

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт наук о Земле

Федорова Ирина Сергеевна

**Минералого-геохимические особенности пород и почв северной части
Балыгычано-Сугойского прогиба**

Магистерская диссертация
по направлению 05.04.01 «Геология»

Научный руководитель: д. г-м. н.,
профессор Панова Елена Геннадьевна



«09» мая 2020 г.

Зав. каф. геохимии
д. г-м. н., профессор
М.В. Чарыкова

Санкт-Петербург

2020

АННОТАЦИЯ

С Балыгычано-Сугойским прогибом (БСП) связаны многочисленные крупные, средние и мелкие месторождения серебра. Рассмотренная в работе территория относится к северной части БСП и расположена в 30 км от крупного серебряного месторождения Лунное, выбранного эталоном для сравнительной характеристики.

Породы на территории представлены терригенными отложениями пермско-юрского возраста (песчаники, аргиллиты, алевролиты с прослоями углифицированных сланцев), вулканогенно-осадочными образованиями нижнего мела (риолиты, риодациты) и прорывающими их позднемеловыми интрузиями среднего-кислого состава (диоритами, гранодиоритами).

Установлено сходство минерального и химического состава вулканитов и гранитоидов с породами месторождения Лунное.

В кварцевой жиле на контакте гранодиоритов быстринского комплекса с вмещающей вулканогенно-осадочной толщей обнаружены минералы серебра – фрейбергит и штроемейрит.

По результатам интерпретации литогеохимических данных установлены элементы-спутники серебра, которые могут быть рекомендованы в качестве поисковых признаков для подобных типов оруденения.

ANNOTATION

The Balygychan-Sugoy trough (BST) associated with the multiple large, medium and small deposits of silver.

The territory reviewed in this research belongs to the northern part of the BST and it's located 30 km from the large silver deposit Lunnoye. It has been used as a reference for comparative characteristics.

Rocks on this territory are represented by terrigenous deposits of permian-jurassic age (sandstones, mudstones, siltstones with layers of coalified shales), volcanogenic-sedimentary formations of the lower cretaceous (rhyolites, rhyodacites) and upper cretaceous medium-acid intrusions (diorites, granodiorites).

The similarity of the mineral and chemical composition of volcanites and granitoids between researched territory and the Lunnoye deposit has been established.

Silver minerals – freibergite and stromeierite – were found in a quartz vein at the contact of granodiorites of the Bystrinsky complex with the host volcanogenic-sedimentary strata. Silver satellite elements have been identified based on the results of interpretation of lithogeochemical data. They can be recommended as a search features for such types of mineralization.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Краткий геологический очерк района	5
Глава 2. Металлогеническая специализация Балыгычано-Сугойского прогиба	20
Глава 3. Материал и методы исследования	35
Глава 4. Минералого-петрографическая характеристика пород	43
Глава 5. Минералого-геохимическая характеристика пород	51
5.1. Геохимические особенности пород	51
5.2. Минеральные формы серебра и элементов-спутников	65
Глава 6. Геохимические особенности вторичных ореолов рассеяния	75
Заключение	84
Список используемой литературы	86

ВВЕДЕНИЕ

Серебро является одним из важнейших полезных ископаемых, запасы которого должны постоянно пополняться. Крупнейшей областью распространения серебряного оруденения является Тихоокеанский рудный пояс, в состав которого, среди прочих, входит Северо-Восточный регион России.

В пределах Балыгычано-Сугойского прогиба, который расположен в пределах Охотско-Чукотского вулканогенного пояса, известен ряд крупных и средних серебряных и золото-серебряных месторождений («Дукат», «Лунное», «Арылах»), что позволяет предполагать в изучаемом районе наличие подобных объектов.

Предшествующие исследования проводились здесь в 70-е – 90-е годы (Кузнецов В.М. 1974 г., Вовненко Г.Г.1992 г., Хорин Г.И. 1979г.). В настоящее время (Петров С.Ю. 2019 г.) начаты работы по детальному изучению территории северной части Балыгычано-Сугойского прогиба (БСП) с целью оценки перспектив его рудоносности.

Целью данной работы являлось установление минералого-геохимических особенностей коренных пород и почв в пределах северной части БСП для выявления рудопроявлений серебра.

Для достижения этой цели решались следующие основные задачи:

- 1) сбор и обобщение фондовых материалов по рудоносности прогиба;
- 2) минералого-петрографическая характеристика пород (вулканитов и интрузивных);
- 3) выявление минеральных форм серебра;
- 4) геохимическое картирование почв и установление ореолов серебра и элементов-спутников.

Материал для исследования был отобран мной лично в ходе проведения работ по геологическому доизучению площадей листов Р-56-V, VI масштаба 1:200 000 («Балыгычанская площадь»), а также часть материала предоставлена коллегами из отдела методики ГГК и ГСР ФГБУ «ВСЕГЕИ». Он представлен образцами из вулканогенно-осадочного комплекса (20 проб), образцами из интрузивного комплекса (18 проб), а также пробами почв в количестве 780.

Для решения поставленных задач использовались следующие методы:

- макроскопическое описание образцов;
- петрографический анализ;
- приближенно-количественный спектральный анализ (испарение из каналов МАЭС) на приборе СТЭ-1 на 45 элементов (Центральная лаборатория ВСЕГЕИ) – пробы почвы;

- рентгено-спектральный флуоресцентный анализ на приборе ARL 9800 ф. ARL и масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ICP MS) на приборе Agilent 7700x (Центральная лаборатория ВСЕГЕИ) – образцы вулканитов и интрузивов;
- микрорентгеноспектральные исследования на приборе Hitachi TM 3000 (Ресурсный центр микроскопии и микроанализа СПбГУ) и на приборе Hitachi S-3400N (Ресурсный центр «Геомодель»);
- обработка данных методами математической статистики в программе STATISTICA 7.

За предоставленные для работы материалы выражаю благодарность отделу методики ГГК и ГСР ФГБУ «ВСЕГЕИ» во главе с Петровым С.Ю. Также за помощь в написании работы благодарю Петрову М.Н., Стифееву М.В., Михайлова А.М., Червякова Р.В., Савельева Г.В. и Коннова А.Г.

Благодарю сотрудников ресурсных центров СПбГУ «Микроскопии и микроанализа» и «Геомодель» за помощь в выполнении анализов.

Особую признательность и благодарность выражаю своему научному руководителю – Пановой Елене Геннадьевне.

ГЛАВА 1. КРАТКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК РАЙОНА

Территория листов Р-56-V,VI (Балыгычанская площадь), на которой находится исследуемый участок, ограничена координатами $63^{\circ} 20'$ – $64^{\circ} 00'$ с.ш. и 154° – 156° в.д. По административному делению относится к Среднеканскому и Омсукчанскому районам Магаданской области (рис. 1).



Рис. 1. Схема административно-территориального деления Магаданской области с обозначением контура Балыгычанской площади.

Территория охватывает участок Среднеканского низкогорья Яна-Ануйской горной области, в нижнем течении рек Балыгычан и Сугой (рис. 2). Водораздел между этими реками образует Омсукчанский хребет меридионального простирания, где располагаются наиболее высотные абсолютные отметки до 1000-1400 м (до 1516м), относительные превышения гор Жемчужина, Кобзарь и др. достигает 600-800 м. Северо-западная и западная части территории заняты сглаженным низкогорьем с абсолютными высотами 400-600 м. Отметки долин крупных рек не превышают здесь 130-200 м.

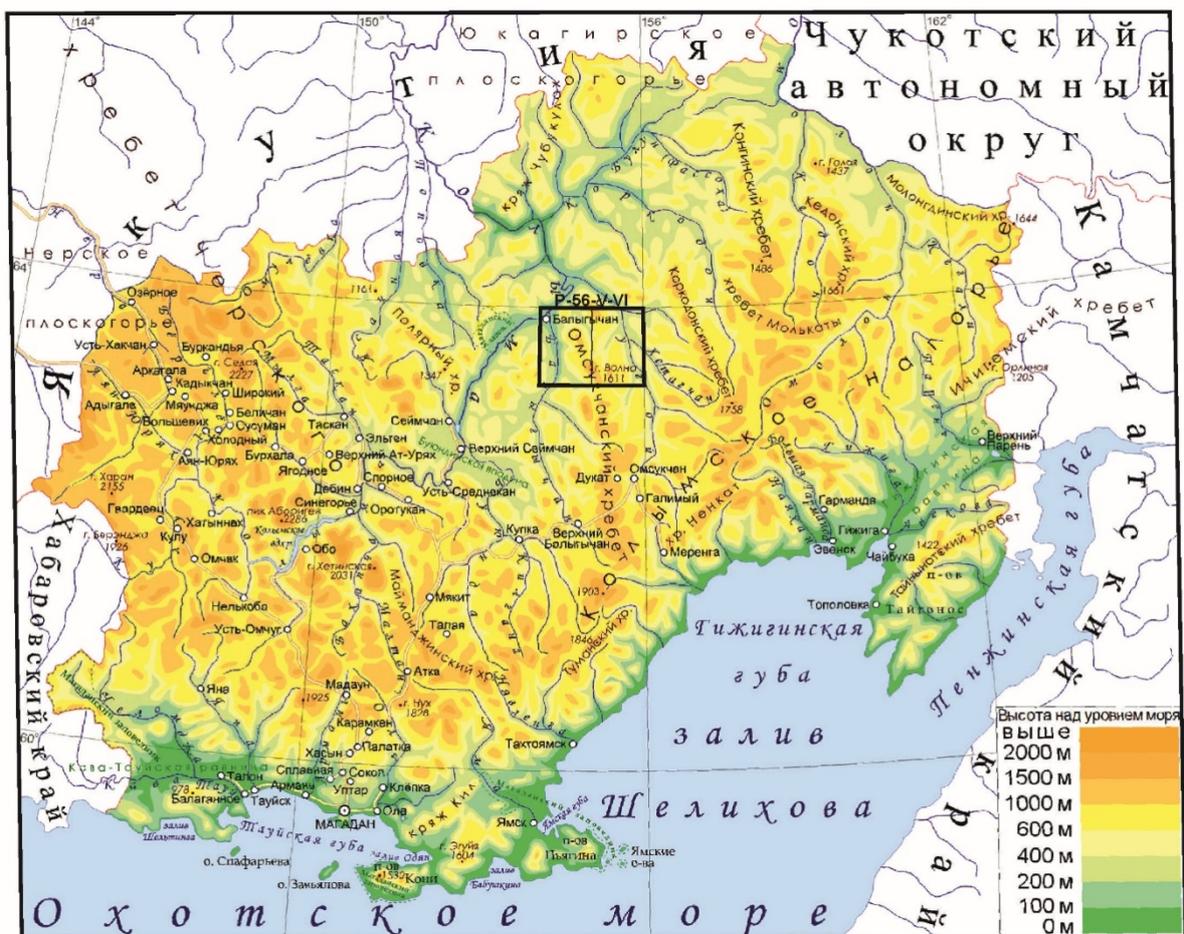


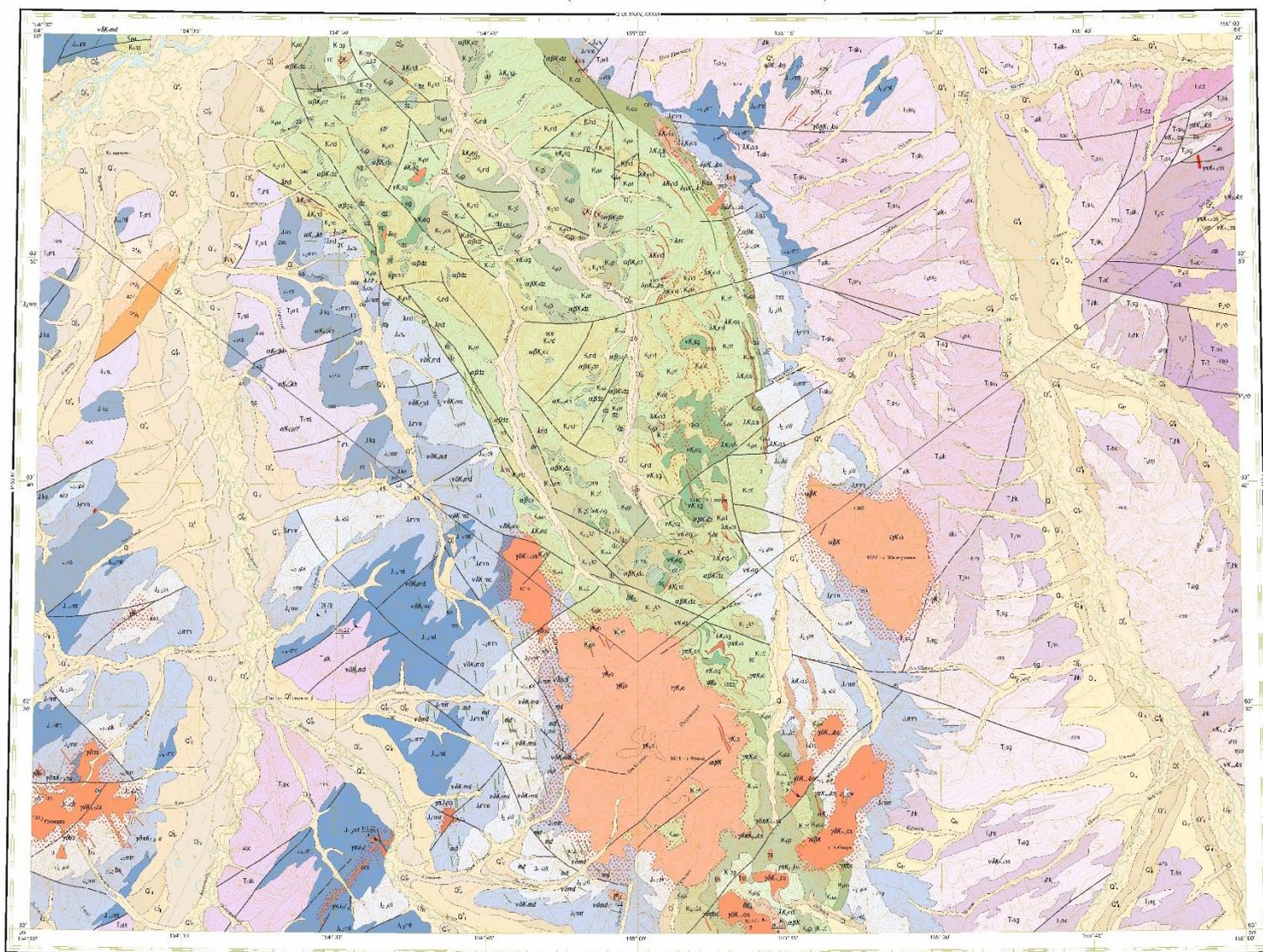
Рис. 2. Физико-географическое положение листов Р-56-V,VI

Климат района резко континентальный субарктический с большими годовыми и суточными колебаниями температур: от -55°C в январе до $+35^{\circ}\text{C}$ в июле, при этом, среднесуточные температуры самого теплого месяца – июля – не превышают $+15^{\circ}$. Среднегодовая температура -12°C . Среднегодовое количество осадков – около 370 мм. Устойчивый снежный покров образуется в октябре, а сходит в мае, высота его достигает 60-80 см. Ледостав происходит в октябре, вскрываются реки в конце мая – начале июня. В летнее время преобладают северные и северо-восточные ветры, в зимнее западные и юго-западные. Район расположен в зоне развития мощной (до 500 м) многолетнемерзлой толщи пород, температура которых минус 4 – 5°C . Максимальная глубина оттайки сезонного слоя – 2 – 3 м - достигается в августе на южных склонах.

Характер растительности типичен для областей лиственничного редколесья, растительность его скудная и распределена по высотным поясам. Граница леса поднимается до 600 м над уровнем моря, выше располагается пояс кедрового стланика, а водораздельные гребни и вершины заняты горными тундрами и гольцами.

Животный мир относится к Яно-Колымской провинции восточносибирского типа фауны.

На территории листов Р-56-V,VI представлены дочетвертичные образования стратиграфического интервала от перми до верхнего мела. В соответствии с Сугойской СЛ пермско-триасовые отложения относятся к Яно-Колымской СФО, они как согласно, так и с угловым несогласием перекрываются юрскими отложениями Иньяли-Сугойской СФО. Образования Яно-Колымской и Иньяли-Сугойской СФО по зоне Колымского разлома граничат с юрскими, предположительно также с триасовыми, отложениями Приколымо-Омулевской СФО. Меловые образования объединены в Омсукчанскую СФО (рис. 3).



У С Л О В Н Ы Е О Б О З Н А Ч Е Н И Я

Эра	Период	Век (раздел, звено)	Горизонт	РЕЧНЫЕ ДОЛИНЫ, НЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ВПАДИНЫ И ИХ ОБРАМЛЕНИЕ					
				Код	Описание				
КАИН-ОЗОЙ	КВАРТЕР	НЕОПЛЕЙСТОЦЕН		Q _{н-ч}	Четвертичные отложения объединенные				
			ПОЗДНЯЯ	СРЕДНЯЯ	РАЙОННАЯ	ОМСУК-КАНСКАЯ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННАЯ ОБЛАСТЬ БАЛЫГЬЧАНО-СУГОЙСКАЯ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННАЯ ЗОНА			
						Диланский комплекс триабазальт-базальтовый вулканический	Диланская толща. Базальты, андезитбазальты, трапбазальты, лавы и интробиты риолитов, ил-попелиты, лаванки (700 м)	Субвулканические тела базальтов	Сугойский комплекс габбро-диоритовой габбазальтовой. Габбро, анциты, дайки габбро
						Недождинский комплекс риолитовый вулканический	Недождинская свита. Лавы и интробиты апатитов и диоритов, турфитов и турфитосланцев (240-450 м)	Субвулканические тела риолитов	Сугойский комплекс габбро-диоритовой габбазальтовой. Габбро, анциты, дайки габбро
						Каховский комплекс ридоцит-андезитовой вулканической	Каховская свита. Андезиты, лавабразиты, туфы известков с прослоями андезитбазальтов, базальтов, турфитов и турфитосланцев, турфитовая порода (400-1300 м)	Субвулканические тела андезитов	Сугойский комплекс габбро-диоритовой габбазальтовой. Габбро, анциты, дайки габбро
						Айурский свита. Светло-серые плавникообразные песчаники и алевролиты с прослоями (до 15 м) аргиллитов, лигзидов, графитов и конгломератов в верхней части (850 м)			Сугойский комплекс габбро-диоритовой габбазальтовой. Габбро, анциты, дайки габбро
						Галинская свита. Песчаники, алевролиты, аргиллиты, туфы риолитов и андезитов. В нижней части пласты алмазного угля (1-8м), конгломераты и графиты (300-900 м)			Сугойский комплекс габбро-диоритовой габбазальтовой. Дайки габбро, габбро-диоритов, трап-порфир, диоритов
						Улисская свита. Песчаники, алевролиты, в верхней части прослой графитов и лигзидов каменного угля (400-1000 м)			Мандраковский комплекс габбро-диоритовой габбазальтовой. Дайки габбро, габбро-диоритов
						АСКОПЬДИНСКИЙ КОМПЛЕКС РИОЛИТОВЫЙ ВУЛКАНИЧЕСКИЙ			
						Аскопидинская свита. Риолиты, интробиты, лавабразиты, риолиты с прослоями и лигзидами турфитово-каменного угля, турфитовая порода (80-1200 м)	Субвулканическое образование	Дайки риолитов	
АЛТОЙ	СИЛПЮЙ								
М Е С О З О О Й	ПОЗДНЯЯ	СРЕДНЯЯ	РАЙОННАЯ	ИНЬЯЛИ-СУГОЙСКАЯ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННАЯ ОБЛАСТЬ СУГОЙСКАЯ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННАЯ ЗОНА					
				НИЖНЕ-СУГОЙСКАЯ ПОДЗОНА		СЕЙМНАНО-АНАГИНСКАЯ ПОДЗОНА			
				Нера-Боканский комплекс гранит-диоритовой габбазальтовой. Гранит-порфиры					
				Неуминская свита. Песчаники, алевролиты, аргиллиты (800 м)	Октябрьская свита. Песчаники, алевролиты, прослой и лигзиды аргиллитов, графитов и конгломератов (800-950 м)				
				Пунгайская свита. Песчаники, алевролиты, аргиллиты (1100 м)	Мамчакская свита. Алевролиты, аргиллиты, прослой песчаников, графитов, турфитов (770-1100 м)				
				Краснослепская толща Известковые алевролиты, аргиллиты, алевролитовые известники (800 м)	Маратская толща. Парасланцевые алевролиты и аргиллиты разрезы слои песчаников, лигзидов и графитов и конгломератов (800-1100 м)				
				ЯНО-КОЛЬМСКАЯ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННАЯ ОБЛАСТЬ СУГОЙСКАЯ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННАЯ ЗОНА					
				НИЖНЕ-СУГОЙСКАЯ ПОДЗОНА		СЕЙМНАНО-АНАГИНСКАЯ ПОДЗОНА			
				Березинско-Усманская подтолща Песчаники, известковые аргиллиты, прослой известняков (750-800 м)	Сугойская толща нерасчлененная. Аргиллиты, алевролиты, прослой песчаников, известняков (800-1300 м)				
				Нижнеусманская подтолща. Песчаники, алевролиты, аргиллиты (800-900 м)	Чаранская толща. Алевролиты, аргиллиты, прослой песчаников, известняков (1350-1500 м)				
Денинская свита. Аргиллиты, алевролиты, известняки (900 м)*									
Ларионковская свита. Алевролиты с прослоями аргиллитов с фосфорными конкрециями (800-850 м)*									
Явобинская свита. Алевролиты и сланцеватые аргиллиты с глинисто-фосфорными конкрециями (1050 м)*									
Унигская толща. Аргиллиты и алевролитовые аргиллиты с известково-глинистыми конкрециями (600 м)*									
Т Р И А С	ПОЗДНЯЯ	СРЕДНЯЯ	РАЙОННАЯ	БАЛЫГЬЧАНО-ХЕТАГАНСКАЯ СФЗ ХЕТАГАНСКАЯ ПОДЗОНА					
				Сугойская толща. Кремнистые туфовариллиты, туфовариллиты, туфиты, турфитосланцы, туфы андезитов, туфовариллиты, раушеники, глинистые известняки (710-800 м)					
				Хурганская толща. Сланцевые алевролиты и аргиллиты, повошчатого карбоната песчаники, глинистые известняки (300-700 м)					
				Демановская толща. Аргиллиты, вулканико-туфовые алевролиты и вулканоконгломераты графиты (530-700 м)*					
				Плетюгская толща. Аргиллиты с прослоями сланцеватых алевролитов, мелкозернистых глинистых песчаников, редкие глины известняков (400-550 м)*					
				Эленганская свита. Глинистые сланцы с песчаной примесью мелкозернистых кварц-полевчатых песчаников (600-650 м)					
				Акульская толща. Глинистые сланцы и алевролиты с прослоями мелкозернистых полиметаллических песчаников (600 м)					
				БУЮДИНСКАЯ ПОДЗОНА					
				Нижняя свита. Песчаники, алевролиты и аргиллиты, известняковые песчаники (20-400 м)					
				Балыгьчанская свита. Мелкозернистые песчаники, алевролиты, графиты (660-760 м)*					
П А Л Е О З О Й	ПОЗДНЯЯ	СРЕДНЯЯ	РАЙОННАЯ	ТАСКАНО-БУРГАЛИЙСКАЯ СФЗ					
				Малобургалийская толща. Аргиллиты с прослоями алевролитов и песчаников в верхней части (800-1000 м)*					
				ТАСКАНО-БУРГАЛИЙСКАЯ СФЗ					
				Верхняя подзона. Алевролит-глинистые сланцы, известняковые алевролиты с прослоями и лигзидами известняков (100 м)					
				Средняя подзона. Известняки, алевролит-глинистые и глинистые сланцы (500 м)					
				Нижняя подзона. Алевролиты, алевролит-глинистые сланцы, глины известняков (470 м)					



Рис. 3. Геологическая карта листов Р-56-V, VI (авторы: Петров С.Ю., Савельев Г.В.)

Юрская система

Иньяли-Сугойская СФО

Маратская толща (J_{1-2mt}) представлена флишоидным переслаиванием алевролитов и аргиллитов, часто алевитистых. Встречаются единичные слои грубо- и крупнозернистых полимиктовых слабо известковистых песчаников, линзы гравелитов и мелкогалечных конгломератов (Ливач и др., 2000). Предполагается несогласное залегание пород толщи на основании наличия в основании слоя конгломератов, в гальках которых встречена фауна карнийского и норийского ярусов, а в цементе среднеюрская фауна (Филатов, 1979). По находкам криноидей, двустворок, белементов возраст принят геттанг-раннеааленским (Решения.., 1978). Мощность толщи 800 – 1100 м (Ливач и др., 2000).

Мэмэченская свита (J_{2mn}) сложена алевролитами, неравномерно чередующимися с аргиллитами; встречаются слои и пакеты слоёв мелкозернистых вулканомиктовых песчаников, в нижней части свиты отмечены слои среднезернистых известковистых песчаников, гравелитов, туффигов, а также аргиллитов с "плавающей" галькой алевролитов. В гальке содержатся остатки норийских монотисов (Ливач и др., 2000). В породах свиты встречены остатки среднеюрских двустворок, возраст принят условно позднеааленским-байосским (Решения.., 1978). Мощность в стратотипе 1100 м (Ливач и др., 2000).

Октябринская свита (J_{2ok}) сложена разнозернистыми песчаниками с пакетами алевролитов, с отдельными слоями и линзами аргиллитов, гравелитов и мелкогалечных конгломератов (Ливач и др., 2000). Находки двустворок определяют стратиграфический интервал с позденгобайосса до низов келловейского яруса (Легенда Сугойской серии..., 1999). Мощность в гипостратотипе 950 м (Григорьев и др., 1978).

Меловая система

Омсукчанская СФО

Меловые образования распространены в пределах Балыгычано-Сугойского прогиба. Представлены аптскими вулканическими породами аскольдинской свиты, апт-альбскими терригенными угленосными отложениями уликсской, галимовской и айгурской свит (омсукчанская серия). На карте первого поколения верхнемеловые вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы объединены в таватумскую и наяханскую свиты. В серийной легенде эти подразделения заменены альб-сеноманской каховской свитой, сеноманской надеждинской свитой и туронской шороховской свитой (кэнская серия). Расположение этих пород на исследуемой территории принято в соответствии с картой масштаба 1:1 000 000 Р-56. Породы вулканических покровных образований имеют субвулканические аналоги и объединены в вулканические комплексы: раннемеловой

аскольдинский риолитовый, ранне-позднемеловой каховский риодацит-андезитовый и позднемеловой надеждинский риолитовый, шороховской риодацитовый и джагынский трахибазальт-базальтовый. Каховский риолит-андезитовый и быстринский габбро-гранодиоритовый, надеждинский риолитовый и омсукчанский лейкогранитовый комплексы образуют вулcano-плутонические ассоциации. Субвулканические образования отнесены к различным комплексам с определенной долей условности на основании интерполяции данных с прилегающей с юга территории (Лист Р56-12) и новых геофизических данных 2017 года.

Аскольдинская свита (K_{1as}) выделена С.И.Филатовым (1963 г.) на руч.Аскольд (правый приток р.Атака). Распространена в основном вдоль восточного края Балыгычано-Сугойского прогиба. Детальная характеристика пород приведена в работах (Котляр и др., 1986; Калинин, 1985; Котляр, 2001). Стратотип свиты описан к югу от района работ в верховьях Прав. Булура. Породы аскольдинской свиты наиболее полно изучены в южной части Балыгычано-Сугойского прогиба в пределах Дукатской структуры и уникального золото-серебряного месторождения Дукат, где являются рудовмещающими (Константинов и др., 1998; Стружков и др., 2005) Осадочно-вулканогенные образования аскольдинской свиты с угловым несогласием залегают на триасово-юрских терригенных отложениях, перекрываются отложениями уликской и галимовской свит. Рассматриваемое подразделение сложено риолитами, трахириолитами, их пирокластами, в подчинённом объёме – осадочными породами. Наблюдается сильная фациальная изменчивость: варьируют мощности слоёв и соотношения вулканитов и осадочных пород в разрезах. Мощность аскольдинской свиты в северной части Балыгычано-Сугойского прогиба составляет 450-500 до 650 м.

Уликская свита (K_{1ul}) с угловым несогласием перекрывает юрские отложения, с размывом залегает на аскольдинской свите. На правом берегу нижнего течения р. Балыгычан в подошве свиты располагается базальный горизонт (около 10 м) серых мелко-среднезернистых песчаников с линзами гравелитов и конгломератов. На исследуемой территории в составе свиты преобладают темно-серые аргиллиты. Общая мощность свиты до 800 м (Кузнецов, 1974). По присутствию ископаемой флоры, характеризующей селяпский горизонт (Легенда Сугойской серии..., 1999), возраст свиты считается аптским.

Галимовская свита (K_{1gl}) залегает согласно на уликской. Сложена мелко-среднезернистыми песчаниками и алевролитами, чередующимися со слоями аргиллитов. К нижней части приурочены также пласты (в количестве 15-18 пластов) каменного угля, половина из которых имеет промышленную (более 1,2 м, максимально до 21 м) мощность. Верхняя часть разреза свиты характеризуется преобладанием алевролитов при

подчиненной роли аргиллитов и песчаников с линзовидной и косо́й слоистостью, содержит линзы и пропластки каменного угля. Мощность варьирует в пределах 300-900 м. Ископаемые растительные остатки в породах свиты характеризуют буор-кемюсский горизонт нижнего-среднего альба.

Айгурская свита (*K_{1ag}*) согласно перекрывает отложения галимовской свиты. Представлена обычно светло-серыми полимиктовыми песчаниками и алевролитами с пачками (до 15 м) аргиллитов, линзами гравелитов и конгломератов в верхней части разреза. В Нягаинской мульде, в составе свиты преобладают алевролиты, чередующиеся с аргиллитами и прослоями песчаников. Мощность свиты 650-1000 м. Собранные в породах свиты ископаемые растительные остатки отвечают буор-кемюсскому горизонту, по стратиграфической позиции для свиты принят среднеальбский возраст.

Интрузивные тела обнажаются среди осадочных пород нижнего мела, юры и верхнего триаса. Плутонические породы территории относятся к позднеюрскому нерабохапчинскому комплексу, раннемеловому мандычанскому, ранне-позднемеловому быстринскому, позднемеловому омсукчанскому и сугойскому комплексам (рис. 4). Интрузивные образования пространственно тяготеют к главной тектонической структуре района – Балыгычано-Сугойскому прогибу. Быстринский габбро-гранодиоритовый и омсукчанский лейкогранитовый комплексы образуют вулканоплутонические ассоциации с каховским риолит-андезитовым и надеждинским риолитовым комплексами соответственно.

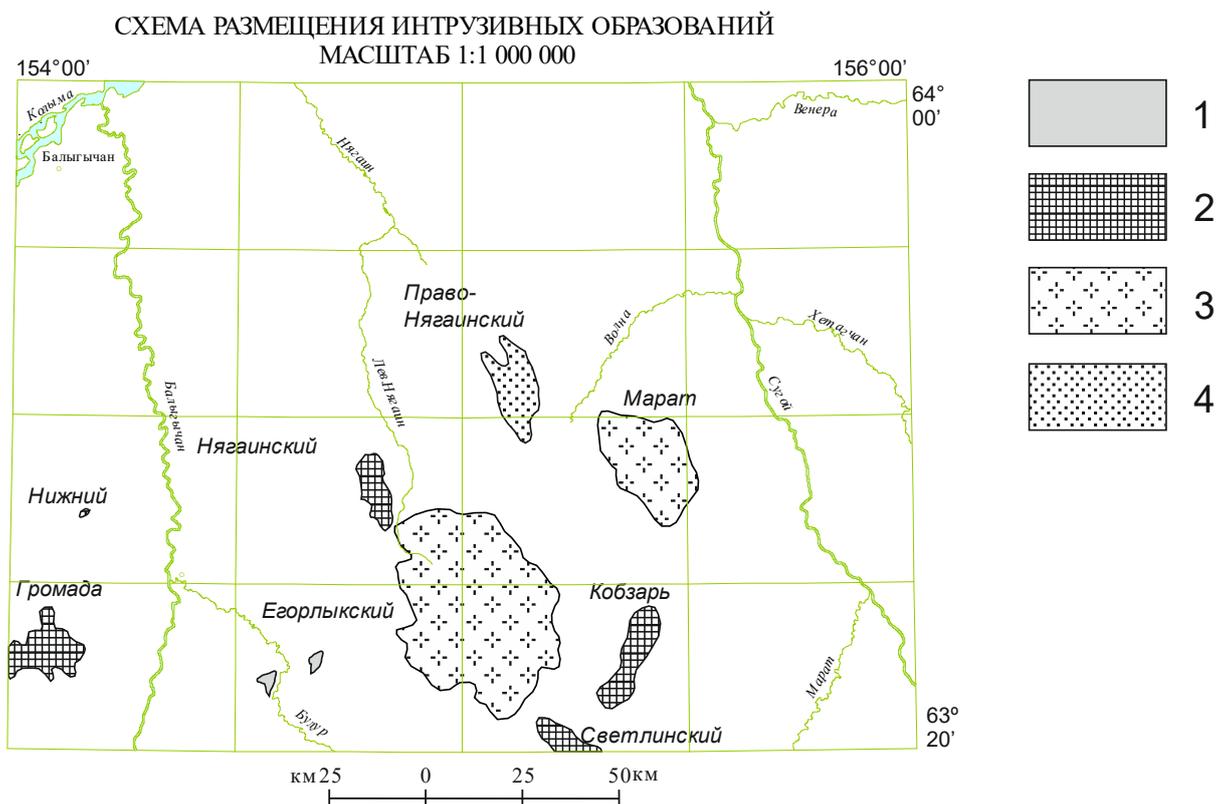


Рис. 4. Схема размещения интрузивных образований (Р-56). Интрузивные тела, выражающиеся в масштабе схемы: 1 - нера-бахопчинского; 2 - быстринского, 3 - омсукчанского, 4 - сугойского комплексов (автор – Савельев Г.В.)

Субвулканические образования аскольдинского комплекса (λK_{ias}) пространственно связаны с площадями выходов аскольдинской свиты, представлены силами, лакколитами, штоками, телами сложной формы и дайками риолитов, невадитовых риолитов, игнимбритами и автомагматическими брекчиями риолитов.

Характерными особенностями химического состава комплекса являются их преимущественно калиевый и ультракалиевый тип, низкие содержания кальция и магния, обилие кремнезема. Эти особенности химизма пород аскольдинского комплекса позволяют с высокой степенью достоверности картировать их на основании данных аэро-гамма-спектрометрии.

Раннемеловой возраст комплекса основывается на сборах в прослоях аргиллитов ископаемых растительных остатков, характеризующих сяляпский (апт) горизонт. Риолиты вблизи месторождения Дукат охарактеризованы Rb-Sr изохронами 124 ± 1 (Котляр и др., 2004) и 123 ± 2 млн лет (Константинов и др., 1998). Результаты U-Pb SHRIMP-датирования акцессорных цирконов из риолитов аскольдинской свиты в том же районе - 130-134 млн лет, что превышает возраст содержащейся в ней флоры на 5-10 млн лет. Общепринятый

возраст соответствует аптскому веку позднемеловой эпохи (Легенда Сугойской серии..., 1999).

Быстринский плутонический диорит-гранодиоритовый комплекс ($\delta, \gamma \delta K_{1-2bs}$). В составе комплекса выделяются массивы Кобзарь и Нягаинский, приуроченные к Балыгычано-Сугойскому прогибу, лишь массив Громада территориально удален от этих массивов и расположен на левобережье реки Балыгычан среди юрских терригенных пород. Кроме упомянутых массивов в состав комплекса включен Светлинский массив, северная часть которого вскрыта на юге исследуемой территории.

Гранодиориты быстринского комплекса являются наиболее магнитными образованиями района, для которых характерны изометричные высокоинтенсивные (от 200 до 2000 нТл) положительные магнитные аномалии. По аэрогамма-спектрометрическим данным для них характерна преимущественно существенно калиевая специализация пород. Форма интрузивных тел штокообразная. Гранодиориты преимущественно среднезернистые в центральных частях массивов, в зонах эндоконтакта часто приобретают порфиroidный облик.

Массив Кобзарь состоит из трех объединенных общим контактовым ореолом сателлитов. В магнитном поле выделяется как единое тело, слегка вытянутое в меридиональном направлении. Площадь интрузива Кобзарь на современном эрозионном срезе равна 40 км², площадь наиболее крупного сателлита около 30 км². Массив имеет крутопадающие субвертикальные контакты и имеет общее падение на юго-запад. Магнитность пород имеет концентрическую зональность и увеличивается от периферии к центру, что предполагает преобладание пород диоритового состава в центральной части.

Осадочные породы около интрузива преобразованы в тонкозернистые биотитовые, двуслюдяные и кордиеритовые роговики. Ширина роговиковой зоны в экзоконтактах массива 200-300 м, в западной части до 500-600 м. Во внешней зоне осадочные породы слабо уплотнены, в них присутствуют хлорит, реже биотит, серицит и «сгустки» углистого вещества. Интрузив сложен среднезернистыми биотит-роговообманковыми гранодиоритами, в эндоконтактовых зонах иногда порфиroidного облика. Для более мелких сателлитов массива характерно неравномерное распределение цветных минералов, часто встречаются шлировые обособления диаметром до 15 см, имеющие мелкозернистое строение, состоящие из плагиоклаза и значительного количества биотита и роговой обманки (30-35 % объема).

Быстринский комплекс сформировался в две фазы. Первая фаза представлена габбро и кварцевым габбро, диоритами, кварцевыми диоритами. Они участвуют в строении

небольших штокообразных тел, таких как в верховьях р. Шермен и слагают немногочисленные дайки, одна из которых описана в верховьях р. Волна.

Вторая фаза комплекса представлена преимущественно гранодиоритами, описанными во всех вышеперечисленных массивах, реже гранитами, наиболее распространенными в массиве Громада. Гранодиориты, преимущественно среднезернистые в центральных частях массивов, в зонах эндоконтакта часто приобретают порфировидный облик. Выделяются пироксен-роговообманковые, биотит-роговообманковые и существенно роговообманковые разновидности.

Омсукчанский комплекс лейкогранитовый (1γK₂O) выделен и охарактеризован В.Т. Матвеевко (1957, 1960 г.г.), в дальнейшем подробно описан в работах (Руб, 1970; Загрузина, 1977; Соболев, Колесниченко, 1979; Волков и др., 1983; Соболев, 1989; и др.). Комплекс представлен лейкогранитами, которые на данной территории слагают массивы Егорлыкский и Марат.

Интрузивные тела комплекса образовались в две фазы, но вторая фаза представлена на территории только редкими дайками. Лейкограниты первой фазы средне- и крупнозернистые, порфировидные слагают основную часть интрузивных тел, а их апикальные части и дайки сложены аплитами и аплитовыми гранитами.

Породы омсукчанского комплекса характеризуются отрицательным магнитным полем интенсивностью до -150 нТл. Положительные значения магнитного поля в пределах этих массивов, вероятно, связаны с остатками кровли ороговикованных пород. Гранитоиды омсукчанского комплекса являются наиболее радиоактивными породами площади (RK – 20-42 мкР/ч, U – 4-10 × 10⁻⁴%, Th – 12-40 × 10⁻⁴% и K – 3-6 %) и сопряжены с локальными отрицательными аномалиями силы тяжести.

Егорлыкский массив наиболее крупный интрузив территории площадью 275 км² (Матвеевко, 1957) расположен в междуречье Нягаина и правых притоков р. Булур. В плане интрузив образует овал, вытянутый в север-северо-западном направлении длиной 28 км и шириной 16 км. Интрузив обнажен на глубину 700-800 м. Сложен биотитовыми гранитами, крупно- и среднезернистыми в центральной части, неравномернозернистыми, мелкозернистыми и порфировидными – в краевой.

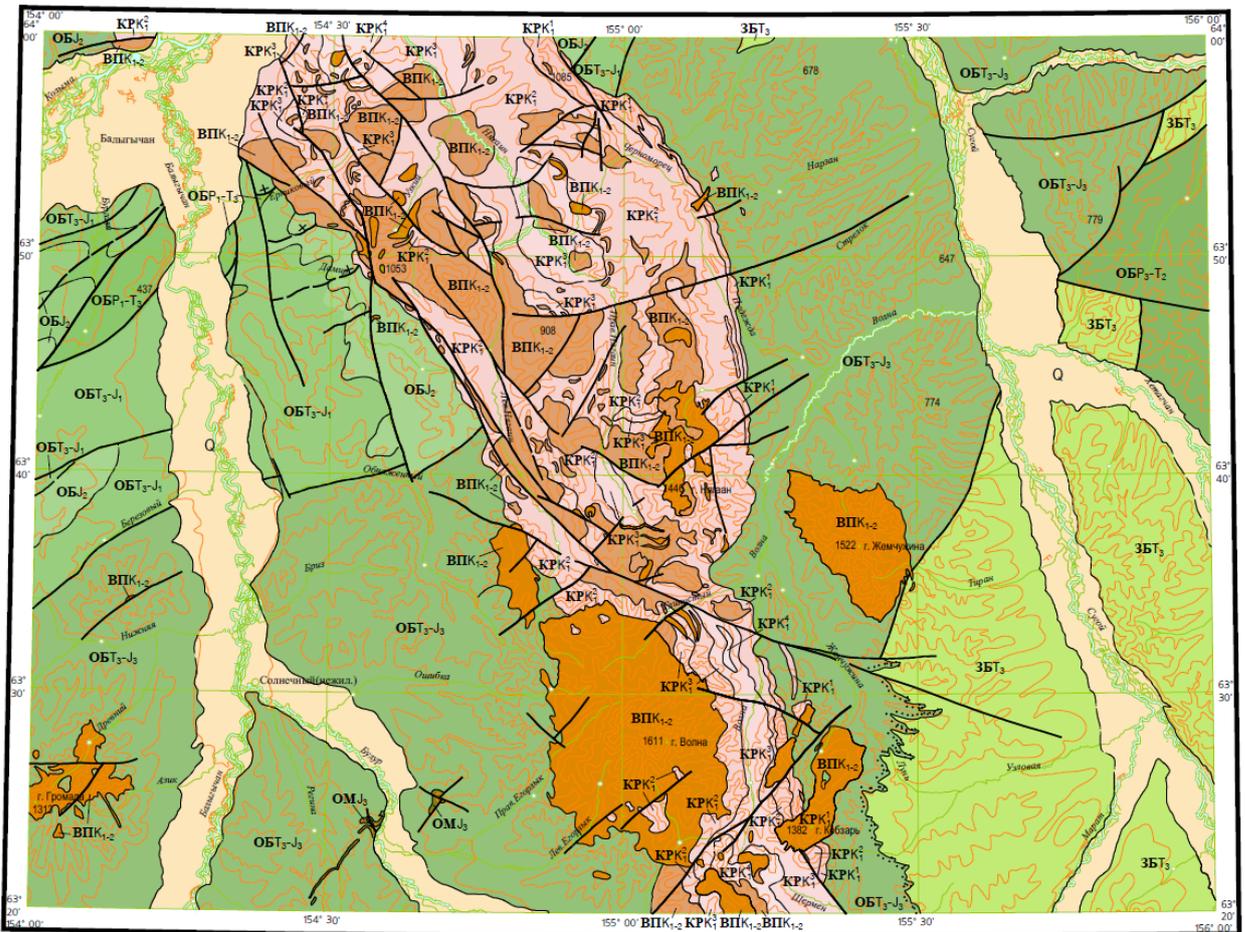
Северный, восточный и южный контакты интрузива погружаются в сторону вмещающих пород под углом 40-45°. Вмещающие породы на контакте с гранитами в зоне шириной 200-300 м превращены в различные роговики. Преобладают роговики кварц-биотитового состава, часто с существенным количеством плагиоклаза, калиевого полевого шпата, хлорита, серицита, кордиерита, андалузита, турмалина, рутила и граната. Встречаются роговики по составу принадлежащие к роговообманково-биотитовым (с незначительным

количеством кварца) и кварц антофиллитовым, а также скарноподобные породы роговообманкового и пироксен-роговообманкового состава.

Выходы гранитов на поверхность совпадают с контурами локальной отрицательной аномалии силы тяжести. В магнитном поле его выходы (восточная часть) выражены слабоамплитудной отрицательной аномалией средней интенсивности, осложненной локальными положительными аномалиями, линейный характер которых, преимущественно северо-восточного простирания, предполагает тектоническую их природу и может быть связан с жильной фазой становления комплекса. Западная (погребенная) часть отмечается слабоамплитудной положительной слабоинтенсивной аномалией, осложненной локальными разнознаковыми аномалиями различной формы и интенсивности, связанных с остатками кровли перекрывающих пород.

По данным гамма-спектрометрии Ерголыкский массив характеризуется равномерно высокими значениями содержания калия (в пределах выхода на дневную поверхность), в полях содержаний U и Th наблюдается зональность. Ядерная часть характеризуется дефицитом U и Th при незначительном преобладании калия, которое в восточной части сменяется на существенно калиевую специализацию. Для внешней части массива характерен дефицит калия при преобладании урана в северной половине и преобладании тория в южной. Максимальные значения содержаний U и Th располагаются по периферии массива в полосе шириной 3-6 км.

Общее геологическое развитие территории в позднем палеозое - мезозое прошло в три этапа. Первый этап развития прослеживается от позднего палеозоя до юры включительно, когда в условиях задугового бассейна произошло накопление мощных терригенных толщ верхоянского комплекса. Второй этап позднеюрский – раннемеловой связан с процессом коллизии и континентального рифтогенеза. Третий этап ранне-позднемеловой связан с заложением и развитием Охотско-Чукотского вулканогенного пояса, который рассматривается как магматогенная надсубдукционная структура (рис. 5).



Масштаб 1 : 200 000

У С Л О В Н Ы Е О Б О З Н А Ч Е Н И Я
Г Е О Д И Н А М И Ч Е С К И Е К О М П Л Е К С Ы И С Л А Г А Ю Щ И Е И Х Ф О Р М А Ц И И

Структурные этажи	Геодинамические комплексы	Активные окраины континентов		Орогенный магматизм	Вулкано-плутонические пояса андского типа			
		Окраинные бассейны	Задуговые бассейны		Внутриконтинентальные рифты	Вулкано-плутонические пояса		
		ОБ	ЗБ		ОМ	КР	ВП	
МЕЛОВОЙ	K ₂	Дациит-риолитовых, андезитовых и базальтовых лав и туфов			215017 КР ₁₋₂ ^а КР ₁₋₂ ^б	215060 ВП ₁₋₂ ^а ВП ₁₋₂ ^б	Габбро-диорит-гранитовая	
	K ₁				2150361 КР ₁ ^а 2150362 КР ₁ ^б 2150363 КР ₁ ^в 2150364 КР ₁ ^г		Терригенная Вулканогенно-терригенная Углисто-терригенная Туффиито-риолитовая	
ПЕРМСКО-ЮРСКИЙ	J ₃			215059 ОМ ₃ ^а			Гранитная	
	P ₁₋₃	Терригенная	21501203 ОБ ₂ ^а 21501202 ОБ ₂ ^б	21501212 ОБ ₂ ^в	21501231 ОБ ₂ ^г	Терригенная		
		Карбонатно-терригенная	21501201 ОБ ₁₋₃ ^а	21501211 ОБ ₁₋₃ ^б	21501101 ЗБ ₃ ^а	Дистального и проксимального флиша	Вулканогенно-терригенная	
	Карбонатно-тонкотерригенная				Тонкотерригенная, терригенная			

Рис. 5. Тектоническая схема района (авторы: Червяков Р.В., Савельев Г.В.)

Позднепалеозойско-юрский этап. О начальных стадиях этапа на большей части территории информация отсутствует, так как пермские отложения вскрыты фрагментарно. В пределах Хетагчанского поднятия обнажена только верхняя часть пермских отложений. В пермский период морские условия, по-видимому, были распространены повсеместно, осадконакопление происходило в обширном задуговом бассейне изменяющейся глубины. Вдоль его южного края реконструируется Кони-Мургальская вулканическая островная дуга энсиалического типа, образования которой частично вскрыты в Олыньской антиклинали за пределами листа. Заложение ее относится, вероятно, к среднему-позднему карбону. По-видимому, островодужные вулканиты являлись основным источником обломочного материала в бассейне.

С конца позднепермской эпохи началась широко распространившаяся регрессия моря, отмеченная в некоторых районах Северо-Востока Азии отсутствием пограничных горизонтов перми и триаса.

В триасовый период в тектоническом плане Яно-Колымской системы отмечаются изменения, четко проявленная в пермский период зона прогибания постепенно выравнивается, а концу триасового периода преобразуется в зону внутренних поднятий. Нижнетриасовые отложения на подстилающих верхнепермских во многих районах залегают с перерывом, низы индского яруса обычно отсутствуют или представлены в континентальных фациях. Обширная регрессия конца перми в индском веке сменилась трансгрессией моря, постепенно развивавшейся до начала оленека.

Ранний оленек знаменуется максимальной трансгрессией моря, связанной скорее всего с эвстатическим поднятием уровня Мирового океана и максимальным выравниванием обстановок седиментации. Накопление алевроито-глинистых илов с многочисленными глинисто-карбонатными и фосфатно-карбонатными конкрециями происходило в основном в области глубокого шельфа.

Вблизи рубежа среднего и позднего триаса заметно возросла тектоническая активность. Новая трансгрессия моря, начавшаяся в раннем карнии сопровождалась углублением морских акваторий, осадки стали более глинистыми. В пределах Сугойского синклинория накапливались осадки флишоидного чередования преимущественно тонкотерригенных пород.

На поздний норий приходится повышение активности тектонических движений связанных с формированием островных дуг за пределами территории листа. Одна из андезитовых дуг прослеживалась через бассейн р. Оротукан, периферические части другой вскрываются на крыльях Олыньской антиклинали (Кузнецов, Ливач, 2005).

В это время в пределах Сугойского синклиория осадконакопление происходит в условиях сильно расчлененного, участками глубоководного турбидитного бассейна. Формируется мощная толща преимущественно двухкомпонентного флиша. Морфологически выраженный прогиб трогового типа реконструируется в Сеймчано-Ачагинской зоне. В составе флишевой толщи отмечаются туффиты и туфы андезитов, часто присутствует галька эффузивов среднего состава.

Несмотря на то, что нижнеюрские отложения в большинстве случаев связаны согласным соотношением с триасовыми, юрский период может рассматриваться как переломный в геологической истории как территории листа, так и Северо-Востока Азии в целом; в это время происходили начавшиеся еще в норийский век резкие изменения палеогеографических и палеогеодинамических обстановок (Репин, Полуботко, 1996).

В ранней юре осадконакопление концентрируется в достаточно узких прогибах, в то время как формирующееся в восточной части территории Хетагчанское поднятие вышло из области седиментации и стало источником сноса. В пределах Сугойского некомпенсированного прогиба в раннеюрскую эпоху накопилась мощная (1000 м и более) толща ритмично чередующихся тонкотерригенных осадков с включениями пирита и сульфидными конкрециями.

Позднеюрский-раннемеловой этап. Происходит смена режима активной континентальной окраины перед формированием ОЧВП режимом трансформной окраины. В конце поздней юры образуются система линейных складок и разрывных нарушений северо-восточного простирания. Внедряются тела гранит-порфиров нерабохачинского комплекса.

В аптский век в центральной части территории произошло заложение Балыгычано-Сугойского прогиба по зоне Омсукчанского глубинного разлома. В обстановке растяжения и опускания восточного крыла разлома образовался рифтогенный бассейн седиментации. В результате растяжения земной коры вдоль западного фланга Балыгычано-Сугойского прогиба происходит внедрение даек мандычанского комплекса. На восточном фланге прогиба формируются покровные образования и субквулканические тела аскольдинского вулканического комплекса, сложенные породами ультракислого состава с калиевым типом щелочности. В пределах рифтогенного бассейна синхронно и вслед аскольдинскому вулканизму в озерно-болотных условиях накопились терригенные, глинистые и вулканомиктовые отложения, составляющие континентальную угленосную молассу (уликская, галимовская и айгурская свиты).

Ранне-позднемеловой этап. В позднем альбе осадконакопление в прогибе прекратилось. В конце позднего альба – начале сеномана начинает формироваться ОЧВП.

В связи с этим на территории листа возобновилась вулканическая деятельность, проявившаяся в излиянии андезитовых лав каховского вулканического комплекса, развитого на площади фрагментарно. Андезитовый вулканизм сменился редкими слабыми извержениями дацитовых лав, позднее эксплозиями риолитовой пирокластики и излияниями лав (надеждинская свита).

В центральной части прогиба синхронно с андезитовым вулканизмом внедряются первые фазы формирования быстринского комплекса диорит-гранодиоритовой формации – образуются тела габбро, диоритов и диорит-порфиритов.

В поздне меловую эпоху интенсивно проявились магматические процессы: были сформированы вулканоструктуры, крупные массивы гранодиоритов второй фазы быстринского комплекса. В сеномане (надеждинское время) образуется Верхнеягаинская вулканоструктура (палеостратовулкан) с центром на левобережье р. Нягаин (Кузнецов, Ливач, 2005). В туронском веке в результате извержения большого объема туфов и игнимбритов к югу от Балыгычанской площади формируется Кэнская лавовая полоса, как единая вулканотектоническая структура, в которой наиболее полно представлены продукты вулканической деятельности внешней зоны ОЧВП. В конце позднего мела происходит внедрение наиболее крупных для данной территории гранитных массивов омсукчанского комплекса. В то же время в северной части территории вулканогенно-осадочные образования Балыгычано-Сугойского прогиба прорывают малые тела габброидов и сиенитов сугойского комплекса.

Вулканическая деятельность в пределах листа завершается в джагынское время (турон-коньяк) образованием субвулканических тел базальтов и андезибазальтов. В незначительной степени проявлен кислый вулканизм в виде дайкообразных тел риолитов, секущих в том числе и породы сугойского комплекса.

В кайнозойе территория становится областью денудации.

ГЛАВА 2. МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ БАЛЫГЫЧАНО-СУГОЙСКОГО ПРОГИБА

Из известного на территории Балыгычано-Сугойского прогиба многообразия рудных и нерудных полезных ископаемых стратегическое значение имеют золото (коренные и россыпные месторождения) и серебро. С ними связаны основные перспективы промышленного освоения исследуемой территории. Подчиненное значение имеют рудные объекты олова, вольфрама, меди, молибдена, свинца и цинка. Энергетическим сырьем местного значения являются каменный и бурый уголь. На территории прогиба имеются многочисленные золоторудные месторождения и проявления, явившиеся коренными источниками золотоносных россыпей, в настоящее время почти полностью отработанных. Первоначальное изучение и освоение территории началось с разведки и отработки россыпей золота, которые были обнаружены впервые для Северо-Востока России в пределах листа Р-56 в бассейне р. Среднекан. В настоящее время добыча золота и серебра ведется из коренных золото-серебряных месторождений. Первым таким объектом было Карамкенское золото-серебряное месторождение, сейчас полностью отработанное. В стадии отработки находятся месторождения Дукат, Лунное, Арылах, Джульетта.

На территории листа Р-56 выделяются фрагменты (с севера на юг) Индигиро-Колымской и Верхояно-Колымской минерагенических провинций и Охотско-Чукотского минерагенического пояса (рис. 6). Месторождения полезных ископаемых в каждом из этих минерагенических таксонов первого порядка существенно отличаются по видам полезных ископаемых, формациям и возрасту. Однако определяющими при выделении провинций были различия в части металлических полезных ископаемых. Интересующая нас область целиком попадает в Верхояно-Колымскую минерагеническую провинцию.

СХЕМА МИНЕРАГЕНИЧЕСКИХ ПРОВИНЦИЙ

Масштаб 1 : 5 000 000

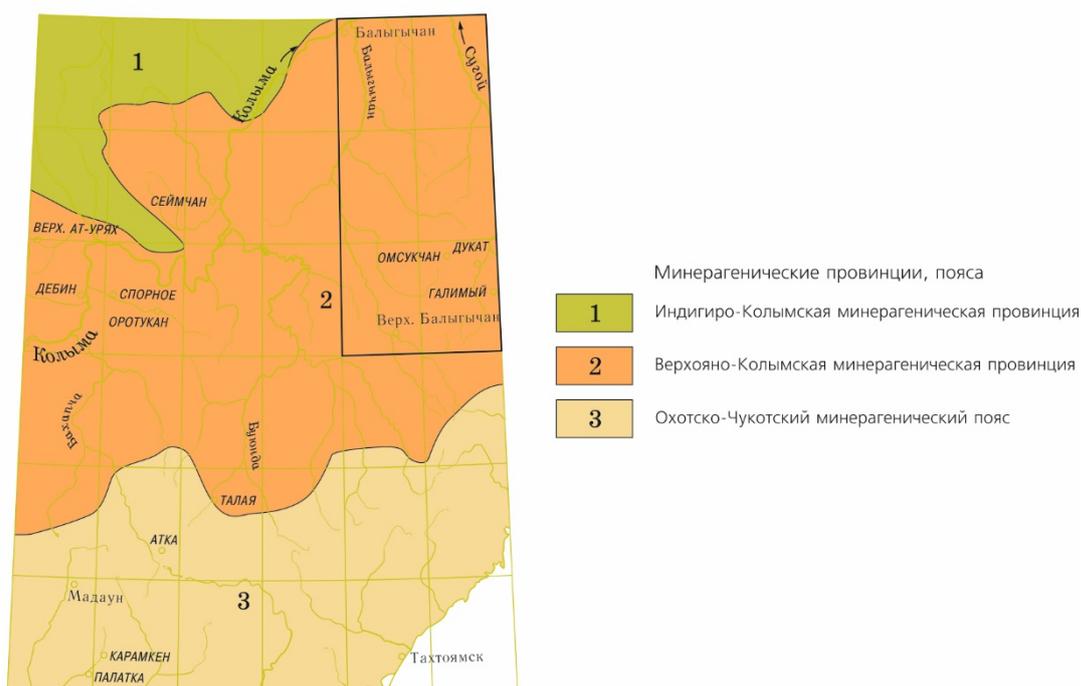


Рис. 6. Схема минерагенических провинций, масштаб 1 : 500 000 (автор – Кузнецов В.М.)

На территории листа Р-56 представлена юго-восточная часть Верхояно-Колымской минерагенической провинции. Границы провинции примерно соответствуют границам Яно-Колымской складчатой системы. В рамках листа выделяются Сеймчанская, Иньяли-Дебинская, Детринская, Балыгычано-Сугойская минерагенические зоны и Балыгычанская минерагеническая область. Кроме того, выделяется два рудных узла за пределами минерагенических зон.

Как видно из рисунка 7, Балыгычано-Сугойская олово-золото-сереброрудная минерагеническая зона практически полностью контролирует Балыгычано-Сугойский прогиб и включает в себя два района: Нягаинский серебро-золото-оловорудный (с Егорлыкским оловорудным узлом) и Омсукчанский олово-золото-сереброрудный район (с 5 узлами – Арылахским серебро-золоторудным, Джагынским золото-серебро-оловорудным, Коридорским золото-сереброрудным, Бастойским оловорудным и Галимовским оловорудным).

Балыгычано-Сугойская олово-золото-сереброрудная минерагеническая зона (7 Ag,Au,Sn/K) протягивается в субмеридиональном направлении вблизи восточной рамки листа. Четко выделяется как весьма насыщенная золото-серебряными и оловорудными месторождениями зона, примерно совпадающая с протяженным Балыгычано-Сугойским орогенным прогибом, выполненным меловыми континентальными осадочными и

вулканогенными толщами. Зона также насыщена крупными плутонами гранитоидов позднемелового омушчанского комплекса, штоками диоритов и гранодиоритов ранне-позднемелового быстринского комплекса, субвулканическими телами кислого состава позднемеловых шороховского и надеждинского комплексов. Самыми молодыми магматическими образованиями зоны являются позднемеловые дайки трахибазальтов и трахириолитов джагынского комплекса.



Рис. 7. Минерогенетическое районирование БСП, масштаб 1 : 1 000 000 (автор – Кузнецов В.М.)

В физических полях зона выделяется четко выраженной отрицательной аномалией поля силы тяжести, распадающейся внутри на ряд более мелких линейных зон и изометричных участков и цепочкой локальных положительных аномалий магнитного поля.

Внутри зоны выделяется три линейно-вытянутых рудных района: два олово-золото-сереброрудных и один серебро-золото-оловорудный. Однако такое деление довольно условно: так, в существенно сереброрудных районах присутствуют оловорудные узлы и зоны, и наоборот.

Нагаинский серебро-золото-оловорудный район (7.1 Sn,Au,Ag/K2) размещается в северной части зоны. Состоит из Егорлыкского оловорудного узла (7.1.1 Sn), приуроченного к Егорлыкскому гранитному массиву позднемелового омсукчанского комплекса, и разрозненных проявлений золота и серебра. Оловорудные месторождения узла принадлежат в основном к оловорудной силикатно-сульфидной формации. Омсукчанский олово-золото-сереброрудный район (7.2 Ag,Au,Sn/K2) занимает восточную часть Балыгычано-Сугойской зоны. В прошлом Омсукчанский район являлся важной сырьевой базой оловодобычи. Олово добывалось из коренных и россыпных месторождений. Впоследствии на его территории были обнаружены золоторудные и сереброрудные объекты, которые определяют металлогенический профиль района в настоящее время.

В пределах Омсукчанского района выделяется пять рудных узлов различного профиля: Арылахский серебро-золоторудный (7.2.1 Au,Ag), Джагынский золото-серебро-оловорудный (7.2.2 Sn,Ag,Au), Коридорский золото-сереброрудный (7.2.3 Ag,Au), Бастойский оловорудный (7.2.4 Sn), Галимовский оловорудный (7.2.5 Sn). Золоторудные и сереброрудные узлы приурочены к вулканоструктурам ранне-позднеюрского возраста, а оловорудные — к массивам гранитоидов позднемелового омсукчанского комплекса.

Основными факторами, контролирующими оруденение в Омсукчанском районе, являются:

- структурно-тектонический — приуроченность золото-сереброрудных узлов к ранне-позднемеловым вулканоструктурам (вулканотектоническим депрессиям и куполам);
- магматический — развитие вулканитов шороховского и гранитоидов быстринского комплексов, являющихся рудоматеринскими, рудогенерирующими и рудовмещающими для месторождений золота и серебра; массивы лейкократовых гранитов омсукчанского комплекса, являющиеся рудоматеринскими, рудогенерирующими и рудовмещающими для оловянного оруденения и определяющими размещение оловорудных узлов;

— литолого-стратиграфический — надеждинская и аскольдинская свиты и ассоциирующие с ними субвулканические тела кислого состава, вмещающие золото-серебряное оруденение;

— глубинно-геофизический — наличие глубинных магматогенных зон, установленных по участкам сейсмической прозрачности на профиле МОВТ-ОГТ и прослеженных по линейным отрицательным аномалиям поля силы тяжести (определяют положение рудного района в целом).

Кэнский олово-золото-сереброрудный район (7.3 Ag,Au,Sn/K2) занимает западную часть Балыгычано-Сугойской зоны. В прошлом также имел важное значение в оловодобыче. В настоящее время район представляет собой главную сырьевую базу России по серебру. Здесь находится одно из крупнейших в мире сереброрудное месторождение Дукат (Ш-6-40).

В пределах Кэнского района выделяется шесть рудных зон и узлов различного профиля: Каховский золото-сереброрудный узел (7.3.1 Ag,Au), Дукатская золото-сереброрудная зона (7.3.2 Ag,Au), Маякская (Останцовская) оловорудная зона (7.3.3 Sn), Невская оловорудная зона (7.3.4 Sn), Гольцовская золото-сереброрудная зона (7.3.5 Ag,Au), Пестринский серебро-оловорудный узел (7.3.6 Sn,Ag). Пространственное размещение рудных зон и узлов проявляет четкую симметричную зональность рудного района. Осевая часть района представлена в основном золото-серебряными месторождениями. Эта благороднометалльная полоса (Каховский узел, Дукатская и Гольцовская зоны) протягивается вдоль внутреннего вулканического прогиба, выполненного позднемеловыми кислыми вулканитами шороховской свиты и ранне-позднемеловыми андезитоидами каховской свиты (Кэнская лавовая полоса). Вместе с тем, наиболее важные объекты (месторождение Дукат) приурочены к выходам наиболее древних элементов разреза (аскольдинская свита). Периферические части Кэнского района представлены оловорудными зонами и узлами (Маякская, Невская зоны, Пестринский узел). Как и в других районах Балыгычано-Сугойской зоны, они ассоциируют с выходами гранитоидов позднемелового омсукчанского комплекса.

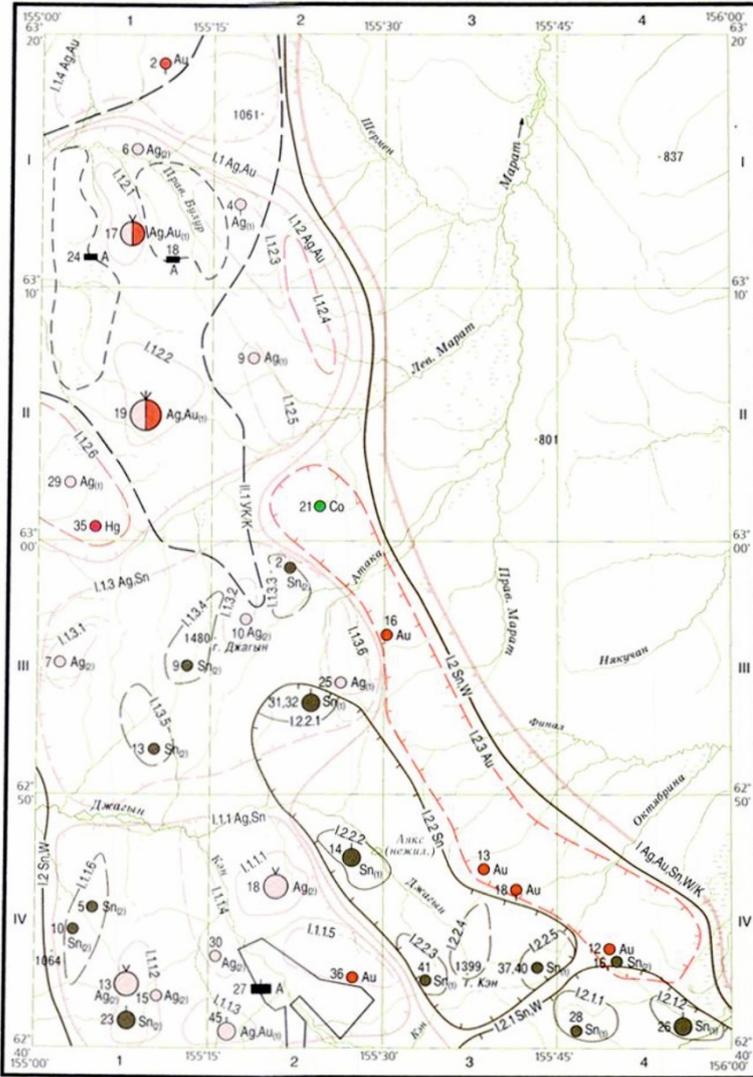
Основными факторами, контролирующими золото-серебряное оруденение в Кэнском районе, являются:

— структурно-тектонический — вулканоструктуры и интрузивно-купольные поднятия мелового заложения, определяющие размещение рудных полей;

- магматический — развитие вулканитов позднемелового шороховского комплекса, являющегося рудоматеринским, рудогенерирующим и рудовмещающим для золото-серебряного оруденения (определяет размещение рудных зон и узлов);
- литолого-стратиграфический — меловые каховская и аскольдинская свиты и ассоциирующие с ними субвулканические тела кислого состава, вмещающие золото-серебряное оруденение (контролирует оруденение по району в целом);
- explosивно-гидротермально-метасоматический — развитие explosивных брекчий, проявление углеродистого метасоматоза (Филимонов и др., 2004);
- глубинно-геофизический — наличие глубинных магматогенных зон, установленных по участкам сейсмической прозрачности на профиле МОВ-ОГТ и прослеженных по линейным отрицательным аномалиям поля силы тяжести (определяет положение золото-серебрудных и оловорудных зон и узлов по району в целом);
- изотопно-геохимический — повышенные концентрации изотопа ^3He в газово-жидких включениях кварца жильных тел.

С юга от исследуемой мной территории расположено крупное золото-серебряное месторождение Лунное. Оно принято за эталонный объект для сравнения геологической обстановки, минерального состава и ассоциации рудных элементов (рис. 8).

СХЕМА МИНЕРАГЕНИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- I Ag,Au,Sn,W,K — Омсукчанская вольфрам-олово-золото-серебряная минерогеническая зона и ее возраст
- L1 Ag,Au — Дулатский золото-серебруродный район
- L12 Ag,Au — Арылахский золото-серебруродный узел
- L12.1 — Золото-серебруродные поля: L12.1 — Арылахское, L12.2 — Лунное
- L14 Ag,Au — Прогнозируемый Светлинский золото-серебруродный узел

Рис. 8. Схема минерогенического районирования для листа Р-56-ХII, масштаб 1 : 500 000 (автор - Ливач А.Э.)

Арылахский рудный узел (650 км²) расположен в междуречье Прав. и Лев. Булур и Лев. Марата, структурно приурочен к Арылахской резургентной депрессии, выполненной терригенными угленосными отложениями омсукчанской серии, обрамлённой выходами вулканитов аскольдинской, каховской и шороховской свит. В геохимическом поле узел выделяется обширной комплексной аномалией по потокам рассеяния и вторичным ореолам Au, Ag, Pb, Zn, Mn и Cu. Арылахская депрессия осложнена локальными интрузивно-купольными поднятиями, которые контролируют размещение Арылахского и Лунного рудных полей. В гравитационном поле рудный узел выражен отрицательной аномалией поля силы тяжести.

Лунное рудное поле (26 км²) расположено в междуречье Арылаха, Лев. Булура и Луны, в южной части Арылахского рудного узла, в области сочленения Арылахского интрузивно-купольного поднятия и Маршрутной вулканотектонической депрессии. Рудное поле разделяется на три участка: Северный, Центральный и Южный, которые различаются структурной позицией, минеральным типом руд и их формационной принадлежностью, что отчётливо выражено их аномальными геохимическими полями.

Северный участок охватывает Арылахское интрузивно-купольное поднятие, сложенное осадочными породами уликской и галимовской свит, которые в центре структуры интродуцированы гранитоидами быстринского комплекса Арылахского массива, аналогичными изучаемым. Гранит-порфиры и вмещающие породы на расстоянии 50 – 200 м от массива грейзенизированы и фельдшпатизированы, вмещают турмалин-мусковит-хлорит-кварцевые жилы с убогой вольфрамовой и оловянной минерализацией. Все породы участка в разной степени изменены: в осадочных породах, особенно в песчаниках, развиты полнопроявленные аргиллизиты, состоящие из кварца, серицита, гидрослюд, монтмориллонита, биотита и пирита; по гранит-порфирам массива развиваются высокотемпературные актинолит-эпидотовые пропилиты, но особенно широко проявлены низкотемпературные хлорит-эпидотовые пропилиты, которые развиты по гранитоидам штока, субвулканическим дацитам, диоритовым порфиритам и осадочным породам омсукчанской серии. На участке выявлены жильные зоны I, II, III и IV, промышленные руды разведаны в зонах I и II. В геохимическом поле Северный участок выделяется комплексным ВГХО рассеяния (II-1-15) с высокими концентрациями Ag, As, Au, Bi, средними концентрациями Pb, Cu, Sb, W и низкими - Zn, Co, Mo, Mn.

Центральный участок Лунного рудного поля сложен осадочными породами омсукчанской серии, которые прорваны многочисленными малыми штоками, дайками и силлами гранодиорит-порфиров и диорит-порфиритов быстринского комплекса и субвулканическими андезитами каховского комплекса. На площади широко развиты кварц-хлоритовые, в меньшей степени хлорит-эпидотовые пропилиты, которые вмещают жильные зоны V, VI, VII и VIII. Иногда кварц-хлоритовые пропилиты вмещают узкие зоны пирит-серицит-кварцевых березитов, контуры которых нередко совпадают с границами жильных зон.

Центральный участок рудного поля характеризуется комплексным ВГХО рассеяния (II-1-17) с высокими концентрациями Ag и Au, средними – Pb, Bi, Mn, Co, низкими – As, Zn, Cu, Mo.

Южный участок Лунного рудного поля сложен андезитами каховской свиты, риодацитами шороховской свиты и подстилающими их алевролитами, и песчаниками галимовской

свиты. Породы прорваны субвулканическими телами андезибазальтов, андезидацитов, риодацитов и риолитов. Вулканиты слагают локальную Маршрутную кальдеру. Они слабо пропицитизированы. Риодациты вмещают узкие зоны пирит-серицит-гидрослюдисто-кварцевых березитов, которые почти полностью совпадают с жильными зонами IX и X. Южный участок в геохимических полях выражен комплексным ВГХО рассеяния зоны X (П-1-21) с высокими концентрациями Ag, Au, Pb, As, средними – Sn, Bi, Mn, Sb, низкими – Zn, Co, Cu, W, а также узким линейным высококонтрастным ВГХО рассеяния серебра минерализованной зоны IX.

Всего на площади Лунного рудного поля выявлено около 80 рудных тел различной морфологии и минерального состава: жилы, прожилковые зоны, минерализованные зоны дробления. Жилы выявлены во всех разновидностях пород рудного поля. Выделяются два типа жил: метасоматические и жилы выполнения. Мощность жил выполнения варьирует от 0,4 до 22,0 м, метасоматических – 0,1 – 12,0 м; длина первых – 1,0 – 1,2 км, вторых – от 50 до 600 м, редко до 1000 м, а в среднем - 300 – 400 м. По падению жилы прослеживаются на 50 – 360 м, редко до 480 м. Жилы имеют линзовидную или плитообразную, реже чётковидную форму. Для них характерны многочисленные апофизы, коленообразные изгибы, раздувы и пережимы. По простиранию и падению жилы ветвятся, распадаются на прожилки и далее выклиниваются. Изредка встречаются жильные пучки шириной 50 – 70 м (жильная зона I) или структуры типа "конского хвоста", обращённые расщеплённой частью к дневной поверхности (зона VII). Выделено 6 стадий минералообразования жил (от ранних к поздним): кварц-адуляр-пиритовая, ранняя кварц-сульфидная, родохрозит-родонит-сульфидная, полиметаллическая, поздняя кварц-сульфидная, карбонатная или карбонатно-кварц-сульфидная. В жилах количество рудных минералов колеблется от долей процента до 5%, иногда достигает 20%. Рудные минералы распределены крайне неравномерно, присутствуют в виде мелкой вкрапленности, гнезд размером 5 – 30 см, линзовидных обособлений. Отмечается закономерная приуроченность рудных минералов к зальбандам жил, чаще к висячим, чем к лежачим. Сульфиды представлены пиритом, галенитом, сфалеритом, халькопиритом, арсенопиритом, марказитом и пирротинном. Главные минералы серебра в жилах: акантит, самородное серебро, пирсеит; второстепенные – агвиларит, полибазит, пираргирит, прустит; редко встречаются фрейбергит, стефанит, овихиит, андорит, штромейерит, маккинстриит, кюстелит, науманит. В жильных зонах IX и X не установлены кварц-адуляр-пиритовая, ранняя кварц-сульфидная и родохрозит-родонит-сульфидная стадии минералообразования. Кварц-адуляровые и кварц-карбонатные жилы с хлоритом, эпидотом, пиритом и арсенопиритом (зона VIII) представляют подрудный уровень

эрозионного среза и не несут промышленных концентраций серебра. Общим признаком продуктивных минеральных ассоциаций, кроме полиметаллической, является их малосульфидность (1 – 3%). Зона окисления на рудном поле развита очень слабо.

Месторождение Лунное (II-1-19) открыто в 1987 году (Горшков, 1990; Григорьев и др., 1978; Колесников и др., 1987), разведывалось с 1992 года. В пределах рудного поля разведаны жильные зоны I, II, V, VII и IX. В последней сосредоточено 80,2% запасов серебра и золота, в зоне V – 10%, в VII – 8,4%, в I и II – по 0,7% в каждой.

Жильная зона IX имеет ширину 80 – 100 м, протяжённость 900 м, прослежена на глубину 320 м. Она образована серией сближенных субпараллельных жил СВ (50 - 55°) простирания, погружающихся к ЮЗ под углами 65 - 80°. Зона контролируется субширотным Лунным разломом, по которому опущен южный блок. Апофизы отходят от жил в северном направлении, а в южном, опущенном по разлому блоке, жильных образований не выявлено. С поверхности она фиксируется линейной высококонтрастной (150 г/т) аномалией серебра и аномалиями электрического поля (метод СДВР). В центральных частях первичных ореолов преобладают Ag, Au, Pb, Sb, а на периферии – Cu, Zn, Mo, As, Sn, Bi. В зоне выявлено 4 продуктивные жилы, а наиболее богатая примыкает к Лунному разлому и расположена в пирокластических породах каховской свиты и подстилающих отложениях. В перекрывающие их игнимбриты шороховской свиты жильные образования не проникают, но над жилами развиты аргиллизиты. При переходе из осадочных пород в вулканические морфология жил и их продуктивность остаётся без изменений. Жилы кальцит-кварц-сульфидные убогосульфидные (сульфидность 0,7%). Промышленные рудные тела сгруппированы в компактную линейную полосу шириной 50 – 150 м, длиной 850 м. Мощность рудных тел 2, 3 и 4 варьирует от 2,2 до 5,3 м, длина – от 240 до 700 м. На глубину прослеживаются до 70 - 360 м. Средние содержания золота 0,6 – 5,5 г/т, серебра – 207,6 – 690,2 г/т. С глубиной длина рудных тел возрастает до 450 – 700 м.

Мощность рудного тела 1 варьирует от 0,8 до 29,8 м, длина его 760 м, вертикальный размах оруденения 220 – 480 м, средние содержания золота от 0,2 до 5,0 г/т, серебра – 107,8 – 1164,2 г/т.

Рудное тело 5 недоразведано, для него характерно наличие богатых линз и гнёзд с содержанием серебра 2 – 5 кг/т. В узлах сочленения рудоконтролирующих разрывных структур и жильной зоны, чаще СВ и субширотной ориентировки, располагаются рудные столбы эллипсоидальной формы (размер 20 x 50 м), которые прослеживаются по падению на 150 – 250 м; в них концентрируется около 70% запасов золота и серебра.

Текстура руд прожилково-вкрапленная, брекчиевая, крустификационная, кокардовая, массивная, пятнистая, полосчатая. Рудные минералы находятся в виде вкрапленности, гнёзд, тонких прожилков в кварце, реже в кальците. Главный серебросодержащий минерал в руде – акантит. По минеральному составу руды относятся к кварц-кальцит-акантитовому типу золото-серебряной формации. Они слабо окисленные, легко обогатимые. Соотношение золота к серебру в руде колеблется от 1:3 до 1:500, в среднем 1:170. Температура образования кварц-кальцитовых руд 120 - 220°C, их возраст 87 млн. лет (Стуржков и др., 1994; Стуржков, 1992).

Жильная зона V залегает в гранодиорит-порфирах быстринского комплекса (северный фланг) и в породах галимовской свиты (южный фланг). Её длина 1700 м, мощность около 80 м, простирание СВ 30°, падение субвертикальное. Жильную зону образуют стволовая жила (мощность 8 м) с апофизами в обрамлении мощных жил и прожилковых зон. Минеральный состав жил в зоне и их рудоносность зависят от состава вмещающих пород: в осадочных породах жилы кварцевые и кварц-пиритовые с низкими содержаниями золота и серебра, а в гранодиорит-порфирах состав жил переменный – кварцевый, кварц-полевошпатовый, кварц-родонитовый с сульфидами и с высокими содержаниями серебра. В жильной зоне разведано наиболее мощное и протяжённое на месторождении рудное тело. Его средние параметры: мощность 3,1 м, длина 840 м, вертикальный размах оруденения 130 – 240 м, содержание золота 0,2 г/т, серебра – 302,9 г/т. Основным серебросодержащим минералом руды является акантит, который в виде выделений неправильной формы (размер 0,006 – 0,2 мм) содержится в родонит-родохрозитовом агрегате в тесной ассоциации с пиритом. Руды существенно серебряные, отношение золота к серебру 1:900 – 1:2500.

Жильная зона VII по условиям залегания, строению и минеральному составу близка зоне V. Минеральный состав жил в зоне кварц-родонитовый, кварц-родонит-сульфидный, кварц-родонит-адуляровый обычно с примесью кальцита. Для жильной зоны характерны бонанцевые руды. Так, в рудном теле 3 в бонанцах содержание золота 8,0 г/т, серебра – 5363,2 г/т при среднем содержании по рудному телу соответственно – 1,4 г/т и 914,5 г/т. Кварц-родонит-адуляровые руды образовались при температуре 190 - 400°C. Их возраст 87 ± 2 млн. лет (определён Rb-Sr методом по адуляру при $Sr_0 = 0,7051 \pm 6$, СКВО = 0,11 (Стуржков и др., 1994).

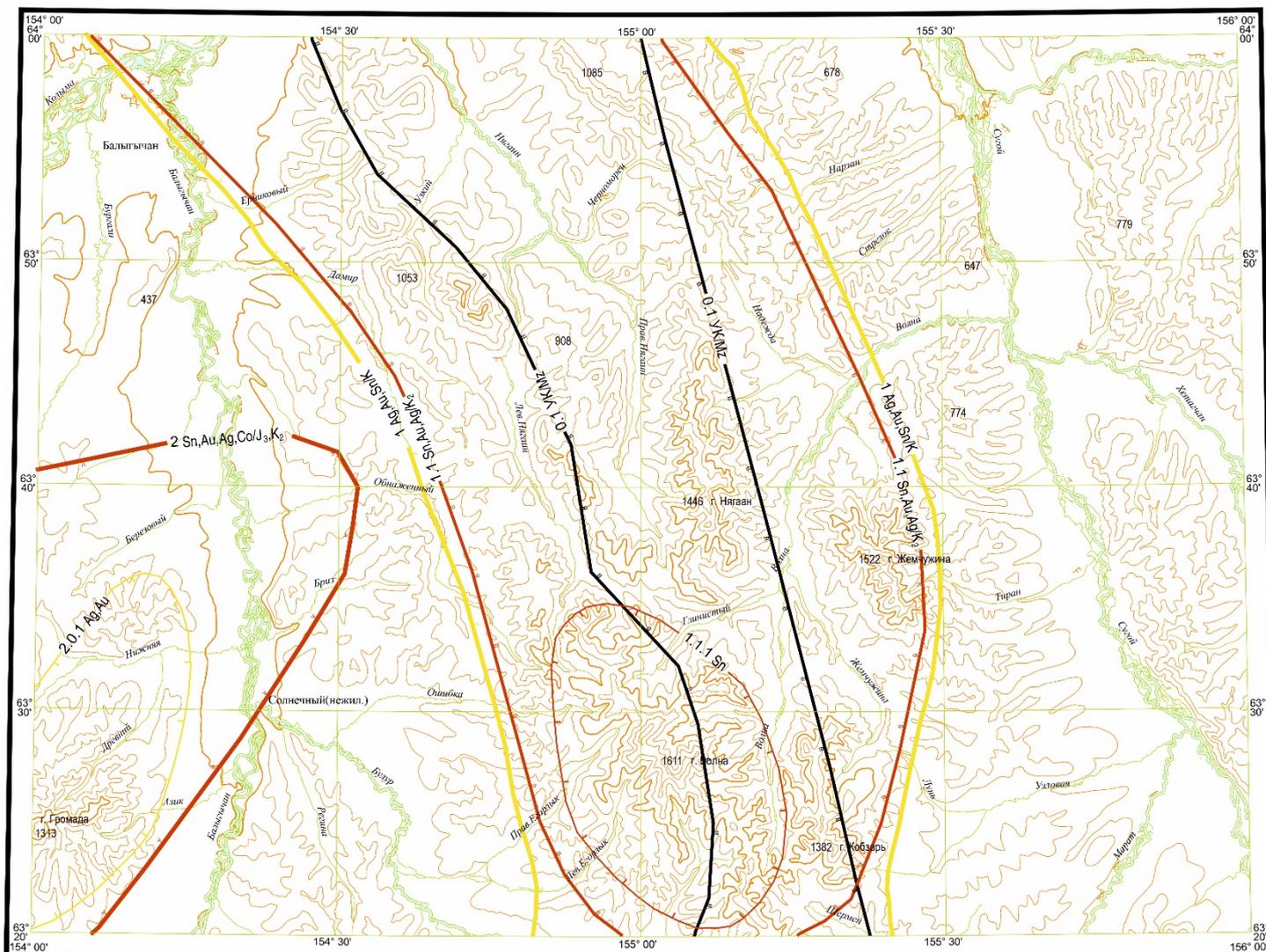
Жильные зоны I и II расположены в кварцевых монцонитах и гранодиоритах быстринского комплекса в зоне эндоконтакта Арылахского массива и в осадочных породах галимовской свиты. Зона I образована множеством субпараллельных и

кулисообразных жил в ореоле прожилковых зон. Состав жил кварцевый, кварц-сульфидный, кварц-родонитовый, кварц-полевошпатовый, кварц-хлоритовый. Протяжённость жильных тел 60 – 350 м, мощность – до 5 м. Содержание серебра в кварцевых и кварц-полевошпатовых жилах редко превышает 40 г/т; в кварц-сульфидных, кварц-хлоритовых и кварц-родонитовых жилах – 300 – 600 г/т.

Жильная зона X расположена западнее зоны IX в верховьях Лев. Булура. Её составляют жилы и прожилковые зоны (около 15 тел) преимущественно карбонатного, кварц-карбонатного, реже кварц-карбонат-сульфидного и галенит-кварцевого состава, залегающие в изменённых андезитах каховской свиты и подстилающих их осадочных породах галимовской свиты. Простираение жильных образований субмеридиональное, падение субвертикальное, длина до 350 м, мощность, в среднем, около 1 м. Практический интерес в зоне представляют только галенит-кварцевые жилы. Они имеют сложную морфологию: короткие "стволовые" жилы по простиранию ветвятся или быстро выклиниваются, сопровождаются зонами прожилкования, короткими линзами и зонами с гнездовой вкрапленностью сульфидов во вмещающих породах. Галенит-кварцевые жилы располагаются в зонах дробления. Верхние части жил сложены галенитом (90% объёма), кварцем, блёклыми рудами, сульфосолями серебра и свинца. Здесь серебро присутствует в высоких концентрациях – 200,0 – 2097,3 г/т на мощность 0,9 – 3,0 м. На глубине 100 – 150 м галенит сменяется сфалеритом и пиритом, содержание серебра снижается до первых десятков г/т. Зона X не разведана, перспективна на обнаружение промышленных запасов руд серебро-поли-металлической формации.

Участок площади входит в состав Верхояно-Колымской минерагенической провинции и включает в себя Балыгычано-Сугойскую олово-золото-сереброрудную минерагеническую зону (1 Ag, Au, Sn/K), которая в свою очередь состоит из Нягаинского и Омсукчанского рудных районов (рис. 9).

СХЕМА МИНЕРАГЕНИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ



1 : 500 000
 км 5 0 5 10 15 км

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- 1 Ag, Au, Sn/K Балыгычано-Сугойская олово-золото-сереброрудная минерагеническая зона
- 1.1 Sn, Au, Ag, K₂ Нягаинский серебро-золото-оловорудный район
- 1.1.1 Sn₁ Егорлыкский оловорудный узел
- 2 Sn, Au, Ag, Co, U₃, K₂ Сеймчанская кобальт-серебро-золото-оловорудная минерагеническая зона
- 2.0.1 Ag, Au Громадинский золото-сереброрудный узел
- Площади мезозойского угленакопления
- 0.1 УК/Мз Омсукчанская (угленосный район)

Рис. 9. Схема минерагенического районирования листов Р-56-V, VI, масштаб 1 : 500 000 (автор – Червяков Р.В.)

Нягаинский серебро-золото-оловорудный район (1.1 Sn,Au,Ag/K2) практически полностью пространственно совпадает с Балыгычано-Сугойской МЗ. К нему приурочена большая часть месторождений цветных и благородных металлов. В пределах Нягаинского РР выделяется Егорлыкский оловорудный узел (1.1.1 Sn). Егорлыкский РУ оконтуривает одноименный массив омсукчанского комплекса, с которым генетически связаны месторождения и проявления олова.

В пределах листов Р-56-V, VI объекты золото-серебряного оруденения представлены проявлениями и пунктами минерализации золото-кварцевой, золото-серебряной, а также золото-редкометальной рудных формаций.

Проявления золото-кварцевой рудной формации распространены практически на всей территории листов. Они представлены маломощными, редко до 4 м, а чаще 0,1-0,5 м, жилами молочно-белого кварца, иногда с кальцитом без видимой рудной минерализации. Протяженность жил редко превышает 100 м, а чаще составляет 10-50 м. Содержание Au в жильном материале составляет 0,1-1 г/т. Жилы пересекают мезозойские отложения Сугойского синклиория и Балыгычано-Сугойского прогиба.

Наиболее перспективными являются проявления золото-редкометальной рудной формации. Они представлены рядом многочисленных сближенных жил и линейных прожилковых зон в теле Егорлыкского массива омсукчанского комплекса и Громадинского массива быстринского комплекса. Также часть проявлений представлена в зоне экзоконтакта Маратского массива быстринского комплекса.

Расположенные в юго-западном экзоконтакте массива Марат проявления представляют собой кварц-сульфидные жилы мощность от 0,1 до 0,4 м и длиной до 100 м. Жилы простираются меридионально. Они секут ороговикоманные и сульфидизированные глинистые сланцы мэманской толщи или туфогенные песчаники октябринской свиты. Жильная масса сложена белым крупно- или мелкокристаллическим кварцем с редкой вкрапленностью зерен пирита. Содержание Au не превышает 0,5 г/т.

Также к перспективным можно отнести проявления золото-серебряной рудной формации. Они расположены в пределах или по обрамлению Балыгычано-Сугойского прогиба в центральной или северной части территории листов. Данные объекты представляют собой единичные кварцевые жилы среди верхнемеловых риолитов, кварц-турмалиновые жилы в гранитах и гранодиоритах, либо зоны окварцевания в риолитах и контактовых роговиках. Содержание Au в этих рудопроявлениях составляет из 0,1-2 г/т, Ag – до 5,4 г/т. Иногда отмечается олово до 0,005%. Мощность жил 0,1-1 м.

К подобному типу золото-серебряных объектов можно отнести и потенциальное рудопроявление серебра и полиметаллов Светлинское в верхнем течении руч. Шермен (рис. 10).

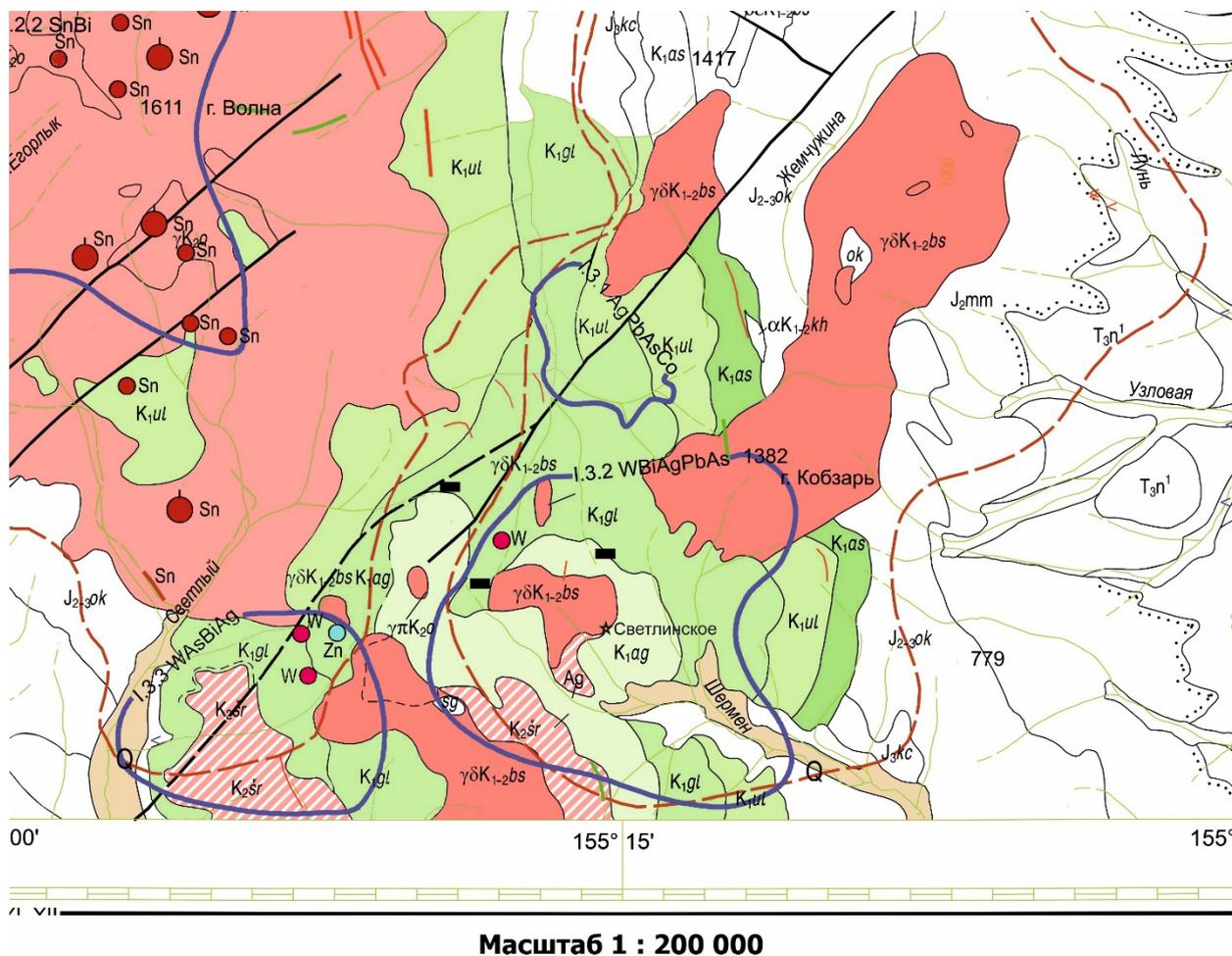


Рис. 10. Детализированный участок минерагенической схемы исследуемой территории, масштаб 1 : 200 000 (автор – Червяков Р.В.)

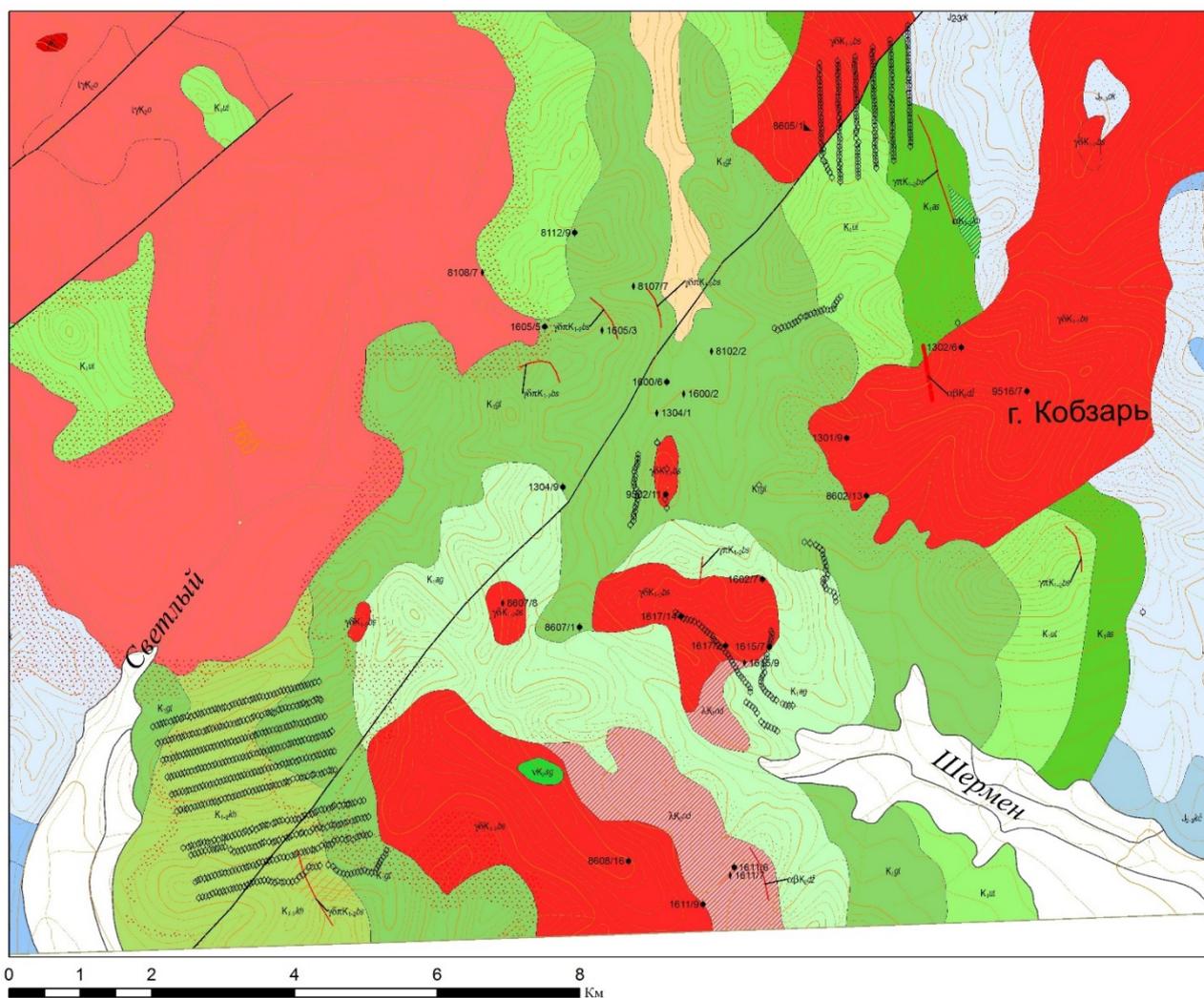
В приконтактовой части дайки диоритов, гранодиоритов наблюдается сульфидная минерализация. Кристаллы галенита достигают 1 см. Содержание Ag – 500 г/т, Pb – 4,85%, Zn – 0,6%.

Таким образом, на изучаемой территории необходимо провести более детальное опоскование на наличие серебряных объектов.

ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материал для магистерской диссертации был получен в рамках проведения работ «Создание ОГХО листов Р-56-V,VI», «Оценка геологической, геофизической и геохимической изученности и подготовка ГДП-200 листов Р-56-V,VI (Балыгычанская площадь)» при моем непосредственном участии.

Геохимические работы по вторичным ореолам рассеяния проводились в масштабе 1 : 25 000 на перспективных участках, одним из которых был район междуречья руч. Светлый и руч. Шермен (Светлинский участок) (рис. 11). Профили пробоотбора проходили через 250 м (1 см в масштабе карты), точки отбора – через 50 м (2 мм в масштабе карты) (Требования..., 2017).



Условные обозначения

◊ - точки отбора почвенного материала

Рис.11. Карта фактического материала (автор - Федорова И.С.)

В пробу отбирался мелкозернистый песчано-глинистый материал элювиально-делювиального генезиса. Глубина отбора проб на участках развития несплошного маломощного почвенного покрова составляет 0,1-0,3 м, что объясняется сложностью рельефа (пробоотбор проходил на склонах курумников) и морфологическим строением профиля горных примитивных почв (рис. 12). Такие почвы, как правило, имеют профиль мощностью менее 10 см. Чаще всего развитие профиля ограничивается близким залеганием плотной породы или породы, содержащей менее 25% мелкозема. Под тонкой прерывистой слабооторфованной подстилкой (2-5 см), образованной отмершими мхами или очесом травянистых растений, залегает маломощный, прокрашенный гумусом темно-коричневый мелкоземисто-щебнистый горизонт АС мощностью 6-10 см, постепенно переходящий в сильнокаменистый обогащенный щебнем элювий и элюво-делювий плотных пород: осадочных, метаморфических или вулканических (Национальный..., 2011). Всего было отобрано 780 проб.



Рис. 12. Общий вид ландшафта (фото – Федорова И.С.)

Все пробы отбирались в матерчатый мешочек и снабжались этикеткой с указанием номера профиля и пикета (рис. 13). Информация о местах отбора проб, условиях их отбора и составе заносилась в журнал полевой документации.



Рис. 13. Пример проботбора в точке (фото – Федорова И.С.)

В полевом лагере пробы просушивались и просеивались через сито с ячейкой 1 мм (рис. 14). Масса просеянной пробы – не менее 200 г. После – упаковывались в крафтовые пакеты для отправки в лабораторию.



Рис. 14. Процесс просеивания пробы через сито с ячейкой 1 мм.

Лабораторные исследования литогеохимических проб проводились в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ методом приближенно-количественного спектрального анализа (испарение из канала-МАЭС) на приборе СТЭ-1 на 45 элементов, из которых были взяты 29 (Ag, Mo, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Bi, As, Sb, V, Sc, Ge, Ga, Be, Ba, Sr, Li, Cr, Nb, W, Sn, Zr, La, Ce, Yb, Y, В). Исследования проводились по способу вдувания-просыпки. Методика основана на испарении вещества порошков геологических материалов, вводимых по способу вдувания-просыпки в электрический разряд – дугу переменного тока. При этом, атомы вещества возбуждаются в плазме электрического разряда и излучают кванты энергии, возвращаясь в стационарное состояние. Излучение разлагается в спектр, и регистрируется дифракционным спектрографом СТЭ-1.

Анализ образцов вмещающих пород вулканогенно-осадочной толщи и интрузивных пород проводился также в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ двумя методами: рентгено-спектральным флуоресцентным для определения породообразующих оксидов, и масс-

спектрометрией с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) для определения редкоземельных элементов и элементов-примесей. Рентгено-спектральный флуоресцентный анализ выполнялся на рентгеновском спектрометре ARL9800 ф. ARL, Швейцария (рис. 15), по методике «Определение содержания основных петрогенных элементов и некоторых микроэлементов в горных породах, почвах, донных и рыхлых отложениях из прессованных таблеток тонкоизмельченного исходного материала проб рентгеноспектральным флуоресцентным методом», МП ВСЕГЕИ № 14/2010, III категории точности. Силикатный анализ выполняется из плавленных таблеток: анализируемую пробу смешивают с флюсом (50% метабората лития и 50% тетрабората лития) в отношении 1:9; смесь плавят в золото-платиновых тиглях на установке Classe Fluxer-Bis фирмы Claisse Fluxer (Канада).



Рис. 15. Рентгеновский спектрометр ARL 9800 ф. ARL



Рис. 16. Квадрупольный масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой Agilent 7700x (Agilent Technologies)

Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ICPMS) происходила на приборе Agilent 7700x (Agilent Technologies) (рис. 16) по методике, разработанной и аттестованной в ЦЛ ВСЕГЕИ: МП ВСЕГЕИ № 10/2010 «Определение макро и микроэлементов (в том числе редкоземельных) методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой в горных породах, почвах и рыхлых отложениях» III категории точности. Пробы перед проведением анализа переводят в раствор одним из следующих способов: 1) сплавление – основан на полном растворении пробы в плавне (флюсе) – метаборате лития – и переведении образующейся смеси твердых комплексных оксидов в раствор азотной кислоты; 2) «полное» разложение проб смесью концентрированных кислот и окислителей – основан на реакциях взаимодействия компонентов пробы с кислотами с образованием солей, растворимых в разбавленной азотной кислоте; 3) разложение «царской водкой» - основан на тех же принципах, что и способ 2, однако, в данном случае возможно лишь частичное переведение в раствор большинства компонентов (силикатная часть при этом не разлагается). Для разложения проб и приготовления растворов используют кислоты квалификации «ос.ч.» с дополнительной очисткой – перегонкой на установке BSB-939-IR фирмы Laborprodukte GmbH., Германия, и деионизованная вода высшей очистки (станция очистки воды фирмы Labconco, США).

Всего этими двумя методами было проанализировано 20 образцов вулканитов и 18 образцов интрузивных пород.

Микрорентгеноспектральные исследования проводились в ресурсном центре СПбГУ «Микроскопии и микроанализа» на приборе HitachiTM 3000, оснащенный приставкой энергодисперсионного микроанализа Oxford, а также в ресурсном центре «Геомодель» с помощью электронного микроскопа HitachiS-3400Nc приставкой энергодисперсионного анализа Oxford X-Max 20.

При пробоподготовке были изготовлены 8 аншлифов различных типов пород от вулканических и интрузивных до метасоматитов.

Микрорентгеноспектральные исследования включали в себя проведение микроанализа для определения состава породы и ее отдельных минеральных фаз, в том числе минералов серебра.

Изучение микроструктур с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ-анализ) выполнено с использованием растрового электронного микроскопа HitachiTM 3000 (Япония, 2010) (рис. 17), который предназначен для получения изображения объекта с высоким пространственным разрешением. Метод основан на принципе взаимодействия электронного пучка с исследуемым объектом. Это позволяет работать в диапазоне увеличений от 40x до 10 000x, что в сотни раз превышает предел увеличения оптического

микроскопа. Для зондирования поверхности используется сканирование по ней сфокусированного пучка электронов. Для формирования изображения используется детектирование различных сигналов, включая вторичные электроны, обратно рассеянные электроны, рентгеновское излучение и ток через образец.



Рис. 17. Растровый электронный микроскоп-микроанализатор ТМ 3000 (HITACHI, Япония)

Информация о составе образца получается при выборе точки исследования, установке в ней электронного пучка, выборе элементов для определения и получении спектра содержаний химических элементов. Чем больше содержание элемента в пробе, тем выше пик элемента на спектре. Расшифровка спектра происходит автоматически при сравнении анализируемой пробы с внутренними эталонами. Кроме того, информация со спектра дублируется данными в таблице состава в пересчете на 100%.

На приборе HitachiS-3400N (рис. 18) с приставкой энергодисперсионного анализа Oxford X-Max 20 обработка спектров производилась автоматически при помощи программного пакета AzTecEnergyс использованием методики TrueQ. При съемке использованы следующие установки: ускоряющее напряжение 20 кВ, ток зонда 1.7 нА, рабочее расстояние 10 мм, время накопления в точке 30 секунд в точечном режиме.



Рис. 18. Hitachi S-3400N

Количественный расчет спектров проведен с использованием стандартных образцов природных и синтетических соединений.

Статистическая обработка анализов проб почвы проводилась в программе STATISTICA 7.

Были проведены корреляционный и факторный анализ для выборки из 780 анализов.

Построения карт осуществлялись в программе ArcMap 10.2.2.

ГЛАВА 4. МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД

Уликская свита (K₁ul) сложена преимущественно песчаниками, алевролитами и аргиллитами.

Алевролиты состоят (60 – 90%) из угловатых или слабо окатанных зёрен кварца, альбитизированного плагиоклаза, небольшого количества обломков кварцитоподобных пород в глинистом цементе. Размер обломков колеблется от 0,01 до 0,05 мм, из них псаммитовых – 6%, алевритовых – 70% и пелитовых – 24%. Глинистый цемент базального, реже плёночного типа, участками превращён в серицит-хлоритовый агрегат. Скопления хлорита размером до 1,5 мм придают породе пятнистость. Рудный минерал (магнетит) неравномерно рассеян в цементе в виде неправильной формы зёрен.

Песчаники состоят из слабо окатанных зёрен кварца (30 – 60%), полевых шпатов (10 – 20%), ороговикованных аргиллитов (15 – 20%), афировых андезитов (10 – 15%), риолитов (5 – 30%), роговиков (5 – 15%) в глинистом цементе плёночного, порового или базального типа; единичны зёрна циркона, апатита и рудного минерала. По цементирующей массе развивается хлорит, серицит-монтмориллонитовый агрегат, иногда отмечаются выделения турмалина.

Галимовская свита (K₁gl) сложена мелко-среднезернистыми песчаниками и алевролитами, чередующимися со слоями аргиллитов.

Песчаники полимиктовые от мелко- до крупнозернистых, грубослоистые массивные, реже параллельно- или косослойчатые. Обломки составляют 60 – 90% объёма пород, в разной степени окатаны, представлены кварцем, полевыми шпатами, риолитами, вулканическими породами основного и среднего состава, алевролитами, песчаниками, халцедоном, роговиками. Цемент глинистый поровый, контактовый, редко базальный, интенсивно изменённый. По цементу развиваются: хлорит, кварц, карбонат, гидрослюды.

Алевролиты – массивные, параллельно- и косослойчатые, содержат 10 – 15% песчаных зёрен (до 0,14 мм). Обломки (50 – 70%) и представлены остроугольными и полуокатанными зёрнами кварца, полевых шпатов, риолитов, осадочных пород, слюд. Слоистость подчёркивается скоплениями углистых и глинистых частиц. Цемент базальный, участками заполнения пор, первично глинистый, обогащённый углистым и рудным минералами, замещается кварцем, хлоритом и гидрослюдами.

Айгурская свита (K_{1ag}) сложена преимущественно светлоокрашенными песчаниками и алевролитами, обычно ритмично переслаиваемыми, реже отмечаются аргиллиты, конгломераты и гравелиты.

Песчаники мелкозернистые состоят из обломков (80 – 90%) кварца (40–50%), полевых шпатов (30 – 40%), фельзитовых риолитов (10 – 15%); встречаются единичные зёрна магнетита. Большая часть обломков хорошо окатана и сортирована. Цемент алеврито-глинистый хлоритизированный и серицитизированный, порового или плёночного типа.

Вулкано-плутоническая ассоциация.

Надеждинский комплекс риолитовый (λK_{2nd}). Экструзивные и жерловые образования распространены в междуречье руч. Светлый и р. Шермен; прорваны гранитоидами быстринского комплекса. Породы интенсивно изменены, в краевых частях содержат большое количество обломков вмещающих пород (айгурской и галимовской свит).

Эксплозивные брекчии – это серые, тёмно-серые плотные порфиroidные породы с афанитовой основной массой. Текстура породы беспорядочная, участками прожилковая, полосчатая, пятнистая, сгустковая. Структура литопорфирокластическая, цемент основной массы – макро-, криптозернистый, бластокластический. Кристаллокласты (0,1 – 1,0 мм) представлены остроугольными зёрнами кварца, пелитизированного альбита (№8 – 10), иногда в сростках со сфеном и апатитом, калиевым полевым шпатом. Альбит и калиевый полевой шпат замещены хлоритом, кальцитом и кварцем. Литокласты представлены обломками осадочных пород, содержащих гидрослюда с лейкоксеном, обломками обуглившейся древесины, сферолитовых риолитов, андезитов, игнимбринов риодацитов. Последние интенсивно хлоритизированы, эпидотизированы, гидрослюдизированы. Основная масса сложена, в основном, гидрослюдой (60 – 70%) с примесью углистого вещества, халцедона, монтмориллонита, хлорита, апатита и бесцветного мусковита (Придатко и др., 1973).

Автомагматические брекчии риолитов - серые, буровато-серые породы брекчиевой и флюидальной текстуры. Они сложены угловатыми и округлыми обломками (20 – 80%) размером от 0,1– 1,0 мм до 5 – 20 см кристалловитрокластических риодацитов, фельзитовых риолитов и чёрных алевролитов, кристаллокластами (5 – 20%) кварца, альбит-олигоклаза (с Ng 11), калиевого полевого шпата. Отмечается игнимбрино- и пеплоподобная структура связующей массы.

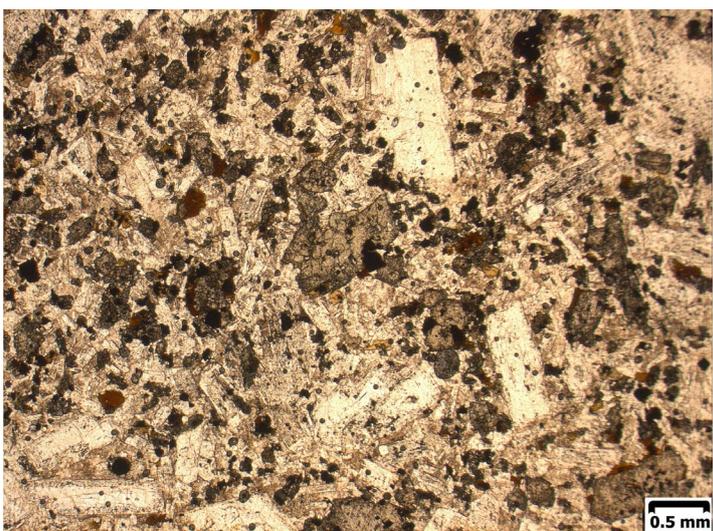
Субвулканические породы комплекса представлены мелко-, средне- и крупнопорфировыми риолитами (λK_{2nd}). Отмечаются постепенные переходы от крупнозернистых риолитов, иногда гранит-порфиров, в центральной части тел до средне-

и мелкопорфировых риолитов - в краевых частях; эндоконтакты тел обычно сложены мелкопорфировыми и афировыми риолитами.

Риолиты светло-серые с зеленоватым, желтоватым, редко розоватым оттенком породы крупнопорфировой структуры (рис. 19). Размеры вкрапленников кварца 3 – 5 мм, плагиоклаза и калиевого полевого шпата от 5 до 15 мм, иногда 3 см. Количество вкрапленников колеблется от 25 до 75%. Фенокристаллы представлены изометричным угловатым кварцем, ксеноморфным ортоклазом, содержащим вросстки альбита, полисинтетическим двойникованным альбит-олигоклазом №1 – 11, редко кислым олигоклазом №16 – 18, крайне редко олигоклазом №20 – 28, биотитом, содержащим симплексические вросстки кварца, роговой обманкой, образующей гломеропорфировые скопления. Основная масса микрогранитная, участками фельзитовая, сложена ксеноморфными зёрнами (0,03 до 0,7 мм) кварца, альбит-олигоклаза и ортоклаза.



Скращенные николи, ув. х40



Параллельные николи, ув. х40

Рис. 19. Риолит надеждинского комплекса

Акцессорные (менее 1%): апатит, циркон, рудный минерал, редко - ортит, рутил, пирит.

По вкрапленникам и основной массе развиваются хлорит, эпидот, кварц, серицит, мусковит, гидроокислы железа, карбонат, крайне редко - турмалин и аксинит (Александров, 1964; Шурыгин, Иевлева, 1967). Породы грейзенизированы, вмещают кварцевые, кварц-хлоритовые и кварц-турмалиновые жилы.

Контактный метаморфизм проявился в вулканитах на 30 – 50 м от контактов субвулканических тел, в терригенных породах омсукчанской серии – 200 - 300 м. Непосредственно у контакта (до 20 м) экструзивных и субвулканических риолитов надеждинского комплекса развиты кварц-полевошпатовые и кварц-кордиерит-биотитовые роговики.

Гидротермально-метасоматические образования представлены площадными и линейными преимущественно меридиональными зонами аргиллизитов (ag), которые вмещают сереброносные сульфидные жилы (sl).

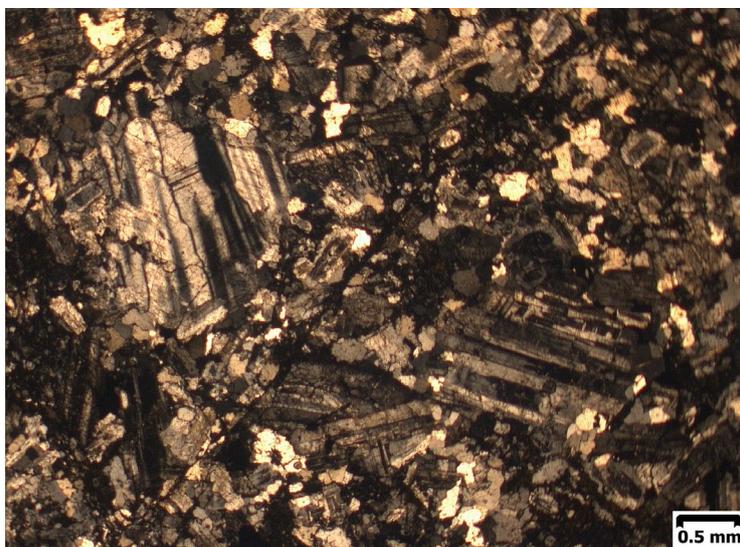
Интрузивные образования

Омсукчанский комплекс лейкогранитовый ($1\gamma 1K_2O$). Лейкограниты первой фазы – серые, светло-серые розоватые или желтоватые, крупно- и среднезернистые порфиroidные породы гранитной структуры с элементами гипидиоморфнозернистой, аллотриоморфнозернистой, участками пегматитовой. Состав (%): кварц - 30 – 36, ортоклаз с включениями альбита – 24 – 47, олигоклаз – 10 – 35, биотит – 2 – 7; акцессорные: апатит, циркон, сфен, ортит, магнетит (рис. 20).

Лейкогранит-порфиры первой фазы содержат 10 – 30% вкрапленников кварца и калиевого полевого шпата размером 0,5 – 7,0 мм; основная масса микрографическая, микрогранитовая, участками микропегматитовая, а в зальбандах тел иногда фельзитовая. Состав (%): кварц – 35, калинатровый полевой шпат – 45, плагиоклаз – 20, биотит – менее 1; акцессорные: циркон, ксенотим, монацит, ортит, апатит, сфен и магнетит (Иевлев, 1966).

Лейкограниты второй фазы ($1\gamma 2K_2O$) светло-серые розоватые мелкозернистые порфиroidные. Вкрапленники (2 – 5 мм) представлены дымчатым кварцем, калишпат-пертитом и альбитом; основная масса гипидиоморфнозернистая, состоит из кварца (56%), калиевого полевого шпата (35%), альбита (7%) и биотита (2%); акцессорные: циркон, ортит.

С лейкогранитами омсукчанского комплекса связано образование зон турмалинизации (tu') и хлоритизации (cl'), турмалиновых и кварц-турмалиновых (tu), кварц-хлоритовых (cl) оловоносных жил. Зоны и жилы залегают в надынтрузивных зонах лейкогранитных интрузий.



Скрещенные николи, ув. х40



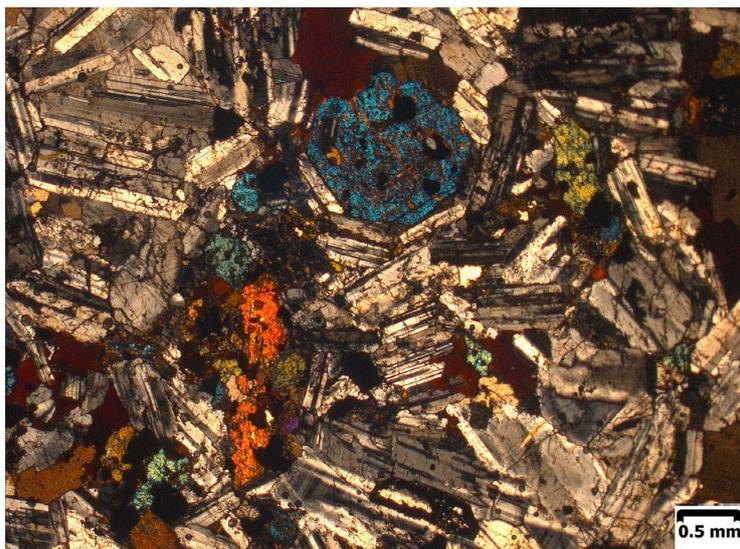
Параллельные николи, ув. х40

Рис. 20. Лейкогранит омсукчанского комплекса

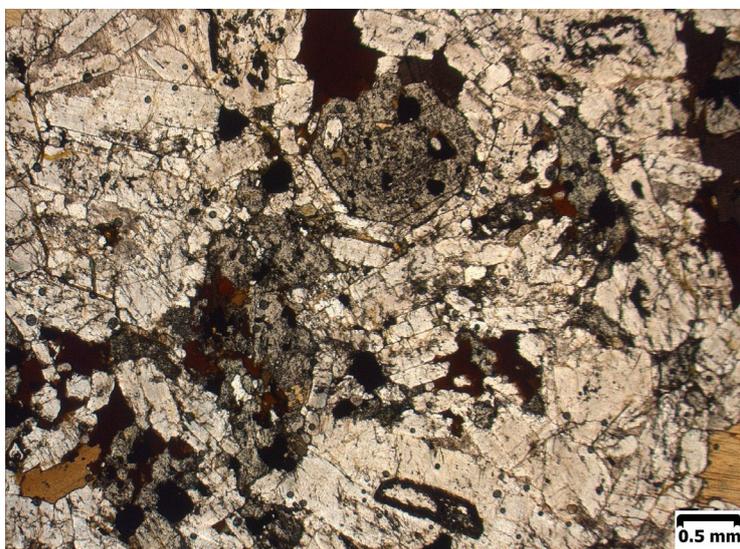
Быстринский комплекс диорит-гранодиоритовый ($\delta, \gamma \delta K_{1-2bs}$)

Диориты и кварцевые диориты – серые, тёмно-серые равномернозернистые мелко-, средне- и крупнозернистые породы призматическизернистой структуры с элементами офитовой или пойкилитовой (рис. 21, 22). Состав: плагиоклаз - андезин, редко лабрадор; акцессорные: циркон, апатит, сфен, магнетит. В кварцевых диоритах клинопироксен не встречается, в монцодиоритах содержится ортоклаз - до 40%, клинопироксен - до 10%, роговая обманка отсутствует. Зальбандовые и апикальные части диоритовых тел обычно сложены породами порфиоровидной и порфировой структуры, трахитоидной текстуры.

Вкрапленники (10 – 40%) в них представлены лабрадором, роговой обманкой и пироксеном. Размер их от 2 до 8 мм.



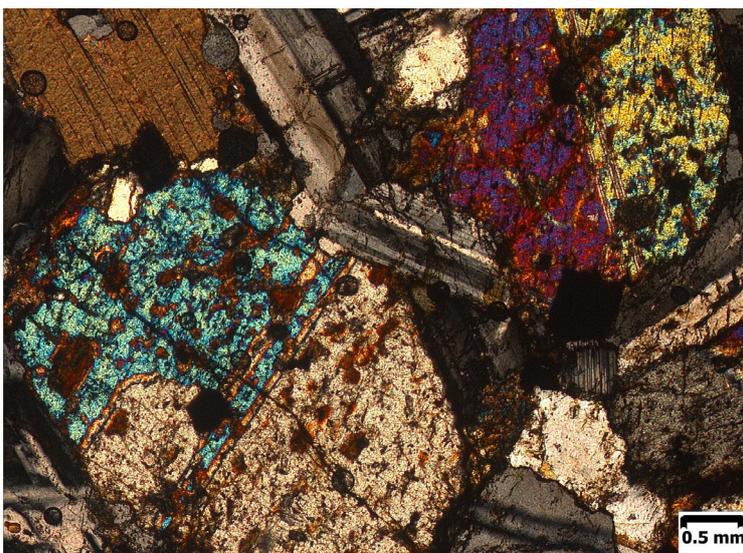
Скращенные николи, ув. х40



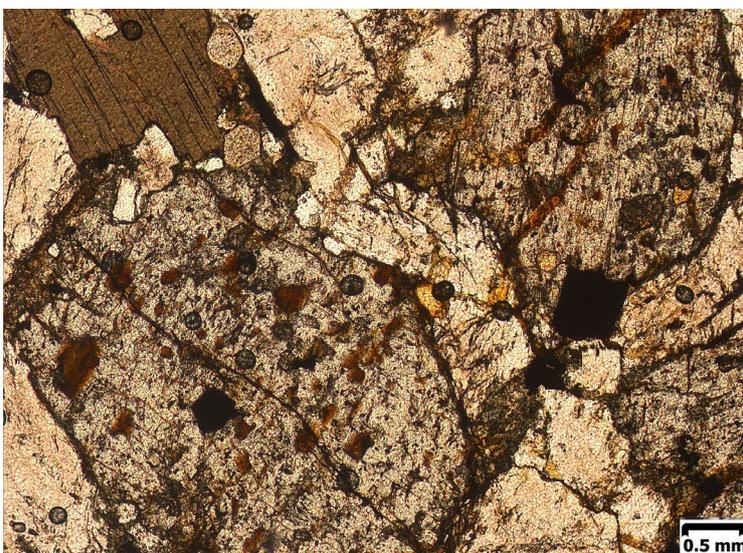
Параллельные николи, ув. х40

Рис. 21. Вт-диорит быстрицкого комплекса

Кварцевые монциты – зеленовато-серые, серые мелко- и среднезернистые равномернозернистые породы призматическзернистой с элементами субофитовой структуры. Состав: олигоклаз-андезин, роговая обманка, калинаровый полевой шпат, кварц, биотит; акцессорные: апатит, циркон.



Скращенные николи, ув. х40



Параллельные николи, ув. х40

Рис. 22. Диорит быстринского комплекса

Гранодиориты – серые, светло-серые мелко- и среднезернистые в центральной части массивов равномернозернистые породы, в краевых частях постепенно приобретают порфировидную и у контактов – порфировую структуру. Основная масса призматическизернистая, у порфировых разностей микропойкилитовая. Вкрапленники (20 – 25%) представлены олигоклазом; акцессорные: апатит, магнетит, сфен, циркон.

Граниты – светло-серые розоватые мелко- и среднезернистые равномернозернистые породы. Андезин в них зональный; акцессорные: апатит, циркон, сфен, магнетит (Филатов, 1979).

Вторичные изменения проявлены во всех породах быстринского комплекса – более интенсивно в породах ранних фаз, менее интенсивно в лейкогранитах третьей фазы. В габбро вторичные минералы составляют 25 – 30% объёма, среди них новообразования биотита - 5 – 7%, эпидота - 2 – 3%, хлорита - 2 – 10%, кварца - 3 – 5%, серицита – до 1%; нередко тёмноцветные минералы полностью замещены вторичными. В кварцевых монцонитах Светлинского массива и у близко расположенных штоков в новообразованиях преобладают (10 – 20%) серицит и хлорит, им подчинены (5 – 10%) карбонат и кварц, ещё меньше (1 – 2%) эпидота, лейкоксена, цоизита. В гранодиоритах и гранитах развиваются кварц, серицит, хлорит, реже биотит, эпидот; их количество не превышает 20%.

С гранитоидами быстринского комплекса связаны грейзенизация (gr') и пиритизация (py') пород. Вдоль восточного контакта Светлинского массива зона грейзенизации прослеживается в песчаниках айгурской свиты и гранитах второй фазы комплекса на протяжении 5 км, шириной 500 – 900 м (в гранитах 50 – 100 м). Грейзенизированные кварц-полевошпатовые песчаники и граниты представляют собой серые, буровато-серые мелкозернистые равномернозернистые пористые породы лепидогранобластовой, с реликтами псаммитовой, структуры. Они сложены пластинчатыми, волокнистыми, иногда сноповидными агрегатами мусковита и тонкозернистого кварца. Размер пластинок мусковита 0,5 – 1,0 мм, редко крупнее. В грейзенизированных гранитах встречаются мелкие скопления (до 3 мм) тонкоигольчатого турмалина в ассоциации с касситеритом. Размер кристаллов не более 0,05 мм, отмечены коленчатые двойники.

Зоны пиритизации контролируются ореолами контактового метасоматоза, их длина среди ороговикованных осадочных пород 3-4 км, ширина 0,2 – 1,5 км, простирание северо-западное. Пирит присутствует в виде пылевидной вкрапленности, тонких прожилков (0,5 - 5,0 мм) и гнёзд (5 – 6 мм); редко отмечается арсенопирит, спорадически халькопирит, пирротин, галенит и сфалерит. Пирит ассоциирует с новообразованиями хлорита и кварца, часто замещается гидроокислами железа, которые окрашивают зоны пиритизации в ржаво-бурый цвет, выделяющий их на местности. Пиритизированные породы содержат повышенные концентрации (0,01 – 0,05%) As, Pb, Zn и Bi; в них присутствуют: Cu, Co, Ag, Sn (Колесников и др., 1987).

ГЛАВА 5. МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД

5.1. Геохимические особенности пород

Вулканиды.

На основании данных о содержании петрогенных оксидов были построены классификационные диаграммы (табл. 1).

Породы вулканического комплекса нормального ряда щелочности представлены основными, средними и кислыми разностями (рис. 23). Пробы исследованного района обозначены кружками. Для сравнения на диаграмму нанесены данные об аналогичных породах эталонного месторождения Лунное. На диаграмме эти пробы обозначены треугольниками.

Таблица 1. Содержание петрогенных оксидов в породах района, %

Оксид	Порода	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	ППП	Сумма	ΣNa ₂ O+K ₂ O	FeO/(FeO+MgO)
1331/8	андезит	74,5	0,39	13,5	1,58	0,73	0,078	0,16	0,35	4,22	2,39	0,077	1,85	99,9	6,61	0,820
8112/9	андезит	62,1	0,63	17,7	0,78	4,36	0,088	2,15	3,99	5,07	1,65	0,21	0,7	99,9	6,72	0,670
9526/1	андезит	51,5	1,09	16,2	2,02	6,10	0,15	6,19	8,43	3,1	1,39	0,099	2,93	99,8	4,49	0,496
6510/14	базальт	47,6	1,86	16	1,95	6,82	0,17	7,84	6,34	4,46	0,44	0,24	5,18	99,7	4,9	0,465
1304/1	дацит	52,5	1,14	17,5	2,15	6,29	0,28	3,53	5,72	4,2	0,65	0,25	5,31	100	4,85	0,641
1327/12	риодацит	73,8	0,36	14,1	2,36	0,30	0,005	0,23	0,086	2,41	4,28	0,074	2,05	100	6,69	0,566
1600/2	андезит	51,2	1,2	17,8	2,36	6,14	0,19	3,12	6,42	4,47	1,07	0,26	5,15	100	5,54	0,663
9518/4	риодацит	69,2	0,68	14,7	1,95	2,05	0,097	0,41	2,18	1,84	2,85	0,11	3,91	100	4,69	0,833
9524/4	трахириолит	71,2	0,44	12,7	6,08	0,13	0,13	0,05	0,005	4,34	4,11	0,025	1,21	100	8,45	0,714
9527/4	риолит	75,8	0,16	13,6	0,96	0,76	0,005	0,28	0,096	4,88	3	0,025	0,78	100	7,88	0,731
9528/1	андезит	70,8	0,42	12,5	5,19	0,76	0,092	0,05	0,059	3,44	5,27	0,025	1,47	100	8,71	0,938
1605/3	риолит	67,2	0,51	16,1	1,58	3,03	0,096	1,27	2,76	4,91	0,46	0,2	1,76	100	5,37	0,705
1611/7	андезит	56,8	0,89	17,4	1,61	8,64	0,15	2,49	4,26	2,7	3,38	0,23	0,71	100	6,08	0,776
1615/9	риолит	73,2	0,3	15,2	0,87	1,90	0,086	0,72	0,37	3,74	1,65	0,079	1,88	100	5,39	0,725
8102/2	риодацит	51,9	1,21	18	2,40	6,06	0,16	3,06	8,56	3,13	0,26	0,26	4,38	100	3,39	0,664
8107/7	дацит	54,6	1,22	18,3	2,20	6,82	0,28	3	5,77	3,49	1,01	0,26	2,45	100	4,5	0,695
8607/8	андезит	52,4	1,01	15,8	2,12	8,57	0,23	4,99	6,33	2,95	2,97	0,2	1,75	100	5,92	0,632
9520/2	андезит	51,8	1,04	16,2	2,18	6,37	0,16	6,06	6,56	3,16	2,51	0,1	3,22	100	5,67	0,512
9526/2	андезит	52,1	1,19	16,1	2,29	6,06	0,16	5,83	7,45	3,58	1,39	0,1	3,21	100	4,97	0,510
1611/6	риолит	76,2	0,035	13,2	0,15	0,70	0,092	0,45	0,68	3,56	4,6	0,025	0,55	100	8,16	0,609
Нижние пределы		0,02	0,05	0,01	0,01	0,25	0,01	0,1	0,01	0,1	0,01	0,05	0,1	98		

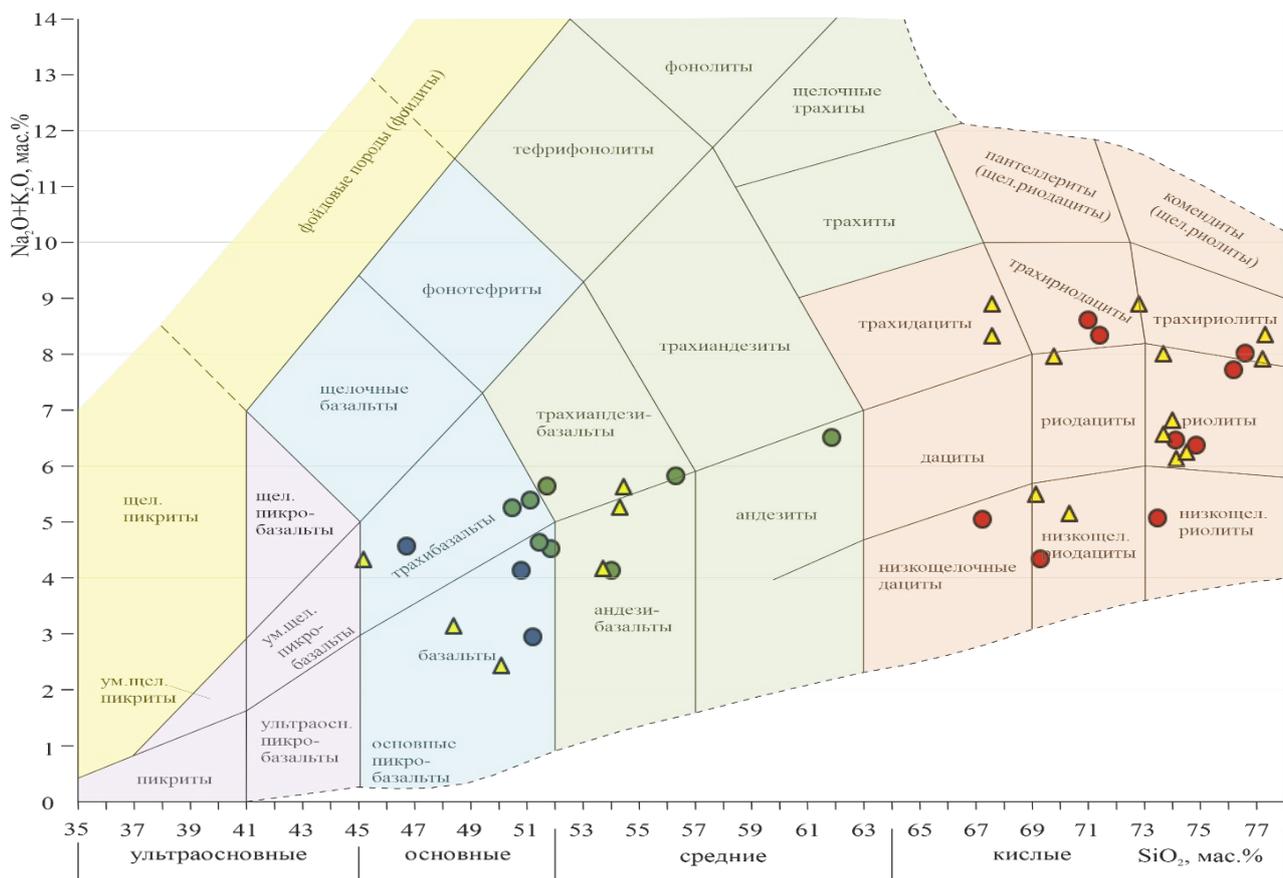


Рис. 23. TAS-диаграмма эффузивных пород района.

Сравнение положения точек эталонного объекта и исследуемой площади позволило выявить сходство составов.

В породах участка были определены содержания REE методом ICP MS. Данные приведены в таблице 2.

Спектры распределения редкоземельных элементов, нормированных по типу пород (по А.П. Виноградову, 1962 и В.В. Ивановой, 1994), изображены на графиках на рис. 24. В среднем, суммарное содержание REE в вулканитах составляет 122,12 ppm (максимальное содержание в риолитах – до 290 ppm, минимальное в базальтах – 93,27 ppm). Среди редкоземельных металлов преобладают легкие (La, Ce, Pr, Nd). Наблюдаются отрицательная тулиевая аномалия во всех породах и европиевая аномалия в риолитах. На графики были нанесены данные об аналогичных породах эталонного объекта Лунное. Они изображены желтой линией на рисунке. Сравнение спектров пород эталонного объекта с породами исследуемого участка также выявило сходство.

Таблица 2. Содержания редкоземельных элементов в вулканитах района, ppm

Элемент	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	∑ REE	∑ REE + Y
1331/8	37,9	78,1	9,35	36,3	7,03	1,21	7,61	1,34	8,29	1,7	5,53	0,83	5,62	0,86	51,7	201,67	253,37
8112/9	25,6	49,9	5,62	24,5	4,36	1,25	4,14	0,75	3,94	0,8	2,47	0,42	2,31	0,4	23,7	126,46	150,16
9526/1	23,1	48,8	6,46	28,3	5,89	1,42	6,20	1,03	6,55	1,5	4,06	0,59	4,05	0,67	41,6	138,62	180,22
6510/14	10,9	23,5	3,19	15,5	4	1,42	4,18	0,67	3,78	0,81	2,45	0,34	2,04	0,32	21,9	73,1	95
1304/1	15,5	32,3	4,08	16,6	3,52	0,94	3,31	0,49	3,04	0,69	1,75	0,26	1,54	0,22	16,8	84,24	101,04
1327/12	30	62,9	7,37	28,3	6,65	0,68	6,99	1,2	8,3	1,77	5,18	0,84	5,13	0,73	52,8	166,04	218,84
1600/2	14,3	31,3	4,11	17,6	3,82	1,17	3,63	0,55	3,2	0,62	1,83	0,25	1,74	0,23	17,6	84,35	101,95
9518/4	28,9	63,4	7,48	29,8	6,87	1,12	7,01	1,12	7,49	1,55	4,69	0,7	5,16	0,71	42,4	166	208,4
9524/4	15,7	63,8	5,11	21,8	5,89	0,35	7,53	1,87	13,9	3,09	9,46	1,38	9,95	1,4	82	161,23	243,23
9527/4	16,2	49,3	3,79	14,2	3,24	0,11	3,41	0,65	4,63	1,02	3,03	0,57	4,27	0,63	29,6	105,05	134,65
9528/1	48,3	105	13,2	55,7	12,2	0,56	12,6	2,2	15,1	3,23	9,45	1,37	9,8	1,38	85,2	290,09	375,29
1605/3	15,2	31,5	3,67	14,5	2,71	0,22	2,49	0,46	2,66	0,64	1,85	0,26	1,85	0,34	18	78,35	96,35
1611/7	20,4	41,3	5,01	19,7	4,3	0,85	3,84	0,66	3,81	0,89	2,24	0,34	2,14	0,32	22,1	105,8	127,9
1615/9	25,7	51	5,86	23,2	4,75	0,82	3,88	0,57	3,13	0,51	1,24	0,18	1,36	0,23	15,2	122,43	137,63
8102/2	13,2	28,4	3,66	15,5	3,54	1,1	3,31	0,5	3,08	0,64	1,58	0,22	1,59	0,25	16,7	76,57	93,27
8107/7	16,3	33,9	4,39	18,1	4,15	1,03	3,55	0,48	3,09	0,64	1,76	0,26	1,88	0,31	17	89,84	106,84
8607/8	16,7	33,3	4,03	16,7	3,39	1,15	3,08	0,49	2,78	0,65	1,63	0,26	1,52	0,21	15,3	85,89	101,19
9520/2	19	40,7	5,18	21,1	4,61	1,05	4,6	0,77	5,33	1,17	3,01	0,48	3,24	0,46	29,1	110,7	139,8
9526/2	18,7	39,8	5,04	20,7	4,65	0,94	4,89	0,79	5,31	1,13	3,33	0,47	3,31	0,5	29,1	109,56	138,66
1611/6	12,6	26	3,03	11,5	2,45	0,52	2,43	0,46	2,77	0,61	1,64	0,24	1,83	0,28	17,5	66,36	83,86
Нижние пределы	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005	0,005	0,01	0,005	0,01	0,005	0,01	0,005	0,01	0,005	0,1		

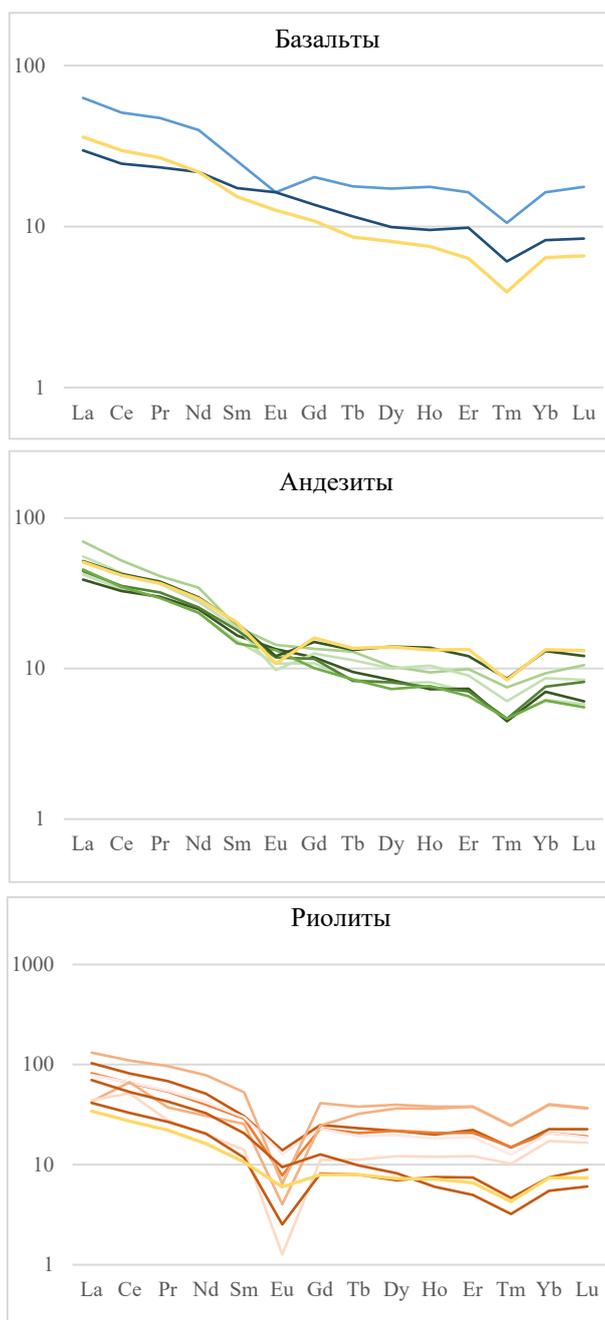


Рис. 24. Спектры распределения редкоземельных элементов в вулканитах района (нормировано на А.П. Виноградов, 1962 и В.В. Иванова, 1994)

Для определения в составе пород элементов-примесей был выполнен ICPMS анализ. Данные приведены в таблице 3. Для выявления геохимических особенностей пород был выполнен кларковый анализ. Нормировка проводилась на соответствующие составы пород по А.П. Виноградову, 1962 г. Результаты анализа изображены на рисунке 25.

Таблица 3. Содержания элементов-примесей в вулканитах района, ppm

Элемент	Rb	Sr	Ba	V	U	Th	Cr	Zr	Hf	Ta	Nb	Ni	Pb
1331/8	79,9	64,2	771	7,09	4,53	12,4	7,09	521	12,3	1,62	23	1,81	18,5
8112/9	59,6	519	377	91,9	1,79	5,8	9,83	130	3,92	0,72	9,34	3,05	16,2
9526/1	32,2	189	224	151	1,06	3,78	201	265	5,81	0,73	10,1	57,4	4,9
6510/14	7,02	589	787	243	0,39	1,73	96	130	3,31	0,78	11,4	49,8	2,16
1304/1	17,9	354	260	200	1	3,46	17,1	86,4	2,63	0,37	4,96	7,3	12,1
1327/12	121	30	630	25	4,99	12,6	15,5	233	6,2	1,48	12,4	5,6	18,2
1600/2	15,5	472	570	210	0,85	2,78	13	77,8	2,42	0,31	4,17	5,88	50,4
9518/4	62,5	75,9	650	25	3,48	8,81	11,2	346	8,13	1,37	14,9	2,25	15,3
9524/4	59,8	1,87	25	25	2,47	7,99	34,4	722	16	2,77	48,1	5,5	22,3
9527/4	51,4	22,4	350	25	5,02	19,9	34,1	113	4,16	1,63	7,7	6,3	22,3
9528/1	69,1	16,7	25	25	2,56	8,2	32,3	711	15,6	2,48	33,4	5,62	23,1
1605/3	15,6	186	220	81	1,85	5,73	117	110	3,28	0,67	8,33	64,8	37,8
1611/7	205	309	320	170	1,85	4,52	30,4	110	2,94	0,5	6,17	13	6,18
1615/9	62	105	300	25	1,5	6,33	21	97,4	3,05	0,7	7,32	11,1	74,9
8102/2	8,31	453	340	200	0,91	2,63	56,5	74,6	2,19	0,33	4,27	30,4	4,2
8107/7	36,1	396	510	220	1,41	4,34	21,3	115	3,19	0,49	6,56	12,1	57,4
8607/8	111	398	640	230	1,22	4,4	136	86,1	2,56	0,38	5,34	43,8	9,79
9520/2	36,2	170	700	150	0,79	3,26	266	188	4,23	0,49	7,15	99,2	10,8
9526/2	22,5	137	210	150	0,78	3,31	202	208	4,76	0,54	8,16	62,6	6,89
1611/6	117	97,2	1,5	1,25	0,05	0,05	2,2	64,3	0,005	0,05	13,4	0,5	0,5

Кларковский анализ элементов-примесей показал, что для пород района характерно накопление Hf, Zr, Pb, Cr.

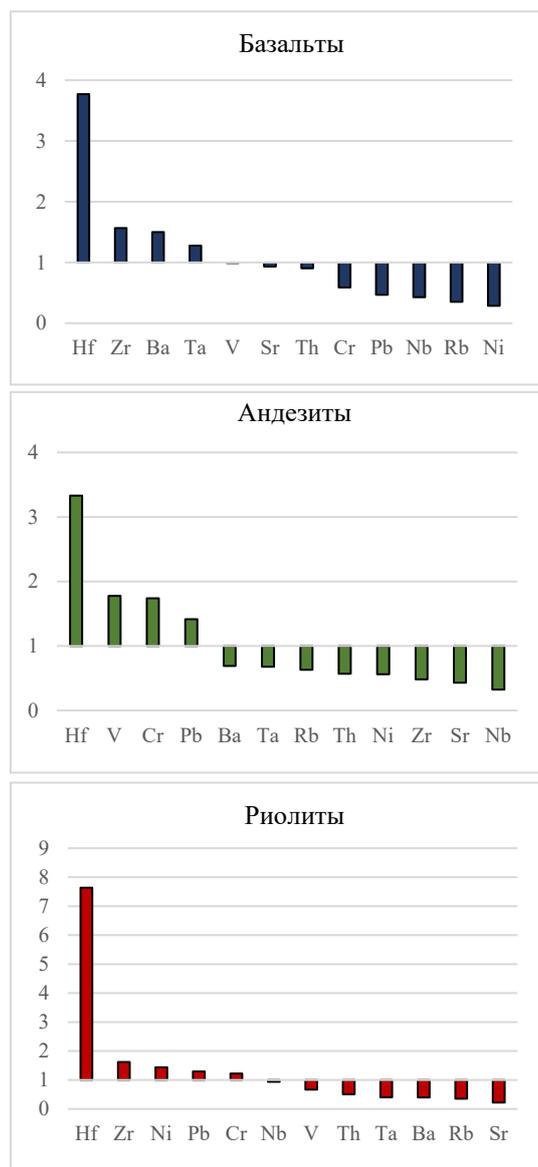


Рис. 25. Геохимические спектры вулканитов района

Таким образом, геохимическая специализация вулканитов района определена ассоциацией следующих химических элементов (Hf, Zr, Pb, Cr).

Интрузивные породы.

Для выявления макросостава интрузивных пород района пробы были проанализированы на содержание петрогенных оксидов. Данные представлены в таблице 4.

Таблица 4. Содержание петрогенных оксидов в интрузивных породах района, %

Оксид	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	ППП	Сумма	∑Na ₂ O+K ₂ O	FeO/(FeO+MgO)
1600/6	52,3	1,33	17,5	8,91	6,24	0,15	3,66	7,38	3,46	1,79	0,23	3,23	100	5,25	0,63030303
1301/9	57,4	0,96	17,8	11	8,57	0,17	2,77	3,91	3,03	1,79	0,36	0,63	99,9	4,82	0,755731922
1605/5	60,1	0,98	19,7	8,81	5,66	0,06	1,35	0,42	0,63	3,06	0,29	4,47	100	3,69	0,807417974
1611/9	64,5	0,63	16,2	5,05	3,92	0,11	1,9	4,03	3,29	3,13	0,18	0,86	99,9	6,42	0,673539519
1615/7	51,2	1,23	18,3	8,87	6,53	0,21	3,91	7,78	3,47	1,48	0,39	2,9	99,7	4,95	0,625478927
1617/2	52,3	1,24	18,8	8,28	4,57	0,15	3,59	8,42	3,84	1,93	0,39	0,97	99,9	5,77	0,56004902
8112/9	62,1	0,63	17,7	5,62	4,36	0,088	2,15	3,99	5,07	1,65	0,21	0,7	99,9	6,72	0,669738863
8602/13	63,6	0,67	16,4	5,22	3,99	0,14	2,06	4,26	3,73	2,68	0,23	0,89	99,9	6,41	0,659504132
9502/11	57,2	0,83	17,2	7,39	4,57	0,22	2,36	4,54	4,14	2,04	0,29	3,77	99,9	6,18	0,659451659
1304/9	54,5	0,97	18	9,09	6,39	0,18	3,55	6,48	3,98	1,31	0,36	1,52	99,9	5,29	0,642857143
8607/1	57,8	0,91	16,7	8,49	5,81	0,22	2,78	4,36	4,6	2,17	0,32	1,53	99,9	6,77	0,67636787
1302/6	63	0,68	16,1	5,57	3,85	0,12	2,29	4,66	3,45	2,96	0,21	0,87	99,9	6,41	0,627035831
1602/7	55,5	1,09	18,2	8,04	5,37	0,15	2,82	5,78	3,84	2,35	0,37	1,76	99,9	6,19	0,655677656
8605/1	67,2	0,5	15,5	3,91	3,27	0,12	1,6	3,91	3,68	2,68	0,17	0,63	99,9	6,36	0,671457906
8608/16	65,1	0,63	15,9	5,04	2,54	0,094	1,92	3,98	3,35	3,13	0,16	0,6	99,9	6,48	0,569506726
9516/7	68,4	0,47	14,9	3,94	2,4	0,069	1,39	2,92	3,24	3,42	0,12	1,09	99,9	6,66	0,633245383
1617/14	62	0,7	16,8	5,7	2,54	0,13	1,92	4,2	3,55	3,17	0,22	1,52	99,9	6,72	0,569506726
Нижние пределы	0,02	0,01	0,05	0,01	0,25	0,01	0,1	0,01	0,1	0,01	0,05	0,1	98		

Для классификации пород была построена TAS-диаграмма. Кроме проб пород исследуемого района на нее нанесены данные о составе пород эталонного объекта. Интрузивные породы района представлены разностями нормального ряда щелочности, в основном средними и кислыми (диоритами, кварцевыми диоритами, гранодиоритами) (рис. 26). Для гранитоидов характерно преобладание Na_2O над K_2O .

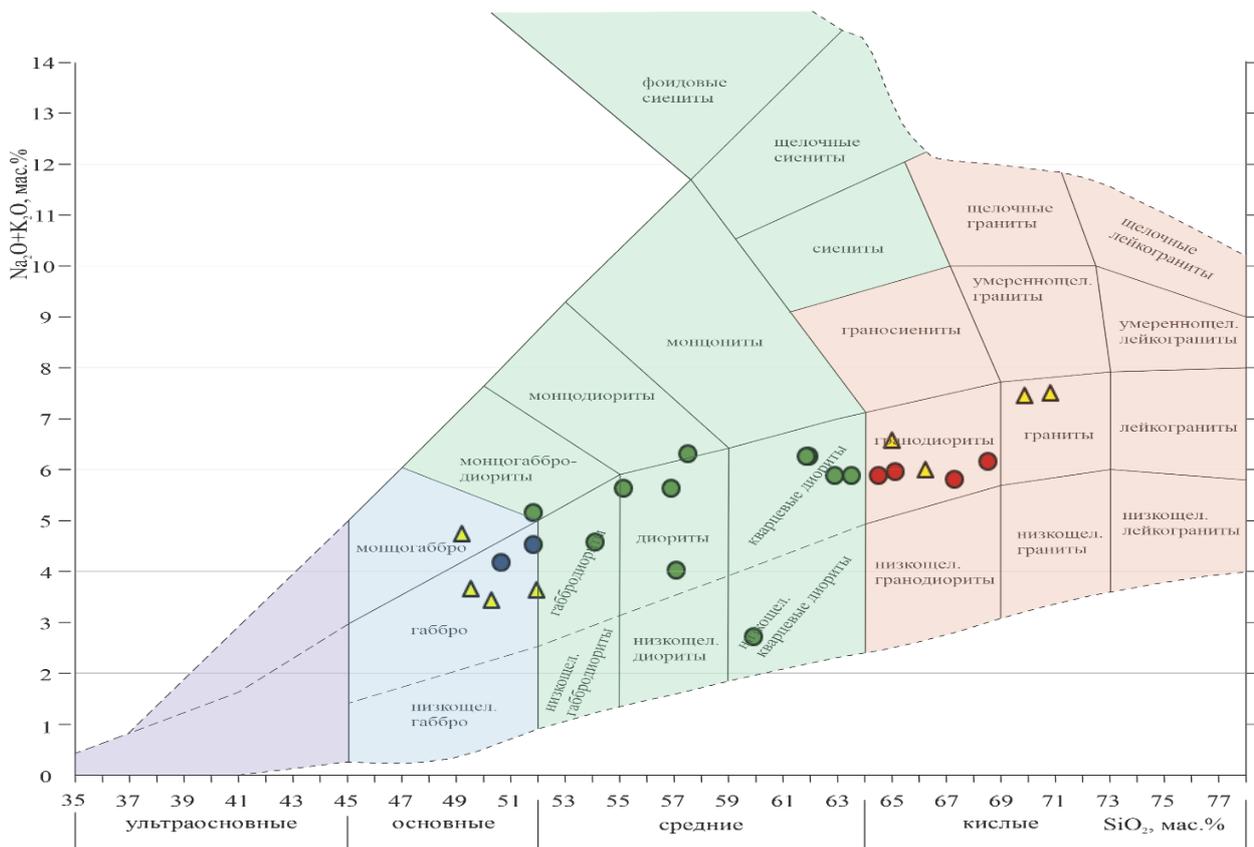


Рис. 26. TAS-диаграмма для интрузивных пород района

Для выявления характера эволюции магматических образований были построены диаграммы Харкера (рис. 27).

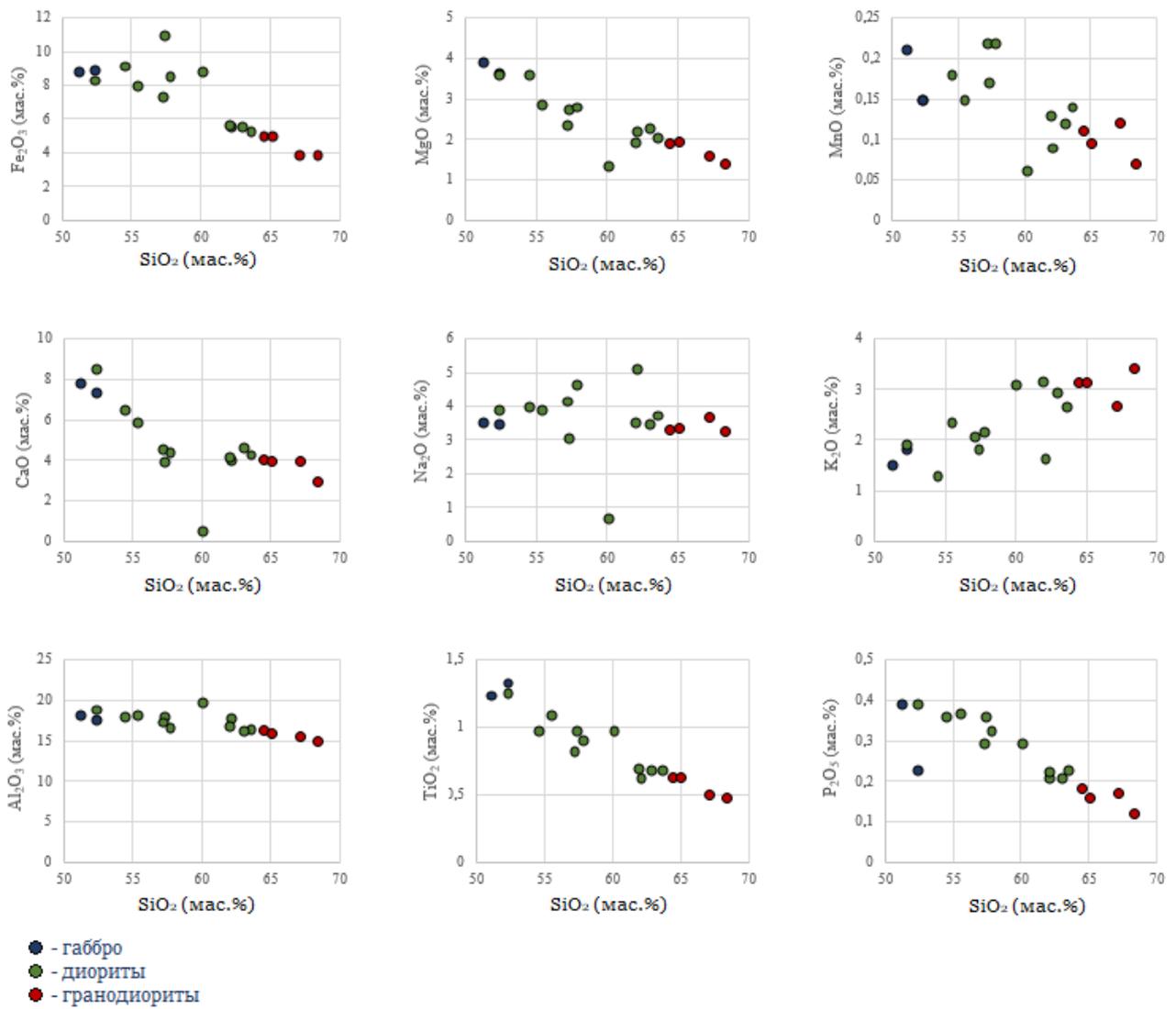


Рис. 27. Диаграммы Харкера для интрузивных пород

На диаграммах в координатах петрогенных оксидов и SiO_2 видна эволюция составов от габбро к гранодиоритам.

С помощью метода ICPMS пробы были проанализированы на содержание REE. Данные приведены в таблице 5.

Таблица 5. Содержания редкоземельных элементов в интрузивных породах района, ppm

Элемент	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	∑ REE	∑ REE+ Y
1600/6	21,5	45,2	5,7	23,8	4,88	1,64	5,07	0,84	4,56	0,94	2,58	0,38	2,55	0,41	26,9	120,05	146,95
1301/9	29,2	59,1	7,31	30,5	6,35	2,17	5,73	0,92	5,32	1,04	3,21	0,43	2,68	0,5	30,6	154,46	185,06
1605/5	32,2	65,3	7,62	32,8	5,91	1,55	6,44	1,06	5,99	1,22	3,69	0,55	3,62	0,57	36	168,52	204,52
1611/9	29,7	56,5	6,11	24,8	4,53	1,04	4,12	0,68	3,6	0,75	2,31	0,37	2,4	0,35	22,9	137,26	160,16
1615/7	20,7	40,9	4,97	22,2	4,53	1,49	4,39	0,72	4,32	0,86	2,56	0,4	2,08	0,33	25,6	110,45	136,05
1617/2	23,9	46,5	5,79	25,5	4,93	1,7	4,38	0,71	3,66	0,71	2,12	0,3	1,82	0,3	20,7	122,32	143,02
8112/9	25,6	49,9	5,62	24,5	4,36	1,25	4,14	0,75	3,94	0,8	2,47	0,42	2,31	0,4	23,7	126,46	150,16
8602/13	27,7	51,6	5,71	22,9	4,22	1,16	3,97	0,65	3,74	0,72	2,21	0,44	2,2	0,37	23,2	127,59	150,79
9502/11	25,7	52,1	6,59	28,1	5,33	1,75	4,98	0,8	4,55	0,97	2,8	0,43	2,51	0,46	26,7	137,07	163,77
1304/9	20,9	42,5	5,21	21,6	4,32	1,44	4,11	0,69	4,13	0,85	2,64	0,41	2,68	0,42	25,9	111,9	137,8
8607/1	24,6	48,1	5,99	25,2	4,72	1,47	3,86	0,7	3,67	0,75	2,17	0,34	2,04	0,37	23,1	123,98	147,08
1302/6	24,4	47,4	4,98	19,5	3,69	1,06	3,72	0,54	3,15	0,62	1,85	0,26	1,75	0,31	18,5	113,23	131,73
1602/7	27,5	55,5	6,72	28,6	5,32	1,81	5,26	0,83	4,68	0,96	2,68	0,37	2,64	0,37	27,6	143,24	170,84
8605/1	29,4	48,1	4,57	18,3	3,16	0,77	2,76	0,42	2,26	0,48	1,62	0,26	1,43	0,3	14,9	113,83	128,73
8608/16	28,1	51,8	5,91	22,9	4,57	1,05	3,8	0,59	3,49	0,67	2,22	0,34	2	0,34	21,5	127,78	149,28
9516/7	23,6	41,5	4,57	17,9	3,06	0,98	2,9	0,43	2,62	0,58	1,63	0,26	1,63	0,27	16,9	101,93	118,83
1617/14	27	54,6	5,95	24,8	4,72	1,33	3,9	0,62	3,4	0,72	2,17	0,38	2,11	0,37	21	132,07	153,07
Нижние пределы	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005	0,005	0,01	0,005	0,01	0,005	0,01	0,005	0,01	0,005	0,1		

На основании результатов анализа были построены спектры распределения редкоземельных элементов (рис. 28). Нормировка проводилась на соответствующие составы пород по А.П. Виноградову, 1962 и В.В. Ивановой, 1994. Для сравнения на спектрах приведены спектры REE для эталонного объекта – месторождения Лунное (желтая линия).

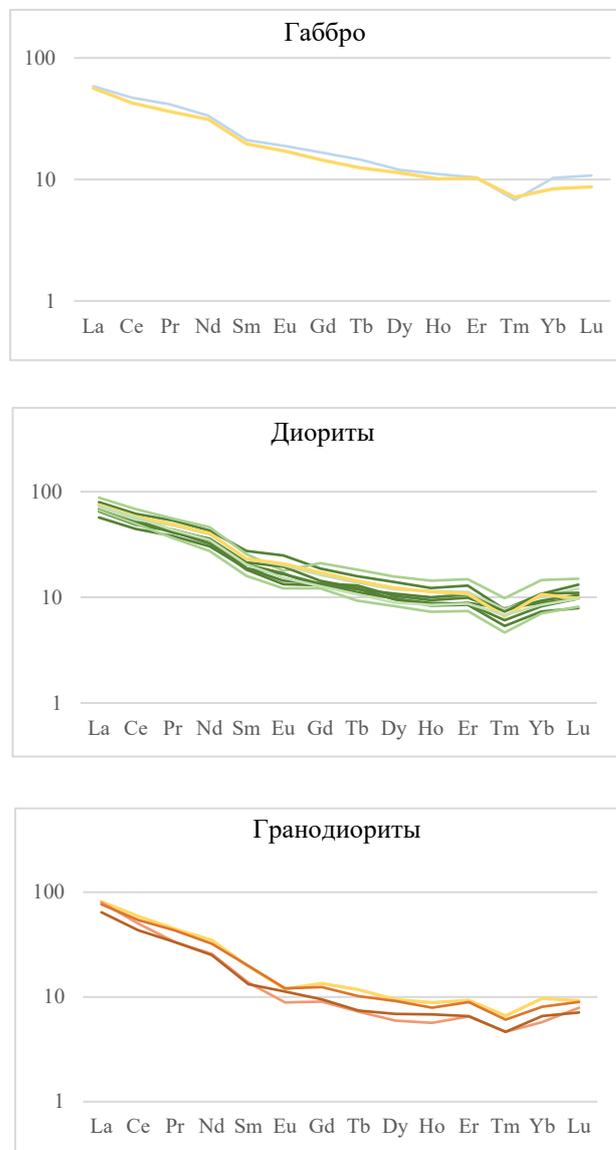


Рис. 28. Спектры распределения REE для интрузивных пород района (нормировано на А.П. Виноградов, 1962 и В.В. Иванова, 1994)

В спектрах распределения редкоземельных элементов также заметно преобладание легких (La, Ce, Pr, Nd, Sm). Среднее суммарное содержание REE- 127,78 ppm (для габбро – 115 ppm, для диоритов – 132 ppm, для гранодиоритов – 120 ppm). Также можно заметить отрицательную таллиевую аномалию.

Содержания элементов-примесей было определено с помощью ICPMS анализа. Данные приведены в таблице

6.

Таблица 6. Содержания элементов-примесей в интрузивных породах района, ppm

Элемент	Ba	Sr	Rb	Cs	Be	Ga	Sc	Nb	Ta	Zr	Hf	Cr	V	U	Th	Mo	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
1600/6	783	719	28,2	0,85	1,5	20,6	16,8	7,97	0,53	145	3,76	11	235	1,4	4,41	1,3	19,6	4,18	7,41	91	0,082	9,57
1301/9	409	553	74,7	12,3	2,02	21,2	13,2	9,99	0,7	185	4,89	21,6	159	2,31	6,07	3,11	12,1	6,5	2,64	304	0,21	9,55
1605/5	794	55	85,3	2,75	2,16	26,2	14,1	11,8	0,91	214	5,79	58,5	182	2,76	9,28	1,53	6,62	30,7	11,9	71,6	0,076	25,3
1611/9	654	373	108	6,2	2,19	17,7	10,8	10,2	1,01	159	4,09	18,1	82,1	2,32	10,1	3,37	10,4	6,27	5,92	73,9	0,14	14,5
1615/7	495	665	55,4	9,76	1,44	23,3	20,7	8,36	0,59	140	3,62	12	226	1,41	3,68	2,37	29,5	5,6	17,5	239	0,76	37,3
1617/2	778	1030	40,6	1,75	1,17	22,2	17,4	7,07	0,44	83,7	2,29	5,58	236	0,92	3,71	1,36	10,3	1,68	36,9	69,8	0,054	7,7
8112/9	377	519	59,6	6,14	2,06	19,5	8,84	9,34	0,72	130	3,92	9,83	91,9	1,79	5,8	1,18	10,7	3,05	2,34	116	0,43	16,2
8602/13	656	467	96,5	4,92	1,49	19,4	10,4	10,6	1,12	168	4,95	24,8	95,4	1,31	13,1	2,12	9,62	8,81	10,1	56,9	0,47	13,5
9502/11	1370	697	55	1,95	1,16	20,2	10,9	9,2	0,61	181	4,63	6	113	1,85	4,87	1,86	12,2	2,25	8,1	157	0,49	93,4
1304/9	393	738	43,8	2,91	1,97	22,2	15,8	8,89	0,6	172	4,47	12,6	189	1,7	4,86	1,93	16,3	6,93	2,52	112	0,57	12,8
8607/1	646	658	74	3,57	1,94	22,6	15,5	9,23	0,68	155	4,02	5,81	159	2,18	6,03	2,14	8,91	2,43	3,39	135	0,25	30,8
1302/6	738	420	76,2	5,4	1,3	17,9	9,44	9,29	0,82	158	4,26	28,3	103	1,44	6,83	3,07	10,8	8,08	4,69	84,5	0,11	16
1602/7	621	645	56,8	2,15	2,07	21,8	16,5	9,8	0,73	207	5,6	9,87	168	1,26	5,52	1,63	13,5	4,48	8,41	69,2	0,15	6,88
8605/1	606	350	93,2	7,99	1,16	16,6	7,8	10,8	1,1	153	4,29	18,1	59,6	1,79	9,48	0,7	7,33	7,82	1,81	56,2	0,13	12,6
8608/16	709	381	118	7,46	1,29	18	9,51	10,3	1,02	169	4,92	27,2	84,6	2,54	11,2	4,1	9,51	6,2	5,41	52,2	0,13	12,5
9516/7	709	347	126	5,29	2,19	16,6	6,9	8,7	0,84	136	3,74	30,9	61,8	2,32	13,1	4,93	8,22	7,4	37,9	46,9	0,12	13,1
1617/14	935	579	83,1	1,44	2,13	20,1	7,57	9,81	0,88	196	5,56	23,6	101	2,24	8,23	6,28	6,52	3,52	3,15	91,3	0,22	13,8
Нижние пределы	3	1	2	0,1	1	0,1	0,2	0,5	0,1	0,5	0,01	1	2,5	0,1	0,1	0,6	0,5	1	1	1	0,01	1

Для выявления геохимических особенностей был проведен кларковый анализ (рис. 29).

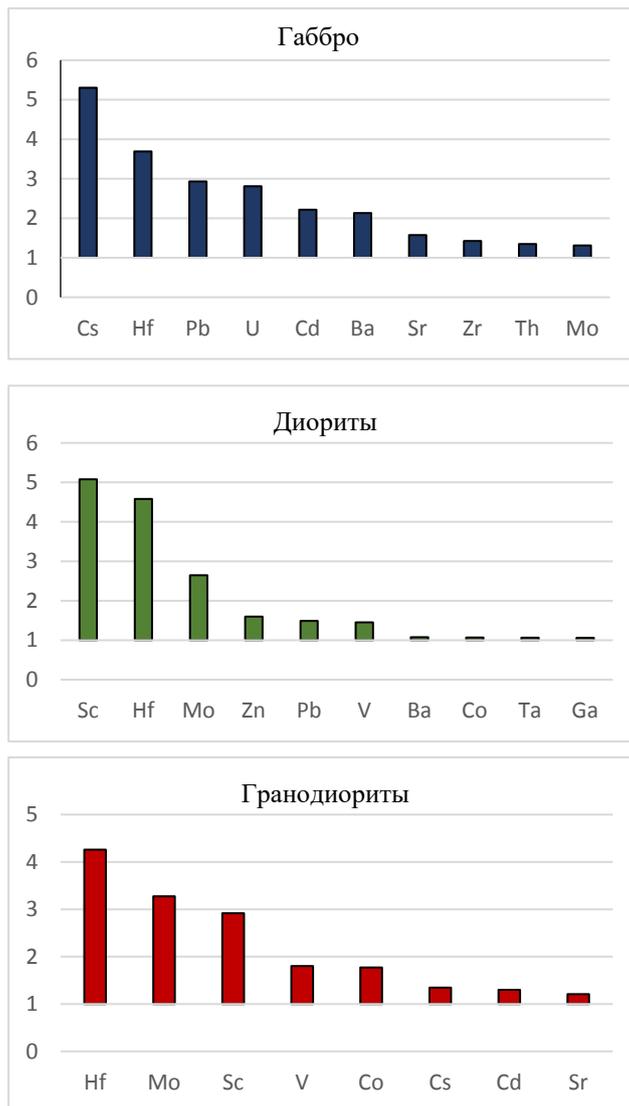


Рис. 29. Геохимические спектры интрузивных пород

Кларковый анализ показал значительные накопления Hf, Mo, Sc, Pb.

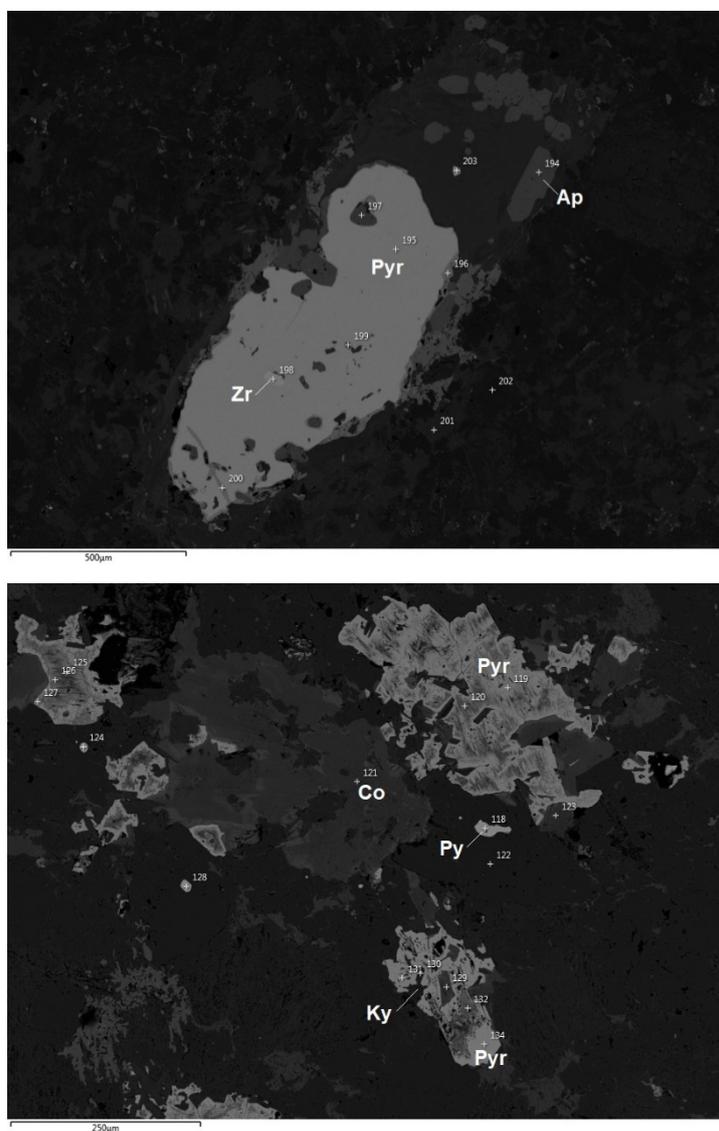
Таким образом, проведенные исследования позволили выявить сходство геохимического состава вулканитов и интрузивных пород исследуемого района и эталонного объекта.

5.2. Минеральные формы серебра и элементов-спутников

Для выявления форм серебра и элементов-спутников был проведен СЭМ и микрорентгеноспектральный анализ. Микрорентгеноспектральные исследования проводились на двух приборах HitachiTM 3000 и HitachiS-3400N и включали в себя проведение микроанализа для определения состава породы и ее отдельных минеральных фаз, в том числе минералов серебра.

Изучались аншлифы интрузивных образований с видимой сульфидной вкрапленностью и терригенные породы экзоконтактовых зон также с сульфидной вкрапленностью и кварцевыми прожилками с сульфидами.

В терригенных породах, помимо сульфидов (пирита, пирротина, арсенопирита), были обнаружены кордиерит, кианит, апатит, циркон (рис. 30).



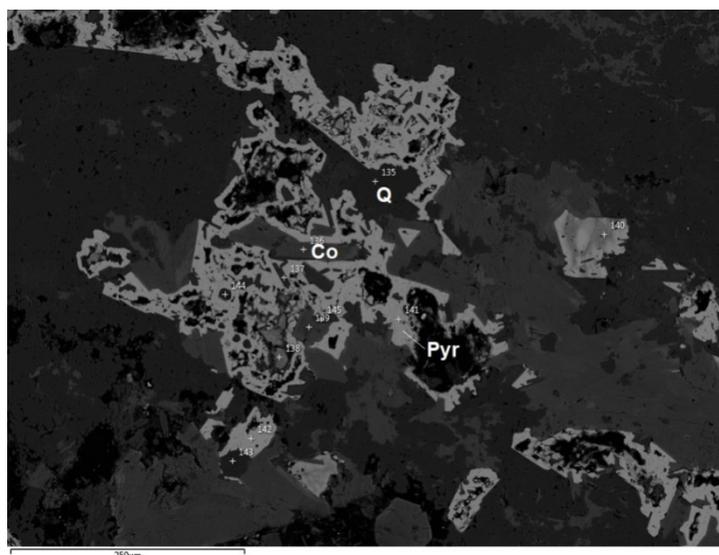


Рис. 30. Песчаник галимовской свиты. Условные обозначения минералов: Zr – циркон, Py – пирит, Pyr – пирротин, Ap – апатит, Co – кордиерит, Ky – кианит.

Элементный состав приведенных спектров минералов представлен в таблице 7.

Таблица 7. Содержание элементов в минералах песчаника галимовской свиты, ат. %.

	O	F	Al	Si	Mg	P	S	Cl	K	Ca	Mn	Fe
Спектр 194	36,4	3,42				18,76		0,57		41		
Спектр 195							53,09					46,9
Спектр 118							39,65					60,4
Спектр 119							52,98					47
Спектр 121	42,53		13,07	14	10,99				7,5		0,58	19,1
Спектр 130	45,69		18,17	24	0,43							3,75
Спектр 135	50			50								
Спектр 136	43,2		13,35	13	8,81							22
Спектр 141							52,61					47,4

В метаморфизованных породах обнаружены минералы редких земель (монацит, ксенотим, крейтонит), а также единичные редкие зерна уранинита (рис. 31).

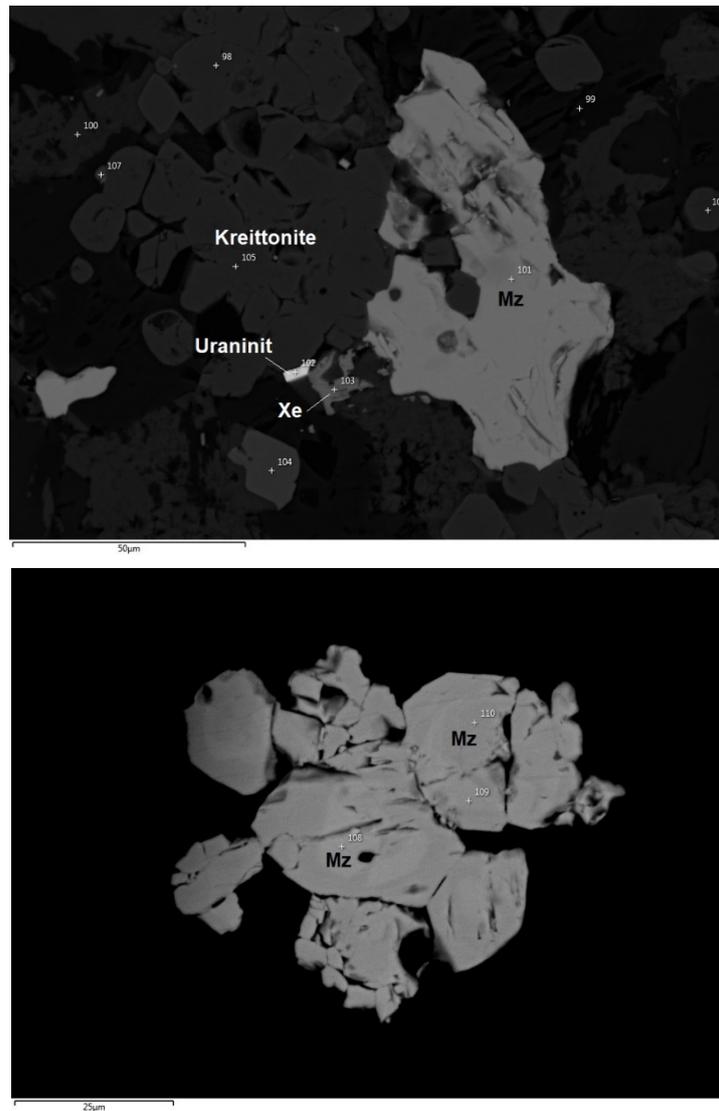


Рис. 31. Роговик надеждинского комплекса с зернами монацита. Условные обозначения минералов: Xe – ксенотим, Mz – монацит.

Элементный состав минералов представлен в таблице 8.

Таблица 8. Содержание элементов в минералах роговиков надеждинского комплекса, ат. %.

Название спектра	O	Al	Si	P	Ca	Mn	Fe	Zn	Y	La	Ce	Pr	Nd	Gd	Dy	Er	Yb	Th	U
Спектр 101	25,66			13,84	0,53				3,01	13,15	28,03	2,65	10,08					3,04	
Спектр 102	16,13	0,48					1,76											8,11	73,52
Спектр 103	36,55			13,77			2,65		34,49					1,95	3,4	2,86	2,94		1,39
Спектр 105	33,19	31,77				0,87	14,88	19,3											
Спектр 108	25,59		1,25	12,57					3,18	11,79	23,65	1,42	10,65					9,89	
Спектр 110	25,55			13,49	0,86				2,55	12,86	26,5	1,42	9,29					6,7	

Гарнодиориты характеризуются наличием уран-ториевых минералов. Также присутствуют зерна ортита, фтор-апатита и ильменита (рис. 32).

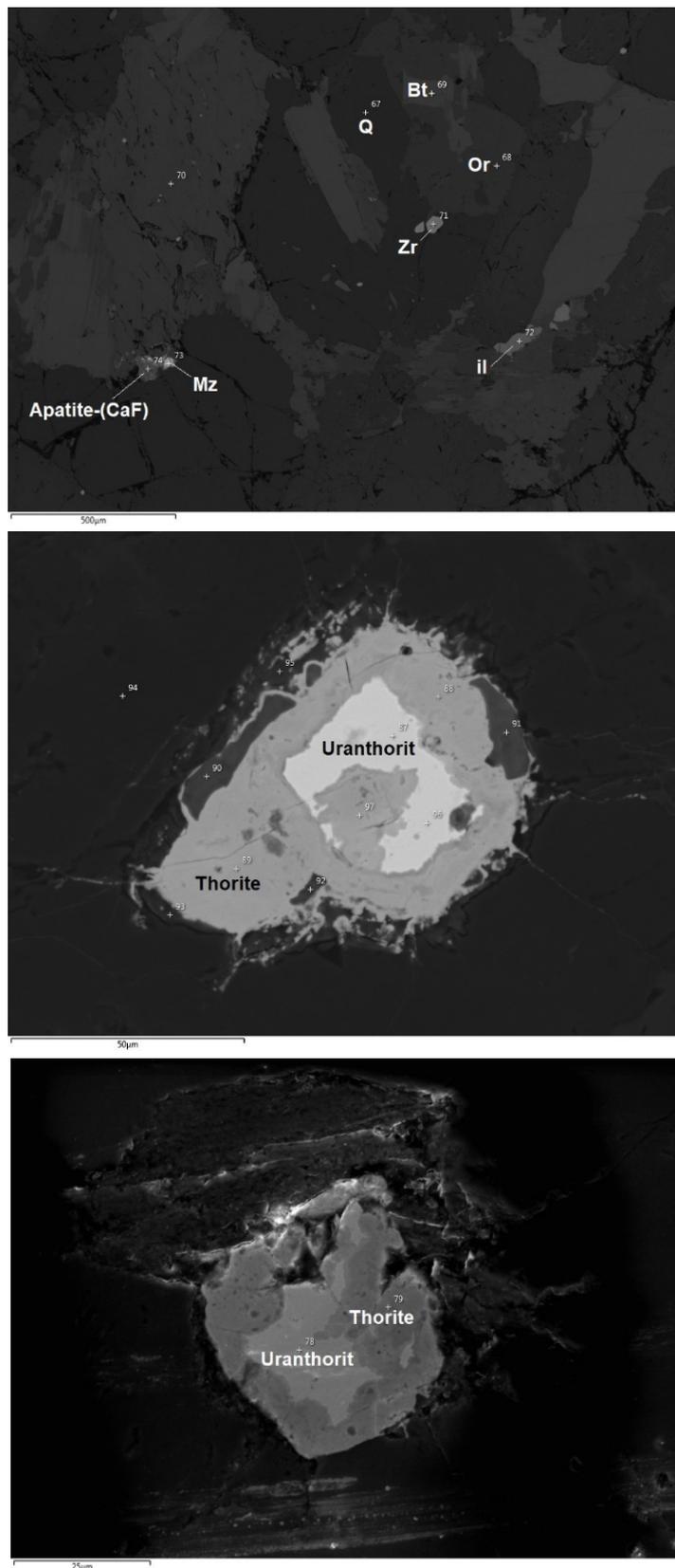


Рис. 32. Гранодиорит быстринского комплекса с зернами торита и уранторита. Условные обозначения минералов: Q – кварц, Bt – биотит, Or – ортоклаз, Zr – циркон, il – ильменит, Mz – монацит, Apatite-(CaF) – фтор-апатит.

Содержания элементов в спектрах минералов представлено в таблице 9.

Таблица 9. Содержание элементов в минералах гранодиоритов быстринского комплекса, ат%.

Название спектра	O	F	Na	Mg	Al	Si	P	Cl	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Y	Zr	La	Ce	Nd	Hf	Th	U	
Спектр 87	22,12					8,79															53,25	15,85
Спектр 89	31,68				0,47	6,85	2,28			1,69			3,34	0,52				0,81			52,35	
Спектр 67	53,21					46,79																
Спектр 68	47,09		0,91		10,28	30,81			10,9													
Спектр 69	42,35			6,74	7,25	17,88		0,55	7,7		2,75		14,78									
Спектр 71	34,1					15,59									49,01					1,3		
Спектр 72	31,97										29,94	4,94	33,15									
Спектр 73	27,85					1,46	12,27			0,37						15,06	25,48	7,98			9,52	
Спектр 74	39,86	3,8				0,98	16,11			32			1,31			0,76	1,11				4,07	

Минералы серебра (фрейбергит и штрмейерит) были обнаружены в кварцевой жиле с галенитом на контакте гранитоидного массива с терригенной осадочной толщей. Фрейбергит ($Ag_6Cu_4Fe_2Sb_4S_{14}$) обнаружен как в виде небольших угловатых зерен, так и в виде связующей массы в кристаллах галенита. Штрмейерит ($Cu_2S^*Ag_2S$) представлен очень редкими мелкими зёрнами (рис. 33).

Содержания элементов представлены в таблице 10

Таблица 10. Содержание элементов в минералов из кварцевой жилы, ат%.

Название спектра	O	Si	S	Ca	Fe	Cu	Zn	Ag	Sb	Pb
Спектр 1			13,09							86,91
Спектр 4			20,98		5,53	16,92	1,38	28,41	26,78	
Спектр 7			35,66		30,47	33,87				
Спектр 9			33,75		7,94		58,31			
Спектр 28			53,19		46,81					
Спектр 29			35,22		30,97	33,81				
Спектр 30			33,62		8,79		57,59			
Спектр 31			35,17		30,37	34,46				
Спектр 33			19,77		6,24	13,07		35,1	25,82	
Спектр 35	3,28		29,74		1,16	51,61		5		9,21
Спектр 36			12,73							87,27
Спектр 37			20,04		6,03	14,77		32,86	26,31	
Спектр 42			19,6		5,62	13,49		35,65	25,64	
Спектр 52			12,29							87,71
Спектр 54			33,81		8,97		57,21			
Спектр 55			19,6		6,39	12,88	0,71	34,6	25,81	
Спектр 56			20,04		6,25	13,58		33,69	26,44	
Спектр 57			13							87
Спектр 60	35,66	0,55	1,41	0,38	56,38		4		1,61	
Спектр 64			33,09		4,23	56,39		6,28		

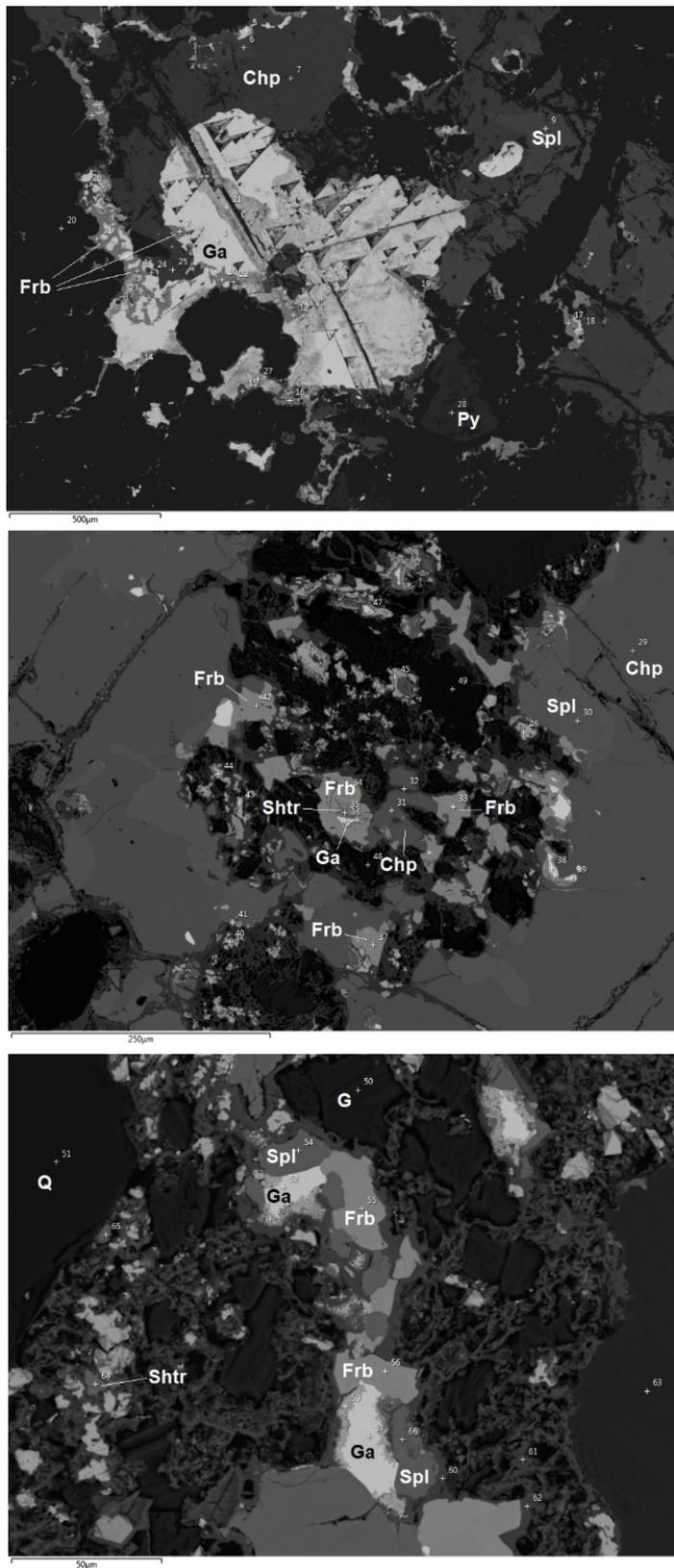


Рис. 33. Кварцевая жила с галенитом, фрейбергитом и штрмейеритом.

Проведенный минералогический анализ позволил провести сравнение минерального состава гранитоидов исследуемой территории с гранитоидами месторождения-эталона Лунное (табл. 11).

Таблица 11. Минеральный состав гранитоидов исследуемого района и месторождения Лунное.

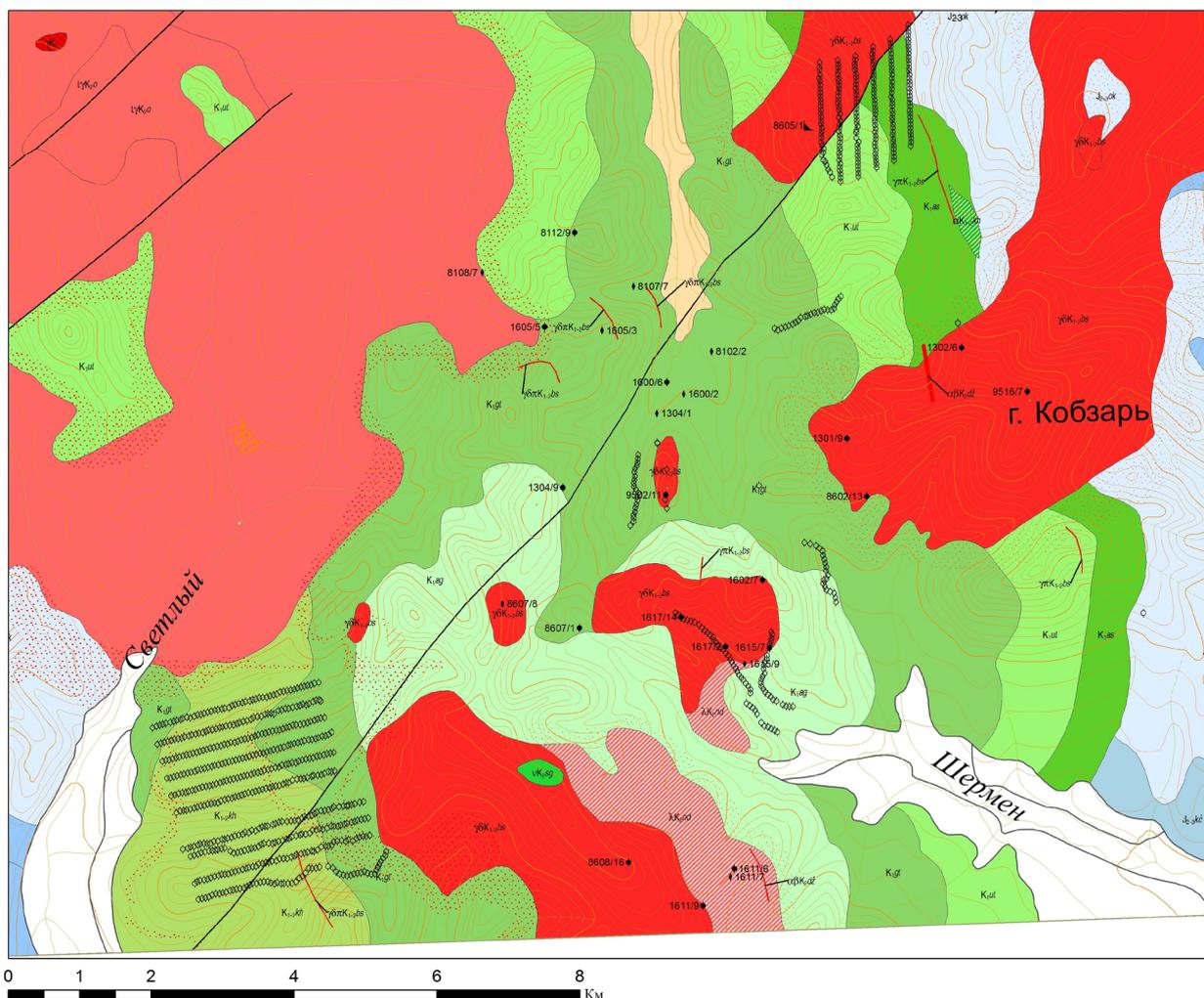
	М-е Лунное		Исследуемая территория	
	Главные	Второстепенные	Главные	Второстепенные
Породообразующие минералы	Кварц Кальцит $CaCO_3$ Родонит $(Mn, Ca)SiO_3$ Биотит $K(Mg, Fe)_3[Si_3AlO_{10}][OH, F]_2$	Адуляр $K[AlSi_3O_8]$ Серицит $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$ Хлорит $(Mg, Fe)_3(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2*(Mg, Fe)_3(OH)_6$ Гидрослюды	Кварц Биотит $K(Mg, Fe)_3[Si_3AlO_{10}][OH, F]_2$ Хлорит $(Mg, Fe)_3(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2*(Mg, Fe)_3(OH)_6$ Фтор-апатит $Ca_5[PO_4]_3F$ Кианит $Al_2[SiO_4]O$ Ортоклаз $K[AlSi_3O_8]$	Кордиерит $Al_3(Mg, Fe)_2[Si_5AlO_{18}]$ Гранат (альмандин) $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$
Рудные минералы	Пирит FeS_2 Сфелерит ZnS Галенит PbS Халькопирит $CuFeS_2$ Акантит Ag_2S Полибазит $(Ag, Cu)_{16}Sb_2S_{11}$	Арсенопирит $FeAsS$ Кюстелит (Ag, Au) Фрейбергит $Ag_6Cu_4Fe_2Sb_4S_{14}$	Пирит FeS_2 Галенит PbS Сфалерит ZnS	Халькопирит $CuFeS_2$ Пирротин FeS Ильменит $FeTiO_3$ Монацит $(Ce, La...)PO_4$ Гематит Fe_2O_3 Рутил TiO_2 Уранторит $(Th, U)SiO_4$ Торит $ThSiO_4$ Фаялит Fe_2SiO_4 Ксенотим YPO_4 Фрейбергит $Ag_6Cu_4Fe_2Sb_4S_{14}$ Штромейерит Cu_2S*Ag_2S

В таблице 11 видно сходство состава пород в первую очередь в главных рудных минералах, которые представлены пиритом, галенитом и сфалеритом. Также можно наблюдать наличие обнаруженных в ходе исследования минералов серебра и в составе пород эталонного месторождения.

Отличительной особенностью строения месторождения Лунное являются рудные тела, которые представлены родонит-кальцитовыми жилами с серебро-сульфидным агрегатом (Савва, 2018) Главными минералами серебра на месторождении являются акантит, полибазит, а также самородное серебро (кюстелит), которые не были обнаружены на поисковом участке исследуемой территории.

ГЛАВА 6. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВТОРИЧНЫХ ОРЕОЛОВ РАССЕЯНИЯ

Работы по литогеохимическому опробованию проводились с целью изучения общей геохимической характеристики исследуемого района и выявления закономерностей распределения химических элементов в почвах на участках, выявленных как перспективные предшествующими работами. В рамках работ было выделено два участка с съемкой по профилям и один участок с маршрутной съемкой (рис. 34).



Условные обозначения

○ - точки отбора почвенного материала

Рис. 34. Карта фактического материала по вторичным ореолам рассеяния (автор – Федорова И.С.)

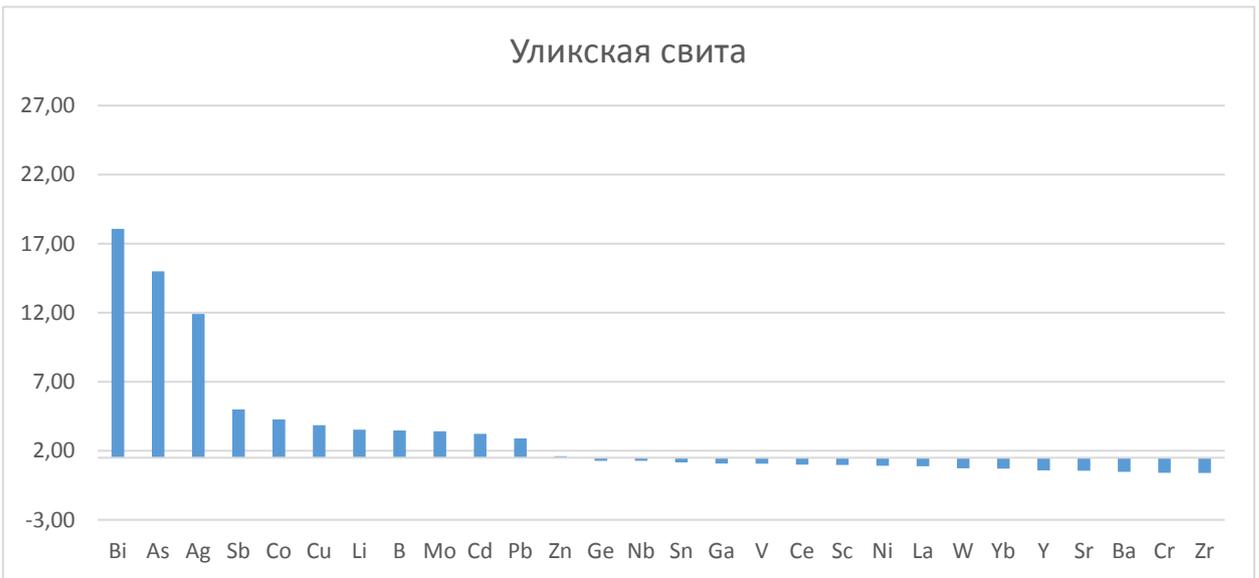
В Центральной лаборатории ФГБУ «ВСЕГЕИ» методом приближенно-количественного спектрального анализа было проанализировано 780 проб почвы. Для работ по определению фоновых содержаний элементов формировались выборки данных, в основу которых положено разделение по типам подстилающих пород и геологическим подразделениям.

Было сформировано 7 выборок: терригенные осадочные породы – уликская (K_{1ul}), галимовская (K_{1-2gl}), айгурская (K_{1ag}) свиты; вулканогенно-осадочный надеждинский (λK_{2nd}) и каховский (K_{1-2kh}) комплексы, аскольдинская свита (K_{1as}); интрузивный быстринский комплекс (γδK_{1-2bs}). Средние содержания элементов в выборках (по Н.И.М.Бовен, 1979) приведены в таблице 12.

Таблица 12. Средние содержания элементов в выборках, ppm (n=104, n=330, n=49, n=92, n=3, n=45, n=44 соответственно)

Элементы	K _{1-2 gl} - галимовская свита	K _{1-2 kh} - каховская свита	K _{1 ag} - айгурская свита	γδK _{1-2 bs} - быстринский комплекс	λK _{2 nd} - надеждинский комплекс	K _{1 as} - аскольдинская свита	K _{1ul} - уликская свита
Ag	0,57	1,12	0,49	1,33	1,31	0,68	0,60
Mo	3,96	4,63	1,54	5,78	2,02	1,96	4,11
Co	20,09	10,19	14,65	19,22	20,43	8,51	34,16
Ni	32,62	18,67	22,35	21,28	22,45	16,10	45,80
Cu	48,21	62,76	27,93	50,24	27,33	75,22	115,63
Zn	148,86	178,91	132,43	175,61	168,33	155,38	145,57
Cd	1,23	1,09	1,79	1,30	1,97	1,12	1,13
Pb	52,41	95,53	32,35	97,41	118,67	68,10	34,78
Bi	1,07	6,61	0,50	1,05	0,50	5,87	3,61
As	25,59	81,20	28,57	79,93	64,00	44,57	90,00
Sb	5,43	6,22	6,63	5,27	8,33	8,42	5,00
V	92,67	51,74	92,51	71,86	72,00	42,82	96,07
Sc	7,01	6,22	7,21	5,73	10,06	6,17	6,87
Ge	1,48	2,18	0,25	1,40	0,25	2,83	1,28
Ga	24,89	29,96	23,59	25,12	17,46	29,13	21,64
Be	3,74	3,69	2,36	1,96	2,33	3,11	4,36
Ba	276,53	261,56	365,03	164,84	490,09	224,89	239,77
Sr	179,42	206,90	95,76	61,59	153,33	83,49	139,68
Li	81,85	109,97	24,71	49,45	49,33	55,04	88,25
Cr	29,48	20,29	27,08	19,95	19,67	17,98	28,63
Nb	12,20	18,35	9,97	10,00	7,67	14,03	12,75
W	2,59	18,95	0,50	1,96	0,50	7,04	1,10
Sn	7,23	14,65	2,97	3,87	1,93	9,54	4,63
Zr	139,45	139,74	173,14	126,20	179,00	135,69	158,75
La	38,55	40,99	20,39	28,90	32,67	44,00	35,18
Ce	60,06	65,03	42,78	54,67	61,67	72,82	49,91
Yb	2,30	2,48	2,27	1,89	2,50	2,19	2,14
Y	19,87	20,61	21,51	16,43	24,33	44,18	17,35
B	67,52	104,62	72,31	46,87	82,00	62,50	69,43

Геохимические спектры почв, развитых по различным образованиям района приведены на рисунке 35.



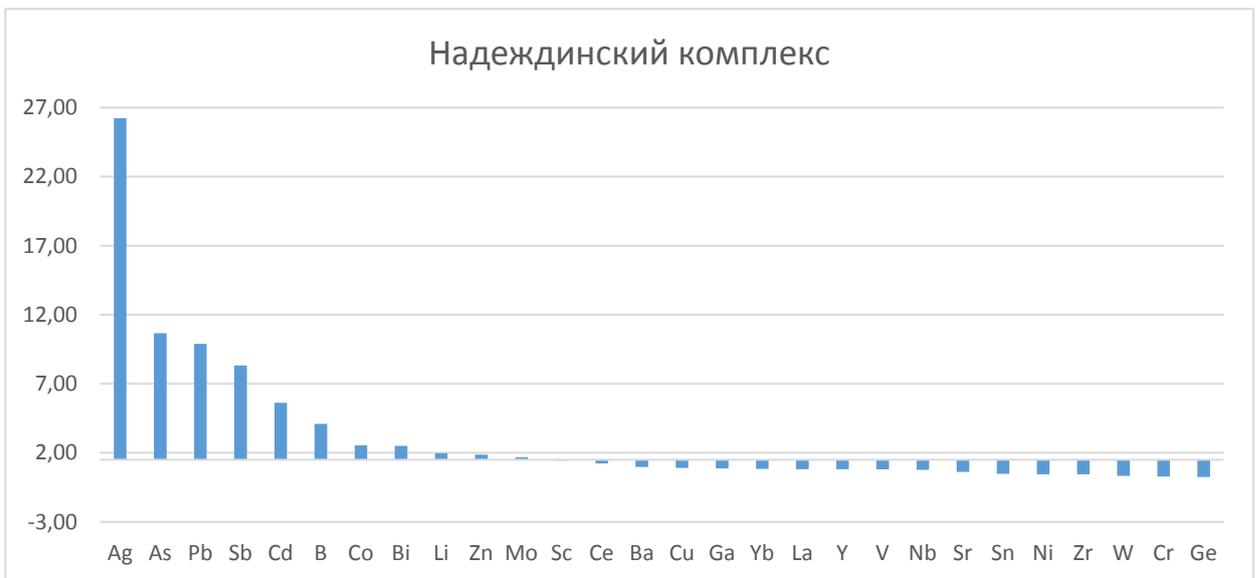




Рис. 35. Геохимические спектры почв, развитых по различным образованиям района.

Полученные данные показали:

1. характерной особенностью распределения элементов в почвах является высокое накопление серебра, висмута, свинца, сурьмы, кадмия, цинка, меди, мышьяка;
2. интенсивное накопление серебра характерно для вулканогенно-осадочных пород надеждинского и каховского комплексов ($K_k=26,2$ и $K_k=22,3$ соответственно) и для кислых интрузий быстринского комплекса ($K_k=26,5$);
3. в терригенных породах аскольдинской, галимовской, уликской и айгурской свит также отмечены повышенные содержания серебра ($K_k=13,6$, $K_k=11,4$, $K_k=11,9$, $K_k=9,7$ соответственно);
4. слабым накоплением характеризуются Ga, Ge, Ce, La, Nb;
5. на околосларковом уровне для большинства проанализированных образований определены содержания олова, ванадия, иттрия, иттербия, скандия и стронция.

Как видно из приведенных спектров наблюдается тесная ассоциация серебра со свинцом, сурьмой, мышьяком, висмутом.

Для выявления статистически значимых выводов был проведен корреляционный и факторный анализ методом главных компонент. Статистическая обработка анализов почв из вторичных ореолов рассеяния производилась в программе Statistica 7.

Корреляционный анализ показал следующие ассоциации элементов: Ag-Pb (коэф.кор 0,72), Ag-As (коэф.кор. 0,47), Ag-Zn (коэф.кор. 0,45), Ag-Bi (коэф.кор. 0,31), что соответствует типичной ассоциации пород для месторождения-эталона Лунное. У цинка тесная ассоциация со свинцом и кадмием (коэф.кор. соответственно 0,74 и 0,71) (табл. 13).

Проведенный факторный анализ позволил выявить следующие факторы ($\Gamma_{кр}=0,062$, $p=0,05$, $n=780$) (табл. 14).

Factor 1 (18%) - Y₈₃ Yb₇₈ Ba₇₅ Zr₇₄ La₇₃ Ce₆₈ Be₆₈ Sc₆₇

Factor 2 (12%) - Ag₈₅ Pb₈₅ Zn₆₈ As₅₅ Cd₅₄

Factor 3 (12%) - V₈₄ Ni₈₀ Co₇₄ Cd₅₉ Zn₄₁

Таблица 14. Факторные нагрузки химических элементов почв

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Ag	0,15	0,85	-0,08
Mo	-0,03	0,04	0,00
Co	0,15	0,07	0,74
Ni	0,01	-0,04	0,80
Cu	0,02	0,30	-0,03
Zn	-0,04	0,68	0,41
Cd	-0,12	0,54	0,59
Pb	0,07	0,85	0,08
Bi	0,02	0,33	-0,29
As	-0,01	0,55	-0,26
Sb	-0,06	0,35	-0,33
V	0,10	0,03	0,84
Sc	0,67	0,04	0,14
Ge	-0,30	-0,12	0,16
Ga	-0,04	0,17	0,20
Be	0,68	-0,18	-0,02
Ba	0,75	0,10	0,16
Sr	0,43	-0,06	-0,09
Li	0,06	-0,05	0,03
Sn	0,02	0,24	-0,28
Zr	0,74	-0,07	0,17
La	0,73	-0,05	-0,25
Ce	0,68	0,07	-0,22
Yb	0,78	0,15	0,12
Y	0,83	0,13	0,07
B	-0,01	0,23	0,21
Expl.Var	4,681994	3,081457	3,086654
Prp.Totl	0,180077	0,118518	0,118717

Факторные нагрузки 1 и 2 факторов наглядно видны на рисунке 36.

Видна тесная ассоциация серебра со свинцом, а также с Zn, Cd, As. Связь с висмутом не явная.

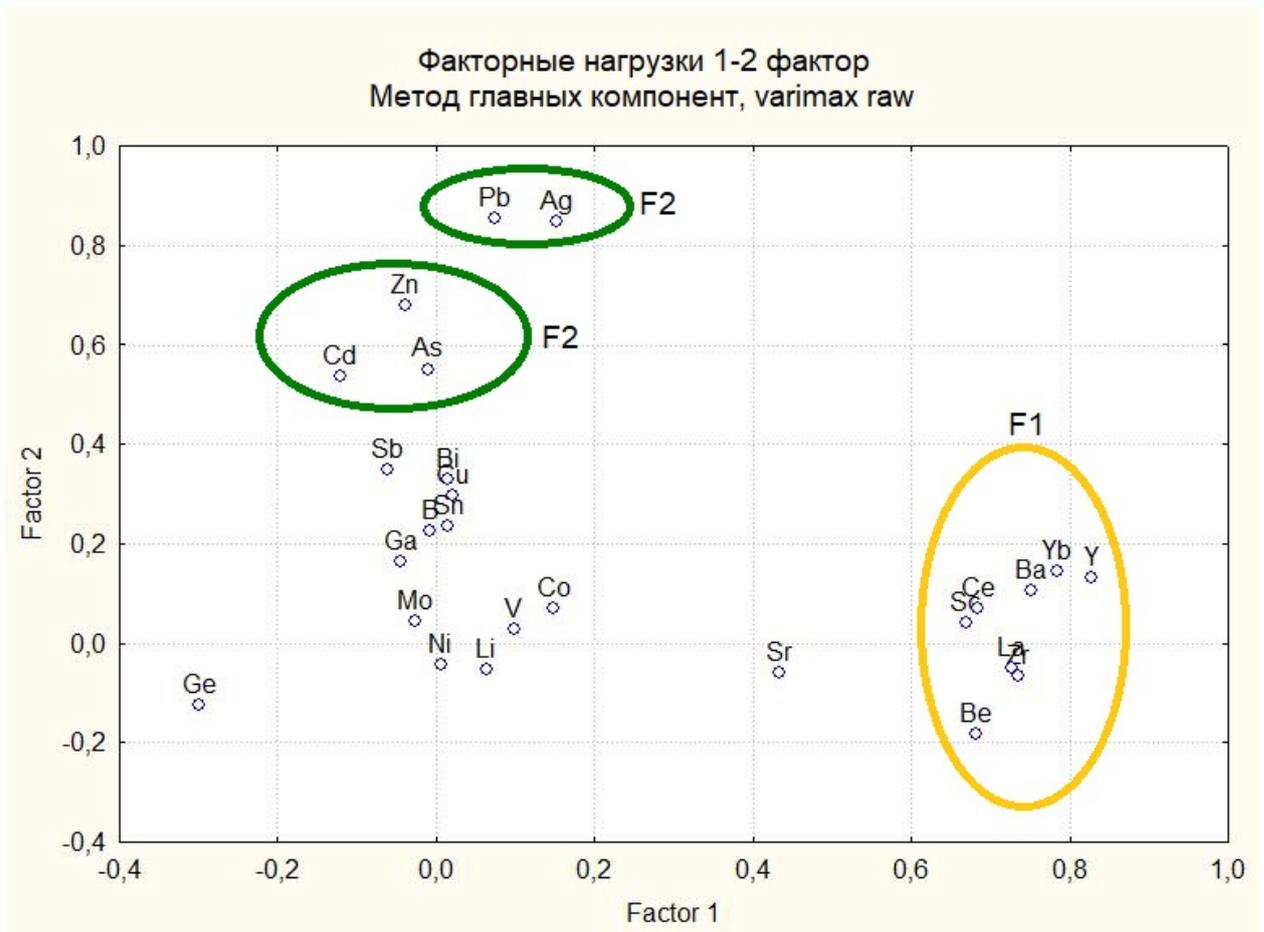


Рис. 36. Диаграмма факторных нагрузок на элементы в координатах 1 – 2 факторов

Кроме этого была проведена оценка факторов в точках опробования. Был выбран 2 фактор, как наиболее вероятный контролирующий распределение серебра на территории (рис. 37).

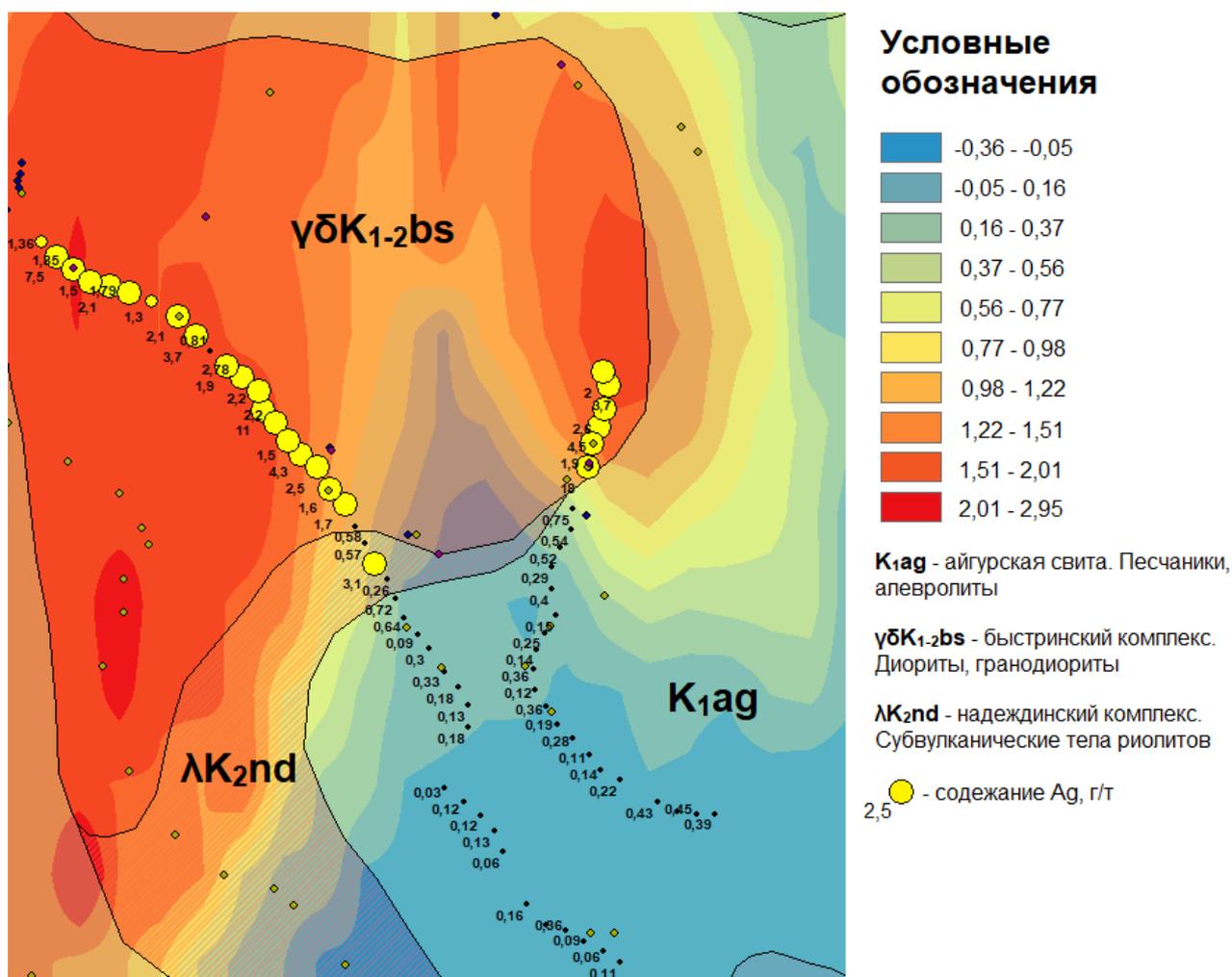


Рис. 37. Значения 2 фактора в точках опробования на центральном участке.

Как можно заметить на рисунке 37, значение 2 фактора в пределах интрузивного массива больше, чем в точках, которые попадают в поле развития терригенных осадочных пород.

Из этого можно сделать вывод, что серебряное оруденение с элементами спутниками (Pb, As, Zn) приурочено к эндоконтакту гранитоидных массивов быстринского комплекса с вмещающими терригенными толщами.

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить помимо ассоциации элементов-спутников серебра, закономерности размещения их аномалий на изучаемой территории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Балыгычано-Сугойский прогиб представляет собой крупную поперечную структуру внешней зоны Охотско-Чукотского вулканоплутонического пояса, приуроченную к трансформному разлому. В геологическом строении территории участвуют терригенные отложения пермь-юрского возраста, осадочно-вулканогенные образования нижнего мела, которые прорываются позднемеловыми интрузиями в основном среднего-кислого состава.

Прогиб является сосредоточением крупных и средних месторождений серебра, среди которых в качестве эталонного объекта было выбрано месторождение Лунное, которое относится к золото-серебряной формации. Проведенные исследования вулканогенно-осадочных толщ и интрузивных образований позволили осуществить сравнительную характеристику пород исследуемой территории и пород с месторождения-эталона.

Для оценки рудоносности изучаемого участка было проведено микрорентгеноспектральное исследование, в результате которого в кварцевых жилах на эндоконтактах гранитоидов было обнаружено большое количество сульфидов, а также минералы серебра.

В связи с тем, что территория участка плохо обнажена, было проведено геохимическое картирование почв по вторичным ореолам рассеяния. Данные результатов анализов были обработаны, и полученные сведения были использованы для геохимической характеристики района, выявления закономерностей распределения химических элементов, выявления перспективных участков, а также для статистической обработки с целью обнаружения рудных ассоциаций элементов.

В результате проведенных исследований можно сформулировать четыре основных защищаемых положения:

1. По минеральному составу, макро- и микроэлементному составу выявлено сходство интрузивных и вулканогенно-осадочных пород эталонного объекта Лунное и поискового участка.
2. На поисковом участке была установлена минеральная ассоциация: минералы серебра (фрейбергит, штрмейерит) и сульфиды (пирит, галенит, сфалерит, арсенопирит), минералы редких земель (монацит, ксенотим, ортит) и редких элементов (торит, уранторит, фаялит). Это может указывать на схожесть рудных формаций и типа оруденения.

3. Во вторичных геохимических ореолах рассеяния была выявлена ассоциация серебра со свинцом, сурьмой, цинком и мышьяком (предположительно – золото-серебряной формации).
4. Оруденение на изученном участке приурочено к зоне эндоконтакта гранодиоритов быстринского комплекса и вмещающего вулканогенно-осадочного надеждинского комплекса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров В.Е. Отчет о работе Встречной поисково-разведочной партии масштаба 1:10 000 за 1963 г. ТФ «Магадангеология», 1964.
2. Горшков Ю.В. Отчет о результатах поисков в южной части Арылахского рудного узла. ТФ «Магадангеология», 1990.
3. Григорьев Н.В., Валуев В.Н., Третьякова Н.И. Отчет о результатах геологической съёмки, доизучения в масштабе 1:50 000 в пределах Арылахской вулканотектонической структуры. Листы Р-56-34-Б,Г; Р-56-35-А,В; Р-56-35-Б-а,в; Р-56-35-Г-а,в. ТФ «Магадангеология», 1978.
4. Иевлев Л.В. Отчет о работе Дремучинской геологосъёмочной партии за полевой сезон 1965 г. ТФ «Магадангеология», 1966.
5. Калинин А.И. Структура серебрянорудного поля и месторождения в ультракалиевых риолитах Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Структуры рудных полей и месторождений вулканических поясов. Владивосток, 1985. С.56-71.
6. Колесников А.Г., Торкин В.П., Комогорцев Е.Н. Отчет о проведении опережающей литогеохимической съёмки и поисков масштаба 1:50000 в северной и центральной частях Балыгычано-Сугойского прогиба за 1983–1987 г.г. В 6-ти томах. ТФ «Магадан-геология», 1987.
7. Константинов М.М., Наталенко В.Е., Калинин А.И., Стружков С.Ф. Золото-серебряное месторождение Дукаат. М. : Недра, 1998. 201 с.
8. Котляр И.Н. Петрология и рудоносность магматических формаций Охотско-Чукотского вулканогенного пояса: автореф. дис. ... д. г.-м. н. Л., 1990. 39 с.
9. Котляр И.Н., Жуланова И.Л., Русакова Т.Б., Гагиева А.М. Изотопные системы магматических и метаморфических комплексов Северо-Востока России. Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2001. 319 с.
10. Котляр И.Н., Русакова Т.Б., Гагиева А.М. Буондино-Сугойская рудоконтролирующая площадь: уникальный металлогенический ареал Северо-Востока России // Тихоокеан. геол. 2004. Т.23, №1. С.3-19.
11. Кузнецов В.М. Гагиев М.Х. и др. Отчет по геологической съемке м-ба 1:200 000 и доизучению в бассейне р. Балыгычана и составлению геологической карты северной части листа Р-56-V, 1974.
12. Кузнецов В.М., Ливач А.Э. Строение и металлогеническое районирование Балыгычано-Сугойского прогиба // Проблемы металлогении рудных районов Северо-Востока России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2005. С. 156-177.

13. Легенда Сугойской серии Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 (издание второе). г.Магадан, 1999 г.
14. Ливач А.Э., Чуравцов А.П., Третьякова Н.И. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000 Издание второе Серия Сугойская. Лист Р-56-ХII. Объяснительная записка. Санкт-Петербург, 2000. 208 с.
15. Национальный атлас почв Российской Федерации. Под общей редакцией член-корреспондента РАН С.А.Шобы. Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. Факультет почвоведения. Общество почвоведов имени В.В. Докучаева. Астрель, Москва, 2011 г.
16. Объяснительная записка к Государственной геологической карте Российской Федерации масштаба 1:200 000. Ливач А.Э., Чуравцев А.П., Третьякова Н.И. Издание второе, Сугойская серия, лист Р-56-ХII., Санкт-Петербург, 2000.
17. Придатко М.Р., Мандыч В.А., Титов В.Э. и др. Изучение структуры минералогической и геохимической зональности и вещественного состава Мало-Кэнского оловорудного месторождения (отчет по теме №857). ТФ «Магадангеология», 1973.
18. Репин Ю.С., Полуботко И.В. Нижняя и средняя юра Северо-Востока России. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 1996. 48 с.
19. Решения 2-го межведомственного стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою Северо-Востока СССР. Магадан, 1978. 192с.
20. Савва Н.Е. Минералогия серебра Северо-Востока России / [науч.ред. А.А. Сидоров]; Сев.-Вост. Комплекс. НИИ ДВО РАН. М.: Издательство Триумф, 2018. 544 с. (Тр. СВКНИИ ДВО РАН ; вып. 78)
21. Стружков С.Ф. Внедрение методики прогноза и поисков скрытого и слабоэродированного оруденения в Сарманской вулcano-тектонической структуре (отчёт по теме 205/д). ТФ «Магадангеология», 1992.
22. Стружков С.Ф., Константинов М.М. Металлогения золота и серебра Охотско-Чукотского вулcanoгенного пояса. М.: Научный мир, 2005. 320 с.
23. Стружков С.Ф., Константинов М.М., Аристов В.В., Рыжков О.Б. и др. Новые данные по геологии и радиологическому возрасту месторождений золота и серебра Омсукчанского отрезка Охотско-Чукотского пояса. Магадан: Колыма, № 9 – 10, 1994. С. 2 – 15.
24. Требования к содержанию и оформлению материалов геохимических основ масштаба 1:200 000 госгеолкарты – 200/2. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федеральное агентство по недропользованию,

- Российская академия наук. ФГУП «Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов», Москва, 2017 г.
25. Филатов С.И. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Верхнеколымская. Лист Р-56-ХП. Магадан. 1979.
26. Филимонова Л. Г., Трубкин Н. В., Бортников Н.С. Наночастицы муассонита из рассеянной минерализации Дукатского рудного района (Северо-Восток России) // ДАН, 2004, т. 394, № 4. С. 540–543.
27. Шурыгин В.Н., Ивлева Т.И. Промежуточный отчет о работе Сарманской геологосъемочной партии масштаба 1:50 000 за 1966 г. ТФ «Магадангеология», 1967.