/км²	æ	Q= æ³ $Q_{эт}$, т	P, м²%	Δq, т/м/км²	æ	Q= æ³ $Q_{эт}$, т
Золото-серебряная формация								
Купол	29	0,6	1,0	100*	1360	28	1,0	1200
Прикуп	0,7	0,02	0,2	<1	38	1,1	0,2	<10
Кривой	0,2	0,03	0,1	<1	16	2,5	0,1	<10
Морошка	0,04	0,005	0,0	<1	9	1,3	0,1	<10
Токай	9,3	0,15	0,6	20	881	14	0,8	600
Августейший	2,1	0,02	0,3	2	210	1,8	0,4	70
Дублон	0,45	0,01	0,1	<1	78	1,7	0,2	20

*Расчеты по вторичным ореолам ядерной части $Q = \frac{1}{0.3} \times \frac{29}{40} \times 300 \sim 100$ т разведанных запасов в месторождении.

На участке Прикуп канавами вскрыты жильные и прожилково-жильные зоны с высокими содержаниями золота (около 100 г/т) и серебра (около 200 г/т). В жильных пересечениях по скважинам уже на глубине 25 м содержания главных рудных элементов резко падают (золото - менее 1 г/т серебро - менее 10 г/т), мощность жильных тел сокращается. В западной части рудного поля (Прикуп-запад) содержания золота в жильной зоне, вскрытой канавами до 1,28 г/т, серебра – до 53,6 г/т, мышьяка - до 6%, молибдена - до 0,01%. Мощность жильных тел составляет менее 1 метра. В совокупности с полученными оценками эрозионного среза, объект отнесен к мелким по запасам.

На участке Морошка поисковыми маршрутами были выявлены и прослежены шесть кварцевых жил и прожилковых зон протяженностью от 50-100 до 300-500 м и мощностью до 1,5 м с редкой вкрапленностью блеклых руд и пирита. Максимальные содержания золота в штуфных пробах составили 2,8 г/т, серебра - 213.2 г/т. В пробах с повышенными содержаниями золота и серебра в аномальных концентрациях присутствуют мышьяк (до 1 %); сурьма (до 0,8 %); молибден (до 0,03 %). Низкие содержания золота, небольшая мощность жильных тел, могут быть связаны с верхнерудно-надрудным срезом объекта, вследствие чего рекомендована заверка участка бурением.

Среди объектов золото-галенит-сфалеритового типа наиболее высокую оценку получило проявление Токай. При установленном верхнерудно-надрудном эрозионном срезе прогнозные ресурсы золота в рудном поле по геохимическим данным оцениваются в 20 т, серебра – 600 т, что соответствует среднему по масштабам месторождению.

При заверочных работ на площади рудного поля были выявлены жилы и зоны прожилковые с промышленными содержаниями золота. Наиболее богатые сечения были вскрыты канавой № 11 в северной части проявления (17 г/т золота на интервал 1,3 м и 9,9 г/т - на интервал 1,1 м) и канавой № 9 (10 г/т золота на интервал 1 м). В центральной части рудного поля были отобраны штуфные пробы из маломощных жил и прожилков кварца. В семи пробах содержание золота превысили 1 г/т (максимальное - 25 г/т). Все пробы показали очень высокие содержания серебра – 154,8-1039,7 г/т, повышенные содержания свинца – 0,3 - 0,5 %, сурьмы, меди и цинка (сотые доли %).

На участке Августейший при заверке канавами не вскрыты промышленные пересечения: максимальные содержания золота в кварцевых жилах и прожилках составило 0,8 г/т, серебра - 418 г/т. Выявлены повышенные содержания свинца (0,6-3%), цинка (до 0,2%), меди (0,08%), молибдена (0,005 %) в жильных образованиях:

Канавами и скважинами на участке Дублон была вскрыта и прослежена центральная часть жильно-прожилковой зоны протяженностью 500 м. Кварцевые жилы имеют мощность от 1,5 до 5.5 м. На глубину, по данным бурения, кварцевые жилы быстро выклиниваются. В пересечениях, вскрытых канавами и скважинами, содержания золота не превышают 0,1 г/т, серебра – 37,4 г/т. В прожилковых зонах максимальные содержания золота достигают 1,6-2 г/т (скважины № 2, № 6), серебра – 110,6 г/т (канава № 4). Мощность кварцевых прожилков 0,3 – 0,5 м, число прожилков не превышает 2 - 3 на 10 м. В единичной пробе кварц-серицитовых метасоматитов (скв. № 3) содержание золота по данным атомно-абсорбционного анализа составляет 20 г/т. По результатам заверочных работ участок Дублон имеет невысокие перспективы.

Параметры рудных тел, вскрытых канавами и скважинами при проведении детализационных и заверочных работ приведены в табл. 37.

Таблица 37

Параметры жильных и жильно-прожилковых тел на золото-серебряных проявлениях Средне-Кайемравеемского узла

Участок, проявление	Результаты бороздового опробования					Результаты кернового опробования				
	Au		Ag		средняя мощность, м	Au		Ag		средняя мощность, м
	$C_{макс}$, г/т	$C_{ср}$, г/т	$C_{макс}$, г/т	$C_{ср}$, г/т		$C_{макс}$, г/т	$C_{ср}$, г/т	$C_{макс}$, г/т	$C_{ср}$, г/т	
Токай север	19,2	3,6	40	26	1,5	4,4	1,8	60	55	1,5
Токай юг	13,4	1,8	238	56	1,7	<0,5	-	50	33	2
Прикуп восток	107,6	16,9	235	48	6,4	<0,5	-	<5	-	1,2
Прикуп запад	1,5	1,3	54	52	1	<0,5	-	25	-	1
Дублон	<0,5	-	111	55	1,5	20	8,5	7,8	6,5	2,5
Августейший	0,8	0,5	418	87	2	бурение скважин не проводилось				

По результатам проведенной оценки Средне-Каймравеемского рудного узла суммарные ресурсы золото-серебряного оруденения на его площади составляют 120 тонн золота, 1800 тонн серебра.

Прогнозные ресурсы золота в АГХП золото-сульфидно-кварцевой формации и собственно золотого типа оруденения (эталон – рудное поле Весеннее) на площади Китепского и Пеледонского прогнозируемых рудных узлов существенно уступают ресурсам Средне-Каймравеемского золото-серебряного узла. Наиболее перспективными являются АГХП Пеледон и Китеп-Малышка, где по результатам оценки прогнозируются средние по масштабу ресурсов золоторудные объекты (табл.38).

Таблица 38

Оценка прогнозных ресурсов АГХП золото-сульфидно-кварцевой формации и собственно золотого типа оруденения

Проявления	Au				Ag			
	P, м^2%	Δq, т/м/км^2	æ	Q= æ^3 Q$_{эт}$, т	P, м^2%	Δq, т/м/км^2	æ	Q= æ^3 Q$_{эт}$, т
Весеннее	170	0,83	1,0	84	567	2,8	1,0	500
Малышка	55	0,42	0,6	15	1044	8	1,4	1100
Китеп	35	0,25	0,5	8	1392	10	1,6	1700
Пинкуон	40	1,0	0,5	10	66	1,7	0,3	20
Олений север	15	0,10	0,3	2	1051	7	1,4	1100
Ледянка север	4	0,20	0,2	<1	248	12	0,7	130
Пеледон	74	0,6	0,7	24	345	2,8	0,8	200
Серый	10	0,38	0,2	1	2	0,08	0,06	<1

Результаты заверочных работ свидетельствуют, что руды проявлений характеризуются невысокими содержаниями золота (табл. 39).

Таблица 39

Средние и максимальные содержания полезных компонентов в штуфных пробах

Участки,	Au$_{макс}$, г/т	Au$_{ср}$,г/т	Ag$_{макс}$, г/т	Ag$_{ср}$,г/т	Mo$_{макс}$, %	Mo$_{ср}$, %
Пеледон	878.2	2,7	33.2	2,0	-	-
Китеп-Малышка	4,4	2,4	109	17	0,03	0,02
Олений север	2	1,6	31	5	-	-
Пинкуон	4,0	2,1	15	6,4	0,01	-
Серый	0,1	-	-	-	-	-
Ледянка	0,1	-	2	-	-	-

Оценка серебро-полиметаллических АГХП на основе параметров эталонного рудного поля Дукат свидетельствует о незначительных ресурсах серебра и свинца на

изученной территории (табл. 40). Наиболее перспективным является Горностаевое рудное поле, где прогнозируются средние по масштабу ресурсы свинца и мелкие - серебра

Таблица 40

Оценка прогнозных ресурсов АГХП серебро-полиметаллической формации

Проявления	Au				Ag				Pb			
	P, м²%	Δq, т/м/км²	æ	Q, т	P, м²%	Δq, т/м/км²	æ	Q, т	P, м²%	Δq, т/м/км²	æ	Q, тыс.т
Дукат	42	0,17	1,0	30	11500	47	1,0	15000	871000	3570	1	3000
Горностаевое	35	0,19	0,8	17	1069	6	0,3	400	240191	1334	0,5	400
Двужильный	38	0, 04	0,5	9	331	6	0,2	70	15888	293	0,1	<10
Нырковый	36	0,035	0,5	8	1286	7	0,3	560	133650	701	0,4	180
Анютваам	16	0,04	0,3	2	283	9	0,2	60	41150	1302	0,2	30
Крылатая	1,1	0,02	0,03	<1	210	4	0,1	40	68423	1200	0,3	65
Звериный	0,4	0,03	0,01	<1	66	5	0,1	10	41304	3086	0,2	30
Перевальный	5	0,24	0,1	<1	66	3	0,1	10	21853	1043	0,2	10

Поисковыми маршрутами на площади Горностаевого рудного поля было выявлено более 50 жил и жильно-прожилковых зон. Кварцевые жилы локализованы в системах трещин двух направлений: северо-западного и северо-восточного. Протяженность отдельных зон достигает 2 км, средняя протяженность – 100, мощность – не более 2 м. Наиболее насыщена жилами центральная часть рудного поля, где наряду с ними широко развиты площадные и линейные штокверки в субвулканических телах дацитов и диоритовых порфиритов.

При заверке участка было отобрано более 100 штуфных и сколковых проб. По результатам опробования около 19% проб относится к классу с содержаниями серебра 10-30 г/т, 10% - к классу 30-100 г/т, 5,5% – к классу 100-300 г/т (в сумме 34,5% от общего числа проб, отобранных на площади рудного поля). В 30 % проб содержания золота превысили 0,1 г/т, в том числе в 15 пробах более 1 г/т. Более чем в 30% проб содержания свинца и цинка превышают 0,1%. Максимальные содержания золота в жилах - 8,4 г/т. В 30 % проб содержания золота превысили 0,1 г/т, в том числе в 15 пробах более 1 г/т.

Близкие к средним по масштабу являются ресурсы серебра и свинца в прогнозируемом рудном поле Нырковый.

При заверке АГХП Двужильный, получившего невысокую оценку по серебру и свинцу, одиночными канавами были вскрыты:

- зона дробления и окварцованными мощностью 4,5 м с редкой вкрапленностью сульфидов и повышенными содержаниями серебра (118 г/т);

- метасоматиты по липаритам с обломками монокварцитов, сцементированных кварцем, с вкрапленностью сульфидов и содержанием: серебра – 113,4-262,9 г/т, свинца – 0,03-1 %, цинка – 0,03-0,1 %, меди – 0,02-0,05 %, что подтверждает развитие на его площади серебро-полиметаллической формации.

Наряду с жильно-прожилковыми зонами на площади проявления выявлены развалы кварцевых жил. Их протяженность составляет 50-250 м, мощность – 0,2-0,5 м. В штуфных пробах из жил установлены содержания золота до 1,6 г/т, серебра – до 58,7 г/т.

Оценка АГХП молибден-порфировой формации свидетельствует о том, что на их площади прогнозируются значительные ресурсы молибдена, большая часть которых приходится на проявление Снежное (табл. 41).

Таблица 41

Оценка ресурсов АГХП молибден-порфировой формации в метрике эталонного месторождения Находка.

Проявления	Mo			
	P, $м^2$%	Δq, т/м/$км^2$	æ	$Q= æ^3 Q_{эт}$, тыс. т
Находка	9675	7	1	100
Снежный	18400	160	1,4	260
Пестрый	4200	83	0,7	30

Геолого-поисковыми работами масштаба 1:50 000, проводившимися ранее на проявлении Снежное, были выявлены зоны интенсивного метасоматического окварцевания и кварцевые жилы. Максимальные содержания молибдена, цинка, меди, лития – по данным штуфного опробования до 0.1 %. По данным бороздового опробования канав были установлены содержание золота в до 5.9 г/т, серебра до 10 г/т, мышьяка до 0.03 %. Отсутствие меди во вторичных ореолах рассеяния позволяют утверждать, что участок представляет низкую перспективность на молибденовое оруденение. Низкие значения продуктивностей золота и серебра говорят об невысоких перспективах объекта на золотое оруденение.

В штуфных пробах по результатам заверочных работ на участке Пестрый содержания молибдена до 0,03 %, что соответствует промышленным кондициям только в случае извлечения молибдена как попутного компонента с медью, отсутствие на участке медной минерализации промышленных масштабов ставит оцениваемые на участке ресурсы в категорию забалансовых руд. Повышенные содержания золота от 0,1 до 1,3 г/т были установлены в 21 штуфной и бороздовой пробе. Спектральным анализом в пробах определены повышенные содержания серебра (1-50 г/т), меди (0,01 - 0,07 %), свинца (0,07

- 0,1 %), цинка (0,01 - 0,07 %) и молибдена (до 0,03 %). В штуфных пробах установлены содержания золота до 0.8 г/т и серебра до 7.6 г/т. Низкая площадная и удельная продуктивности золота свидетельствуют о низкой перспективности объекта.

По результатам выполненной оценки высокие перспективы изученной территории связаны с объектами золото-сульфосольного типа оруденения. Выделенный по геолого-геохимическим данным Средне-Кайемравеемский золото-серебряный узел, включает крупное месторождение Купол, АГХП которого по своим параметрам уступает большинству средних и даже мелких АГХП золото-сульфидно-кварцевой формации и собственно золотого типа оруденения. В этой связи, несмотря на невысокую оценку ресурсов золота в сульфосольных объектах по результатам геохимической съемки масштаба 1:50000, подтвержденную при последующей детализации, некоторые из них заслуживает дальнейшего изучения. К их числу относится проявление Прикуп, где канавами вскрыто промышленное оруденение, и проявление Морошка, уровень эрозионного среза которого оценен как верхнерудно-надрудный. В пределах Средне-Кайемравеемский узла положительную оценку получило проявление Токай. Эта оценка подтверждена литохимической съемкой М 1:10000 и горными работами.

Перспективность серебро-полиметаллической формации на площади работ представляется ограниченной. К средним по масштабу ресурсов серебра и свинца отнесены проявления Горностаевое и Ныркovое, на которых по результатам заверочных работ выявлены преимущественно некондиционные руды.

Вместе с тем, на площади серебро-полиметаллических АГХП Двужильного узла и проявления Горностаевое существуют предпосылки к выявлению золотого и молибден-порфирового оруденения, о чем свидетельствуют достаточно высокие площадные продуктивности золота и молибдена, благоприятные геологические условия (умеренная эродированность вулканоструктур, приуроченность к узлам пересечения глубинных разломов) и результаты заверочных работ (на площади Двужильного узла около 27% штуфных проб имеют содержания более 1 г/т золота при максимальных значениях 14 г/т).

Менее перспективными на изученной площади являются АГХП молибден-порфировой формации. Отсутствие меди в составе рудоносных образований территории не компенсируется более высоким уровнем содержаний молибдена по сравнению с промышленными объектами порфировой формации, развитыми на сопредельной территории. При прогнозируемых содержаниях 0,03 % молибдена в рудах такие объекты не соответствуют промышленным кондициям.

Заключение

В представленной работе реализован новый подход к оценке аномальных геохимических полей рудных формаций вулкано-плутонических поясов, основанный на выявленных геолого-структурных (приуроченность к различным зонам вулканогенного пояса, степень эродированности вулканоструктур, связь с интрузивными и субвулканическими комплексами, морфология оруденения) и структурно-геохимических (структура АГХП, состав ассоциаций и уровни концентрации элементов в выделяемых зонах, соотношение между их размерами и др.) характеристиках.

В соответствии с этими подходами на территории исследований выделены шесть типов АГХП: золото-серебряной (сульфосольный, галенит-сфалеритовый), серебро-полиметаллической, золото-сульфидно-кварцевой, молибден-порфировой формаций и собственно золотого оруденения. Для каждого типа разработаны геолого-геохимические модели АГХП, определены их параметры и характеристики. На основании параметров и характеристик АГХП были разработаны критерии определения их рудно-формационной принадлежности, оценки уровня эрозионного среза (для золото-сульфосольного типа) и масштабов оруденения в прогнозируемых рудных полях.

В результате выполненных исследований установлено:

1) АГХП сульфосольного типа золото-серебряной формации характеризуются небольшими размерами, содержат узкие линейно-вытянутые ядерные зоны, в составе которых главным элементом является золото, основными спутниками – серебро, мышьяк, между которыми существуют тесные корреляционные связи. Ядерные части АГХП характеризуются относительно высокой степенью концентрации золота и его удельной продуктивностью. Невысоким по сравнению с другими типами золотого оруденения площадным продуктивностям золота (P=30 м^2%) соответствуют крупные по масштабам запасов промышленные объекты.

2) Проведены исследования состава руд и первичных ореолов крупного золото-серебряного месторождения Купол, изучено пространственное распределение главных и сопутствующих рудных элементов, и создана модель его геохимической зональности, которая послужила основой для разработки критериев оценки уровня эрозионного среза объектов этого типа. Впервые был получен геохимический показатель общего вида $V_Б = \frac{K \cdot Sr \cdot Sc}{Na \cdot Ca \cdot Al \cdot Mg}$, характеризующий зональность околорудных метасоматитов. Количественные критерии, разработанные на основе модели, использовались для оценки

уровня эрозионного среза однотипных объектов и прогноза золото-серебряного оруденения на глубину. В результате прогноза на месторождении Купол высоко оценены перспективы северного фланга Главного рудного тела, где ожидается прирост запасов.

3) АГХП золото-галенит-сфалеритового типа золото-серебряной формации характеризуются несколько большими размерами, содержат как узкие линейные, так и эллипсовидные ядерные зоны. В составе ассоциации АГХП золото и серебро имеют близкие коэффициенты концентрации, между ними существуют тесные корреляционные связи. От АГХП сульфосольного типа отличаются более низкими золото-серебряными отношениями, присутствием в качестве главных спутников свинца, цинка, меди, висмута, мышьяка, которые имеют корреляционные связи с серебром. Степень концентрации, удельные и площадные продуктивности золота в АГХП низкие, при этом на их площади выявляются средние по масштабу объекты. К их числу отнесено проявление Токай, где канавами вскрыты промышленные интервалы золото-серебряных руд.

4) АГХП золото-сульфидно-кварцевой формации характеризуются средними размерами, содержат относительно крупные изометричные ядерные части с высокой степенью концентрации и удельной продуктивностью золота. В состав ассоциаций АГХП входит максимально широкий круг элементов. Основным спутником золота является мышьяк. Золото-сульфидно-кварцевым АГХП при одинаковых с золото-серебряными значениях площадных продуктивностей соответствуют значительно меньшие по масштабам объекты, что определяется различными структурно-морфологическими типами оруденения. На площади исследований наиболее перспективными являются прогнозируемые рудные поля Китеп и Малышка.

5) АГХП собственно золотого типа оруденения имеют небольшие размеры, содержат относительно крупные изометричные ядерные части с очень высокой степенью концентрации золота, практически не имеющего элементов-спутников. Высокие удельные и площадные продуктивности золота в этих типах АГХП соответствуют мелким-средним объектам с медными рудами прожилкового и прожилково-вкрапленного типа. Из числа немногочисленных АГХП этого типа выделяется проявление Пеледон, оцененное по геохимическим параметрам как средний объект.

6) АГХП серебро-полиметаллической формации имеют наибольшие размеры, содержат изометричные ядерные части с невысокой степенью концентрации серебра и свинца, основными спутниками которых являются цинк, медь, висмут, молибден, мышьяк. Диагностируются по низким золото-серебряным отношениям и минимальным значениям показателя AsSb/PbZn. Характеризуются на площади исследований

невысокими удельными и площадными продуктивностями главных элементов. На площади некоторых АГХП этого типа (Горностаевое, Двужильный) определены относительно высокие ресурсы золота, связанные с развитием более глубинных золоторудных формаций или наложенного золото-серебряного оруденения.

7) АГХП молибден-порфировой формации имеют ограниченное развитие, наибольшие размеры, легко диагностируются по ведущей роли молибдена, основным спутником которого является золото. От имеющих широкое развитие в пределах Верхне-Яблонской зоны медно-молибден-порфировых объектов отличаются отсутствием меди и более высокой степенью концентрации молибдена. Несмотря на высокие площадные и удельные продуктивности молибдена, АГХП не имеют промышленных перспектив.

Разработанные на основе моделей эталонных АГХП геохимические критерии могут быть использованы для прогноза и оценки основных типов оруденения в Охотско-Чукотском вулканогенном поясе.

Защищаемые положения:

1. На основе обработки результатов поисковых съемок по вторичным ореолам, проведенных на территории северной части Верхне-Яблонской металлогенической зоны, выделено шесть типов АГХП и разработаны геолого-геохимические модели рудных полей, отражающие состав, структуру, параметры и условия локализации основных типов оруденения.

2. Разработаны геохимические критерии определения рудно-формационной принадлежности, основанные на количественных характеристиках состава, соотношениях и корреляционных связях между элементами в ядерных частях АГХП. Предложена тройная диаграмма в координатах $К_{С(As)}+К_{С(Sb)}$; $К_{С(Pb)}+К_{С(Zn)}$; $К_{С(Mo)}+К_{С(Cu)}$ для разбраковки выявляемых АГХП.

3. Определены геолого-геохимические критерии оценки масштабов прогнозируемого оруденения на основе параметров эталонных АГХП. Установлено, что параметры АГХП золото-серебряных рудных полей существенно уступают параметрам АГХП золоторудных и золотосодержащих объектов одинаковой с ними крупности.

4. На основе выявленной геохимической зональности крупнейшего на Северо-Востоке России месторождения Купол разработаны критерии оценки уровня эрозионного среза золото-серебряного оруденения. Впервые для объектов золото-сульфосольного типа определены геохимические показатели общего вида $V_A = \frac{Ag \cdot As \cdot Sb}{Cu \cdot Pb \cdot Zn}$;

$V_{Б} = \frac{K \cdot Sr \cdot Sc}{Na \cdot Ca \cdot Al \cdot Mg}$, характеризующие вертикальную геохимическую зональность как рудных тел, так и околорудных метасоматитов.

5. Результаты геохимического районирования территории указывают на наличие латеральной минерагенической зональности по направлению от внешней к внутренним частям Чукотского сегмента ОЧВП. Ее отражением является выявленная в этом направлении последовательная смена типов АГХП: собственно золотые - золото-сульфидно-кварцевые и молибден-порфировые - серебро-полиметаллические - золото-серебряные. Оценка ресурсов профилирующих металлов дает основание отнести к наиболее перспективным АГХП золото-сульфидно-кварцевой (Китеп, Малышка), золото-серебряной (Токай) формаций и собственно золотого типа оруденения (Пеледон).

Литература

ОПУБЛИКОВАННАЯ

1. Баранов Э.Н. Эндогенные геохимические ореолы колчеданных месторождений. - М., Наука, 1987, 294 с.

2. Баранов Э.Н, Архангельский А.Н. Научные основы геохимического метода прогноза скрытых колчеданных месторождений по ореолам выноса // Теория и практика геохимических поисков в современных условиях. - М., Наука, 1990, с. 108–124

3. Барсуков В.Л., Григорян С.В., Овчинников Л.Н. Геохимические методы поисков рудных месторождений. - М., Наука, 1981, 318 с.

4. Бельчанская Л.Н. Юдин М.В. Геолого-геохимические модели золото-серебряных объектов и прогноз скрытого оруденения /В кн.: Геохимические исследования золоторудных месторождений. – М., ИМГРЭ, 1990, с.4-12

5. Бельчанская Л.Н. Юдин М.В. Поиски глубинных рудно-магматических систем в вулканогенных областях //Разведка и охрана недр, 1992, №2, с.15-17

6. Бельчанская Л.Н. Юдин М.В., Коренева Е.П. Геолого-геохимические модели золоторудных месторождений и их практическое значение //Разведка и охрана недр, 1996, №8, с. 34-36

7. Бельчанская Л.Н., Юдин М.В., Коренева Е.П. Геолого-геохимические модели золото-серебряных месторождений Карамкенского типа //Разведка и охрана недр, 2004, №3, с. 52-56

8. Белый В.Ф., Стратиграфия и структуры Охотско–Чукотского вулканогенного пояса. - М., Наука, 1977, 170 с.

9. Беус А.А., Григорян С.В. Геохимические методы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. – М., Недра, 1975, 280 с.

10. Вартанян С.С., Лоренц Д.А., Сергиевский А.П., Щепотьев Ю.М. Золото-серебряные руды Кайемравеемского узла (Чукотский АО) //Отечественная геология, 2005, № 4, с.10-16

11. Волков А.В., Савва Н.Е., Сидоров А.А., Егоров В.Н., Шаповалов В.С., Прокофьев В.Ю., Колова Е.Е. Закономерности размещения и условия формирования Au-содержащих Cu-Mo-порфировых месторождений Северо-Востока России //Геология рудных месторождений, 2006, т. 48, № 6, с. 512-539

12. Временные требования к организации, проведению и конечным результатам геолого-съёмочных работ, завершающихся созданием Госгеолкарты–200 (второе издание). М., 1999, 160 с.

13. Головин А.А. Многоцелевое геохимическое картирование как основа комплексной оценки территории /Дисс. в виде науч. докл. на соиск. уч. степ. докт. геол.-мин.наук. – М., ИМГРЭ, 1998, 67 с.

14. Головин А.А. Классификация геохимической зональности //Разведка и охрана недр, 2006, № 9-10, с. 90–97

15. Головин А.А. Классификация зональности аномальных геохимических полей /В сб.: Прогнозно-поисковая геохимия – современное состояние и перспективы развития. – М., ИМГРЭ, 2008

16. Григоров С.А. Прикладные аспекты структурного метода поисков по геохимическим данным /В кн.: Теория и практика геохимических поисков в современных условиях. - М., 1990, с. 68–79

17. Григоров С.А., Куклин А.А., Куклин А.П. и др. О структурах геохимических полей на месторождениях Северо-Востока СССР //Докл. АН СССР, 1988, № 1

18. Григорян С.В. Первичные литохимические ореолы при поисках и разведке рудных месторождений. - М., Недра, 1987. 408 с.

19. Григорян С.В. Рудничная геохимия. - М., Недра, 1992, 293 с.

20. Золоторудные месторождения островных дуг Тихого океана /Щепотьев Ю.М., Вартанян С.С. и др. - М., ЦНИГРИ 1989, 244 с.

21. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. – М., Недра, 1983, 191 с.

22. Каждан А.Б. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Учеб. для вузов.- М., Недра, 1984, 288с.

23. Квятковский Е.М. Литохимические методы поисков рудных месторождений. - Л., Недра, 1972, 183 с.

24. Колесников Д.И., Розинов М.И. Условия формирования уникального серебряного месторождения Дукат (геология, вещественный состав рудовмещающих пород и руд) //Региональная геология и металлогения, 1999, № 3, с. 86-96

25. Константинов М.М. Провинции благородных металлов. – М., Недра, 1989

26. Константинов М.М., Варгунина Н.П. и др. Минералого-геохимическая зональность золоторудных месторождений //Геология рудных месторождений, 1998, т.40, №1, с. 20-34

27. Константинов М.М., Косовец Т.Н., Кряжев С.Г.и др. Строение и развитие золотоносных рудообразующих систем .- М., ЦНИГРИ, 2002, 188 с.

28. Константинов М.М., Политов В.К., Новиков В.П. и др. Геологическое строение золоторудных районов вулкано-плутонических поясов востока России //Геология рудных месторождений, 2002, т. 44, №4, с. 287–303

29. Кременецкий А.А., Буренков Э.К., Головин А.А. Разномасштабные геохимические прогнозно-поисковые работы: принципы и технология //Разведка и охрана недр, 2002, № 5, с. 2–11

30. Кривцов А.И. Медно-порфировые месторождения. - М.,ЦНИГРИ, 2001

31. Кривцов А.И., Мигачев И.Ф., Попов В.С. Медно-порфировые месторождения мира.– М., Недра, 1986

32. Криночкин Л.А., Головин А.А., Николаев Ю.Н., Бурьянов А.В. Геолого-геохимические модели аномальных полей – основа прогнозной оценки при МГХК //Разведка и охрана недр, 2002, №8, с. 9–13

33. Матвеев А.А., Бородин В.П.. Хорин Г.И. Мелкомасштабное обобщение поисковых литохимических данных (на примере Северо-Востока России)// В кн.: Геохимические и геофизические методы при поисках полезных ископаемых (к 35-летию деятельности Опытно-методической экспедиции). – Александров, 1998, с. 33-46

34. Матвеев А.А., Николаев Ю.Н. Вторичные ореолы рассеяния рудных месторождений Северо-Востока СССР //В сб.: Геохимические методы и научно-технический прогресс в геологическом изучении недр. - М., Наука, 1989, с.188-197

35. Матвеев А.А., Николаев Ю.Н. Геохимическая характеристика золоторудных и золото-серебряных проявлений по их гипергенным аномалиям //В сб.: Геохимические и геофизические методы поисков рудных месторождений на Северо-Востоке СССР. - Магадан, СВКНИИ ДВНУ АН СССР, 1985

36. Матвеев А.А., Николаев Ю.Н., Аплеталин А.В., Шевченко С.С. Геолого-геохимические модели рудных объектов различных иерархических уровней /В сб. Прикладная геохимия. Вып. 3. Прогноз и поиски. - М., ИМГРЭ, 2002, с. 86–106

37. Методические рекомендации по количественной оценке рудных месторождений на основе геохимических данных / Абрамсон Г.Я., Морозов В.И. – М., ИМГРЭ, 1990

38. Методические рекомендации по литохимическим методам поисков рудных месторождений по вторичным ореолам рассеяния /Хорин Г.И., Бельчанская Л.Н., Бородин В.П. и др. - М., ИМГРЭ, 1993, 192 с.

39. Методические рекомендации по литохимическим методам поисков рудных месторождений по потокам рассеяния /Хорин Г.И., Бородин В.П., Матвеев А.А. - М., ИМГРЭ, 1992, 164 с.

40. Методические рекомендации по мелкомасштабному обобщению данных поисковых литохимических съемок с целью металлогенического анализа и количественного прогноза (на примере Северо-Востока России) /Матвеев А.А., Николаев Ю.Н. и др. - М., ИМГРЭ, 2000

41. Методические рекомендации по эколого-геохимической оценке территорий при проведении многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1000000 и 1:200000 /Гуляева Н.Г. – М., ИМГРЭ, 2002, 72 с.

42. Миляев С.А. Литохимические поиски полиметаллических месторождений. - М., Недра, 1988, 162 с

43. Морозов В.И. Литохимические аномалии в зоне гипергенеза. – М., Недра, 1992, 153с.

44. Найбородин В.И., Сидоров А.А. Рудно–формационный ряд золотых месторождений в Охотско–Чукотском вулканическом поясе /В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых. – М., Наука, вып. 10, 1973

45. Некрасов Е.М. Зарубежные эндогенные месторождения золота. - М.: Недра, 1988

46. Некрасова А.Н., Красильников А.А. Эндогенная рудная зональность на вулканогенном золото-серебряном месторождении //Советская геология, 1979, №1, с.105-110

47. Некрасова А.Н., Орешин В.Ю., Чижова И.А. Классификация золото-серебряных месторождений на основе логико-информационного анализа //Руды и металлы, 1997, №5, с. 33-43

48. Николаев Ю.Н. Геохимические модели металлогенических зон, рудных районов и узлов Камчатско-Курильской провинции //Вестник МГУ. Сер. 4. Геология, 2003, №4, с. 25-39

49. Николаев Ю.Н., Аплеталин А.В. Геолого-геохимические модели рудных объектов /В сб. Прогнозно-поисковая геохимия на рубеже XXI века. - М., ИМГРЭ, 1998

50. Николаев Ю.Н., Аплеталин А.В. Геохимические поиски месторождений золота в условиях Камчатки /В кн.: Геохимические и геофизические методы при поисках полезных ископаемых. - Александров, ОМЭ, 1998, с. 59-71

51. Николаев Ю.Н., Аплеталин А.В. Критерии прогнозирования золото-серебряного оруденения вулканогенных поясов по геохимическим данным /В сб. Прикладная геохимия, вып. 7, кн. 1: Минералогия и геохимия. - М., ИМГРЭ, 2005, с.202-217

52. Николаев Ю.Н., Литвиненко Ю.С. Геохимическая модель близповерхностного золото-серебряного месторождения /В сб:. Геохимические исследования золоторудных месторождений. - М., ИМГРЭ, 1990

53. Овчинников Л.Н. Прикладная геохимия. – М.: Недра, 1990, 248 с.

54. Овчинников Л.Н., Рыфтин В.М., Головин А.А. Первичные геохимические ореолы колчеданных месторождений и их поисковое значение. – М., Недра, 1986, 251 с.

55. Петренко И.Д. Золото-серебряная формация Камчатки.- Петропавловск-Камчатский, Из-во СПб КФ ВСЕГЕИ, 1999,116 с.

56. Петровская Н.В., Шер С.Д., Сафонов Ю.Г. Формации золоторудных месторождений. - М., Наука, 1976

57. Питулько В.М., Крицук И.Н. Основы интерпретации данных поисковой геохимии. - Л., Недра, 1990

58. Поисковые модели вторичных литохимических ореолов месторождений благородных, цветных и редких металлов /Морозов В.И., Серебрякова Н.А., Николаев Ю.Н. и др. - М., ИМГРЭ, 1992, 92 с.

59. Поликарпочкин В.В. Вторичные ореолы и потоки рассеяния. – Новосибирск, Наука, 1976, 408 с.

60. Попов В.С. Геология и генезис медно- и молибден-порфировых месторождений. - М., Наука, 1977

61. Российский металлогенический словарь. – СПб, ВСЕГЕИ, 2003, 320 с.

62. Савва Н.Е. Медно-порфировые металлогенические пояса Северо-Западной окраинноморской провинции Тихого океана /В кн.: Проблемы металлогении рудных районов Северо-Востока России. – Магадан, СВКНИИ ДВО РАН, 2005, с. 38-59

63. Сафронов Н.И. Основы геохимических методов поисков рудных месторождений. - Л., Недра, 1971, 216 с.

64. Сафронов Н.И., Мещеряков С.С., Иванов Н.П. Энергия рудообразования и поиски полезных ископаемых. – Л., Недра, 1978

65. Сергиевский А.П. Геология Кайемравеемского рудного узла и условия локализации золото-серебряного оруденения (Центральная Чукотка) /Автореф. канд. геол.-мин. наук, Москва, 2006

66. Сидоров А.А., Волков А.В., Егоров В.Н. Золото-серебряное эпитермальное оруденение вулканических поясов Северо-Востока Азии //Докл. РАН, 2007, т. 416, № 4, с. 519-524

67. Сидоров А.А. Золото–серебряное оруденение Центральной Чукотки. – М, Наука, 1974, 145 с.

68. Сидоров А.А. Рудные формации фанерозойских провинций (северная часть Тихоокеанского подвижного пояса). – Магадан, СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1987

69. Сидоров А.А., Волков А.В. Генетическое разнообразие и конвергентность эпитермального золото-серебряного оруденения //Докл. РАН, 2004, т. 397, № 1, с. 72-77

70. Сидоров А.А., Константинов М.М., Еремин Р.А. и др. Серебро (геология, минералогия, генезис, закономерности размещения месторождений). - М., Наука, 1989

71. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. - М., Недра, 1982, 688 с.

72. Соколов С.В. Структуры аномальных геохимических полей и прогноз оруденения. - СПб, 1998, 154 с.

73. Соловов А.П. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. - М., Недра, 1985, 294 с.

74. Соловов А.П. Геохимические модели при поисках и оценке рудных месторождений //Разведка и охрана недр, 1987, № 11, с.51-54

75. Соловов А.П. Оценка прогнозных ресурсов при литохимических поисках /В сб.: Геохимические и геофизические методы поисков рудных месторождений на Северо-Востоке СССР. – Магадан, СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1985, с.47-59

76. Соловов А.П., Матвеев А.А. Геохимические методы поисков рудных месторождений. Учебное пособие, 2-е изд. - М., Изд-во МГУ, 1985, 232 с.

77. Соловов А.П., Матвеев А.А., Миляев С.А., Чепкасова Т.В. Оценка прогнозных ресурсов на основе принципа подобия /В сб.: Геохимические методы и научно-технический прогресс в геологическом изучении недр. - М.: Наука, 1978, с.150-163

78. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых /Соловов А.П., Архипов А.Я., Бугров В.А. и др. - М., Недра, 1990, 335 с.

79. Старостин В.И., Игнатов П.А. Геология полезных ископаемых. Учебн. для вузов-М., Изд-во МГУ, 2004

80. Технология прогнозной оценки металлогенических зон, рудных районов и узлов при МГХК-1000 и МГХК-200. Методические рекомендации /Криночкин Л.А., Николаев Ю.Н., Бурьянов А.В. и др. - М., ИМГРЭ, 2002, 160 с.

81. Трофимов Н.Н., Рычков А.И. Роль высокоподвижных компонентов при литогеохимических глубинных поисках. – М., Недра, 1998, 160 с.

82. Умитбаев Р.Б. Охотско-Чаунская металлогеническая провинция (строение, рудоносность, аналоги). - М., Наука, 1986

83. Фурсов В.З. Газортутный метод поисков месторождений полезных ископаемых. – М., Наука, 1983

84. Хомич В.Г. Принципы рудноформационной систематики проявлений золото-серебряной минерализации для прогнозно-металлогенических целей /В кн.: Минеральные типы рудных месторождений в вулканогенных поясах и зонах активизации Северо-Востока Азии. – Владивосток, 1983

85. Шаповалов В.С. Вещественный состав и условия формирования золото-серебряного и медно-молибденово-го оруденения Баимского района (Западная Чукотка) /Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. – Иркутск, Иркутский политехн. ин-т, 1985, 17с.

86. Шер С.Д. Металлогения золота. – М., Недра, 1974

87. Шило Н.А., Сахарова М.С., Кривицкая Н.Н. и др. Минералогия и генетические особенности золото-серебряного оруденения северо-западной части Тихоокеанского обрамления. - М., Наука, 1992

88. Gammons C.H., Williams-Jones A.E. Chemical mobility of gold in the porphyry-epithermal environment //Econ. Geol., 1997, vol. 92, №1, pp.45-59

89. Heald P., Foley N.K., Hayba D.O. Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits: acid-sulfate and adularia-sericite types// Econ. Geol., 1987, vol. 82, №1, pp.1-23

90. Cooke DR., Hollings P., Walshe J.L. Giant porphyry deposits: characteristics, distribution and tectonic controls //Econ. Geol., 2005,vol. 100, № 5, pp. 801-818

91. Kerrich R., GoldFarb R., Groves D., Garwin S. The geodinamics of world-class gold deposits: characteristics, space-time distribution, and origins //Economic Geology, 2000, vol. 13, pp. 501-551

ФОНДОВАЯ

92. Объяснительная записка к геологической карте масштаба 1:200000, Анюйско – Чаунская серия листов. Авт. Дегтярёв В.С., 1977

93. Объяснительная записка к государственной геологической карте СССР масштаба 1:200000, листы Q-59-VII, VIII. Авт. Дегтярев В.С., 1981

94. Отчет о выполнении работ по объекту «Поиски золото-серебряных месторождений в пределах перспективных участков северной части Верхне-Яблонской металлогенической зоны» за 2003-2005 годы". В 6 книгах, 5 папках. Отв. исп. В. В. Загоскин, Ю. Н. Николаев. Билибино, Чукотский автономный округ, 2006

95. Отчет о детальных поисках на флангах месторождения Песчанка (III-Песчаный ПОО) за 1982-84 гг. Авт. Каминский В.Г., Гаман А.И., Колеватых С.А., Билибино, 1984

96. Отчет о производстве опережающих геохимических поисков по потокам рассеяния масштаба 1:200 000 на междуречье рек Большой и Малый Анюй, Анадырь, Пучевеем в пределах листов Q–59–28–30; 39–42; 50–54; 61 за 1993–1999 годы" (Имрэвеемский геохимический отряд). Авт. Загоскин В.В, Билибино, 1999, 168 с.

97. Отчет о производстве поисковых работ на рудопроявлении Прикуп. Авт. Сухих С.И., Билибино, 2002, 153 с.

98. Отчет о работе Больше-Пеледонского геологосъемочного отряда М 1:50 000 за 1974-76 гг. (в 3-х тт.). Авт. Зотов Е.К., Билибино, 1976, 265 с.

99. Отчет о работе Горностаевой геологосъемочной партии М 1:50 000. Авт. Зотов Е.К., Билибино, 1973, 320 с.

100. Отчет о работе Лисьи-Норского геологосъемочного отряда М 1:50 000. Авт. Зотов Е.К., Билибино, 1974, 191 с.

101. Отчет о работе Мало-Пеледонской геологосъемочной партии. Авт. Зотов Е.К., Билибино, 1968, 243 с.

102. Отчёт о работе Находкинской поисково-оценочной партии М 1:10000 за 1972 г. Авт. Сокиркин Г.И., Билибино, 1973

103. Отчет о работе Тыткунской геологосъемочной партии М 1:200 000. Авт. Смирнова И.А., Билибино, 1968, 135 с.

104. Отчёт о разведке запасов месторождения Весеннего и подготовке его к промышленному освоению. Авт. Сухих С.И., Билибино, 1999

105. Отчет о результатах аэрогравиметрической съемки М 1 : 500 000 в бассейне М.Анюя, Анадыря и Яблона, п. Хасын Авт. Ващилова Л.Я, Горбунов Ю.Н., 1992

106. Отчет о результатах аэромагнитной съемки М 1:50 000 в бассейне верхнего течения р.Анадырь и ее притоков Яблонь и Еропол за 1973 г. (Верхне-Анадырский аэромагнитный отряд). Авт. Скориков Р.А., п. Хасын, 1974, 177 с.

107. Отчет по объекту «Созданию комплектов прогнозно-геохимических карт масштаба 1:1 000000 для основных минерагенических зон России». Том 18 – в 2-х книгах. Создание геохимической основы масштаба 1:1 000000 на листах Q-57 (Омолон); Q-58 (Алискерово). Отв. исп. Николаев Ю.Н. Москва, ИМГРЭ, 2007

108. Отчет по теме «Оценка информативности геохимических аномалий Западной Чукотки для выявления месторождений цветных и благородных металлов» за 2007 г. Отв. исп. Ю.Н.Николаев. Москва, МГУ, 2008

109. Разработка обобщенной геохимической модели золото-серебряного оруденения Камчатки с целью совершенствования методов локального прогноза по геохимическим данным. Отчет Камчатской методической партии МГУ за 1990 г. Авт. Николаев Ю.Н., Соловов А.П., Литвиненко Ю.С., М., МГУ, Геологический ф-т, 1990

110. Technical Report on the Kupol Project, november 2006 / Garagan Tom, Cameron Donald E. //http://kinross.com/operations/pdf/Technical-Report-Kupol.pdf