Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения Российской академии наук

На правах рукописи



Хертек Чаяна Март-ооловна

ГЕОЛОГИЯ И ТИПОМОРФИЗМ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА АМЫЛО-СИСТИГХЕМСКОГО ЗОЛОТОНОСНОГО РУДНО-РОССЫПНОГО РАЙОНА (ЗАПАДНЫЙ САЯН)

1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:
доктор геол.-минерал. наук
Сазонов А.М.

Кызыл 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ... 3
ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИИ, ГЕОМОРФОЛОГИИ И ЗОЛОТОНОСНОСТИ РАЙОНА ... 10
1.1. Геология ... 10
1.2. Геоморфология и четвертичная геология ... 14
ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РОССЫПНОГО ЗОЛОТА РАЙОНА ... 22
2.1. Характеристика типоморфных признаков золота россыпей притоков р. Амыл ... 22
2.2. Особенности золота системы р. Систиг-Хем ... 36
ГЛАВА 3. ТИПИЗАЦИЯ ЗОЛОТА РОССЫПЕЙ АМЫЛО-СИСТИГХЕМСКОГО РУДНО-РОССЫПНОГО РАЙОНА ... 74
3.1. Структурно-морфологическая неоднородность россыпного золота ... 74
3.2 Химические типы и неоднородность россыпного золота ... 80
3.3 Экзогенная рекристаллизация, облагораживание и увеличение однородности состава ядер детритовых частиц золота ... 83
ГЛАВА 4. АУТИГЕННОЕ ЗОЛОТО РОССЫПЕЙ ИЗУЧАЕМОГО РАЙОНА ... 103
4.1. Структурно-морфологические агрегаты и состав аутигенного золота ... 103
4.2 Образование аутигенного золота ... 108
4.3. Выводы ... 113
ГЛАВА 5. ЗОЛОТО НЕОГЕНОВЫХ И ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ИЗУЧАЕМОГОРАЙОНА ... 115
5.1 Типоморфные признаки золота из отложений неогена и квартера ... 115
5.2. Химическая неоднородность золота из неогеновых и четвертичных отложений ... 119
5.3. Выводы ... 122
ГЛАВА 6. ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОРУДОГЕНЕЗА В АМЫЛО-СИСТИГХЕМСКОМ РУДНО-РОССЫПНОМ РАЙОНЕ ... 125
6.1 Пространственное распределение химических типов золота ... 125
6.2 Минералого-геохимические парагенезисы золоторудной минерализации района ... 133
6.3. Литолого-стратиграфический и магматический контроль распределения коренных проявлений и россыпей ... 140
6.4. Этапы рудообразования ... 143
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ... 145
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ... 147

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований

Одной из ключевых проблем современной геологии благородных металлов – выявление коренных источников россыпного золота на основе комплексного изучения его типоморфных признаков. Амыло-Систигхемский район является старейшим и наиболее продуктивным золотоносным районом Тувы, где за историю разработки из россыпей было добыто почти вдвое больше золота, чем во всех остальных районах республики вместе взятых. Однако, несмотря на богатую историю, его рудная база остаётся слабо изученной, а объёмы россыпного золота неуклонно сокращаются. В этих условиях исследование типоморфизма самородного золота приобретает не только фундаментальное, но и острое прикладное значение, поскольку позволяет реконструировать условия рудогенеза, идентифицировать конкретные рудогенерирующие комплексы и прогнозировать новые объекты коренного оруденения.

Типоморфизм и генетическая интерпретация самородного золота месторождений и россыпей России обсуждались в работах многих исследователей (Билибин, 1956; Николаева, 1958, 1978, 1995; Петровская, 1973; Яблокова и др., 2024; Шило, 1981; Новгородова, 1983; Мурзин, Малюгин, 1987; Савва, Прейс, 1990; Нестеренко, 1991; Амосов, 1995; Николаева и др., 200*)*; Калинин и др., 2006; Наумов, 2010; Спиридонов, 2010; Никифорова и др., 2020; Goryachev N.A., 2020*;* Аристов и др., 2021; Герасимов, 2022; Лаломов, 2024). В данной работе нами использованы разработанные предшественниками методические приемы и логика построения генетических выводов.

Цель работы: изучить типоморфные признаки россыпного золота, определить их значение в выявлении и обосновании особенностей золоторудогенеза и россыпных аккумуляций рудно-россыпного района.

Задачи исследований:

1. Провести анализ имеющихся опубликованных и фондовых данных по геологии и золотоносности региона и изученности типоморфизма золота.
2. Изучить комплекс типоморфных признаков россыпного золота района.
3. Выявить индикаторные признаки золота, отражающие условия образования россыпей и их источники питания.
4. Сопоставить полученные результаты исследования типоморфных признаков золота с определенной геологической обстановкой.
5. Изучить типоморфные особенности самородного золота в системе: эндогенное оруденение – кора выветривания – промежуточный коллектор – современная аллювиальная россыпь.

6. Сформулировать генетические выводы образования коренной и россыпной золотоносности района.

Научная новизна:

Впервые для района проведено системное исследование типоморфизма золота, выявлены новые минеральные ассоциации (включая редкие сульфосоли и теллуриды), установлены техногенные и биогенные модификации, выполнена количественная оценка различий между неогеновым и четвертичным золотом.

Защищаемые положения:

1. В россыпях района присутствует кластогенное и аутигенное золото. Кластогенное золото различается по степени окатанности и деформированности частиц, наличию и отсутствию высокопробной каймы, химическому составу (Ag-Au, Hg-Ag-Au, Cu-Ag-Au и Pd-Hg-Ag-Au). Аутигенное золото представлено пленками, микроконическими и волосовидными наростами на детритовых частицах, спутанно-волосовидными псевдоморфозами по цианобактериям, химически чистым в пленках и ртутистым составом в биогенных псевдоморфозах.

2. Россыпи района принадлежат двум группам разного возраста – неогенового и четвертичного. Частицы золота из неогеновых и четвертичных золотоносных отложений различаются типоморфными признаками, обусловленными длительностью нахождения и преобразования в гипергенных условиях.

3. Золоторудогенез в районе осуществился в результате полигенных и полихронных магматогенно-гидротермальных процессов. Признаки особенностей рудообразования отражены в типоморфных свойствах золота россыпей.

Практическая значимость

Практическая значимость результатов заключается в разработке критериев для поисков коренных источников, локализации перспективных участков (палеодолины, террасоувалы) и возможной дооценке техногенных отвалов.

Исследованный комплекс типоморфных признаков россыпного золота позволяет корректно реконструировать геологическую обстановку россыпе- и рудообразования Хемчикско-Куртушубинской зоны Западного Саяна.

Основными источниками россыпной золотоносности района служат золоторудные проявления рудогенерирующих дунит-гарцбургитового, макаровско-орешского базальт-андезит-риолитового, булкинского ультрамафит-мафитового расслоенного, кукшинского и кендейско-саглинского комплексов, представленные золотокварцевыми жилами, сульфидно-кварц-карбонатными штокверками, телами пропилитов, родингитов, лиственит-березитов. Состав жил кварц-альбитовый и кварц-карбонатный с сульфидной вкрапленностью.

Фактический материал и методы исследований

Материалом исследования послужили частицы золота, отобранные промывкой аллювия золотоносных рек района старательским лотком в период 2010–2017 гг. (рисунок 1). Изучены типоморфные особенности почти 2000 золотин из семи россыпей и трех коренных проявлений Амыло-Систигхемского золотоносного района.

Минеральный состав шлиха, гранулометрические и морфологические особенности частиц золота изучалась под бинокулярным микроскопом при небольшом увеличении по традиционной схеме (Родыгина, 2007). Химический состав и внутренняя структура частиц золота, закапсулированных в полированных эпоксидных шашках, изучены на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Tescan Vega III SBH с интегрированной системой энергодисперсионного микроанализа Oxford X-Act в лаборатории R&D центра «Норникель» института цветных металлов Сибирского федерального университета (г. Красноярск; операторы Б.М. Лобастов и С.А. Сильянов). Фотографии частиц золота получены в режиме обратно рассеянных электронов (BSE), значения яркости и контраста подбирались индивидуально для наилучшей визуализации внутренних неоднородностей зерен. Предел обнаружения Au, Ag, Cu составил 0,5 мас. %.

Апробация работы и публикации:

По теме диссертации опубликовано 22 работы, в том числе 6 статей в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий и 11 публикаций в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций.

Статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России:

1. Ойдуп Ч.К., Монгуш А.А., Хураган Ч.М. Типоморфные особенности минералов платиновой группы в россыпи золота Кундус (Каа-Хемский офиолитовый комплекс) // Литология и полезные ископаемые. 2012. № 5. С. 490–498.
2. Хертек Ч.М., Сазонов А.М. Деформационные и метасоматические преобразования детритового золота при россыпеобразовании // Руды и металлы. № 4. 2023. № 4. С. 6–22.
3. Хертек Ч.М., Сазонов А.М. Типизация золота Амыло-Систигхемского рудно-россыпного района // Минералогия. 2024. Т. 10, № 1. С. 32–53.
4. Хертек Ч.М., Сазонов А.М. Аутигенное золото россыпей Амыло-Систигхемского рудно-россыпного района, Западный Саян // Геосферные исследования. 2025. №1. С. 95–108.
5. Хертек Ч.М., Сазонов А.М., Попова Н.Н. и др. Золото неогеновых и четвертичных отложений Амыло-Систиг-Хемского россыпного района (Западный Саян) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2025 №4а (64). С. 35–49

6. Монгуш А.А., Гусев Н.И., Ойдуп Ч.К., Кадыр-оол Ч.О., Хертек Ч.М., Леснов Ф.П., Дружкова Е.К. Возраст и геодинамическая позиция офиолитов Куртушибинского хребта Западного Саяна // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2025. Т. 520, № 2. С. 185–192. DOI 10.31857/S2686739725020017

В прочих изданиях и материалы конференций:

1. Монгуш А.А., Хураган (Хертек) Ч.М. Геохимические особенности макаровско-орешского вулканического комплекса Амыло-Сыстыгхемского золотоносного узла, Западный Саян //Металлогения древних и современных океанов. 2009. № 1. С. 284–288.

2. Прудников С.Г., Хураган (Хертек) Ч.М. Условия образования россыпей в Амыло-Сыстыгхемском золотоносном районе (Тува) // РКВ–2010: Сб. матер. XIV Междунар. совещ. по геологии россыпей и месторождений кор выветривания (02–10.09.2010, Новосибирск). Новосибирск: Апельсин, 2010. С. 578–582.

3. Ойдуп Ч.К., Монгуш А.А., Хураган (Хертек) Ч.М. Платинометальная минерализация Каахемского офиолитового пояса (Восточная Тува) // РКВ–2010: Сб. матер. XIV Междунар. совещ. по геологии россыпей и месторождений кор выветривания (02–10.09.2010, Новосибирск). Новосибирск: Апельсин, 2010. С. 516-521.

4. Лебедев В.И., Монгуш А.А., Хураган (Хертек) Ч.М. и др. Эволюция фанерозойского магматизма и сопутствующего оруденения: геохронологические, изотопно-геохимические и металлогеохимические исследования структур Тувы и сопредельных регионов Монголии (результаты фундаментальных исследований по базовому конкурсному проекту СО РАН VII.58.2.2) / Отв. ред. д-т. геол.-минерал. наук В.И. Лебедев. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2013. 68 с.

5. Прудников С.Г., Хертек Ч.М. Типоморфные признаки самородного золота россыпей Тувы и прилегающих районов Западного Саяна // Успехи современного естествознания. 2016. № 10. С. 146–151.

6. Прудников С.Г., Хертек Ч.М. Золотоносность Амыло-Сыстыгхемского района Тувы // Природные системы и экономика Центрально-Азиатского региона: фундаментальные проблемы и перспективы рационального использования: Матер. III Всерос. молодежн. конф. с междунар. участием (26–28.09.2017, Кызыл, Россия) / Отв. ред. канд. геол.-минерал. наук Р.В. Кужугет. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2017. С. 46–51

7. Прудников С.Г., Хертек Ч.М. Сравнительная характеристика россыпного и коренного золота Эйлиг-Хемского золотоносного района Тувы // Природные системы и экономика Центрально-Азиатского региона: фундаментальные проблемы и перспективы рационального использования: Матер III Всерос, молодежн, конф. с междунар. участием (26–

28.09.2017, Кызыл, Россия) / Отв. ред. канд. геол.-минерал. наук Р.В. Кужугет. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2017. С. 109–112.

8. Прудников С.Г., Хертек Ч.М. Оценка ресурсов техногенных образований отработанной россыпи Малый Алгияк (Тува) // Успехи современного естествознания. 2018. № 2. С. 129–133.

9. Прудников С.Г., Хертек Ч.М. Оценка техногенных образований отработанных россыпей золота Кара-Хем, Проездной (Тува) // Успехи современного естествознания. 2019. № 2. С. 67–72

10. Прудников С.Г., Хертек Ч.М. Оценка ресурсов техногенных образований отработанных россыпей золота Тувы // Региональная экономика: технологии, экономика, экология и инфраструктура: Матер. III Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию ТувИКОПР СО РАН и 45-летию академической науки в Туве / Под общ. ред. Г.Ф. Балакиной, отв. ред. В.О. Ооржак. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2019. С. 348–350.

11. Кальная О.И., Аюнова О.Д., Прудников С.Г., Хертек Ч.М. Геологические условия и оценка эколого-гидрохимического состояния водотоков в районе Алгиякского золотоносного узла // Региональная экономика: технологии, экономика, экология и инфраструктура: Матер. III Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию ТувИКОПР СО РАН и 45-летию академической науки в Туве / Под общ. ред. Г.Ф. Балакиной, отв. ред. В.О. Ооржак. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2019. С. 302–308.

12. Прудников С.Г., Хертек Ч.М. Новые перспективные типы золотороссыпных месторождений Тувы // Природные ресурсы, среда и общество. 2022. № 2 (14). С. 21–27.

13. Монгуш А.А., Гусев Н.И., Прудников С.Г., Хертек Ч.М., Дружкова Е.К. Вещественный состав и возраст изинзюльского габбро-диорит-плагиогранитного комплекса (Куртушибинская преддуговая подзона, Западный Саян) // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Матер. науч. конф. Вып. 20 (Иркутск, 18–21.10.2022) / Отв. ред. Е.В. Скляров. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2022. С. 208–210.

14. Хертек Ч.М., Сазонов А.М. Катаклаз и метасоматоз частиц детритового золота при гипергенезе // Петрология магматических и метаморфических комплексов: Матер. XI Всерос. петрогр. конф. с междунар. участием (28.11–02.12.2022, Томск). Томск: Компания Милон, 2022. С. 150–161.

15. Монгуш А.А., Ойдуп Ч.К., Леснов Ф.П., Хертек Ч.М. Венд-нижнекембрийская чингинская толща Западного Саяна: строение состав и геодинамическое положение // Добрецовские чтения. Наука из первых рук: Матер. 1-й Всерос. науч. конф., посвящ. памяти

выдающего ученого и организатора науки акад. РАН Николая Леонтьевича Добрецова. Новосибриск: Изд-во СО РАН, 2022. С. 207–210.

16. Хертек Ч.М., Сазонов А.М., Горин А.С. Химический состав золота гранулометрических фракций россыпей Амыло-Систигхемского района: генетические выводы (Западный Саян) // Сб. тез. докла. XII междунар. конгр. «Цветные металлы и минералы». Красноярск, 2024. С. 722–727.

Личный вклад автора

Основой работы послужили материалы полевых работ в Амыло-Систигхемском рудно-россыпном районе. Лабораторные исследования россыпного золота проведены автором в Тувинском институте комплексного освоения природных ресурсов СО РАН и лабораториях Сибирского федерального университета в 2010–2025 гг. Автором учтены замечания и советы коллег и участников конференций, высказанные при обсуждении докладов. В процессе работы и при оформлении текста диссертации научный руководитель оказывал помощь в разработке концепции, визуализации и редактировании исследования.

Исследования выполнялись в рамках научно-исследовательских проектов: «Структурно-возрастные закономерности распределения неогеновых россыпей золота Саяно-Тувинского нагорья и их связь с коренными источниками» (№ гос. рег. 13-05-98014), «Техногенные образования отработанных россыпей золота Тувы: экологические и ресурсные аспекты их освоения» (№ гос. рег. 17-45-170526), «Событийно-хронологическая модель формирования неоген-четвертичных отложений Восточной Тувы» (№ гос. рег. 20-05-00605) и по государственному заданию Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (проект № 121031500140-2 (FUFS-2021-0002)).

Структура и объем диссертации

Диссертация объемом 159 страниц состоит из титульного листа, оглавления, введения, 6 глав, заключения и списка литературных источников из 153 наименований. В работе содержится 67 рисунков, 20 таблиц.

Благодарности

Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю, д.г.-м.н. Сазонову Анатолию Максимовичу СФУ, за ценные рекомендации, консультации и всестороннюю поддержку на всех этапах выполнения диссертационной работы. Особую признательность автор выражает к.г.-м.н. Прудникову Сергею Григорьевичу за постоянное внимание, требовательность, ценные советы, всестороннюю помощь и поддержку; коллегам по работе Чойганме Кыргысовне Ойдуп, Амине Мидхатовне Сугораковой, Андрею Александровичу Монгушу, Людмиле Изотовне Петровой, оказавшим помощь и содействие на различных этапах исследования; сотрудникам кафедры геологии, минералогии и петрографии С.И. Леонтьеву,

Н.Н. Поповой, А.В. Федоровой, С.А. Сильянову, Б.М. Лобастову, Н.В. Нелюбину за организацию и помощь в проведении аналитических работ в лабораториях СФУ, а также консультации по интерпретации аналитических материалов, рецензентам и редакторам научных статей: А.И. Черных, Р.С. Паламарчуку, Е.В. Белогуб, И.Ю. Мелекесцевой. На разных этапах работы автор пользовался советами докт. геол.-миненал, наук Владимира Ильича Лебедева.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИИ, ГЕОМОРФОЛОГИИ И ЗОЛОТОНОСНОСТИ РАЙОНА

Амыло-Систигхемский район находится в восточных отрогах Западных Саян, в пределах хребта Ергак-Таргак-Тайга (географические координаты: 53°10′ с. ш., 94°20′ в. д.). Административно район располагается на территории Тоджинского кожууна (района) Республики Тыва. Ближайшие населенные пункты: пос. Сейба (85 км к югу), пос. Систиг-Хем (78 км южнее) и пос. Ырбан (80 км на юго-восток). Связь с г. Кызылом осуществляется круглогодично по автодороге протяженностью 295км на транспорте повышенной проходимости. По асфальтовой дороге до г. Турана – 73 км, далее по грунтовой дороге – 222 км.

Наиболее крупные реки – Амыл, Бесь, Ус, относящиеся к бассейну р. Енисей, и Систиг-Хем, Шет-Хем, Сейба, принадлежащие к бассейну р. Бий-Хем. Все реки не судоходны. Климат района резко континентальный, с продолжительной суровой зимой и коротким прохладным летом.

Первые представления о геологическом строении района охарактеризованы геологами Сибгеолкома по маршрутным исследованиям (Баженов, 1934). В монографии И.К. Баженова обобщены геологические материалы предшествующих маршрутных географических и ботанических экспедиций Крылова (1903), Sederholm (1925), Грум-Гржимайло (1926) и др., заложивших первые представления о геологическом строении всей Тувы и изучаемого района в частности. Начиная с 1950-х гг. территория района охвачена разномасштабными государственными геологическими съемками, выполненные геологами Красноярского геологического управления (Богомолов, 1951, 1954; Богомолов, Терентьев, 1952*ф.*; Чучко и др., 1967, Чучко и др., 1968*ф.*; Кумеев и др., 1970; Александровский, Пятов, 1982 *ф.*; Минерагеническая…, 1983; Геология…, 1990; Бармина и др., 2000; Ковалевич и др., 2003; Беззубцев и др., 2008).

1.1. Геология

Современные представления о геологическом строении и положении района разработаны в работах Н.Л. Добрецова и др. (1989), В.В. Зайкова и др. (1981), В.И. Лебедева (2018), А.А. Монгуша и др. (2025) и др. Согласно этим представлениям, золотоносный район расположен в области сопряжения структур Таннуольско-Хамсаринской и Северо-Саянской островодужных систем, а также Хемчикско-Систигхемской и Западно-Саянской коллизионных зон (Гаськов, Прудников, 2022; Монгуш и др., 2024) (см. рисунок 1).

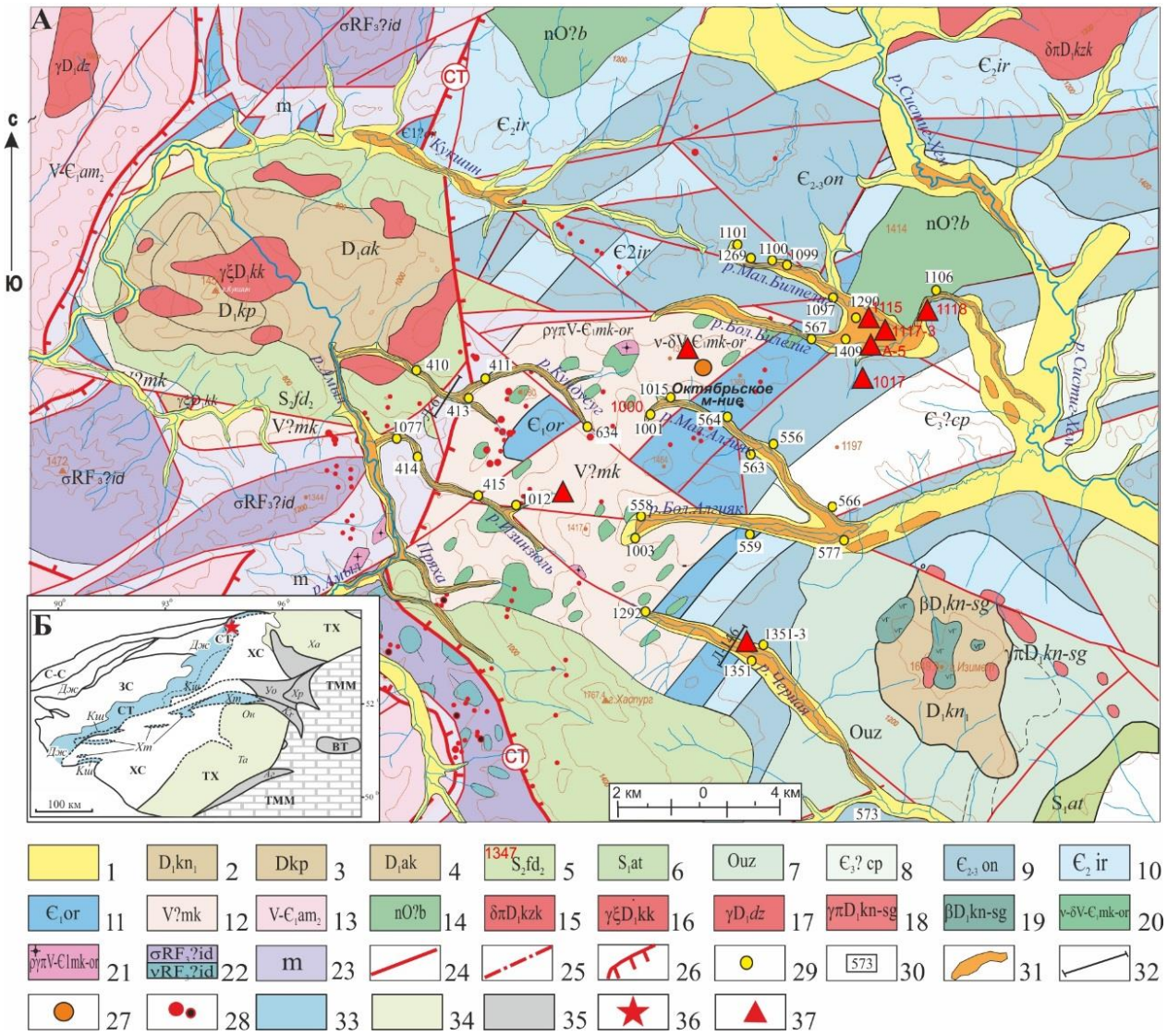


Рисунок 1. Схема геологического строения Амыло-Систигхемского рудно-россыпного района (составлена по материалам Попова и др., 1999*ф*. с учетом данных Бородиной и др., 2016; Бабина и др., 2024; Монгуша и др., 2025) (**А**) Обзорная карта Амыло-Систигхемского золотоносного рудно-россыпного района (**Б**):

А. 1 – четвертичные отложения; 2–4 – нижний девон: 2 – кендейская свита, нижняя подсвита (андезиты, базальты), 3 – купхольская свита (трахириолиты, трахидациты, их туфы), 4 – актуругская свита (андезиты, базальты, трахиандезиты, их туфы); 5, 6 – силур: 5 – федоровская свита, верхняя подсвита (конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты), 6 – атчольская свита (песчаники, красноцветные алевролиты); 7 – ордовик, систигхемская серия, узинская свита (песчаники, конгломераты, гравелиты); 8–11 – кембрий: 8 – чапшинская свита (ритмичное чередование конгломератов, песчаников, алевролитов), 9 – ончанская свита (алевролиты, аргиллиты, алевропесчаники, линзы гравелитов, известняков), 10 – иргитхемская свита (агломератовые туфы, конгломераты, песчаники, гравелиты, линзы известняков); 11, 12 – орешская и макаровская толщи (бывшая чингиская свита): 11 – нижний кембрий, орешская толща (глинисто-кремнистые и углеродисто-кремнистые сланцы, горизонты кварцитов, базальтов, их туфов, известняков), 12 – венд, макаровская толща (метабазальты, их туфы, кремнисто-глинистые сланцы, линзы известняков); 13 – венд – верхний кембрий, джебашская серия (серицит-хлорит-альбит-кварцевые сланцы, линзы мраморов, метабазальтов); 14–22 – интрузивные породы: 14 – Систигхемская подзона, средний ордовик, булкинский расслоенный троктолит-анортозит-габбровый комплекс, 15 – кызыкчадрский габбро-монцодиорит-гранитный комплекс (диориты, кварцевые диориты, габбро, габбродиориты, монцодиориты, граниты), 16 – Куртушибинский офиолитовый пояс, кукшинский сиенит-щелочногранитный комплекс (граносиениты); 17 – Джебашско-Амыльская подзона, джойский гранитный комплекс (щелочные граниты); 18 – кендейско-саглинский базальт-риолитовый комплекс (гранит-порфиры, риолиты); 19 – базальты, микрогаббро; 20 – макаровско-

орешский базальт-андезит-риолитовый комплекс (микрогаббро, долериты); 21 – плагиограниты, порфиры; 22 – иджимский габбро-гипербазитовый комплекс, ультрабазитовая зона (σ) (гарцбургиты, дуниты, серпентиниты, серпентинизированные породы); габброидная зона (ν) (габбро, габбронориты, дайки микрогаббро, долериты, базальты); 23 – тектонический меланж; 24, 25 – разломы: 24 – установленные, 25 – неустановленной морфологии; 26 – надвиги; 27 – месторождение Октябрьское (94°35′30″ в. д., 53°05′ с. ш.); 28 – точки золоторудной минерализации; 29 – точки наблюдения (т. н.); 30 – номера проб; 31 – россыпи; 32 – положение геологических разрезов

Б. Саяно-Тувинская преддуговая зона (СТ), подзоны: Дж – Джебашская, Кш – Куртушибинская, Хт – Хемчикско-Тапсинская; 34 – Таннуольско-Хамсаринская островодужная зона (ТХ), подзоны: Та – Таннуольская, Он – Ондумская, Хс – Хамсаринская; 35 – Восточно-Тувинская задуговая зона (ВТ), подзоны: Аг – Агардагская, Кх – Каахемская, Уо – Улугойская, Хр – Харальская; С-С – Северо-Саянская островодужная зона; ХС – Хемчикско-Сыстыгхемская коллизионная зона; ЗС – Западно-Саянская коллизионная зона; ТММ – Тувино-Монгольский микроконтинент; 36 – Амыло-Систигхемский рудно-россыпной район (звездочка); 37 – свалы жильного кварца с видимым золотом.

Структурные блоки района разграничиваются региональными разрывными нарушениями. Так, субширотный Кандатский разлом разделяет Северо-Саянскую и Таннуольско-Хамсаринскую островодужные системы: Субмеридиональный Саяно-Тувинский разлом на востоке и Усинский надвиговый шов на западе оконтуривают Куртушибинский офиолитовый пояс. С северо-запада на юго-восток в геологическом строении района принимают участие пара- и ортосланцы зеленосланцевой фации Джебашской структурно-формационной подзоны (СФПЗ) Западно-Саянской структурно формационной зоны (ЗС СФЗ). В составе Куртушибинского офиолитового пояса выделены вендская офиолитовая ассоциация (гипербазитовый, кумулятивный, габбровый, дайковый и осадочно-вулканогенный комплексы); вендская существенно вулканогенная макаровская и нижнекембрийская преимущественно углеродисто-кремнисто-сланцевая орешская толщи. Восточнее офиолитового пояса распространены отложения Хемчикско-Систигхемского коллизионного прогиба, представленные средне-верхнекембрийской флишоидной (иргитхемская, ончанская, чапшинская свиты) аласугской серией и ордовикской молассовой (узинская и атчольская свиты) формациями систигхемской серии, которая выше по разрезу сменяется согласно залегающими нижнесилурийскими морскими красноцветными отложениями атчольской свиты. Верхнесилурийская терригенная федоровская свита с базальными конгломератами в основании слагает прогибы Хаспургский на юге и Кукшинский на северо-западе. Отложения раннего девона в Куртушибинском поясе представлены андезитами, базальтами их туфами актуругской свиты и трахириолитами, трахидацитами и туфами купхольской свиты.

Плутонические и субвулканические образования принадлежат к проявлениям магматизма (от венда до девона) и распространены во всех СФЗ. Наиболее древние магматические образования вендского возраста представлены иджимским (акдовуракским) габбро-гипербазитовым комплексом. Макаровская и орешская толщи вмещают субвулканические тела раннекембрийского изинзюльского (макаровско-орешского) габбро-диорит-плагиогранитного комплекса. Штоки и жилообразные тела средне-, мелко- и микрозернистых габбро, диоритов,

кварцевых диоритов, плагиогранитов и гранодиоритов обычно зеленокаменно-измененные, пропилитизированные, березитизированные, окварцованные, а вмещающие их эффузивные базиты превращены в сланцы альбит-эпидот-актинолитового состава. В Систигхемской подзоне, в левобережье р. Билелиг обнажается расслоенный Сыдыкский массив габбро-анортозитов среднеордовикского возраста. К раннедевонскому интрузивному магматизму условно отнесен кызыкчадрский габбро-монцодиорит-гранитный комплекс. Примерно в это же время (в начале девона) в Амыло-Джебашской зоне происходило становление большепорожского гранитоидного и джойского гранитового комплексов. В Куртушибинском поясе к раннему девону отнесены тела кукшинского сиенит-щелочногранитового комплекса.

Территория района представлена двумя структурными этажами. Нижний венд-кембрийский складчато-блочный этаж характеризуется северо-восточным простиранием линейности складок с «выкручиванием» на северо-востоке до широтного. Ядро центральной антиклинали представлено венд-нижнекембрийскими отложениями коярдской, макаровской и орешской толщ в западной половине района. Далее ось антиклинали ступенчато погружается на северо-восток и замок антиклинали прослеживается по выходам отложений иргитхемской свиты среднего кембрия. С юга и севера к антиклинали причленены пологие синклинали, ядра которых сложены отложениями ончанской (на севере) и чапшинской (на юге) свит. Расстояние между осевымя поверхностями антиклиналь – синклиналь составляет в среднем около 3 км. Верхний ордовик-девонский структурный этаж представлен разобщенными мульдами и кальдерами проседания нижнедевонских вулканоплутонических построек, перекрывающих линейную складчато-блочную структуру нижнего этажа.

Дизъюнктивы в Амыло-Систигхемском золотоносном районе являются саттелитами региональных разломов. Пликативные структуры северо-восточной, северо-западной и субмериодиональной ориентировки сопровождают разрывы разных порядков. Кварцевые жилы, штокверки, поля гидротермально измененных пород, дайки и россыпи золота контролируются разрывными нарушениями.

Ко времени, предваряющему диссертационное исследование, о золотоносности района сложились представления, обобщенные С.Г. Прудниковым (Прудников, 2024). Основными источниками россыпной золотоносности Амыло-Систигхемского района служили многочисленные золоторудные проявления, приуроченные к породам офиолитовой ассоциации и макаровско-орешского габбро-диорит-плагиогранитного субвулканического комплекса и представленные золотокварцевыми жилами, телами метасоматитов лиственит-березитового ряда и зонами окварцевания. Главным коренным источником россыпей считались золотоносные кварц-альбитовые, кварц-карбонатные жилы и метасоматиты, развитые на площади Октябрьского месторождения золота, известного с начала XX в.

Первые сведения о находках золотоносных россыпей в районе относятся к 1837 г., когда началось освоение Среднесибирского региона к западу и востоку от р. Енисей. Уже в 1838 г. на р. Мал. Алгияк были заявлены первые прииски – Спасский и Никитинский. Расцвет золотодобычи приходится на 1860-е гг., а к концу XIX в. количество приисков сократилось вдвое и объем добываемого металла резко сократился. Всего в Амыло-Систигхемском районе до 1900 г. добыто около 25 т золота. Незначительные старательские отработки велись до середины XX в., активизировались они к концу XX и началу XXI вв.: перемывались старые отвалы и эфеля и редкие участки целиковых россыпей (Дружков, 2006).

Коренные проявления золота обнаружены в начале XX в. Наиболее концентрированным жильным месторождением было Богомдарованное (Октябрьское) месторождение, которое пытались отрабатывать в первые годы после открытия. Хозяева рудника часто менялись. Всего до 1918 г. добыто около 80 кг металла при среднем содержании в руде 10,7 г/т (Молчанов, Калинников, 1926*ф.*).

Незначительная активизация добычных и оценочных работ на месторождении проходила с 1929 по 1937 г. Добыто около 24 кг металла. Известные жилы были изучены до глубины 30–50 м (Ильенок, 1947*ф.*).

После присоединения Тувы к СССР в 1944 г. в районе неоднократно проводились ревизионные и начаты разномасштабные геолого-съемочные работы, которые сопровождались тематическими исследованиями НИГРИзолото (Бернштейн, 1945 *ф.*), ВСЕГЕИ (Билибин, 1946), томских вузов (Уссар, Васильев, 1973) и тематических групп Красноярского геологического управления (Харьковщенко, 1944*ф.*; Хазагаров и др., 1965*ф.*; Кильчичаков и др., 1984*ф.*; Вамбольд, 1995*ф.*), ТувИКОПР (Прудников, 2004; Лебедев, 2018), КНИИГГиМС и трестов «Запсибзолоторазведка» (Рожанец, 1946*ф.*; Ильенок, 1947*ф.*; Маковкин, 1948*ф*) и «Енисейзолото» (Юшков и др., 1994*ф.*). Значительных положительных результатов коренной золотоносности до сих пор не получено, а россыпи все еще эпизодически отрабатываются (Добрянский и др., 2002; Корнев и др., 2018). Достоверных сведений о количестве добытого металла из россыпей района нет. По информации А.Я. Вамбольда (1995), с 1838 по 1959 г. из россыпей Амыло-Систигхемского района надежно зарегистрировано добытого золота 13 715 кг.

1.2. Геоморфология и четвертичная геология

Рельеф района представлен реликтами древних форм (пологонаклонные поверхности выравнивания мел-палеогенового возраста, склоны комплексной денудации неоген-четвертичного возраста), интенсивно моделированными в квартере денудационными, экзарационными и нивальными процессами, а также развитой гидросетью с комплексом аккумулятивных форм четвертичного возраста (рисунок 2).

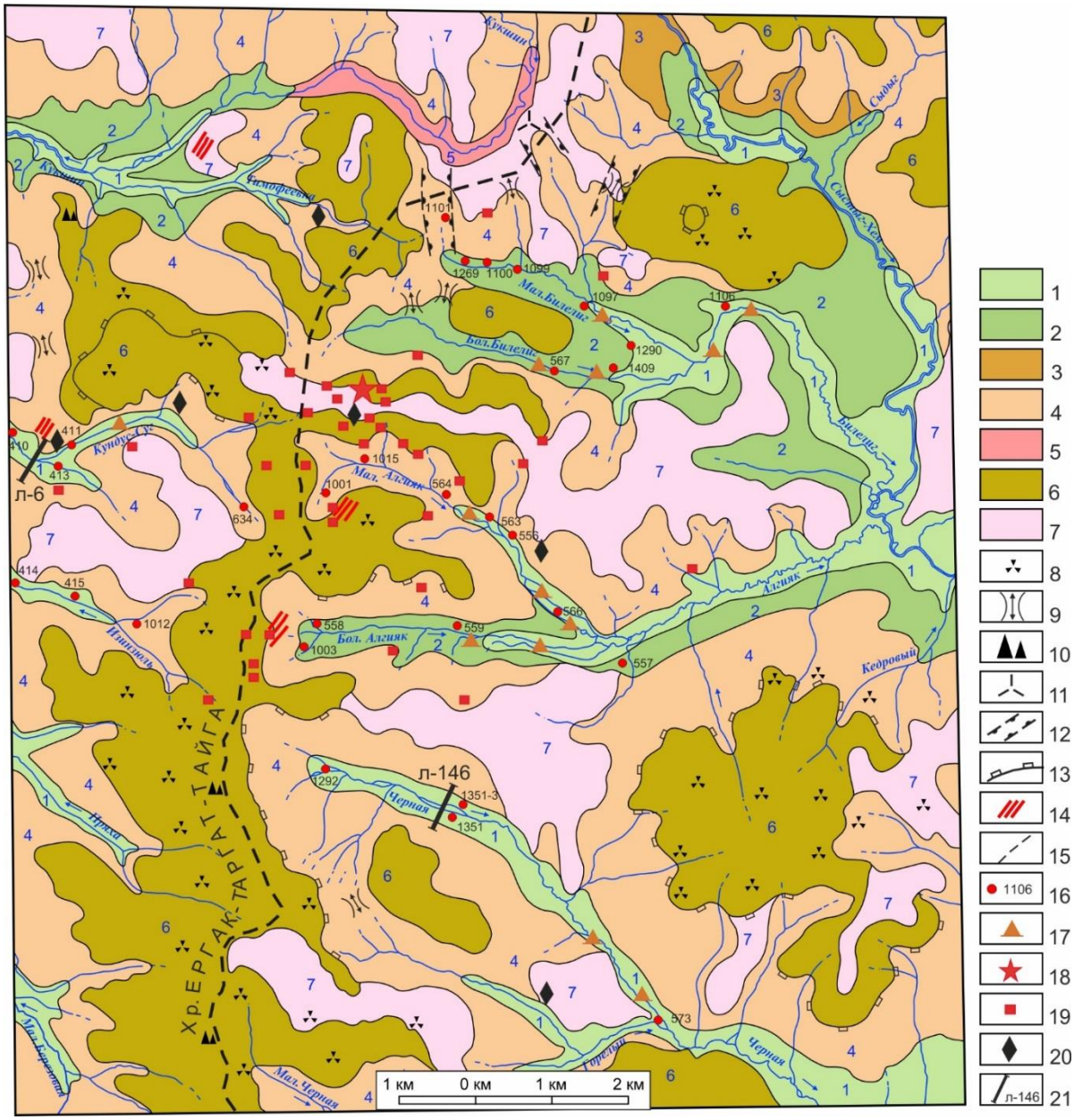


Рисунок 2. Геоморфологическая схема Амыло-Систигхемского золото-россыпного района
1–4 – аккумулятивный рельеф: 1 – аллювиальные равнины русла и поймы с участками отработанных золотодобывающих полигонов ($Q_{III–н}$), 2 – слабо наклонные поверхности нерасчлененных надпойменных террас, переработанных склоновыми процессами (террасоувалы) ($N–Q_{III}$), 3 – холмисто-грядовые моренные равнины ($Q_{II–III}$), 4 – делювиально-пролювиальные наклонные равнины (Q); 5–7 – денудационный рельеф: 5 – склоны крутые, созданные речной эрозией ($Q_{III-н}$), 6 – склоны средней крутизны и крутые отпрепарированных интрузивных и вулканогенных пород, моделированные в квартере денудационными и экзарационными и процессами (а.о. 900–1700 м) (N–Q), 7 – пологонаклонные поверхности выравнивания, созданные комплексной денудацией (K–P); 8 – курумы; 9 – сквозные долины; 10 – денудационные останцы; 11 – места речных перехватов; 12 – фрагменты древних долин стока; 13 – структурно-денудационные уступы; 14 – фрагменты коры химического выветривания; 15 – осевые линии хребтов; 16 – точки лоткового опробования рыхлых отложений; 17 – техногенные отвалы; 18 – октябрьское золоторудное месторождение; 19 – точки минерализации, рудопроявления золота; 20 – рудопроявления ртути.

Аккумулятивный рельеф территории представлен аллювиальными равнинами русла и поймы, поверхностями нерасчлененных надпойменных террас, холмисто-грядовыми моренными и делювиально-пролювиальными равнинами.

Аллювиальные равнины русла и поймы позднего неоплейстоцена – (см. рисунок 2) развиты по основным рекам района и их притокам. Речная сеть относится к бассейнам р. Систиг-Хем (с притоками Алгияк, Билелиг и др.) и р. Амыл (с притоками Кукшин, Кундус-Суг и др.), разделенными хр. Ергак-Таргак-Тайга. Основные речные долины имеют субмеридиональное, субширотное и северо-западное направления и контролируются зонами региональных (глубинных) разломов – Кандатского, Саяно-Тувинского и Систигхемского. Долины юго-восточных притоков контролируются молодыми неотектоническими разломами.

В долинах рр. Черная, Мал. и Бол. Алгияк отмечаются участки отработанных золотодобывающих полигонов, развиты отвалы высотой до 5 м, эфеля, отстойники, образованные мускульной и гидромеханической отработкой россыпей.

Слабо наклонные поверхности нерасчлененных надпойменных террас неоген-поздненеоплейстоценового возраста, переработанных склоновыми процессами, (см. рисунок 2), так называемые *террасоувалы*, развиты в пределах широкой долины р. Систиг-Хем и ее правых притоков. Здесь реки наследуют долгоживущую неогеновую гидросеть, имеют слабо наклонные террасированные и переработанные склоновыми процессами борта, интенсивно заболочены и также частично нарушены полигонами старательской отработки.

Холмисто-грядовая моренная равнина (см. рисунок 2), образованная деятельностью ледников средне-позднеплейстоценового возраста, отмечается в северной части площади в долине р. Систиг-Хем и ее левых притоков. Спускаясь со склонов г. Булка, моренные холмы вытянуты по направлению движения ледника с северо-запада на юго-восток и достигают высоты 60 м. Моренная равнина в долине р. Систиг-Хем широкая, интенсивно заболоченная с бугристо-западинным рельефом. Отмечаются полигональные грунты, каменные многоугольники, солифлюкционные террасы.

С перегораживанием стока по существующим ранее долинам и моренным подпором связана частичная перестройка долины верхнего течения р. Кукшин. Субмеридиональный отрезок ее современных истоков перехвачен у правых притоков р. Систиг-Хем с образованием сквозных долин, фрагментов древних долин стока.

Делювиально-пролювиальные наклонные равнины (см. рисунок 2) широко развиты на площади, формируются в течение всего четвертичного периода и занимают пологие придолинные склоны рр. Систиг-Хем, Алгияк, Черная и др.

Денудационный рельеф представлен эрозионными и эрозионно-денудационными склонами крутыми и средней крутизны, поверхностями выравнивания, созданными комплексной денудацией.

Склоны крутые, созданные речной эрозией (см. рисунок 2) *позднего неоплейстоцена – голоцена*, выделены в верхнем течении р. Кукшин. Узкая каньонообразная долина с прямыми

обрывистыми склонами в этой части реки обязана своим происхождением более активным неотектоническим процессам в западной части района и ледниковой деятельности. Абсолютные отметки рельефа 900–1100 м, относительные превышения 100–200 м.

Склоны средней крутизны и крутые отпрепарированных интрузивных и вулканогенных пород (см. рисунок 2), созданы эрозией и переработаны в квартере денудационными и экзарационными и процессами. Занимают верхние части гольцовых склонов и узкие водораздельные поверхности хребтов. Абсолютные отметки 1200–1800 м, относительные превышения 500–700 м. На склонах широко развиты курумы, структурно-денудационные уступы, отмечаются денудационные останцы отпрепарированных интрузивных массивов высотой до 9 м, остатки древних каров и трогов.

В верховьях руч. Горелый зафиксированы сейсмогенные обрывы, рвы, отложения сейсмоколлювия, представленные крупными (размером до 15 м) обвальными глыбами, что является свидетельством сейсмической активности 8–10 баллов этой части Алтае-Саянской складчатой области (АССО).

Отмечается асимметрия склонов, разделенных хр. Ергак-Таргак-Тайга. Юго-восточный склон (бассейн р. Систиг-Хем) длинный и пологий; а склон противоположной экспозиции (бассейн р. Амыл) короткий и крутой, что, возможно, объясняется различной неотектонической активностью блоков. Так, по данным С.Г. Прудникова (2024), величина относительного поднятия блоков юго-восточного склона достигает 976 м; северо-западного – 599 м. Максимальная глубина эрозионного вреза в пределах блоков также различается: в бассейне р. Амыл она достигает 1072 м, в бассейне р. Систиг-Хем – 660 м.

Пологонаклонные поверхности выравнивания, созданные комплексной денудацией (см. рисунок 2), являются остатками мел-палеогенового пенеплена, формировавшегося в период тектонического покоя территории. В рельефе отчетливо проявлена повышенная устойчивость интрузивных пород, вулканических аппаратов, кварцевых жил, зон кварцево-жильного прожилкования, гидротермально окварцованных золотосодержащих пород. Выровненные и пологонаклонные водоразделы (абс. отм. 1000–1200 м) с началом горообразования подвергаются денудации, на их поверхности отмечаются курумы, скальные останцы отпрепарированных интрузивных и вулканогенных пород, нагорные террасы.

Четвертичные отложения. *Аллювиальные равнины русла и поймы* позднего неоплейстоцена – голоцена сложены аллювиальными отложениями и имеют двучленное строение. Низы сложены русловыми глинисто-песчано-валунно-галечными отложениями со щебнем и гравием. Иногда встречаются супеси с линзами песка коричнево-серой окраски, мощность их 4–12 м. Верхняя часть мощностью 1–2 м представлена пойменным песчано-глинистым материалом коричневато-серого цвета с примесью мелкого щебня и дресвы.

В долинах горных рек практически отсутствует пойменная фация, аллювий сложен валунно-галечными русловыми отложениями.

Техногенные отвалы, широко встречающиеся в пределах аллювиальных равнин, существенно глинистые (до 40 %), эфеля состоят в основном из гальки, валунов и щебня. Мощность этих образований до 20 м.

С русловыми и пойменными формами рельефа и аллювиальными отложениями были связаны основные россыпи золота района, наиболее доступные и менее затратные для добычи. Однако большинство их уже отработано, поэтому для повторной отработки небольшие перспективы может иметь рельеф техногенной переработки долин, который может включать остаточные целиковые отвальные россыпи.

Слабо наклонные поверхности нерасчлененных надпойменных террас, террасоувалы, сложены четвертичными отложениями разного генезиса.

Аллювий, залегающий в днищах неогеновых долин, перерыт толщей более молодых континентальных образований мощностью 2–15 м различных генетических типов: флювиогляциальными отложениями в долинах рр. Систиг-Хем, Черная, Айна; аллювиальными отложениями высоких (пятой и четвертой) и низких (третьей и второй) речных террас, первой надпойменной террасы рр. Черная, Кундус-Суг и Бол. Билелиг; пойменным и русловым аллювием р. Бол. Билелиг; аллювиально-пролювиальными и склоновыми отложениями в долинах рр. Алгияк, Черная, Билелиг.

Неогеновый аллювий характеризуется ярко желтой, бурой, красноватой окраской, повышенной глинистостью заполнителя и преобладанием мелких фракций песчано-галечного материала. Гальки обычно сильно выветрелые, хорошо окатанные. Мощность аллювия от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров. Отложения в долинах рр. Алгияк, Черная, Билелиг, Систиг-Хем золотоносны.

Разрез в долине р. Черная, правого притока р. Систиг-Хем по линии 146 представлен (сверху вниз):

1) почвенно-растительный слой, мощность 0,3 м;

2) аллювиально-пролювиальные отложения (apQ_{III-H}) глинистые, илисто-глинистые серого, сине-зеленого и коричневого цветов с различными оттенками; количество обломочного материала 5–35 % (гравий, галька, дресва, щебень), мощность от 0,5–7 м;

3) аллювиальные галечно-гравийные отложения (aN) яркой желтовато-красной окраски с глинистым заполнителем, хорошо окатанные. Галька и гравий сильно выветрелые, легко разрушаются, составляют 40–70 % отложений. Состав обломков: кварц (5–10 %), эффузивы, габбро-долериты, песчаники, конгломераты; мощность 2–7 м;

4) плотик – эффузивы сильно выветрелые.

К аллювию неогена приурочены перекрытые полигенетическими четвертичными отложениями россыпи погребенных древних долин.

Аллювиальные отложения высоких речных долин рек Амыл, Кундус-Суг, Изинзюль, Алгияк, Билелиг, Черная представлены хорошо окатанными галечниками (до 80 %) коричневатого цвета с песчаным заполнителем мощностью 6–10 м. Галечники слабо золотоносны.

Отложения низких террас представлены слабо окатанными галечниками (до 50–70 %) желтовато-коричневого цвета с глинистым заполнителем. Отложения этих террас образуют наиболее богатые россыпи района.

Аллювий I надпойменной террасы (мощность 1–2 м) имеет двучленное строение. Нижняя часть сложена глинисто-песчано-валунно-галечными коричнево-серыми отложениями с примесью щебня и гравия мощностью 4–12 м; верхняя – песчано-глинистым материалом с примесью мелкого щебня, дресвы.

Разрез в долине р. Кундус-Суг, правого притока р. Амыл по линии 6 представлен (сверху вниз):

1) почвенно-растительным слоем, мощность 0,3 м;

2) аллювиально-пролювиальными (apQIII-H) щебнистыми отложениями с дресвяно-глинистым заполнителем, мощность 1–2 м;

3) аллювиальными гравийно-галечными отложениями (a1QIII) с песчано-глинистым заполнителем зеленовато-серого цвета, хорошо промытые, сортированные, золотоносные, мощность 4–5 м;

4) плотик – габбро, эффузивы сильно выветрелые.

В комплексе рельеф террасоувалов наиболее перспективен для поисков погребенных россыпей, хотя и более затратный для включения их в отработку. Однако, учитывая, что основные россыпи этого типа также уже отработаны, перспективы могут быть связаны только с остаточными и глубокозалегающими целиками.

Моренная равнина сложена несортированными суглинисто-дресвяными отложениями с галькой, валунами, щебнем, мощность до 30 м. Встречаются крупные глыбы и эрратические валуны.

Делювиально-пролювиальные наклонные равнины представлены щебнисто-дресвяными суглинками, мощность которых в нижних частях склонов достигает 30 м. Частично равнины заболочены и перекрыты маломощными (до 2 м) биогенными торфяниками, реже оторфованными супесями и суглинками. Торф желтый, коричневато-бурый до черного, средне- и слаборазложившийся, рыхлый, реже слабоуплотненный, водонасыщенный.

С данным типом рельефа, по данным работ предшественников, связана большая часть рудопроявлений золота, а также его россыпи по зачаточным русловым долинам, которые сложены продуктами размыва более древних поверхностей, вмещающих полезный компонент.

Крутые эрозионные склоны позднего неоплейстоцена–голоцена покрыты неокатанными грубообломочными обвально-осыпными коллювиальными отложениями мощностью до 15 м.

Склоны средней крутизны и крутые эрозионно-денудационные представлены щебнисто-глыбовыми десерпционными, солифлюкционно-коллювиальными образованиями мощностью от 1–2 до 30 м в понижениях рельефа. С данным типом рельефа связаны многочисленные рудопроявления золота, в том числе Октябрьское месторождение, которые являются главными источниками богатых россыпей района. Следует отметить, что с удалением от водораздельного хребта рр. Амыл и Систиг-Хем продуктивность россыпей снижается.

Поверхности выравнивания сложены элювиальными, элювиально-солифлюкционными отложениями мощностью 0,5–4 м.

Фрагментарно на эрозионно-денудационных склонах и поверхностях выравнивания сохранились мел-палеогеновые площадные коры химического выветривания, а в зонах разломов – линейные.

Площадная кора формировалась в условиях сухого аридного климата в процессе выветривания коренных пород, представлена глинистыми каолиноподобными образованиями желтой, буро-желтой и бурой окрасок. Мощность ее составляет 2,5–5 м, а в верховьях р. Алгияк достигает 25 м.

Линейные коры выветривания выявлены в тектонических зонах; это небольшие тела глин с различным количеством (до 60 %) обломочного материала (дресвы, щебня). Глубина распространения глин в тектонизированных породах обычно не превышает 25 м, в отдельных скважинах достигает 65 м. В долинах бассейна р. Систиг-Хем образования коры выветривания подстилают неогеновый аллювий.

Материал коры химического выветривания имеет повышенную золотоносность в сравнении с окружающими неизмененными породами, поскольку является коллектором накопления золота, промежуточным между коренными источниками и рыхлыми отложениями. В связи с новыми тектоническими движениями в неогене и квартере происходит их размыв и переотложение в пониженных участках рельефа, что и способствовало образованию богатых россыпей района.

Выводы. Золотоносность рек в районе была открыта в 1836–1838 гг., и большая часть россыпей уже отработана. За весь период в районе добыто около 25 т золота. Геоморфологические элементы рельефа, литология золотоносных отложений, типоморфные

особенности россыпного золота района позволили С.Г. Прудникову выделить две возрастные группы россыпей – в неогеновых и четвертичных отложениях.

Неогеновые россыпи приурочены к террасоувалам и перекрыты полигенетическими четвертичными отложениями. Золотоносный аллювий, залегающий в днищах неогеновых долин, характеризуется желтовато-бурой и красноватой окраской, повышенной глинистостью, интенсивной окатанностью и выветрелостью крупнообломочного материала. Неогеновые россыпи наиболее распространены в долинах рр. Бол. Алгияк, Бол. Билелиг и Черная. Древние долины стока, сквозные долины, участки перехватов речной сети, связанные с неотектонической перестройкой, также могут вмещать фрагменты неогеновых россыпей.

Четвертичные россыпи связаны с русловыми, пойменными и террасовыми формами рельефа и аллювиальными, делювиально-пролювиальными отложениями, которые сложены глинистым песчано-валунно-галечным материалом коричневато-серого цвета с примесью щебня и дресвы.

Источники питания россыпей – площадные и линейные мел-палеогеновые коры выветривания и окисленные коренные золотоносные проявления, обнаженные в областях сноса.

Анализ количества добытого золота в начале и во второй его половине XX в. свидетельствует о повышенных перспективах форм рельефа, вмещающих неогеновые россыпи, которые в меньшей степени были задействованы в отработке тех лет, так как расположены на бóльшей глубине и перекрыты четвертичными отложениями.

Таким образом, благоприятными участками для поисков объектов россыпного золота являются террасоувалы, высокие террасы рр. Черная, Систиг-Хем, фрагменты палеодолин в бассейне р. Амыл.

ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РОССЫПНОГО ЗОЛОТА РАЙОНА

Изучение россыпей золота имеет важное значение для восстановления истории их образования, дает возможность судить о местоположении, количестве, генетическом типе коренных источников и времени поступления золота в россыпь (Петровская, 1973; Яблокова и др., 2024).

Россыпное золото, полученное при шлиховом опробовании руслового и террасового аллювия в изучаемом районе, позволяет охарактеризовать морфологические и геохимические особенности металла, содержащегося в аллювии рек Кундус-Суг, Изинзюль, Мал. и Бол. Алгияк, Мал. и Бол. Билелиг и Черная, а также рудные объекты Октябрьского месторождения и проявления Билелиг.

2.1. Характеристика типоморфных признаков золота россыпей притоков р. Амыл

Приведем описание россыпного золота системы р. Амыл по конкретным точкам наблюдений с анализом графиков изменений особенностей золота в россыпи на фоне меняющегося ее богатства.

Исследование особенности самородного золота из системы р. Амыл были изучены на двух объектах: р. Кундус-Суг и р. Изинзюль. Проанализировано восемь точек наблюдения, изучено 212 золотин (рисунок 3).

Россыпь р. Кундус-Суг

В Амыльском районе р. Кундус-Суг изучены типоморфные признаки россыпного золота в четырех точках наблюдения (далее – т. н.) (634, 411, 413, 410) и проанализировано 44 золотин (таблица 1).

Т. н. 634 расположена в истоках левого притока р. Кундус-Суг (см. рисунок 1, 3). Опробованы русловые отложения. В шлихе обнаружено 20 знаков золота весом 28,45 мг. В минеральном составе шлиха присутствует жильный кварц с гидроокислами железа, а также ильменит, лимонит по пириту, лимонит, галенит, рутил, анатаз, циркон. Гранулометрический состав частиц золота представлен фракциями: крупной (–5,0+2,0 мм) – 10 %, средней (–2,0+1,0 мм) – 35 %; мелкой (–1,0+0,5 мм) – 35 %, весьма мелкой (–0,5+0,25 мм) – 20 %. Форма золотин: пластинчатая (10 %) и комковатая (90 %). В данной пробе преобладают полуокатанные частицы золота (70 %), неокатанных намного меньше (30 %) (рисунок 4).

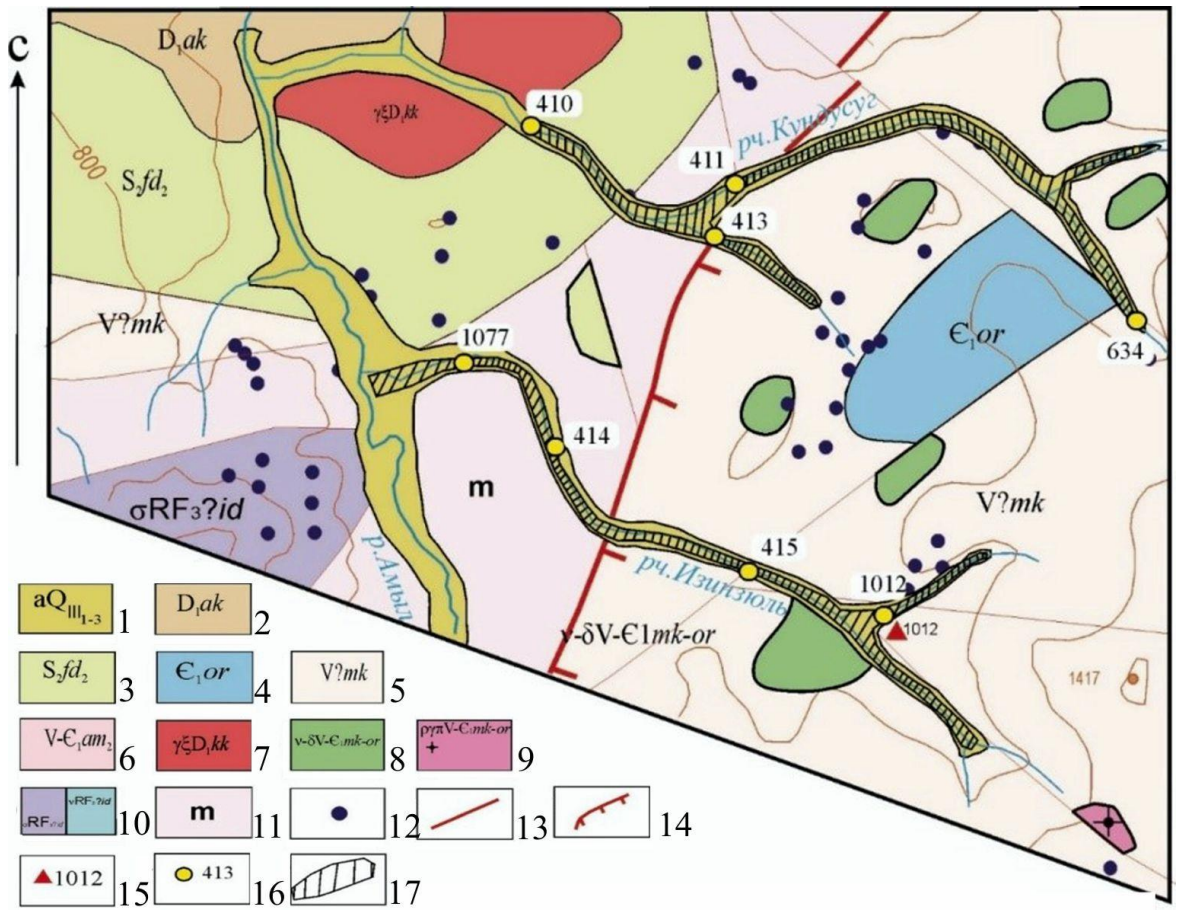


Рисунок 3. Схема р оссыпей рр. Изинзюль и Кундус-Суг
(с номерами точек наблюдения и отбора шлихов)

1 – нерасчлененные аллювиальные отложения второй и третей надпойменных террас террасоувалов: галечники, пески суглинки, валуны (до 35 м); 2 – актуругская свита: андезиты, трахиандезиты, и их туфы; 3 – федоровская свита, верхняя подсвита: конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты (1440 м); 4 – орешская толща: сланцы глинисто-кремнистые, углеродисто-кремнистые, горизонты кварцитов, базальтов, их туфов, линзы мраморизованных известняков; 5 – макаровская толща: метабазальты, их туфы, реже кремнисто-глинистые, кремнистые сланцы, линзы мраморизованных известняков с остатками микрофитолитов; 6 – амыльская подсвита: сланцы серицит-хлорит-альбит-кварцевые, линзы мраморов, метабазальтов (более 1100 м); 7 – Куртушибинский офиолитовый пояс, кукшинский сиенит-щелочногранитный комплекс: граносиениты; 8 – макаровско-орешский базальт-андезит-риолитовый вулканический комплекс: субвулканическая фация; 9 – плагиограниты, порфиры; 10 – иджимский габбро-гипербазитовый комплекс: ультрабазитовая зона (σ): гарцбургиты, дуниты, серпентиниты, серпентинизированные породы, габброидная зона (ν): габбро и габбронориты, дайки микрогаббро, долериты, базальты; 11 – меланж; 12 – точки золоторудной минерализации; 13 – разломы неустановленной морфологии; 14 – надвиги; 15 – глыбовые свалы жильного кварца с видимым золотом; 16 – точки наблюдения; 17 – россыпи

Таблица 1. Типоморфные признаки самородного золота россыпи р. Кундус-Суг

№ пробы	Кол-во знаков	Гранулометрия, мм (в скобках – %)	Морфология Au		Пробность, ‰ (в скобках – встречаемость, %)
			Форма (в скобках – %)	Окатанность (в скобках – %)	
634	20	–5,0+2,0 (10) –2,0+1,0 (35) –1,0+0,5 (35) –1,5+0,25 (20)	Пластинчатое (10); комковатое (90)	Полуокатанное (70); неокатанное (30)	Ag-Au: 800–899 (33,3) 900–950 (23,6) > 950 (40,0)
№ пробы	Кол-во знаков	Гранулометрия, мм (в скобках – %)	Морфология Au		Пробность, ‰ (в скобках – встречаемость, %)
			Форма (в скобках – %)	Окатанность (в скобках – %)	
411	10	–1,0+0,5 (100)	Пластинчатое (100)	Полуокатанноее (50); окатанное (50)	Ag-Au: 700–799 (2,0) 800–899 (12,5) 900–950 (68,7) > 950 (16,6)
413	10	–1,0+0,5 (80) –0,5+0,25 (20)	Пластинчатое (60): комковатое (40)	Полуокатанное (75,0); окатанное (25,0)	Ag-Au: 700–799 (16,1) 900–950 (83,9) Hg-Ag-Au: 700– 799 (100,0) Ag-Au: 900– 950 (100,0)
410	4	–1,0+0,5 (100,0)	Комковатое (100)	Полуокатанное (100)	Ag-Au: 800–899 (30,0) 900–950 (70,0) Cu Au: 800–899 (33,3) 900–950 (66,6) Cu-Ag-Au: (100,0)
	Всего: 44 знака				

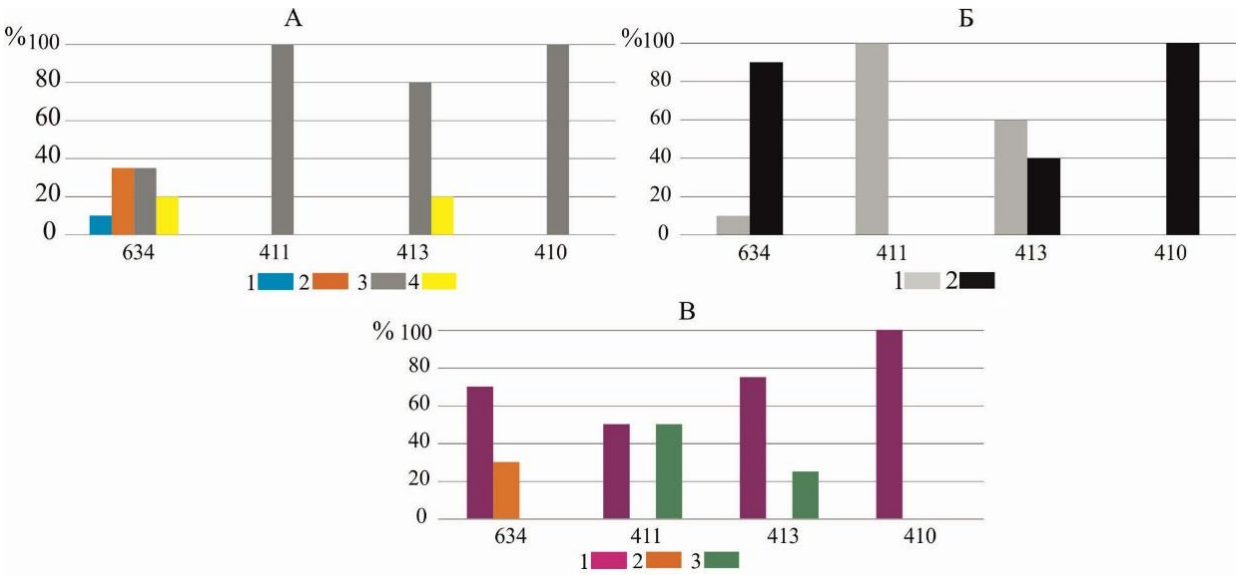


Рисунок 4 – Гистограммы типоморфных признаков россыпного золота р. Кундус-Суг (по осям абсцисс – точки наблюдения, ординат – частота встречаемости, %)

А – размер россыпного золота: 1 – (–5,0+2,0) мм, 2 – (–2,0+1,0) мм, 3 – (–1,0+0,5) мм; 4 – (–0,5+0,25) мм;
Б – морфология золота: 1 – пластинчатые, 2 – комковатые;
В – окатанность золота: 1 – полуокатанные; 2 – неокатанные; 3 – окатанные.

В крупной фракции (–5,0+2,0 мм) золото имеет удлиненно-комковатую, полуокатанную форму и бугорчатую поверхность (рисунок 5, *а*). Средняя фракция (–2,0+1,0 мм) представлена комковатыми, пластинчатыми изометричными и незначительно удлиненными частицами (см. рисунок 5, *б*). Частицы неокатанные и полуокатанные, представлены гранобластовыми агрегатами, иногда друзовидными сростками октаэдров (см. рисунок 5, *в*). Поверхность частиц бугорчатая, плоская. Большинство зерен имеет форму интерстиций среды отложения: незначительно удлиненную, с причудливыми ограничениями и недеформированными шиповидными отростками. По внешнему контуру частиц развита высокопробная кайма (1000 ‰) толщиной 10–15 мкм, внутри отмечаются межзерновые прожилки чистого золота. Внутреннее строение изометрично гранобластовое, размер зерен в агрегате 100–150 мкм. Первично гранобластовое строение внутренней области частиц нарушается кристаллофизическим дислоцированием с образованием бетонной структуры.

В мелкой фракции (–1,0+0,5 мм) частицы преимущественно изометричные, некоторые с гранями кристаллов, интерстициальные удлиненно-комковатые, плоские и гантелевидные. Частицы золота полуоктанные и неокатанные, имеют тонко-бугорчатую поверхность (см. рисунок 5, *г*).

Весьма мелкая фракция (–0,5+0,25 мм) представлена комковато-изометричными формами, отмечаются грани кристаллов, неокатанные. Поверхность золотин плоская иногда бугорчатая (см. рисунок 5, *д*).

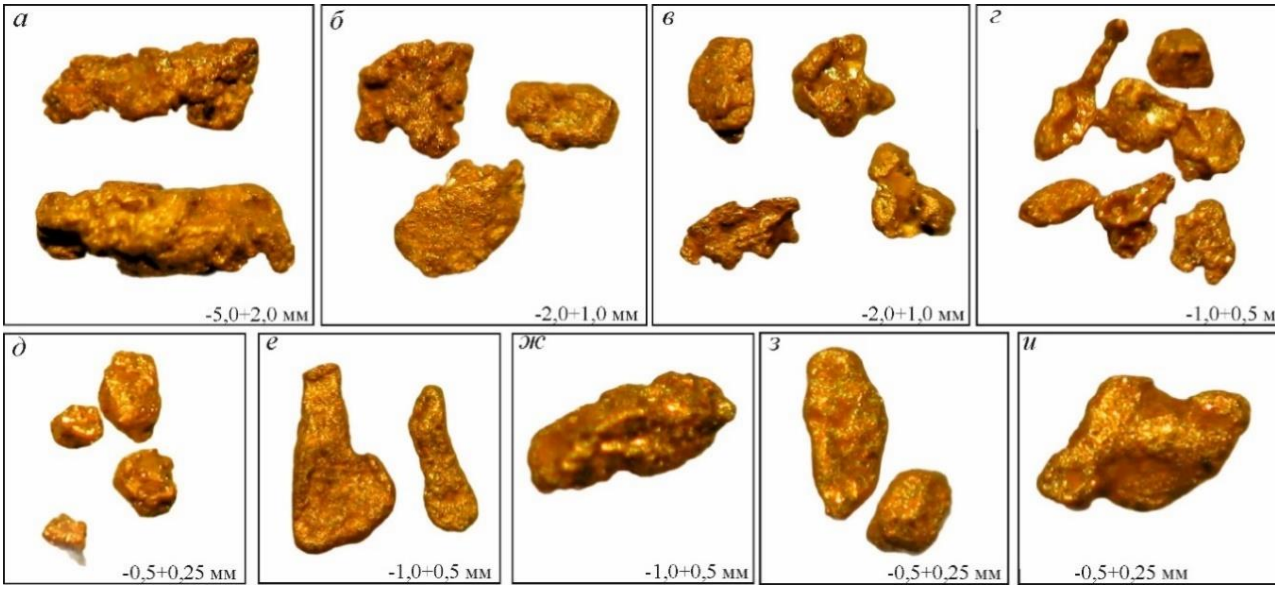


Рисунок 5. Морфология россыпного золота россыпи р. Кундус-Суг (1–5 – т. н 634; 6–8 – т. н 413; 9 – т. н.410)

Химический состав золота в т. н. 634 определен по данным локального микрорентгеноспектрального анализа частиц (МРСА), проведенного по 15 определениям в трех частицах золота. Состав Ag-Au с содержанием Ag от 3,54 до 16,28 %, среднее 8,9 %. Вариации пробности от 965 до 837 ‰ при следующем распределении: среднепробное (800–899 ‰) – 33,3 %; высокопробное (900–950 ‰) – 26,7 %; весьма высокопробное (>950 ‰) – 40 %. Средняя пробность – 911 ‰, коэффициент вариации (V) – 5,86 %.

Т. н. 411. В 600 м выше слияния руч. Прав. и Лев. Кундус-Суг (см. рисунок 3) из аллювиальных отложений отобран шлих, содержащий 10 частиц золота весом 1,95 мг. Золото характеризуется мелкой фракцией –1+0,5 мм (100 %). Формы частиц золота пластинчатые (100 %), полуокатанные (50 %) и окатанные (50 %) (см. таблицу 1 и рисунок 4).

При микроспопическом изучением частиц выявлены окатанные (караваеподобные до шаровидных) и полуокатанные (клиновидно-треугольные) формы примерно в равном количестве.

Окатанные частицы изометричные и незначительно удлиненные, с первичной гранобластической структурой. Размер зерен 150×150 мкм. Обычно выражена высокопробная (982–1000 ‰) кайма (сплошная и прерывистая) толщиной от 5–10 до 40 мкм, в некоторых частицах развиты межзерновые прожилки высокопробного золота. По пробности выявлены три типа частиц: среднепробные (882–894 ‰); высокопробные (927–947 ‰) и весьма высокопробные (954–962 ‰). Деформационные структуры катакластическая и бетонная, проявляются в ядерных частях детритов, не затрагивая высокопробную кайму. В одной частице высокопробного золота установлены включения ильменита и эпидот-клиноцоизита, захваченные кристаллизующимся золотом, вероятно, из вмещающего пропилита.

Полуокатанные и незначительно окатанные частицы составляют примерно половину от изученных под электронным микроскопом. Форма частиц изометричная, пирамидальная, клиновидная, пластинчатая незначительно изогнутая. Поверхность ограничений полигонально-ступенчатая с выступами и углублениями, некоторые отростки-выступы прижаты к телу частиц. По периметру частиц обычно развивается прерывистая высокопробная кайма (957–1000 ‰) толщиной 10–40 мкм, занимающая 30–60 % поверхности. Ядра частиц катакластически деформированы, реже наблюдаются бетонные структуры деформаций. Межзерновые высокопробные прожилки отмечены в одной частице. Все изученные частицы высокопробные (903–940 ‰), лишь в одной выявлен микронный участок с пробностью 783 ‰, вероятно, это сохранившийся при гипергенной перекристаллизации реликт первичного (эндогенного) золота.

Проанализирован состав девяти частиц золота, выполнено 48 анализов (МРСА). Состав Ag-Au; содержание Ag 3,79–11,56 % (среднее 7,03 %); количественное распределение пробности: относительно низкопробное (700–799 ‰) – 2,1 %, среднепробное (800–899 ‰) – 12,5 %, высокопробное (900–950 ‰) – 68,7 %, весьма высокопробное (954–962 ‰) – >16,7 %. Средняя пробность – 926 ‰, V = 0,32 %.

Т. н. 413. Левый приток р. Кундус-Суг, расположен в 200–300 м выше слияния с руч. Прав. Кундус-Суг (см. рисунок 3). Опробованы русловые отложения. В шлихе обнаружено 10 частиц золота весом 1,78 мг. Минеральный состав шлиха – ильменит, лимонит, пирит, циркон, галенит. Гранулометрический состав золота характеризуется в основном мелкой фракцией (–1,0+0,5 мм) – 80 %, золота весьма мелкой фракции всего лишь 20 %. Формы золотин пластинчатые (60 %) и комковатые (40 %). Окатанность частиц: полуокатанные (75 %), окатанные (25 %) (см. таблицу 1, рисунок 4).

Мелкая фракция состоит из удлиненно-пластинчатых частиц, золотины неокатанные и полуокатанные, поверхность плоская, частицы изогнутые (см. рисунок 5, *е*). Кроме того, присутствует удлиненно-комковатая частица золота со слабой окатанностью и бугорчатой поверхностью (см. рисунок 5, *ж*).

В весьма мелкой фракции золото уплощенно-пластинчатое, изометричное, возможно, с наличием гранных форм с бугорчатой поверхностью (см. рисунок 5, *з*).

Неокатанные частицы пирамидальной и искаженно призматической формы с полигонально-ступенчатыми поверхностями ограничения с зубчатыми отростками. Ядра частиц агрегатно-зернистые, редко проявлены межзерновые высокопробные прожилки (1000 ‰). По периметру частиц наблюдается высокопробная кайма (от пленочной до 40 мкм) в виде точечных наростов, штрихов и сплошной оболочки. В ядрах частиц развиты катакластические и бетонные деформации. В ртутистом золоте деформации в ядрах частиц отсутствуют.

Окатанные частицы реликтово-таблитчатой формы. Поверхность ограничения крипто-зубчатая (коррозионная?), плавно изогнутая. По периметру частиц сплошная высокопробная кайма (1000 ‰). В ядрах частиц золото высокой пробы (923–933 ‰). Внутри зерен развиты катакластически-бетонные дислокации, не затрагивающие высокопробную оболочку.

Химический состав золота в т. н. 413 определен локальным МРСА в 31 точке трех частиц золота. Частицы представлены Ag-Au и Hg-Ag-Au составами. Ртутистое золото (одна частица фракции –1,0+0,5 мм) охарактеризована пятью анализами (%): Hg – 4,36–5,42; Ag – 15,88–16,92; Au – 7,79–78,83, пробность – 775–788 ‰ (относительно низкопробное), при средней пробности 785 ‰ и коэффициенте вариации (V) 0,69 %. Золото Ag-Au состава охарактеризовано 26 анализами (%): Ag – 5,69–7,66; Au – 92,72–94,5; пробность высокая – 923–943 ‰, в среднем 931 ‰; V = 0,53 %.

Т. н. 410. В 700 м от предыдущей точки ниже слияния ручьев Прав. и Лев. Кундус-Суг (см. рисунок 3) опробованы русловые отложения. В шлихе обнаружены четыре знака золота весом 0,78 мг; также присутствуют сильно ожелезненные песчаники. Гранулометрический состав золота представлен мелкой фракцией (–1+0,5 мм) (100 %), форма частиц золота комковатая (100 %), полуокатанная (см. таблицу и рисунок 4), с ямчатой поверхностью с фрагментами плоских ограничений (см. рисунок 5, *и*).

По химическому составу выделены три вида золота: Ag-Au со средней (841–848 ‰) и высокой (913–924 ‰) пробностью и медистое золото со структурой распада твердого раствора. Проба фаз Cu-Ag-Au – 918–930 ‰, Cu-Au – 896–903 ‰. У всех видов золота развита высокопробная оболочка (1000 ‰) толщиной 20–40 мкм, сплошная по всему периметру частиц у медистого состава, и прерывистая (50–90 % площади периметра) – у Ag-Au состава.

Ядра частиц медистого золота гранобластово-сотовые, размер зерен (300–400)×(300–400) мкм, с межзерновыми высокопробными прожилками. В ядрах развита дислокационная бетонная структура. В медистом золоте обнаружены включения никелина и клиноцоизит-эпидота.

В частицах среднепробного золота Ag-Au состава отмечается первичная гранобластовая структура с размером зерен от 80×80 до 150×150 мкм, по границам которых развиты межзерновые высокопробные прожилки. Деформационная структура бетонная, не затрагивающая высокопробной каймы. Отмечены включения кварца и халькопирита.

Частицы высокопробного золота Ag-Au состава без высокопробных прожилков, но практически со сплошной высокопробной оболочкой. В ядрах бетонная дислокационная структура, не затрагивающая каймы. Включения ассоциирующих минералов не определялись.

Состав золота в россыпи р. Кундус-Суг. Встречаются все химические типы детритового золота различной гранулометрии и окатанности. Во всех точках наблюдения выполнено 144

анализа, средняя пробность – 915 ‰, V = 4,68 %; установлены также частицы с золотом относительно низкопробным (5 %), среднепробным (15 %), высокопробным (68 %), весьма высокопробным (12 %).

Медистое золото встречено в т. н. 410 в поле развития пород офиолитового комплекса. На генетическую связь с метасоматитами по ультраосновным породам указывает медистый состав золота, а также включения в частицах никелина, клиноэнстатит-эпидота. Ртутистое низкопробное золото отмечено в устье левого притока р. Кундус-Суг (т. н. 413). С медистым и ртутистым золотом в россыпи ассоциируют средне- и высокопробное золото Ag-Au состава. В высокопробном золоте отмечены включения ильменита и эпидот-клиноэнстатита, захваченные в процессе кристаллизации золота из вмещающего пропилита или родингита (Петрографический…, 2008, 2009; Классификация…, 1992.) В среднепробном золоте в т. н. 410 встречены включения халькопирита и кварца, типичных минералов березит-лиственитовых руд. В т. н 634 и 411, помимо средне- и высокопробного золота, встречаются частицы весьма высокопробного состава, источник которогоых находится в истоках р. Кундус-Суг, где такие преобладают такие частицы, они не окатаны, а ниже по течению в т. н. 411 имеют совершенную окатанность.

Результаты исследования. В головной части россыпи (т. н. 634) золото относительно крупное (–5,0+2,0 мм, –2,0+1,0 мм) – 45 %, комковатое – 90 %, неокатанное – 30 %, полуокатанное – 70 %. В хвостовой части (т. н. 410) резко преобладает неокатанное мелкое пластинчатое золото. Это свидетельствует о разных источниках питания россыпи в верхней части золотокварцевой формаци и в нижней части золото-известково-силикатной из офиолитового комплекса (Некрасов, 1991).

Россыпь р. Изинзюль

Во втором объекте р. Изинзюль изучены четыре точки наблюдения (пробы): (1012, 415, 414, 1077) и проанализировано 168 золотин (таблица 2).

Таблица 2. Типоморфные признаки самородного золота россыпи р. Изинзюль

№ пробы	Кол-во знаков	Гранулометрия, мм (в скобках – %)	Морфология Au		Пробность, ‰ (в скобках – встречаемость, %)
			Форма (в скобках – %)	Окатанность (в скобках – %)	
1012	133	–5,0+2,0 (17,4) –2,0+1,0 (30,0) –1,0+0,5 (22,6) –0,5+0,25 (30,0)	Уплощенно-пластичатое (44,4) комковатое (55,6)	Полуокатанное (44,4), слабо окатанное (55,6)	Ag-Au: 700–799 (33,3) 800–899 (33,3) 900–950 (46,6)
415	15	–5,0+2,0 (13,4) –2,0+1,0 (46,6) –1,0+0,5 (20,0) –0,5+0,25 (20,0)	Уплощенно-пластинчатое (66,7), комковатое (33,3)	Полуокатанное (86,6), слабо окатанное (13.4)	Ag-Au: 800–899 (19,3) 900–950 (75,4) > 950 (5,3)

Продолжение таблицы 2

№ пробы	Кол-во знаков	Гранулометрия, мм (в скобках – %)	Морфология Au		Пробность, ‰ (в скобках – встречаемость, %)
			Форма (в скобках – %)	Окатанность (в скобках – %)	
414	14	>5 (14,3) –5,0+2,0 (7,1) –2,0+1,0 (21,4) –1,0+0,5 (57,2)	Уплощенно-пластинчатое (50,0), комковатое (50,0)	Полуокатанное (28,0), слабо окатанное (72,0)	Ag-Au: 700–799 (10,5) 800–899 (34,2) 900–950 (42,1); > 950 (13,2)
1077	6	–5,0+2,0 (100,0)	Комковатое (100,0)	Полуокатанное (100,0)	Ag-Au: 900–950 (100,0)
	Всего: 168 знаков				

Т. н. 1012. Расположена в устье правого притока р. Изинзюль (см. рисунок 3). Опробованы аллювиальные отложения. В шлихе обнаружено 133 частицы золота весом 672,14 мг. Минеральный состав шлиха – магнетит, мартит, лимонит по пириту, хромит, ильменит, эпидот, циркон, гематит, сфен, рутил. Гранулометрический состав характеризуется фракциями –5,0+2,0 мм (17,4 %); –2,0+1,0 мм (30 %); –1,0+0,5 мм (22,6 %), –0,5+0,25 мм (30 %). Форма частиц золота в точке наблюдения пластинчатая (44,4 %) и комковатая (55,6 %); частицы полуокатанные (44,4 %) и слабоокатаные (55,6 %) (рисунок 6; см. таблицу 2).

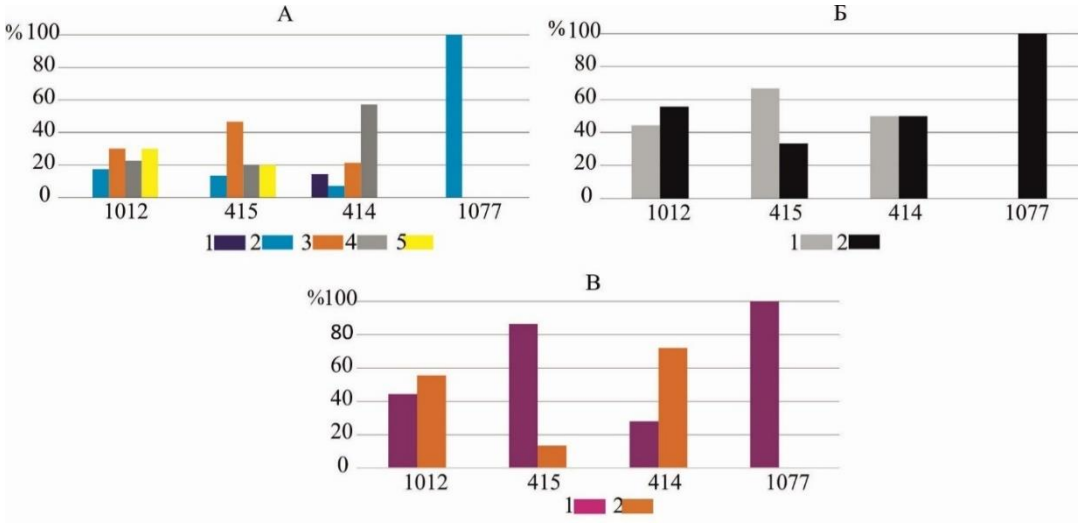


Рисунок 6. Гистограммы типоморфных признаков россыпного золота р. Изинзюль (по осям абсцисс – точки наблюдения, ординат – частота встречаемости, %)
А – размер россыпного золота: 1 – > 5,0 мм, 2 – (–5,0+2,0) мм, 3 – (–2,0+1,0) мм; 4 – (–1,0+0,5 мм); 5 – (–0,5+0,25) мм;
Б – морфология золота: 1 – уплощенно-пластинчатые, 2 – комковатые;
В – окатанность золота: 1 – полуокатанные; 2 – слабоокатанные.

В крупной фракции (–5,0+2,0 мм) частицы золота представлены смятыми трещинно-прожилковидными гемиидиоморфными, неокатанными золотинами, с ямчато-бугорчатой поверхностью (рисунок 7, *а–г*).

В средней фракции (–2,0+1,0 мм) частицы золота характеризуются лентовидными, удлиненными кристаллами с острыми ветвями, полуокатанные с бугорчатой поверхностью (см. рисунок 7, *ж*), комковато-изометричными, полуокатанными, с ямчатой поверхностью (см. рисунок 7, *д*, *з*). Преобладают смятые пластинчатые, лепешковидные золотники, полуокатанные, с ячеистой поверхностью (см. рисунок 7, *е*).

В мелкой фракции (–1,0+0,5 мм) частицы золота комковатые с пленками гидроокислов железа, неокатанные, с бугорчатой поверхностью (см. рисунок 7, *и*), пластинчатые, полуокатанные, с плоской поверхностью (см. рисунок 7, *к*), воздушные, комковато-изометричные кристаллы золота, полуокатанные, с бугорчатой поверхностью (см. рисунок 7, *л*). Золотины уплощенно-пластинчатые, полуокатанные с образованием дендрита, с бугорчатой поверхностью (см. рисунок 7, *м*), комковатые, полуокатанные, с бугорчатой поверхностью (см. рисунок 7, *н*). Отмечены пластинчатые, полуокатанные частицы золота с бугорчатой поверхностью (см. рисунок 7 *о, п*) и друзовидные, комковатые, неокатанные частицы золота с ямчатой поверхностью (см. рисунок 7 *р*).

Химический состав золота в т. н. 1012 по данным МРСА (15 анализов) характеризуется Ag-Au составом с вариациями пробности от 965 до 775 ‰ при следующем распределении: 700–799 ‰ – 26 %; 800–899 ‰ – 27 %; 900–950 ‰ – 47 % (средняя пробность – 862‰); V = 8,58 %; содержание элементов примесей – Ag 5,35–22,35 %.



Рисунок 7. Морфология россыпного золота россыпи р. Изинзюль (т. н. 1012)

В глыбовых свалах кварца рядом с т. н. 1012 обнаружено видимое золото Ag-Au состава со следующим распределением пробности: 800–900 ‰ – 25 %; 900–950‰ – 42 %; >950 ‰ – 33 %.

Т. н. 415. Находится в средней части россыпи р. Изинзюль (см. рисунок 3). Изучено 15 знаков частиц золота весом 34,04 мг. Гранулометрический состав золота характеризуется фракциями: –5,0+2,0 мм – 13,4 %; –2,0+1,0 мм – 46,6 %; –1,0+0,5 мм – 20 %; –0,5+0,25 мм – 20 %. Форма частиц уплощенно-пластинчатая (66,7 %) и комковатая (33,3 %), частицы полуокатанные (86,6 %) и слабоокатанные (13,4 %) (см. таблицу 2 и рисунок 6).

В крупной фракции (–5,0+2,0 мм) золотины имеют удлиненно-комковатую форму, полуокатанную, с бугорчатой поверхностью (рисунок 8, *а, б*).

Средняя фракция (–2,0+1,0 мм) представлена смятой пластинчато-лепешковидной формой, полуокатанная, с бугорчатой поверхностью (см. рисунок 8, *в, г*). Мелкая фракция (–1,0+0,5 мм) состоит из комковатых, удлиненно-комковатых частиц золота, полуокатанных, с

бугорчатой поверхностью. Весьма мелкая фракция (–0,5+0,25 мм) имеет изометричную форму кристаллов, полуокатанную, с бугорчатой поверхностью (см. рисунок 8, *д*).

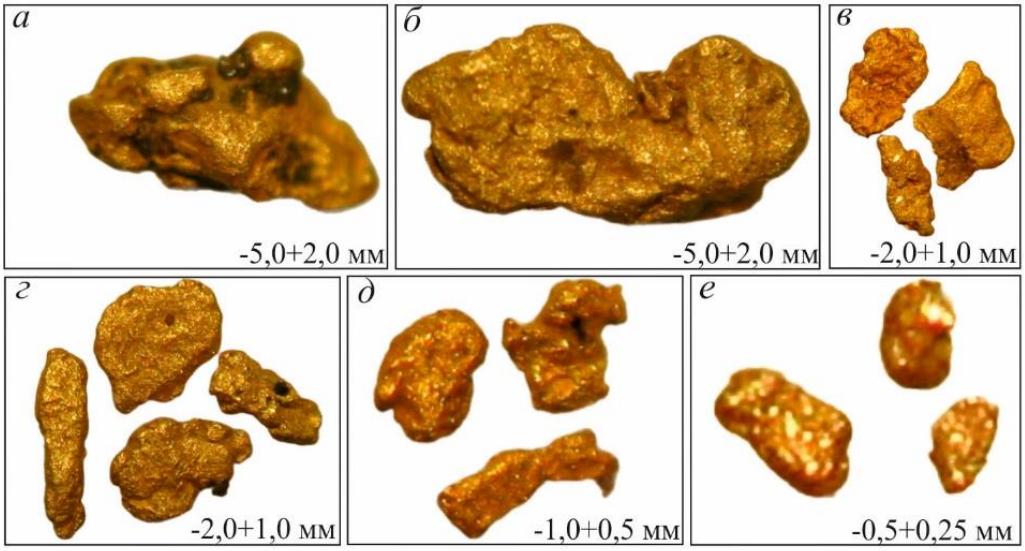


Рисунок 8. Морфология россыпного золота россыпи р. Изинзюль (т. н. 415)

Химический состав золота в т. н. 415 по данным МРСА (57 анализов) представлен вариациями пробности от 953 до 836 ‰, средняя 915 ‰; V = 2,8 %; распределение пробности: среднепробное (800–899‰) – 19 %; высокопробное (900–950 ‰) – 75 %; весьма высокопробное (> 950 ‰) – 6 %.

Т. н. 414. Расположена в средней части р. Изинзюль (см. рисунок 3). В материале пробы отмываемого шлиха обнаружено 14 знаков частиц золота весом 458,5 мг. Гранулометрический состав золота: >5,0 – 14,3 %; –5,0+2,0 – 7,1 %; –2,0+1,0 – 21,4 %, –1,0+0,5 – 57,2 %. Характеризуется пластинчатыми (50 %) и комковатыми (50 %) формами, полуокатанными (28 %) и слабоокатанными (72 %) (см. таблицу 2 и рисунок 6).

В отличие от предыдущих точек наблюдений в т. н. 414 отмечается весьма крупная фракция (> 5,0 мм) – 14,3 % (два знака весом 435,9 мг). Края частиц золота сильно завальцованные, комковатые, полуокатанные, с бугорчатой, ямчатой поверхностью (рисунок 9, *а, б*). Золота крупной фракции (–5,0+2,0 мм) – одна частица комковатой формы, полуокатанная, с бугорчатой поверхностью (см. рисунок 9, *в*). Средняя фракция (–2,0+1,0 мм) характеризуется интерстиционными неправильными формами, неокатанными, с бугорчатой поверхностью (см. рисунок 9, *г*). В мелкой фракции (–1,0+0,5 мм) частицы золота изометричные, полуокатанные, с бугорчатой поверхностью (см. рисунок 9, *д, е*).

В т. н. 414 по данным МРСА (38 анализов) золото детритовое Ag-Au состава, Хср. 887 ‰, V = 5,84 %; характеризуется следующим распределением пробности: 700–799 ‰ – 11 %; 800–899 ‰ – 34 %; 900–950 ‰ – 42 %; > 950 ‰ – 13 %.

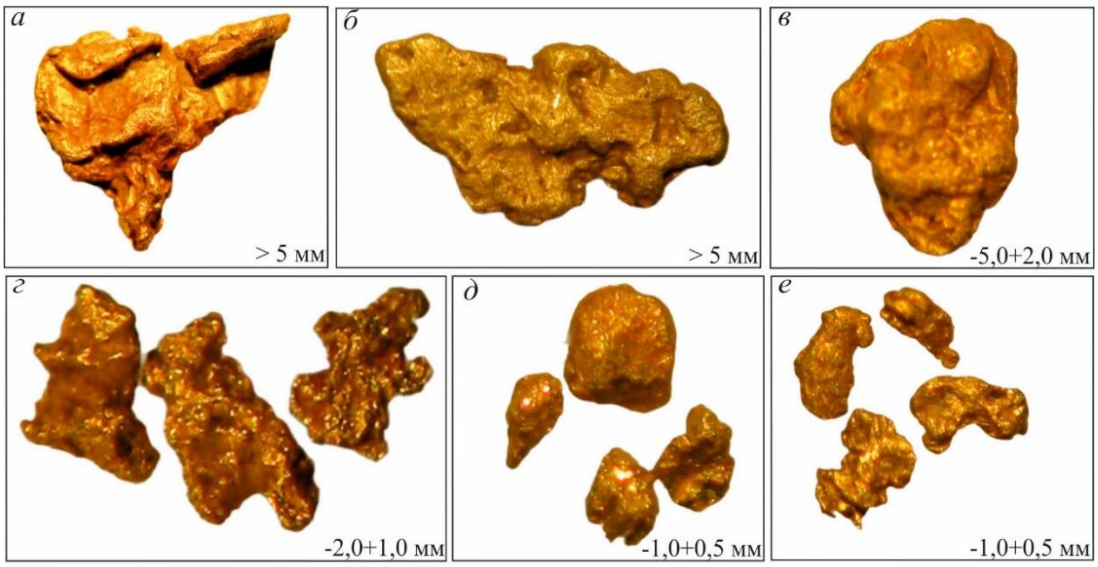


Рисунок 9. Морфология россыпного золота россыпи р. Изинзюль (т. н. 414)

Относительно низкопробные частицы (794–802 ‰) представлены полуокатанными пластинками с высокопробной каймой толщиной 10–25 мкм; присутствуют высокопробные межзерновые прожилки, гранобластовые ядра с размером зерен 100×100 мкм; деформационная структура – бетонная.

Среднепробные неокатанные и полуокатанные таблитчатые частицы имеют сплошную высокопробную кайму (1000 ‰) толщиной 20–50 мкм. В ядрах частиц структура деформаций бетонная. Окатанные частицы средней пробности отличаются комковатой морфологией, высокопробной (1000‰) оболочкой (в ядрах – неоднородная первичная зернистость от 25×25 до 80×80 мкм) и деформациями бетонной структуры, не затрагивающими кайму.

Высокопробные неокатанные частицы характеризуются таблитчатой, комковатой и причудливой интерстиционной морфологией со сплошной и прерывистой высокопробной (1000 ‰) оболочкой толщиной 10–30 мкм. В ядрах некоторых частиц установлено первично зернистое строение (размером зерен 30×30 мкм) и межзерновые высокопробные прожилки. Отмечены дислокации в ядрах частиц бетонного узора, не затрагивающие высокопробную кайму. В одной из частиц высокой пробы выявлены реликтовые участки среднепробного золота (815 и 890 ‰).

Окатанные высокопробные частицы эллипсовидно-таблитчатой формы, со сплошной высокопробной каймой толщиной 5–30 мкм. В ядрах – бетонная деформационная структура, не затрагивающая высокопробную кайму.

Т. н. 1077. Низовья р. Изинзюль (см. рисунок 3). Шлих отобран из аллювиальных отложений старого полигона. Обнаружено шесть знаков золота. Золото представлено крупной фракцией (100 %), удлиненно-комковатое, полуокатанное (100 %), с бугорчатой поверхностью

(см. рисунок 6; рисунок 10). Пробность детритового золота по четырем анализам варьирует от 916 до 931 ‰ (средняя – 923 ‰), V = 0,69 %; среднее содержание Ag – 7,7 % (6,9–8,43 %).

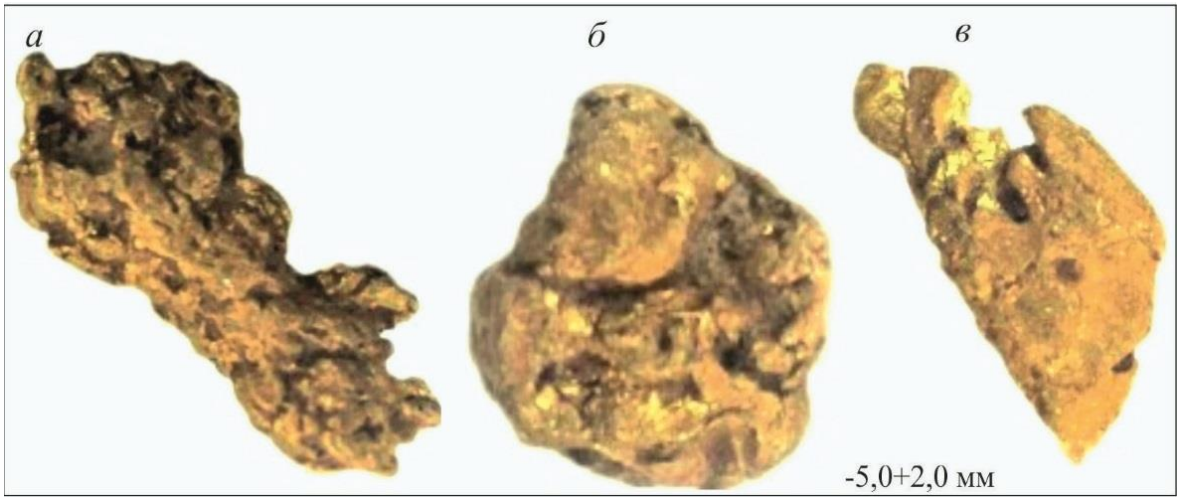


Рисунок 10. Морфология россыпного золота россыпи р. Изинзюль (т. н. 1077)

Результаты исследования. По четырем точкам наблюдения на р. Изинзюль выполнено 114 анализов. Детритовое золото Ag-Au состава, от относительно низкопробного до весьма высокопробного (776–980 ‰): 700–800 ‰ – 7 %; 800–900 ‰ – 25 %; 900–950 ‰ – 61 %; > 950 ‰ – 7 % (средняя пробность 899 ‰), V = 5,29 %.

Особенности распределения состава частиц по россыпи заключается в следующем. Во всех точках наблюдения преобладает высокопробное золото (42–100 %), но в истоках реки (руч. Успенский) присутствует относительно низкопробное (25 %), которое не встречается в других точках наблюдения, причем не обнаружено в свалах кварца, находящихся рядом с шлиховой точкой наблюдения. Вниз по течению т. н. 415 и 414 отмечается весьма высокопробное золото наряду с присутствием средне- и высокопробного. Еще ниже по течению (т. н. 1077) выявлено только высокопробное золото (100 %).

Золото Амыльского рудно-россыпного района

Выполнено 228 анализов детритовых частиц золота из россыпей рек Кундус-Суг и Изинзюль, притоков р. Амыл. Преобладает золото средней (19 %) и высокой (65 %) пробы. Присутствуют все химические типы золота, преобладает Ag-Au состав (212 ан.). Большая часть приходится на высокопробное (65 %) и среднепробное (21 %) золото Ag-Au состава. На долю относительно низкопробного золота приходится 4 %, весьма высокопробного – 10 %. Наиболее распространенное высокопробное золото, судя по минеральным включениям (ильменит и эпидот-клиноэнстатит), пространственно и генетически связано с золотоносными пропилитами или родингитами, (Классиф. и номенкл., 1992) коренная промышленная золотоносность которых окончательно не оценена. Следует отметить, что в одной из частиц высокопробного золота (903–910 ‰) отмечен участок реликтового относительно низкопробного золота (783 ‰), что может

свидетельствовать о гипергенной перекристаллизации детритового золота с увеличением пробности.

Частицы средней пробы окатанные и неокатанные, вероятно, разной удаленности от коренного источника, содержат минеральные включения халькопирита и кварца, относятся к рудам березит-лиственитового промышленного типа.

Медистое золото встречено в т. н. 410 на р. Кундус-Суг, на участке дренирования рекой пород офиолитов куртушибинского комплекса. Частицы имеют высокую пробу, не окатаны, содержат включения никелина и эпидот-клиноэнстатита и, видимо, поступили из близрасположенных золотоносных родингитов. Геологическими работами эти метасоматиты на участке не охарактеризованы и их промышленный потенциал не оценен.

Ртутистое золото установлено в устье левого притока р. Кундус-Суг (т. н. 413). Частицы относительно низкопробные (775–788 ‰, в среднем 785 ‰); V = 0,69 %; отмечается пирит, галенит и кварц. Наиболее вероятным источником ртутистого золота являются руды кварцево-жильного золотосеребряного типа.

Результаты исследования. Головка россыпи (т. н. 1012) находится в пределах Успенского рудопроявления. Золото преимущественно крупное: (–5,0+2,0 мм) – 17,4 %, (–2,0+1,0 мм) – 30 %, слабо окатанное (55,6 %), комковатое (55,6 %) и пластинчатое (44,4 %); в средней части россыпи крупное (–5,0+2 мм и –2,0+1,0 мм) – 60 %, уплощенно-пластинчатое 66,7 %, комковатое 33,3 %, полуокатанное 86,6 и слабоокатанное; в нижней части (т.н 414) начинает преобладать мелкое золото (–1,0+0,5 мм) – 57,2 % уплощенно-пластинчатое и комковатое, слабоокатанное. Это свидетельствует о близком коренном источнике.

2.2. Особенности золота системы р. Систиг-Хем

Детальные исследования россыпного золота Систиг-Хемского района проведены по пяти объектам: р. Мал. Билелиг, р. Бол. Билелиг, р. Мал. Алгияк, р. Бол. Алгияк, и р. Черная. Отобраны 23 пробы (т. н.), изучено 2387 знаков золота. Составлены гистограммы изменения гранулометрического состава, морфологии окатанности золота на протяжении россыпи.

Россыпь р. Мал. Билелиг

Россыпь на р. Мал. Билелиг, правом притоке р. Билелиг. Изучено пять проб (т. н. 1101, 1269, 1100, 1099, 1097), проанализировано 825 золотин (таблица 3).

Таблица 3. Типоморфные признаки россыпного золота р. Мал. Билелиг

№ пробы	Кол-во знаков	Гранулометрия, мм (в скобках – %)	Морфология Au		Пробность, ‰ (в скобках – встречаемость, %)
			Форма (в скобках – %)	Окатанность (в скобках – %)	
1101	340	–5,0+2,0 (2,0) –2,0+1,0 (11,0) –1,0+0,5 (57,0) –0,5+0,25 (30,0)	Пластинчато-удлиненное (5,0), комковатое (92,0), кристаллы (3,0)	Полуокатанное (3,0), неокатанное (97,0)	900–950 (14,5) > 950 (85,5) Cu-Ag-Au: > 950 (100,0) Ag-Au: 900–950 (15,8) > 950 (84,0).
1269	322	–5,0+2,0 (2,0) –2,0+1,0 (5,5)- 1,0+0,5 (50,9) –0,5+0,25 (41,6)	Пластинчато-удлиненное (11,0), комковатое (75,0), кристаллы (14,0)	Полуокатанное (40,0), неокатанное (60,0)	Ag-Au: > 950 (100,0)
1100	35	–2,0+1,0 (6,0) –0,5+0,25 (94,0)	Пластинчато-удлиненное (3,5,0), комковатое (48,2,0), кристаллы (48,3,0),	Полуокатанное (60,0), окатанное (40,0)	800–899 (4,9) 900–950 (5,9) > 950 (89,1) Cu-Ag-Au: > 950 (100,0) Ag-Au: 800–899 (5,0) 900–950 (6,0) > 950 (89,0)
1099	11	–0,5+0,25 (100,0)	Комковатое (50,0), дендриты (50,0)	Полуокатанное (50,0), неокатанное (50,0)	800–899 (1,81) 900–950 (21,81) > 950 (78,18) Cu-Ag-Au: > 950 (100,0) Ag-Au: 800–899 (1,9) 900–950 (20,4) > 950 (77,7)
1097	117	–2,0+1,0 (1,0) –0,5+0,25 (99,0)	Пластинчато-удлиненное (4,3), комковатое (87,2), кристаллы (8,5)	Полуоктанное (60,0), неокатанное (10,0), окатанное (30,0)	800–899 (25,0) 900–950 (13,8) > 950 (61,1) Cu-Ag-Au: > 950 (100,0) Ag-Au: 800–899 (27,7) 900–950 (15,5) > 950 (57,57)
	Всего: 825 знаков				

Т.н. 1101. Находится в верховьях правого борта р. Мал Билелиг (рисунок 11). Нами опробованы русловые отложения. В шлихе изучено 340 знаков частицы золота весом 235,7 мг. Гранулометрический состав представлено фракциями –5,0+2,0 мм – 2 %, –2,0+1,0 мм – 11 %, –

1,0+0,5 мм – 57 %, –0,5+0,25 мм – 30 %. Форма золотин пластинчато-удлиненная (5 %), комковатая (92 %), кристалллическая (3 %); преобладают неокатанные частицы (97 %), полуокатанных лишь 3 % (см. таблицу 3; рисунок 12).

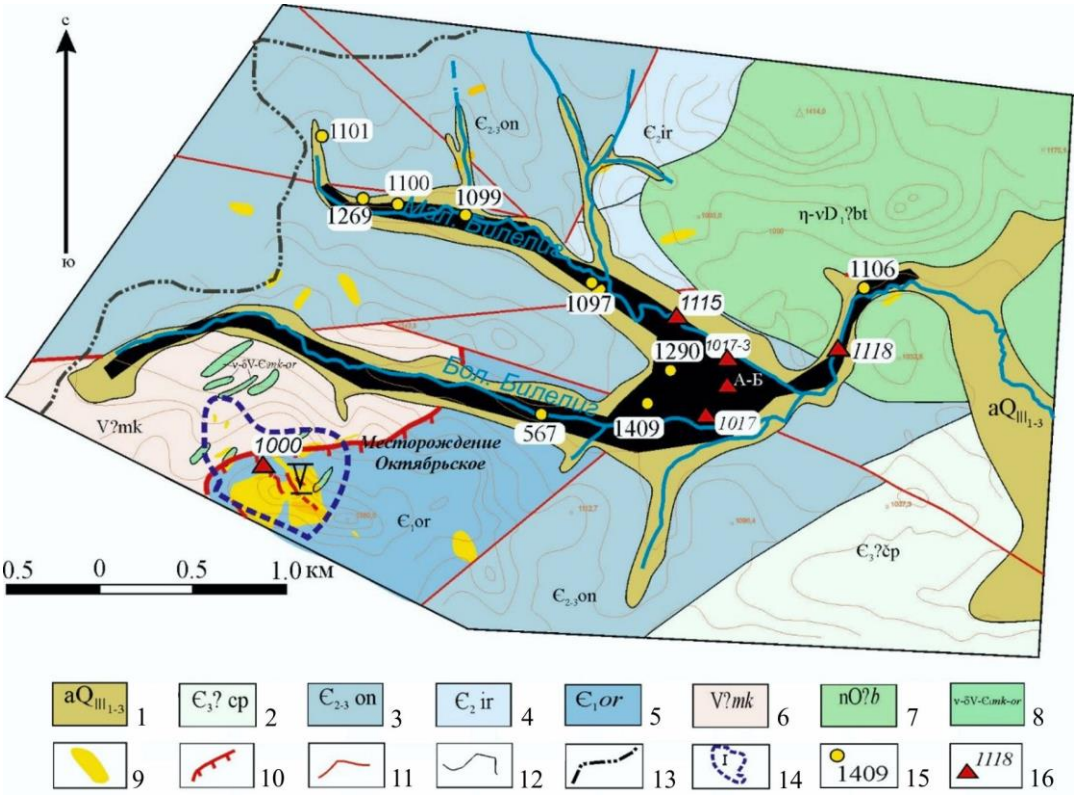


Рисунок 11. Схема россыпей рр. Мал. и Бол.Билелиг с номерами точек наблюдения (и отбора шлихов)

1 – четвертичные отложения (аллювиальные пески, галечники, валунники); 2 – аласугская серия, чапшиннская свита (ритмичное чередование конгломератов, песчаников, алевролитов); 3 – ончанская свита (алевролиты, аргиллиты, алевропесчаники, линзы гравелитов, известняков); 4 – иргитхемская свита (конгломераты, песчаники разнозернистые граувакковые, гравелиты, линзы известняков); 5 – орешская толща (сланцы глинисто-кремнистые, углеродисто-кремнистые, горизонты кварцитов, базальтов их туфов, линзы мраморизованных известняков); 6 – джебашская серия, адмыльская свита, макаровская толща (метабазальты их туфы, реже кремнисто-глинистые сланцы, линзы мраморизованных известняков с остатками микрофитолитов); 7 – Систигхемская подзона, булкинский расслоенный анортозит-габбровый комплекс (анортозиты, габбро, нориты, габбронориты, троктолиты, пироксениты); 8 – макаровско-орешский базальт-андезит-риолитовый вулканический комплекс (микрогаббро, долериты, микродолериты); 9 – метасоматиты; 10 – надвиги; 11 – дизъюнктивы; 12 – геологические границы между литологическими подразделениями;13 – граница Тывы с Красноярским краем; 14 – перспективный участок коренного оруденения и его номер; 15 – точки наблюдения с отбором шлиховых проб; 16 – глыбовые свалы жильного кварца с видимым золотом.

Крупная фракция золота (–5,0+2,0 мм) составляет 2 %, частицы комковатые, неправильно изометричные, неокатанные, с ямчатой и бугорчатой поверхностью; в ямках покрыты пленкой гидроокислов железа (рисунок 13, *а, б*); средняя фракция (–2,0+1,0 мм) – 11 %, формы частиц золота комковато-удлиненные неправильные, гантелевидные (см. рисунок 13, *в*), с гранями (см. рисунок 13, *г*), неокатанные, с бугорчатой поверхностью. Частиц золота мелкой фракции (–1,0+0,5 мм) 57 %, состоят из комковато-удлиненных, изометричных, удлиненно-пластинчатых, кристаллов неправильных форм, неокатанные, встречаются и окатанные, с бугорчатой

поверхностью (см. рисунок 13, *д*). Частиц весьма мелкой фракции (–0,5+0,25 мм) 40 %они комковатые, полуокатанные, с бугорчатой поверхностью (см. рисунок 13, *в*).

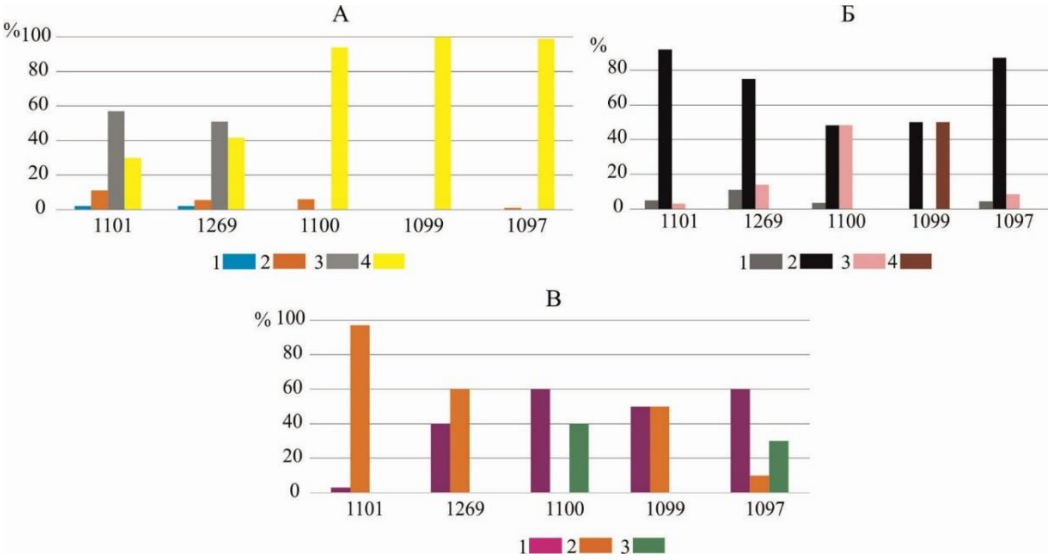


Рисунок 12. Гистограммы типоморфных признаков россыпного золота россыпи р. Мал. Билелиг (по осям абсцисс – точки наблюдения; по осяс ординат – частота встречаемости, %)

А – размер россыпного золота: 1 – > 5,0 мм, 2 – (–5,0+2,0) мм, 3 – (–2,0+1,0) мм; 4 – (–1,0+0,5) мм; 5 – (–0,5+0,25 мм;

Б – морфология золота: 1 – уплощенно-пластинчатые, 2 – комковатые;

В – окатанность золота: 1 – полуокатанные; 2 – слабоокатанные.

Химический состав частиц золота в т. н. 1101 оценен по 62 анализам. Выявлено медистое весьма высокопробное (n 10 %, 981–988 ‰, в среднем 985 ‰, V = 0,28 %) и Ag-Au состава (n 90 %, 918–995‰, среднее 964 ‰, V = 1,92 %); высокопробного – 16 %, весьма высокопробного – 84 %. Частицы не окатаны, высокопробная кайма пленочная, деформационная структура в ядре частиц – бетонная.

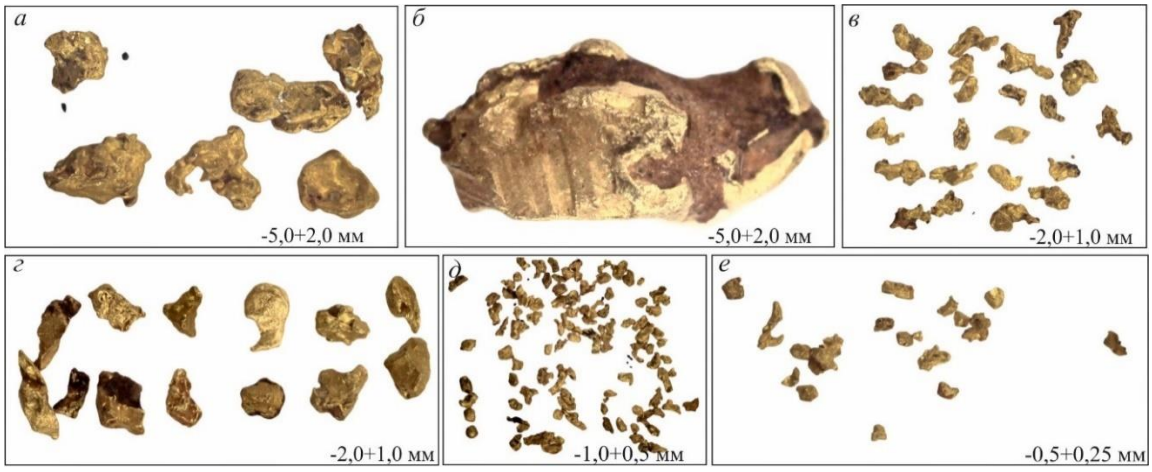


Рисунок 13. Морфология россыпного золота россыпи Мал. Билелиг в т. н. 1101

Т. н. 1269. Находится в 430 м ниже по течению от предыдущей. Опробована из русловых отложений (см. рисунок 11). В шлихе обнаружено 322 знаков частицы золота весом 213,52 мг.

Гранулометрический состав шлиха: (–5,0+2) мм – 2 %, (–2,0+1,0) мм – 5,5 %, (–1+0,5) мм – 50,9 %, (–0,5+0,25) – 41,6 %. В пробе преобладают преимущественно комковатые частицы золота (75 %), встречаются пластинчато-удлиненные формы (11 %), кристаллы (14 %), полуокатанные (40 %), неокатанные (60 %) (см. таблицу 3, рисунок 12). Частиц золота крупной фракции (–5,0+2,0 мм) 2 %, они слегка смятые, пластинчатые, удлиненные, полуокатанные, с ровной, бугорчатой поверхностью (см. рисунок 14, *а*). Частицы средней фракции (–2,0+1,0 мм) имеют удлиненно-комковатые, гантелевидные формы, полуокатанные, с бугорчатой поверхностью (см. рисунок 14, *б*). В мелкой (–1+0,5 мм (50,9 %)) и в весьма мелкой (0,5–0,25 мм) фракции частицы золота комковатые, полуокатанные, с бугорчатой поверхностью (см. рисунок 14, *в, г*).

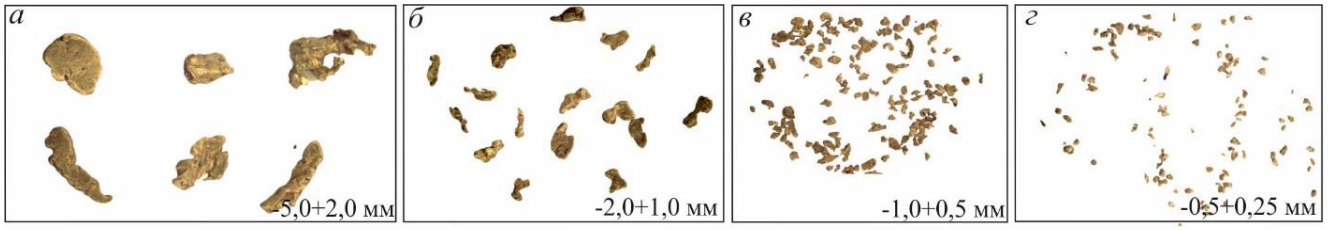


Рисунок 14. Морфология россыпного золота россыпи Мал. Билелиг в т. н. 1269)

Химический состав частиц золота в т. н. 1269 оценен по 22 анализам. Выявлено только весьма высокопробное золото Ag-Au состава (967–982 ‰, среднее 975 ‰; V = 0,37 %). Содержание Ag – 1,8–3,31 %, среднее 2,4 %.

Т. н. 1100. Расположена 200 м от т. н.1269 (см. рисунок 11). Опробовно из русловых отложений. В шлихе отобрано 35 знаков частиц золота весом 37,32 мг. Золото представлено преимущественно весьма мелкой фракцией (–0,5+0,25 мм) – 94 %, средней (–2,0+1,0 мм) лишь 6 %. Характеризуется комковатыми (48,2 %), пластинчато-удлиненными (3,5 %), изометричными кристаллами (48,3 %). Частицы золота окатанные (40 %) и полуокатанные (60 %) (см. таблицу 3, рисунок 12), комковато-удлиненные с пленкой гидроокислов железа, окатанные, с плоской, бугорчатой поверхностью. Золота весьма мелкой фракции (–0,5+0,25 мм) 94 %; представлено комковато-изометричными кристаллами, окатанными, с бугорчатой поверхностью, комковато-удлиненными, полуокатанными, с ямчато-бугорчатой поверхностью (рисунок 15).

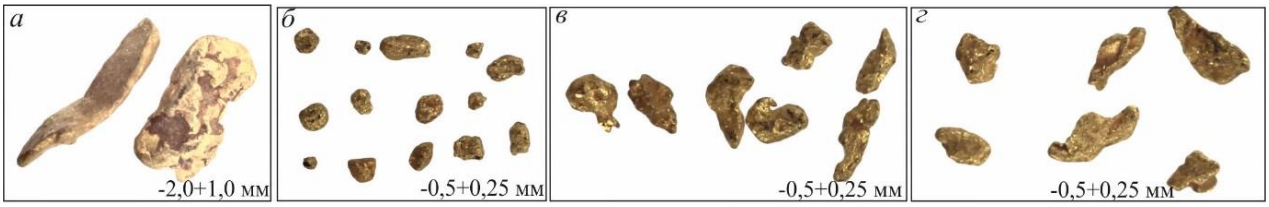


Рисунок 15. Морфология россыпного золота россыпи Мал. Билелиг в т. н. 1100

Химический состав золота в т. н.1100 оценен по 104 анализам. Выявлено медистое золото и Ag-Au состава. Медистое (5 %) характеризуется вариациями пробности отдельных золотин от

981 до 988 ‰, средняя 985 ‰, V = 0,28 %. Частицы не окатаны, высокопробная кайма отсутствует. Деформационные структуры в ядрах частиц не выражены. Золото Ag-Au состава (n 95 %, 886–993 ‰, среднее 968 ‰, V = 2,18 %); средней пробности (800–899 ‰) – 5 %, высокой (900–950 ‰) – 6 %, весьма высокой (> 950 ‰) – 89 %. Частицы высокопробного состава неокатанные, с пленочной прерывистой каймой. В ядрах частиц редкие межзерновые прожилки, деформационные структуры катакластические и бетонные. Минеральные включения единичны (халькопирит, пирит и брейнерит).

Т. н. 1099. Находится в 240 м ниже предыдущей точки. Опробованы русловые отложения (см. рисунок 11). В шлихе отобрано 11 знаков частицы золота весом 15,3 мг. Золото на 100 % представлено весьма мелкой фракцией (–0,5+0,25 мм) (рисунок 16), комковатое (50 %), дендритовое (50 %), полуокатанное (50 %), неокатанное (50 %), с бугорчатой поверхностью. (см. таблицу 3, рисунок 12).



Рисунок 16. Морфология россыпного золота россыпи Мал. Билелиг в т. н. 1099

Химический состав частиц золота крупнее 0,25 мм оценен по 55 анализам. Выявлены частицы весьма высокопробного медистого и Ag-Au составов. Пробность частиц Ag-Au состава от 893 до 992 ‰, средняя 966 ‰, V = 2,77 %; частиц средней пробности 2 %, высокой – 20 %, весьма высокой – 78 %. Неокатанные частицы всех составов характеризуются отсутствием высокопробной каймы и деформационных структур в ядрах. В неокатанных частицах высокопробного золота встречаются включения брейнерита, а весьма высокопробного – халькопирита и рутила. В окатанных частицах весьма высокопробного золота развита прерывистая высокопробная кайма толщиной 10 мкм, в ядрах частиц – бетонная деформационная структура; присутствуют включения лимонита и гидрослюдистых глинистых минералов.

Весьма высокопробные частицы фракции (–0,25+0,1) мм (964–987 ‰) практически не окатаны, имеют деформированную (брекчированную) кайму, затертую в краевых областях (50–100 мкм) ядер. Толщина реликтов каймы – 20–25 мкм. Деформационные структуры в частицах – механические, образовавшиеся при транспортировке детритового материала.

Т. н. 1097. Находится в левом борту р. Мал. Билелиг. Опробованы аллювиальные отложения (см. рисунок 11). В шлихе изучено 117 знаков частицы золота. По гранулометрическому составу преобладает золото весьма мелкой фракции (–0,5+0,25 мм) – 99 % и лишь 1 % составляет средняя (–2,0+1,0 мм). Частицы комковатые (87,2 %), пластинчато-удлиненные (4,3 %), кристаллические (8,5 %); окатанные (30 %), полуокатанные (60 %) и неокатанные (10 %) (см. таблицу 3, рисунок 12). В средней фракции (–2,0+1,0 мм) (1 %) золото комковатой неправильной формы, со следами гидроокислов железа, неокатанное, с ячеистой поверхностью (рисунок 17, *а*). В весьма мелкой фракции частицы золота (0,5–0,25 мм (99 %)) комковато удлиненные, изометричные кристаллы, окатанные, с бугорчатой поверхностью (см. рисунок 17, *б, в*).

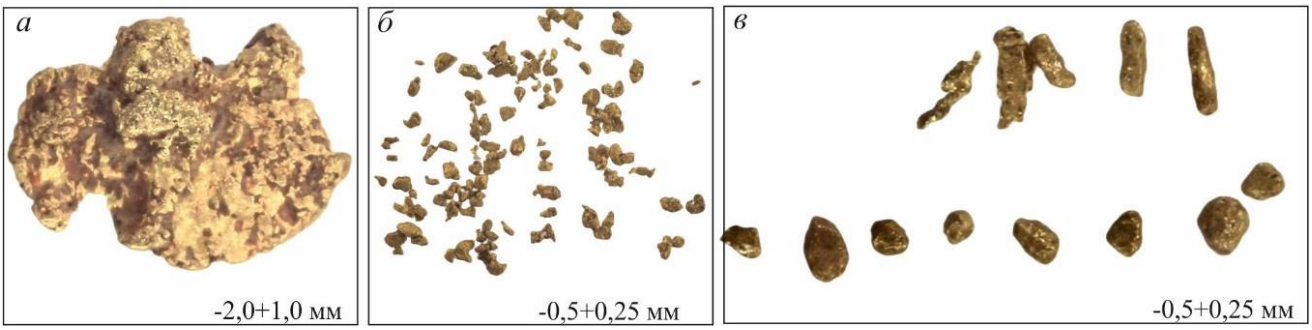


Рисунок 17. Морфология россыпного золота россыпи Мал. Билелиг в т. н. 1097.

Химический состав золота оценен по 36 анализам. Выявлены частицы медистого (n 3, 977–978 ‰) и Ag-Au (n 33, 844–996 ‰, V = 5,87 %) составов: среднепробных частиц 27 %, высокопробных 15 % и весьма высокопробных 58 %. У неокатанных частиц отсутствуют высокопробная кайма и деформационные структуры в ядрах; у полуокатанных отмечается прерывистая высокопробная кайма толщиной 20 мкм и бетонная деформационная структура в ядрах. Включения в высокопробных неокатанных частицах представлены ассоциацией эпидот-клиноцоизит+серицит и альбитом, в весьма высокопробных – ассоциациями герсдорфит+галенит с примесью Se и халькопирит+пирит+галенит+алексит.

Результаты исследований. Шлиховое золото россыпи характеризовано по пяти пробам. Состав золота оценен по 277 анализам, выявлено медистое (4 %) и Ag-Au (96 %). Медистое золото встречено во всех точках наблюдения, кроме 1269. Его пробность изменяется от 966 до 988 ‰, средняя 980 ‰; V = 0,68 %. Преобладающее в россыпи р. Мал. Билелиг золото Ag-Au состава

имеет преимущественно весьма высокую пробу (82 %). На долю частиц средней пробы приходится 6 %, высокой – 12 %. В истоках р. Мал. Билелиг в россыпи распространено золото высокой (16 %) и весьма высокой пробы (84 %) пробы, характеризующее золото близрасположенного коренного источника. Количество весьма высокопробного золота уменьшается вниз по течению. В т.н. 1269 и 1100 (верховья р. Мал. Билелиг) 89–100 % золота весьма высокой пробы. В нижней части россыпи резко (до 27 %) возрастает количество среднепробного золота, а в устьевой части (т.н. 1290) отмечается золото относительно низкой пробы (25 %), отсутствующее во всех остальных точках наблюдения рек Мал. и Бол. Билелиг.

Дискретность состава золота россыпи и коренных руд, минеральных комплексов во включениях в частицах золота, геологическое разнообразие пород, дренируемых рекой в разных участках точек наблюдения, – все это свидетельствует об участии в формировании россыпи нескольких минеральных ассоциаций коренных руд. Происхождение золота следующее:

• Медистое и высоко- и весьма высокопробное Au-Ag состава – из метасоматитов по ультраосновным породам (родингитам и лиственитам).

• Весьма высокопробное золото в ассоциации с сидеритом, мусковитом, сидеритом, герсдорфитом, халькопиритом, пиритом, галенитом и алекситом – из лиственитов по ультраосновным породам (т. н. 1100, 1097, 1099).

• Высокопробное золото с включениями эпидота+альбита и кварца – из кварцевых жил в пропилитах Октябрьского типа или метасоматитов Сыдыгского массива (т. н. 1097).

• Низкопробное золото – из кварцевых жил золотосеребряного типа (т. н. 1290).

• Весьма высокопробное золото Ag-Au состава с включениями гидроксидов железа, лейкоксена, фосфатного вещества, каолинита – из окисленных руд золотоносных лиственитов (т. н. 1100 и 1099). В т. н. 1101 шлих отмыт из неогеновых отложений, в остальных точках наблюдений (1269, 1100, 1099 и 1097) распространены четвертичные отложения.

Россыпь р. Бол. Билелиг

В россыпи р. Бол. Билелиг изучено золото в четырех точках наблюдений (567, 1409, 1290, 1106), проанализировано 213 золотин (таблица 4).

Т. н. 567. Опробованы русловые отложения предположительно неогенового возраста. В шлихе изучено 159 знаков частицы золота весом 302,73 мг. Гранулометрический состав характеризуется фракциями –5,0+2,0 мм (8 %), –2,0+1,0 мм (31 %), –1,0+0,5 мм (44 %), –0,5+0,25 мм (17 %). Золото. представлено комковатыми (50 %), пластинчатыми (50 %) формами, полуокатанными (78 %), неокатанными (14 %) и окатанными (8 %) частицами (см. таблицу 4; рисунок 18).

Таблица 4. Типоморфные признаки россыпного золота р. Бол. Билелиг

№ пробы	Кол-во знаков	Гранулометрия, мм (в скобках – %)	Морфология Au		Пробность, ‰ (в скобках – встречаемость, %)
			Форма (в скобках – %)	Окатанность (в скобках – %)	
567	159	–5,0+2,0 (8,0) –2,0+1,0 (31,0) –1,0+0,5 (44,0) –0,5+0,25 (17,0	Пластинчатое (50,0), комковатое (50,0)	Полуокатанное (78,0), неокатанное (14,0), окатанное (8,0)	800–899 (69,2) 900–950 (30,8) Hg-Ag-Au: 800–899 (100,0) Ag-Au: 800–899 (66,6) 900–950 *(33,4)*
1409	6	–0,5+0,25 (100,0)	Пластинчатое (20,0), комковатое (80,0)	Полуокатанное (100,0)	Ag-Au: 800–899 (33,3) > 950 (66,6)
1290	26	–2,0+1,0 (35,0) –1,0+0,5 (65,0)	Пластинчатое (30,0), комковатое (70,0)	Полуокатанное (100,0)	Ag-Au: 700–799 (25,0) 800–899 (25,0) 900–950 (50,0)
1106	22	–5,0+2,0 (5,0) –2,0+1,0 (18,0) –1,0+0,5 (32,0) –0,5+0,25 (45,0)	Пластинчатое (40,0), комковатое (60,0)	Полуокатанное (100,0)	900–950 (9,51) > 950 (90,5) Cu-Au; > 950 (100,0) Cu-Ag-Au: > 950 (100,0) Hg-Ag-Au: 900–950 (100,0) Ag-Au: 900–950 (5,45) > 950 (94,5)
	Всего: 216 знаков				

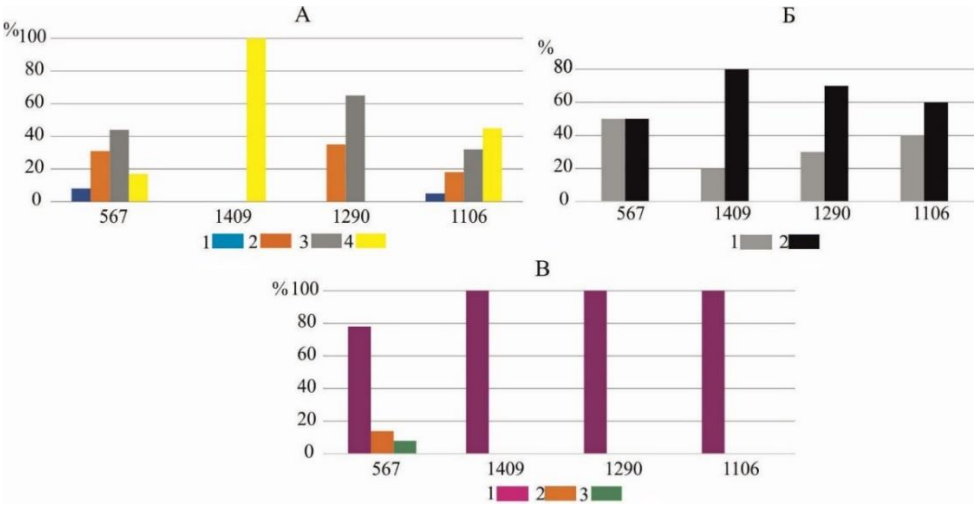


Рисунок 18. Гистограммы типоморфных признаков россыпного золота россыпи р. Бол. Билелиг (по оси абсцисс – точки наблюдения; по оси ординат – частота встречаемости, %)

А – размер россыпного золота: 1 – (–5,0+2,0) мм, 2 – (–2,0+1,0) мм, 3 – (–1,0+0,5) мм, 4 – (–0,5+0,25) мм;
Б – морфология золота: 1 – пластинчатые; 2 – комковатые;
В – окатанность россыпного золота: 1 – полуокатанные, 2 – неокатанные;3 – окатанные

Крупная фракция (–5,0+2,0 мм) – 8 %, представлена удлиненно-комковатыми частицами золота, полуокатанными, с бугорчатой ямчатой поверхностью, в ямках пленки гидроокислов желез (рисунок 19, *а*). Золота средней фракции (–2,0+1,0 мм) 31 %, оно имеет пластинчато-уплощенные формы, зерна полуокатанные, с плоской бугорчатой поверхностью (см. рисунок 19, *б*). Количество мелкой фракции (–1,0+0,5 мм) здесь больше, чем в других точках наблюдения, – 44 %. Частицы золота пластинчато-уплощенные, комковатые, полуокатанные, с бугорчатой поверхностью (см. рисунок 19, *в*). Весьма мелкая фракция представлена комковатыми, хорошо окатанными частицами с бугорчатой поверхностью (см. рисунок 19, *г, д*).

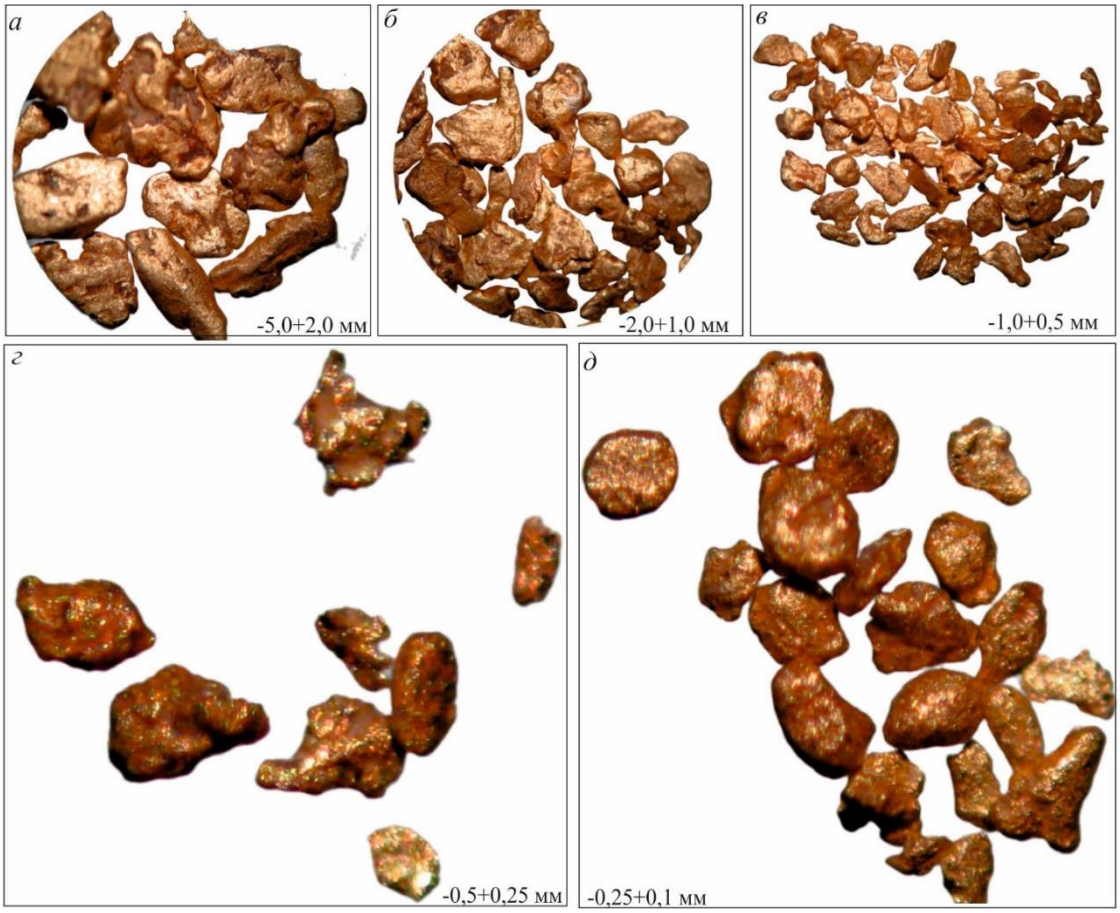


Рисунок 19. Морфология россыпного золота россыпи Бол. Билелиг в т. н. 567

Химический состав частиц золота в т. н. 567 оценен по 13 анализам. Выявлены ртутистое (8 %) и Ag-Au (92 %) разновидности.

Частицы ртутистого золото (882 ‰) не окатаны; высокопробная кайма прерывистая толщиной 10 мкм, в ядрах – катакластическая деформационная структура. Включения представлены гидроксидами железа и гидрослюдистыми глинистыми минералами.

Частицы Ag-Au состава (n 12, 839–940 ‰, среднее 877 ‰, V = 4,74 %).

Частиц среднепробного золота (845–860 ‰) 67 %, они неокатанные с высокопробной прерывистой каймой толщиной 20–35 мкм, катакластической и бетонной структурами в ядрах

частиц и минеральными включениями гидрокидов железа+каолинит и кварца с лимонитом. Окатанные частицы средней пробы (839–860 ‰) имеют высокопробную кайму толщиной 15–20 мкм, катакластическую и бетонную структуру в ядрах, содержат включения кварца, арсенопирита, гидроксидов железа+каолинит.

Частиц высокой пробы 33 %. Неокатанные частицы (925–931 ‰) – с пунктирной высокопробной каймой толщиной до 30 мкм; в ядрах – катакластическая структура. Минеральные включения представлены кварцем; лимонито-гидрослюдистыми глинистыми минералами. Окатанные частицы высокой пробы (940 ‰) – со сплошной высокопробной каймой толщиной 20–35 мкм, содержат включения гидрослюдистых глинистых минералов и гидроксидов железа.

Т. н. 1409. Находится на слиянии р. Мал.Билелиг и р. Бол Билелиг (см. рисунок 11). Опробованы русловые отложения неогенового возраста. В шлихе обнаружено шесть знаков золота весом 0,73 мг. Золото представлено весьма мелкой фракцией (–0,5+0,25) – 100 %, формы частиц комковатые (80 %), пластинчатые (20 %), полуокатанные (100 %) (см. таблицу 4, рисунок 18; рисунок 20).

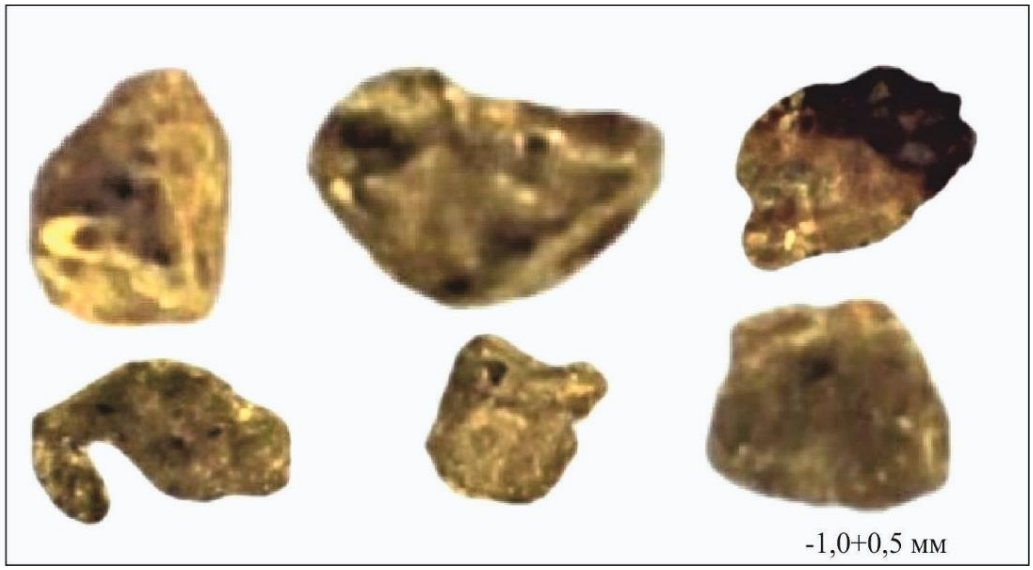


Рисунок 20. Морфология россыпного золота россыпи Бол. Билелиг в т. н. 1409

Химический состав золота в т. н. 1409 по данным МРСА (12 анализов) характеризуется вариациями пробности отдельных золотин от 877 до 984 ‰ при среднем значении 939 ‰ и V = 4,77 %. Среднепробных частиц 33 %, весьма высокопробных – 67 %.

Т. н. 1290. Находится в области слияния рек Мал.Билелиг и Бол. Билелиг (см. рисунок 11). Опробованы аллювиальные отложения. В шлихе обнаружено 26 знаков золота весом 18,17 мг. Содержание фракций золота: (–2,0+1,0 мм) – 35 %, (–1,0+0,5 мм) – 65 %. Частицы комковатые

(70 %), пластинчатые (30 %), полуокатанные (100 %) с бугорчатой поверхностью (см. таблицу 4, рисунок 21).

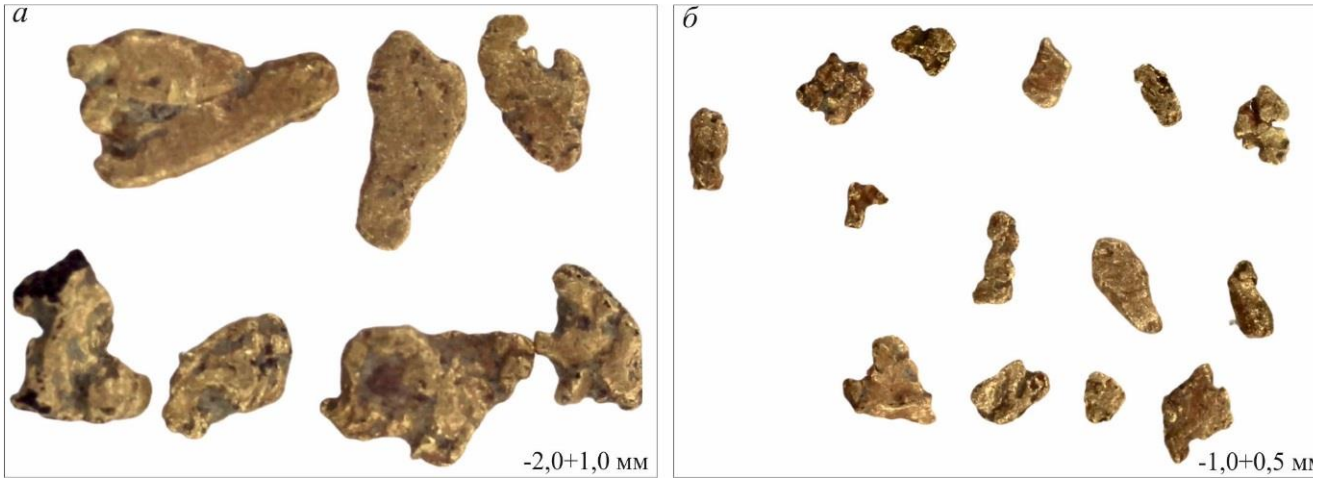


Рисунок 21. Морфология россыпного золота россыпи Бол. Билелиг в т. н. 1290

По данным МРСА (16 анализов) частицы золота характеризуются пробностью от 775 до 935 ‰, средняя 867 ‰, коэффициент V = 8,01 %. Преобладают частицы золота высокой пробы (50 %), относительно низкой пробы – 25 %, средней – 25 %.

Т. н. 1106 находится ниже впадения р. Мал. Билелиг в Бол. Билелиг. Участок реки в месте точки наблюдения расположен в пределах Сыдыгской расслоенной интрузии. Опробованы аллювиальные отложения неогенового возраста. В шлихе обнаружено 22 знака золота весом 80,8 мг. Гранулометрический состав частиц: –5,0+2,0 мм – 5 %, –2,0+1,0 мм – 18 %, –1,0+0,5 % – 32 %,

–0,5+0,25 мм – 45 %. Форма частиц комковатая (60 %), пластинчатая (40 %). Золото полуокатанное (100 %) (см. таблицу 4, рисунок 18). Золота крупной фракции (–5,0+2,0 мм) 5 %, оно имеет форму комковато-удлиненную, заколковидную с острым концом, полуокатанную, с бугорчатой поверхностью с пленками гидроокислов железа (рисунок 22, *а*). В средней фракции (–2+1) мм (18 %) частицы уплощенно-пластинчатые, полуокатанные, с бугорчатой поверхностью (см. рисунок 22, *б*), мелкой фракции – пластинчато-изометричные, полуокатанные, с плоской поверхностью, формы отдельных частиц неправильные (интерстиционные) (см. рисунок 22, *в–д*).

По данным МРСА (63 анализа) в т. н. 1106 установлено золото медистого (n 8, 975–990 ‰, среднее 983 ‰, V = 0,56 %), ртутистого (n 5 %, 914–925 ‰, среднее 918 ‰, V = 0,69 %) и Ag-Au состава (n 87 %, 942–979 ‰, среднее 966 ‰, V = 0,88 %).

Частиц Ag-Au состава 5 %, пробность их высокая (914–951 ‰), а в 95 % случаев весьма высокая (958–982 ‰). Преимущественная часть золотин Ag-Au состава не окатана, не имеет высокопробной каймы и деформационных структур в ядрах. Минеральные включения в высокопробных частицах представлены кварцем и ассоциацией гидроксиды

железа+гидрослюдистые глинистые минералы+лейкоксен+каолинит, а в весьма высокой пробе – ассоциацией мусковит+брейнерит.

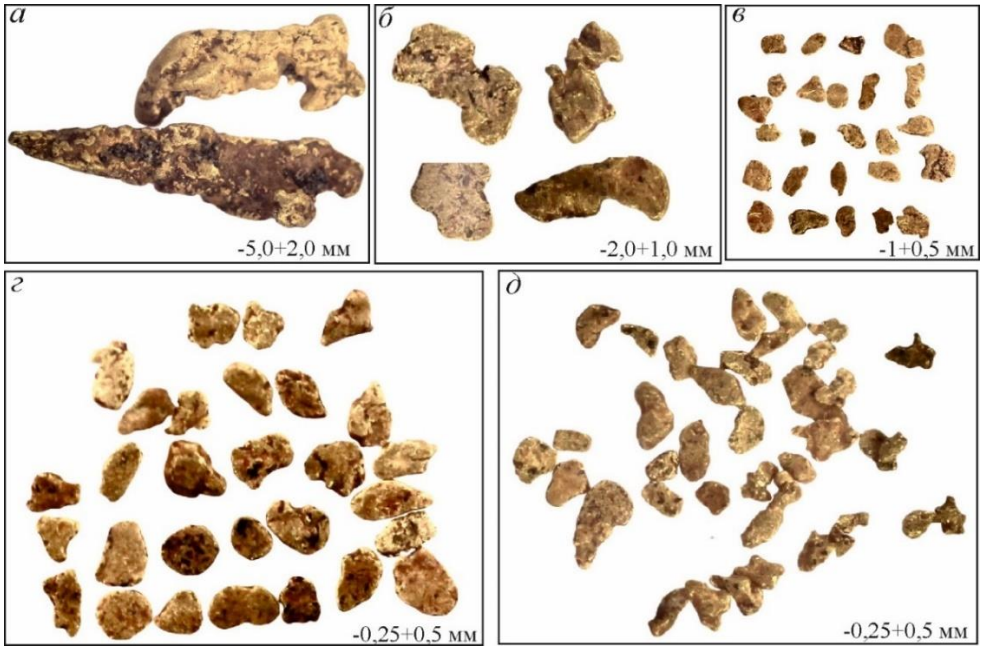


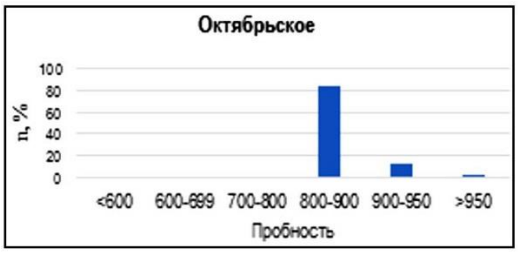
Рисунок 22. Морфология россыпного золота россыпи Бол. Билелиг в т. н. 1106

Результаты исследований В четырех точках наблюдения в россыпи р. Бол. Билелиг выполнено 104 МРСА, установлены медистое (5 %), ртутистое (4 %) и Ag-Au (91 %) химические типы золота. Медистое золото весьма высокопробное; ртутистое – средней пробы с включениями лимонита и гидрослюдистых глинистых минералов встречено в т. н. 567, расположенной в 1,5 км к востоку от Октябрьского месторождения, высокопробное – ниже впадения р. Мал. Билелиг, в поле развития пород Сыдыгской интрузии (т. н. 1106). Здесь же встречено и медистое золото. Преобладающее золото Ag-Au состава от низкопробного до весьма высокопробного. Низкопробное золото встречено в т. н. 1290, расположенной в пойме области слияния рек Бол. и Мал. Билелиг, а в непосредственной близости от нее обнаружены встречены свалы глыб кварца (т. н. 1115, А-Б и 1117-3) с низкопробным (600–700 ‰) и относительно низкопрбным (700–800 ‰) золотом. Коренной источник глыбовых развалов кварца находится в правобережье р. Мал. Билелиг. Неокатанное и окатанное среднепробное золото встречается в россыпи до слияния обеих рек, причем его количество уменьшается от т. н. 567 к т. н. 1290, а в т. н. 1106 эта разновидность отсутствует. В частицах золота встречаются включения кварца, арсенопирита, кварц+лимонит, лимонит+каолинит. Высокопробных частиц золота вниз по течению р. Бол. Билелиг уменьшается до первых процентов в т. н. 1106, но увеличивается количество весьма высокопробного (в т. н.1106 оно преобладает). В т. н. 1106 частицы весьма высокопробного золота не окатаны, содержат включения мусковита+брейнерита. Вероятно, коренной источник такого золота россыпи находится в поле развития Сыдыкского массива.

Золото из глыб жильного кварца в долинах рек Бол. и Мал. Билелиг

Кристаллически-зернистая вкрапленность золота в глыбах жильного кварца отмечена в т. н. 1115 (нижнее течение р. Мал. Билелиг), точках наблюдения 1017-3, А-Б и 1017 (область впадения р. Мал. Билелиг в р. Бол. Билелиг) и т. н. 1118 (ниже слияния рек. Мал. и Бол. Билелиг) (таблица 5, см. рисунок 11).

Таблица 5. Распределение пробности золота из глыб жильного кварца в долине р. Билелиг

Номер пробы, водоток	Пробность, ‰	Кол-во частиц в интервале, n		Гистограммы
		абс.	%	
1115 р. Мал. Билелиг	<600	2	4,3	
	600–700	25	54,3	
	700–800	6	13,0	
	800–900	5	10,9	
	900–950	4	8,8	
	>950	4	8,7	
	Сумма	**46**	**100**	
1017-3 р. Мал. Билелиг	<600	4	22,2	
	600–700	13	72,2	
	700–800	0	0.0	
	800–900	1	5,6	
	900–950	0	0.0	
	>950	0	0.0	
	Сумма	**18**	**100,0**	
Аншлиф р. Билелиг (слияние)	<600	1	2,7	
	600–700	26	70,3	
	700–800	3	8,1	
	800–900	0	0.0	
	900–951	1	2,7	
	>951	6	16,2	
	Сумма	**37**	**100,0**	
1118 р. Бол. Билелиг	<600	0	0	
	600–700	16	88,8	
	700–800	1	5,6	
	800–900	0	0.0	
	900–950	0	0.0	
	>950	1	5,6	
	Сумма	**18**	**100,0**	
53, 54, 1000 Октябрьское м-ние	<600	0	0	
	600–700	0	0.0	
	700–800	0	0.0	
	800–900	99	84,6	
	900–951	15	12,8	
	>951	3	2,6	
	Сумма	**117**	**100,0**	

Химический состав золота россыпей Мал. и Бол. Билелиг изучался в 14 точках наблюдения; выполнен 381 анализ МРСА, выявлены медистое, ртутистое и Ag-Au золото, неоднородное по пробности и неравномерно распределенное в месторождениях.

В целом по системе р. Билелиг, статистические параметы состава золота выглядят следующим образом: n 381, минимальная пробность 775 ‰, максимальная 996 ‰, средняя 957 ‰, V = 4,12; относительно низкопробного (700–799 ‰) – 1 %, среднепробного (800–899 ‰) – 9 %, высокопробного (900–949 ‰) – 13 %, весьма высокопробного (>950 ‰) – 77 %.

Золото Ag-Au состава наиболее распространено, преобладает во всех точках наблюдения и определяет значения статистических параметров, характерных для всех химических типов золота: n 362, минимальная пробность 775 ‰, максимальная 996 ‰, средняя 956 ‰, V = 4,15; относительно низкопробногозолота – 1 %, среднепробного – 9 %, высокопробного – 13 %, весьма высокопробного – 77 %.

Медистое золото (4 %) отмечается в россыпи Мал. Билелиг от истоков до последней точки наблюдения, в участках впадения левых притоков. Золото весьма высокопробное (966–988 ‰, в среднем 980 ‰, V = 0,62).

Ртутистое золото (1 %) встречено в т. н. 567 и 1106 в россыпи Бол. Билелиг, до и после слияния с р. Мал. Билелиг; т. н. 567 находится в области сноса с месторождения Октябрьское, а т. н. 1106 – Сыдыгского массива. Возможно, коренные проявления ртутистого золота распространены двумя субмеридиональными полосами, проходящими: I – через среднюю часть россыпи Мал. Алгияк – т. н. 567 (Бол. Билели) и т. н. 559 (Бол. Алгияк); II – через т. н 1106 (Билелиг) и т. н. 573 (Черная). Золото средне- и высокопробное.

Россыпь р. Мал. Алгияк

Река Мал. Алгияк, левая составляющая р. Алгияк, имеет длину 9,0 км, протекает в юго-восточном направлении. Бассейн реки занимает 32,0 км^2.

Россыпь изучена по конкретным точкам наблюдениям (1001, 1015, 564, 563, 556, 566). Всего проанализировано 310 знаков россыпного золота (таблица 6, рисунок 23).

Таблица 6. Типоморфные признаки россыпного золота россыпи Мал. Алгияк

№ пробы	Кол-во знаков	Гранулометрия, мм (в скобках – %)	Морфология Au		Пробность, ‰ (в скобках – встречаемость, %)
			Форма (в скобках – %)	Окатанность (в скобках – %)	
1001	94	–5,0+2,0 (10,64) –2,0+1,0 (23,4) –1,0+0,5 (32,98) –0,5+0,25 (32,98)	Пластинчатое (42,6), комковатое (57,4)	Полуокатанное (25,5), неокатанное (74,5)	Ag-Au: 800–899 (50,0) 900–950 (50,0)
1015	105	–5,0+2,0 (2,86) –2,0+1,0 (19,05) –1,0+0,5 (30,47) –0,5+0,25 (47,62)	Пластинчатое (30,5), комковатое (69,5)	Полуокатанное (48,5), неокатанное (51,5)	Ag-Au: 800–899 (60,0) 900–950 (40,0)

Продолжение таблицы 6

№ пробы	Кол-во знаков	Гранулометрия, мм (в скобках – %)	Морфология Au		Пробность, ‰ (в скобках – встречаемость, %)
			Форма (в скобках – %)	Окатанность (в скобках – %)	
564	11	–2,0+1 (8,33) –1,0+0,5 (50,0) –0,5+0,25 (41,67)	Пластинчатое (33,4), комковатое (66,6)	Полуокатанное (50,0), неокатанное (50,0)	Ag-Au: 800–899 (66,6) 900–950 (33,3)
563	17	–5,0+2,0 (17,65) –2,0+1,0 (29,41 –1,0+0,5(41,18) –0,5+0,25 (11,76)	Пластинчатое (35,3), комковатое (64,7),	Полуокатанное (70,6), неокатанное (11,8), окатанное (17,6)	700–799 (33,0) 800–899 (47,0) 900–950 (20,0) Hg-Ag-Au: 700–799 (62,5) 800–899 (37,5) Ag-Au: 800–899 (57,1) 900–950 (42,9)
556	17	–5,0+2 (35,3) –2,0+1 (58,82) –1,0+0,5 (5,88)	Пластинчатое (64,7), комковатое (35,3)	Полуокатанное (82,4), окатанное (17,6)	700–799 (8,3) 800–899 (75,0) 900–950 (17,0) Hg-Ag-Au: 700–799 (20,0) 800–899 (80,0) Ag-Au: 800–899 (71,4) 900–950 (28,6)
566	66	–2,0+1,0 (1,52) –1,0+0,5 (22,73) –0,5+0,25 (56,06) –0,25+0,1 (19,69)	Пластинчатое (75,7) комковатое (24,5)	Полуокатанное (78,7) неокатанное (21,3)	Hg-Ag-Au: 700–799 (42,0) 800–899 (58) Ag-Au: 800–899 (20,0) 900–950 (80)
	Всего: 310 знаков				

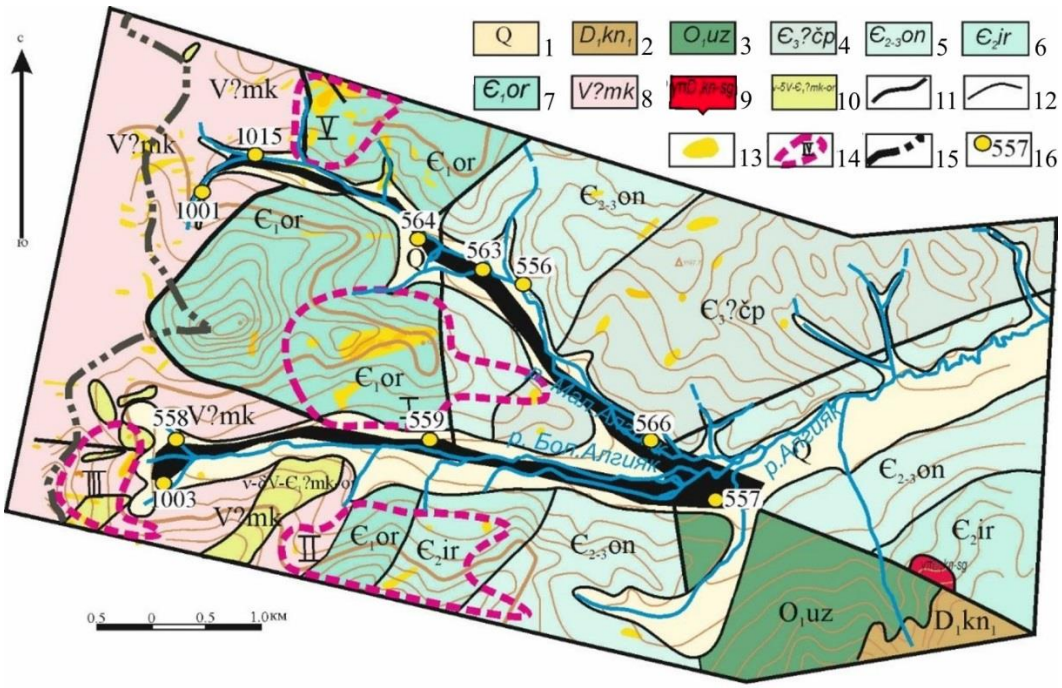


Рисунок 23. Схема россыпей рр. Мал. и Бол. Алгияк с номерами точек наблюдения и отбора шлихов

1 – четвертичные отложения (аллювиальные пески, галечники, валунники); 2 – кендейская свита, нижняя подсвита (андезиты, базальты); 3 – систигхемская серия, узинская свита (песчаники, конгломераты, гравелиты); 4 – аласугская серия, чапшинская свита (ритмичное чередование конгломератов, песчаников, алевролитов); 5 – ончанская свита (алевролиты, аргиллиты, алевропесчаники, линзы гравелитов, известняков); 6 – иргитхемская свита (конгломераты, песчаники разнозернистые грауваковые, гравелиты, линзы известняков); 7 – орешская толща (сланцы глинисто-кремнистые, углеродисто-кремнистые, горизонты кварцитов, базальтов их туфов, линзы мраморизованных известняков); 8 – джебашская серия амыльская свита, макаровская толща (метабазальты их туфы, реже кремнисто-глинистые сланцы, линзы мраморизованных известняков с остатками микрофитолитов); 9 – кендейско-саглинский комплекс вулканический (гранит-порфиры, риолиты); 10 – макаровско-орешский базальт-андезит-риолитовый комплекс вулканический, субвулканическая фация (микрогаббро, долериты, микродиориты); 11 – геологические границы между литологическими подразделениями; 12 – дизъюнктивы; 13 – метасоматиты; 14 – перспективные участки коренного оруденения и их номера (римские цифры); 15 – граница Тывы с Красноярским краем; 16 – точки наблюдения.

Т. н. 1001. Находится в верховьях р.Мал.Алгияк. Здесь широко развиты отложения четвертичного возраста. Опробованы русловые отложения. В шлихе обнаружено 94 частицы золота весом 253,91 мг. Минеральный состав шлиха: магнетит, ильменит, мартит, лимонит по пириту, лимонит, хромит, гематит, циркон, гранат, эпидот, рутил, пирит лимонитизированный. Гранулярный состав: –5,0+2,0 мм (10,64 %), –2,0+1,0 мм (23,4 %), –1,0+0,5 мм (32,98 %), –0,5+0,25 мм – 32,98 %. Золото характеризуется в основном неокатанными массивными частицами (74,5 %), реже полуокатанными (25,5 %) (см. таблицу 6; рисунок 24). Золота крупной крупной фракции (–5,0+2,0 мм) 10,64 %, частицы комковато-удлиненные, полуокатанные с бугорчатой ямчатой поверхностью (рисунок 25, *а–г*). Золота средней фракции (–2,0+1,0 мм) 23,4 %, частицы имеют неправильную форму рудного облика, неокатанные, с бугорчатой поверхностью; мелкого (–1,0+0,5 мм) золота (32,98 %), частицы комковатые, полуокатанные с

бугорчатой поверхностью (см. рисунок 25, з–л), неправильные (см. рисунок 25, *б, г*), неокатанные, сбугорчатой поверхностью. Весьма мелкая фракция представлена неправильными формами, частицы золота неокатанные, бугорчатой поверхность (рисунок 25, м–п).

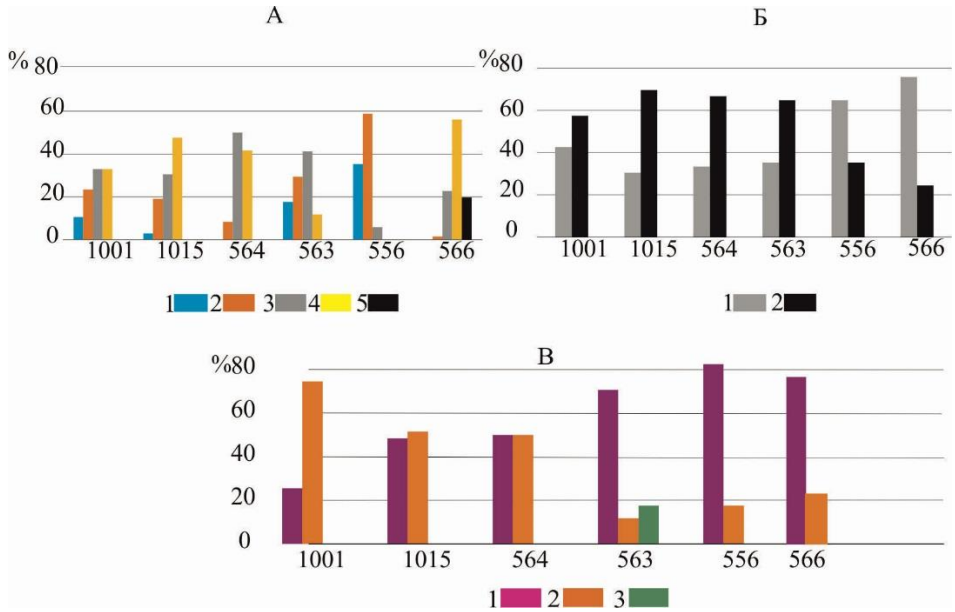


Рисунок 24. Гистограммы типоморфных признаков россыпного золота россыпи р.Мал.Алгияк (по оси абсцисс – точки наблюдения; по оси ординат – частота встречаемости, %)
А – размер россыпного золота: 1 – (–5,0+2,0) мм, 2 – (–2,0+1,0 мм), 3 – (–1,0+0,5 мм), 4 – (–0,5+0,25) мм, 5 – (–0,25+0,1) мм;
Б – морфология золота: 1 – пластинчатые; 2 – комковатые;
В – окатанность россыпного золота: 1 – полуокатанные; 2 – неокатанные; 3 – окатанные.



Рисунок 25. Морфология россыпного золота россыпи Мал. Алгияк в т.н. 1001

Химический состав золота в т.н. 1001 по данным микрорентгеноспектрального анализа отдельных золотин (МРСА) (16 анализов) характеризуется Ag-Au составом с вариациями пробности от 847 до 927 ‰: высокопробное (900–950 ‰, в среднем 913 ‰) –50 %; среднепробное (800–899 ‰, в среднем 872 ‰) – 50 %.

Т. н. 1015. Находится в верховьях р. Мал Алгияк (см. рисунок 23). Опробованы русловые отложения. В шлихе обнаружено 105 частиц золота весом 88 мг. Минеральный состав шлиха: магнетит, мартит, ильменит, лимонит по пириту, лимонит, рутил, хромит, циркон, гранат. Гранулярный состав золота: –5,0+2,0 мм (2,86 %), –2,0+1,0 мм (19,05 %), –1,0+0,5 мм (30,47 %), –0,5+0,25 мм (47,62 %) (см. таблицу 6, рисунок 24). Частицы золота неокатанные, изометричные, неправильные гемиидиоморфные. Среди золотин широко распространены объемные вытянутые лентовидные, палочковидные сростки кристаллов, встречаются щепковидные, цепочковидные частицы; золотины неокатанные с бугорчатой поверхностью (рисунок 26). Мелкая фракция представлена полуокатанными частицами неправильной формами, среди которых присутствуют

хорошо ограненные кристаллы, а также их удлиненные разности и сростки – лентовидые, цепочковидные, дендритоидные (см. рисунок 26).

Химический состав золота в по данным МРСА 20 отдельных золотин Ag-Au с вариациями пробности от 834 до 938 ‰, в среднем 890 ‰, V = 4,44 % при этом высокопробного (920–938 ‰, в среднем 930 ‰) – 40 %, среднепробного (834–894 ‰, в среднем 862 ‰) – 60 %.

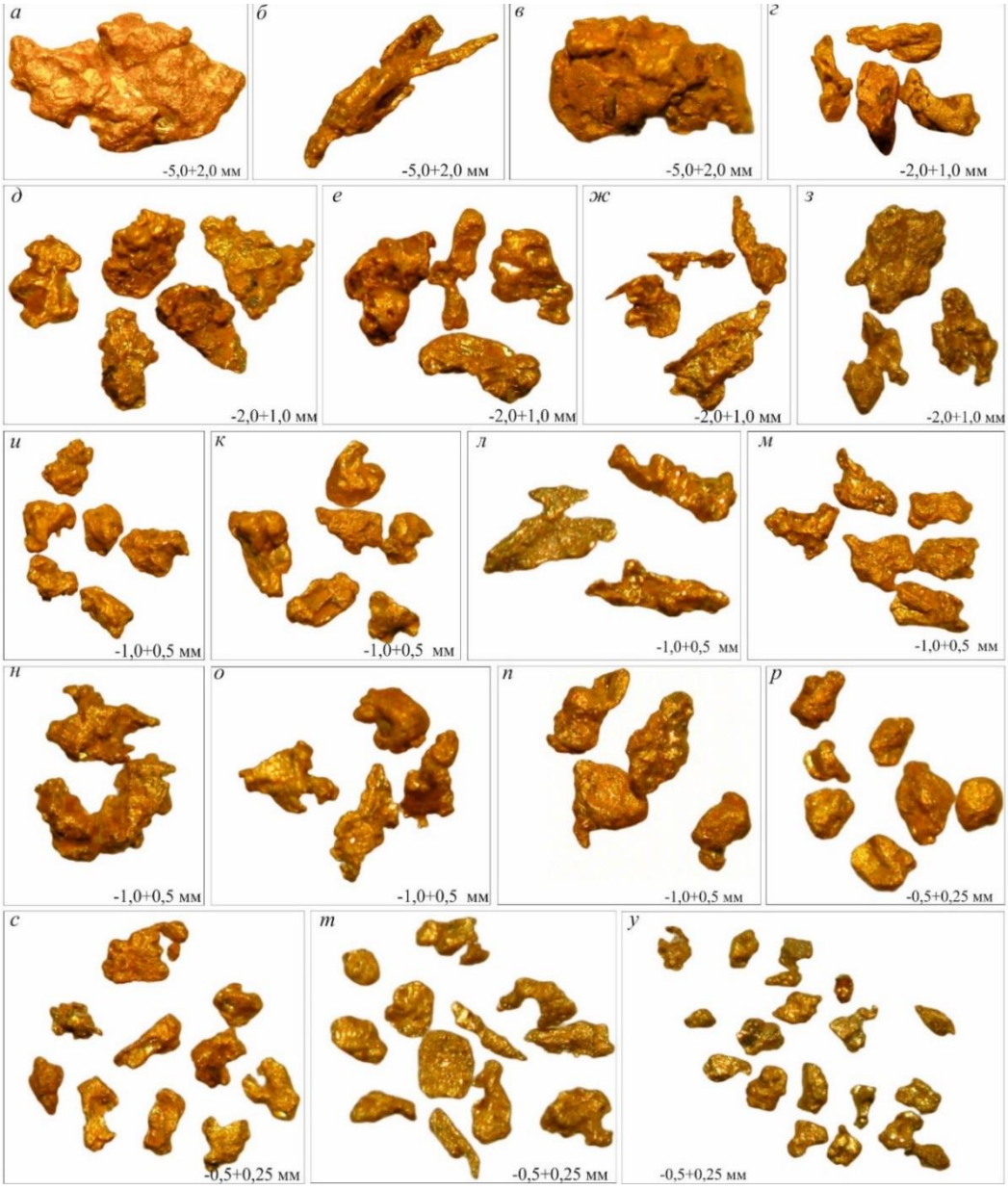


Рисунок 26. Морфология россыпного золота россыпи Мал. Алгияк в т.н 1015

Т .н. 564. Расположена в средней части россыпи р. Мал.Алгияк (см. рисунок 23). Опробованы русловые отложения, изучено 12 знаков частицы золота весом 6,15 мг; содержание фракции –2,0+1,0 мм – 8,33 %, –1,0+0,5 мм – 50,0 %, –0,5+0,25 мм – 41,67 %. Золото преимущественно (66,6 %), комковатое; пластинчатого 33,4 %, полуокатанное 50 %, неокатанное 50 % (см. таблицу 6, рисунок 24).

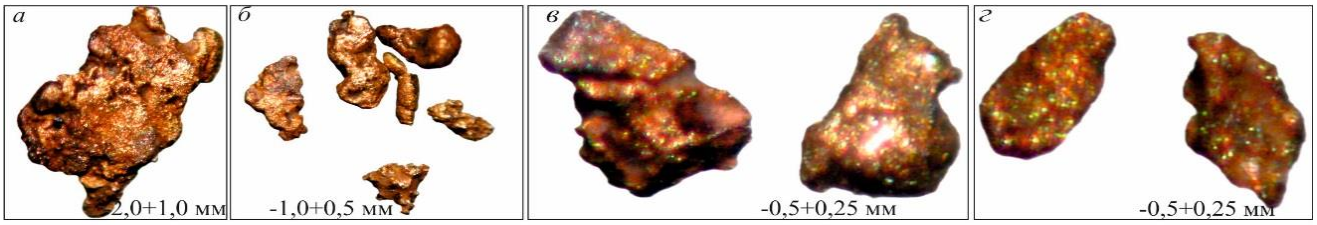


Рисунок 27. Морфология россыпного золота россыпи Мал. Алгияк т.н. 564.

Химический состав золота в т. н. 564 оценен по данным МРСА (9 анализов). Установлено ртутистое и Ag-Au составов (858–919 ‰, в среднем 876 ‰, V = 2,42 %). Ртутистое золото (Hg 2,81–5,4 %, средняя пробность 862 и 902 ‰) с пористой каймой. Золото Ag-Au состава средней пробы (872 ‰), окатанное, с высокопробной каймой (20–40 мкм), с катакластическими деформациями в ядре и межзерновыми прожилками. Высокопробное золото Ag-Au состава (в среднем 913 ‰) неокатанное, с высокопробной каймой (10–35 мкм), катакластическими и бетонными деформациями, межзерновыми прожилками в ядре.

Т. н. 563. Находится в средней части р. Мал.Алгияк (см. рисунок 23). Опробованы русловые отложения. В шлихе отобраны 17 знаков частицы золота весом 132,7 мг. Минеральный состав золота: хромит, лимонит по пириту, магнетит, мартит, лимонит, пирит, гематит, циркон, циркон, рутил, анатаз, сфен, апатит. Гранулометрический состав: крупная фракция (–5,0+2,0 мм) – 16,6 %, средняя – (2,0+1,0 мм) – 29,4 %, мелкая (–1,0+0,5 мм) – 41,1 %, весьма мелкая (–0,5+0,25 мм) – 11,76 %. В шлихе преобладают комковатые частицы золота (64,7 %), отмечены пластинчатые (35,3 %), полуокатанные (70,6 %), окатанные (17,6%) и неокатанные (11,8 %) (см. таблицу 6, рисунок 24; рисунок 28).

Химический состав частиц золота в т. н. 563 оценен по 17 МРСА (707–948 ‰, в среднем 844 ‰, V = 8,04 %), золото ртутистое и Ag-Au состава, низкопробного – 33 %, среднепробного – 47 %, высокой пробы – 20 %.

Ртутистое золото (707–838 ‰, среднее 793 ‰, V = 4,82 %) низкой пробы, неокатанное с мирмекитовой каймой толщиной 30–40 мкм и включениями лейкоксена, каолинита и гидроксидами железа; низкопробные окатанные частицы с мирмекитовой каймой и включениями сульфидов серебра и кварца; средней пробы (810 и 815 ‰) – с мирмекитовой каймой толщиной 10–30 мкм и бетонной структурой в ядре.

Частицы Ag-Au состава (875–948 ‰, среднее 904 ‰, V = 3,96 %) средней (57 %) и высокой (43 %) пробы. Среднепробное золото (885 ‰) окатанное с высокопробной каймой толщиной 10–40 мкм, бетонной структурой в ядре. Высокопробные частицы (в среднем 937 ‰) полуокатанные и неокатанные с высокопробной каймой толщиной 10–30 мкм и бетонной и милонитовой деформациями в ядре.

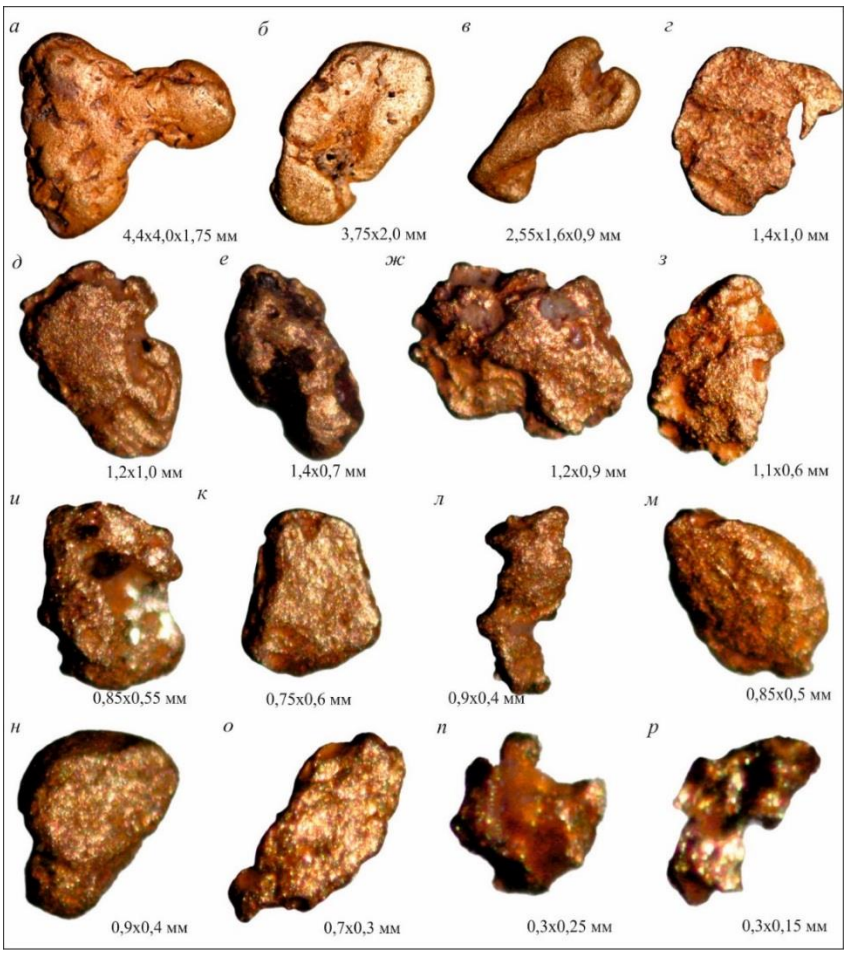


Рисунок 28. Морфология россыпного золота россыпи Мал. Алгияк в т. н.563.

Т. н. 556. Находится в 180 м от предыдущей на р. Мал Алгияк (см. рисунок 23). Опробованы аллювиальные отложения. В шлихе обнаружено 17 знаков золота весом 217,06 мг (рисунок 29). Гранулометрический состав: крупная фракция (–5,0+2,0 мм) – 35,3 %, средняя фракция (–2,0+1,0 мм) – 58,8 %, мелкая фракция (–1,0+0,5 мм) – 5,8 %. Частицы золота комковатые (35,3 %), пластинчатые (64,7 %); хорошо окатанные (17,6 %), полуокатанные (82,4 %) с бугорчатой поверхностью (см. таблицу 6, рисунок 24).

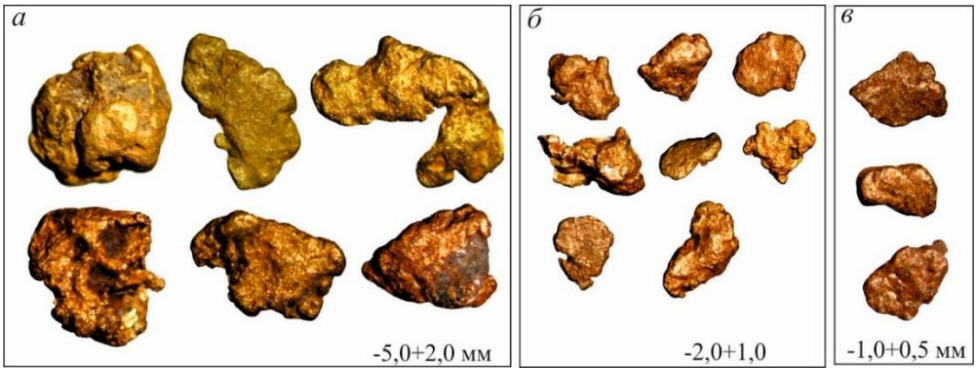


Рисунок 29. Морфология россыпного золота россыпи Мал. Алгияк в т. н. 556

Химический состав золота по 12 МРСА (752–911 ‰, среднее 860 ‰, V = 4,99 %) представлен ртутистым и Ag-Au разновидностями. Частицы ртутистого состава имеют низко- (20 %) и среднепробные (80 %) пробу. Ag-Au золотинки (872–911 ‰, среднее 884 ‰, V = 1,75 %) среднего (71 %) и высокопробного (29 %) состава.

Т. н.566. Расположена в низовьях р. Мал.Алгияк (см. рисунок 23). Опробованы аллювиальные отложения. В шлихе отобрано 66 знаков частицы золота весом 5,8 мг (рисунок 30). В отличие от других точек наблюдений присутствует золото весьма тонкой фракции (–0,25+0,1 мм) – 19,7 %, средняя фракция (–2,0+1,0 мм) – 1,6 %, мелкая (–1,0+0,5 мм) – 22,7 %, весьма мелкая

(–0,5+0,25 мм) – 56 %. Частицы золота представлены преимущественно пластинчатыми зернами золота (75,7 %), и комковатыми 24,5 %, полуокатанные 78,7 %, неокатанные 21,3 %, бугорчатой поверхностью (см. таблицу 2.6, рисунок 24).

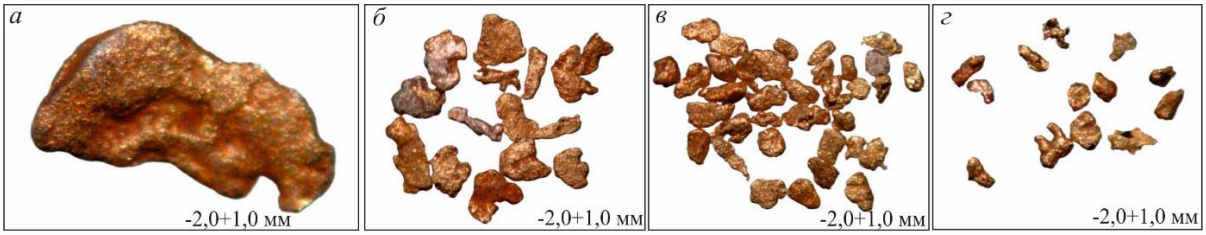


Рисунок 30. Морфология россыпного золота россыпи Мал. Алгияк в т. н. 566

Частицы золота в т. н. 566 имеют ртутистый (42 %) и Ag-Au (58 %) состав (750–911 ‰, в среднем 860 ‰).

Ртутистое золото (752–881 ‰, среднее 826 ‰) низкой (20 %, средняя пробность 752 ‰) и средней (80 %) пробы. Частиц Ag-Au состава (872–911 ‰) средней пробности (875 ‰) – 71 %, высокой (905 ‰) – 29 %.

Результаты исследований. Золото изучено в шести точках наблюдения; выполнен 81 анализ МРСА (707–948 ‰, в среднем 874 ‰, V = 5,08 %), выявлены ртутистая (24 %) и Ag-Au (76 %) разновидности. Ртутистое золото (707–903 ‰, в среднем 827 ‰, V = 6,04 %); отсутствует на протяжении 500 м в т. н 1001 и 1015, в неогеновых отложениях верховьев р. Мал. Алгияк. По всей остальной протяженности россыпи в четвертичных отложениях наблюдаются обе разновидности.

Ртутистое золото отмечено практически на всей протяженности россыпи, в т. н. 563–566 – в виде низкопробной и среднепробной разновидностей. Его количество вниз по течению уменьшается, в этом же направлении сокращается содержание низкопробного и увеличивается количество среднепробного. В т. н. 563 в низкопробном ртутистом золоте обнаружены

включения гидроксидов железа+каолинит+лейкоксен, а в окатанной частице низкопробного золота – включения сульфидов серебра+кварц.

Золото Ag-Au состава (834–948 ‰, в среднем 888 ‰, V = 3,52 %) средней и высокой пробы. Отмечена тенденция снижения доли золота высокой пробы (примерно на 20 %) от верховьев до устья р. Мал.Алгияк. В т. н.1015 и т.н.563 присутствуют частицы золота высокой пробы (средняя 930–939 ‰), тогда как во всех остальных точках наблюдения из пробность ниже (905–913 ‰). Вероятно, в районе т. н. 1015 и 563 в россыпь поступает золото из коренного источника более высокой пробы, чем на других участках.

Россыпь Бол. Алгияк

Россыпь Бол. Алгияк (правая составляющая р. Алгияк). Длина р. Бол Алгияк 18 км. Изучены 353 знака россыпного золота (таблица 7).

Т. н. 1003. Расположена в верховьях р. Бол. Алгияк (см. рисунок 23). Опробованы русловые отложения неогенового возраста. Минеральный состав шлиха: магнетит, ильменит, мартит, хромит, гематит, лимонит по пириту, циркон, гранат, эпидот, рутил. В шлихе обнаружено пять знаков золота весом 0,715 мг. Гранулометрический состав: весьма мелкое (–0,5+0,25 %) – 80 %, мелкое 20 % (см. таблицу 7; рисунок 31); почти 100 % золота комковатой формы. Золото в целом слабо окатанное (60 %) и полуокатанное (40 %), с бугорчатой поверхностью (рисунок 32).

Таблица 7. Типоморфные признаки россыпного золота р. Бол. Алгияк

№ пробы	Кол–во знаков	Гранулометрия, мм (в скобках – %)	Морфология Au		Пробность, ‰ (в скобках – встречаемость, %)
			Форма (в скобках – %)	Окатанность (в скобках – %)	
1003	5	–1,0+0,5 (20,0) –0,5+0,25 (80,0)	Комковатое (100,0)	Полуокатанное (40,0), слабоокатанное.(60,0)	Ag–Au: 900–950 (100,0)
558	137	> 5 (0,7) –5,0+2,0/= (2,1) –2,0+1,0 (10,3) –1,0+0,5 (23,4) –0,5+0,25 (24,0) –0,25+0,1 (39,5)	Комковатое (75,0), пластинчатое (25,0)	Хорошо окатанное (2,1), полуокатанное (18,2,0), слабо окатанное (57,0), неокатанное (22,7)	Ag–Au: 800–899 (44,4) 900–950 (55,5)
559	147	–5,0+2,0 (3,4) –2,0+1,0 (21,8) –1,0+0,5 (31,3) –0,5+0,25 (28,5) –0,25+0,1 (15,0)	Комковатое (58,5), пластинчатое (41,5)	Полуокатанное (59,2), слабоокатанное (38), неокатанное (2,8),	800–899 (44,8) 900–950 (55,2) Hg–Ag–Au: 800–899 (100,0) Ag–Au: 800–899 (23,8) 900–950 (76,2).
557	64	–5,0+2,0 (1,6) –2,0+1,0 (43,8) –1,0+0,5 (37,5) –0,5+0,25 (17,1)	Комковатое (29,6), пластинчатое (70,4)	Хорошо окатанное (15,6), полуокатанное (73,4), слабоокатанное (11,0)	Ag–Au: 900–950 (81,8) > 950 (18,2)
	Всего: 310 знаков				

Химический состав золота в т. н. 1003 по данным МРСА (8 анализов) характеризуется высокопробным Ag-Au составом (915–943 ‰, среднее 929 ‰, V = 1,26 %) – 100 %.

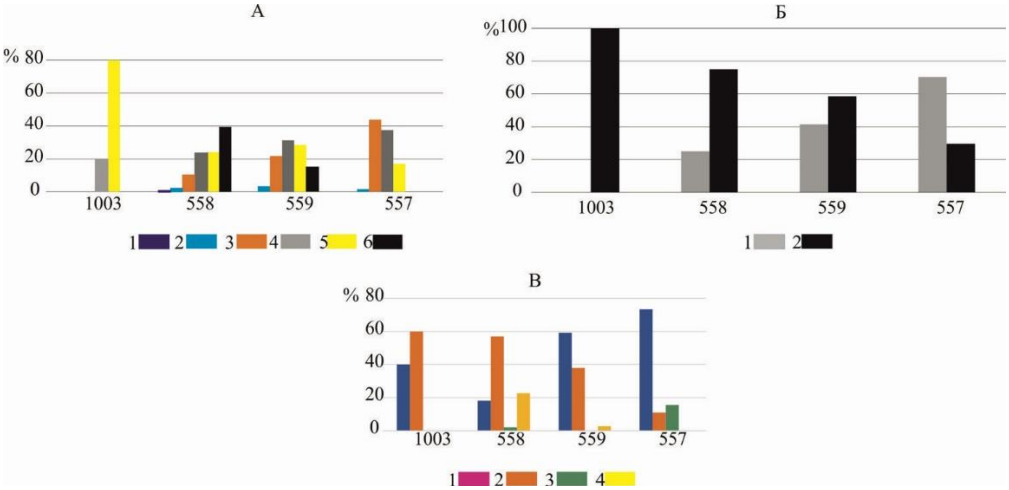


Рисунок 31. Гистограммы типоморфных признаков россыпного золота россыпи р.Бол.Алгияк (по оси абсцисс –точки наблюдения; по оси ординат – частота встречаемости, %)

А – размер россыпного золота: 1 – >5 мм, 2 – (–5,0+2,0) мм, 3 – (–2,0+1,0) мм, 4 – (–1,0+0,5) мм, 5 – (–0,5+0,25) мм, 6 – (–0,25+0,1) мм;
Б – морфология золота: 1 – пластинчатые; 2 – комковатые;
В – 1 – полуокатанные, 2– неокатанные, хорошо окатанные, 3 – слабоокатанные.

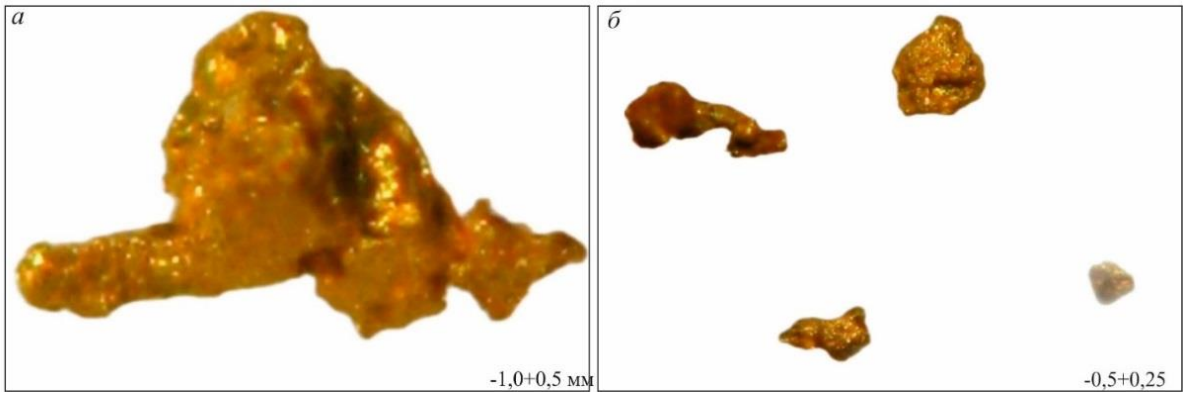


Рисунок 32. Морфология россыпного золот р. Бол.Алгияк в т. н. 1003:
а – мелкая фракция; б – весьма мелкая фракция

Т. н. 558. Расположена в верховьях р. Бол. Алгияк. Опробованы русловые отложения неогенового возраста. В шлихе обнаружено 137 знаков золота весом 212,82 мг. Гранулометрический состав: >5 мм – 0,7 %, –5,0+2,0 мм – 2,1 %, –2,0+1,0 мм –10,3 %, –1,0+0,5 мм – 23,4 %, –0,5+0,25 мм – 24 %, –0,25+0,1 – 39,5 % (см. таблицу 7, рисунок 31). В россыпи преобладают комковатые трещино-прожилковидные зерна (75 %), остальное приходится на лепешковидно-пластинчатые частицы (25 %). В отличие от предыдущих россыпей здесь преобладает тонкое золото (39,5 %) (рисунок 33, *е*). Кристаллы представлены желтоватыми частицами разнообразных очертаний, часто удлиненно-комковатых. Поверхность золотин бугорчатая. Также в россыпи почти в одинаковом количестве присутствует мелкое и весьма мелкое золото. Мелкое золото (см. рисунок 33, *г*) представлено желтовато-красноватыми

массивными частицами. Золотины неокатанные, удлиненно-трещинно-прожилковидные. Поверхность ямчатая, бугорчатая. Весьма мелкое золото (см. рисунок 33, *д*) в отличие от мелкого имеет комковато-изометричную форму. Поверхность ямчатая бугорчатая. Крупные золотины (см. рисунок 34, *б*) желтого цвета, неокатанные комковидные. Поверхность бугорчатая, ямчатая. В ямках видны мелкие пленки гидроокисла железа. Встречен самородок массой 76,3 мг (см. рисунок 34 ,*а*). Золотины хорошо окатанные (15,6 %), полуокатанные (18,2 %), слабо окатанные (57 %) и неокатанные (22,7 %).

По химическому составу по данным микрорентгеноспектрального анализа отдельных золотин (МРСА) (18 анализов) золото имеет Ag Au состав (853–946 ‰, в среднем 902 ‰, V = 3,90 %). Среднепробного (853–883 ‰, в среднем 866 ‰) золота 44 %. Частицы окатанные с высокопробной каймой толщиной 20–40, иногда до 80 мкм; в ядре развита бетонная структура.

Высокопробных (919–946 ‰, в среднем 932 ‰) частиц 56 %. Они характеризуются разной степенью окатанности, преобладают неокатанные и полуокатанные (70 %). Средняя пробность неокатанных частиц 935 ‰, полуокатанных – 932 ‰, окатанных – 929 ‰. Независимо от окатанности частицы золота имеют высокопробную кайму толщиной 20–80 мкм и бетонную структуру ядра.

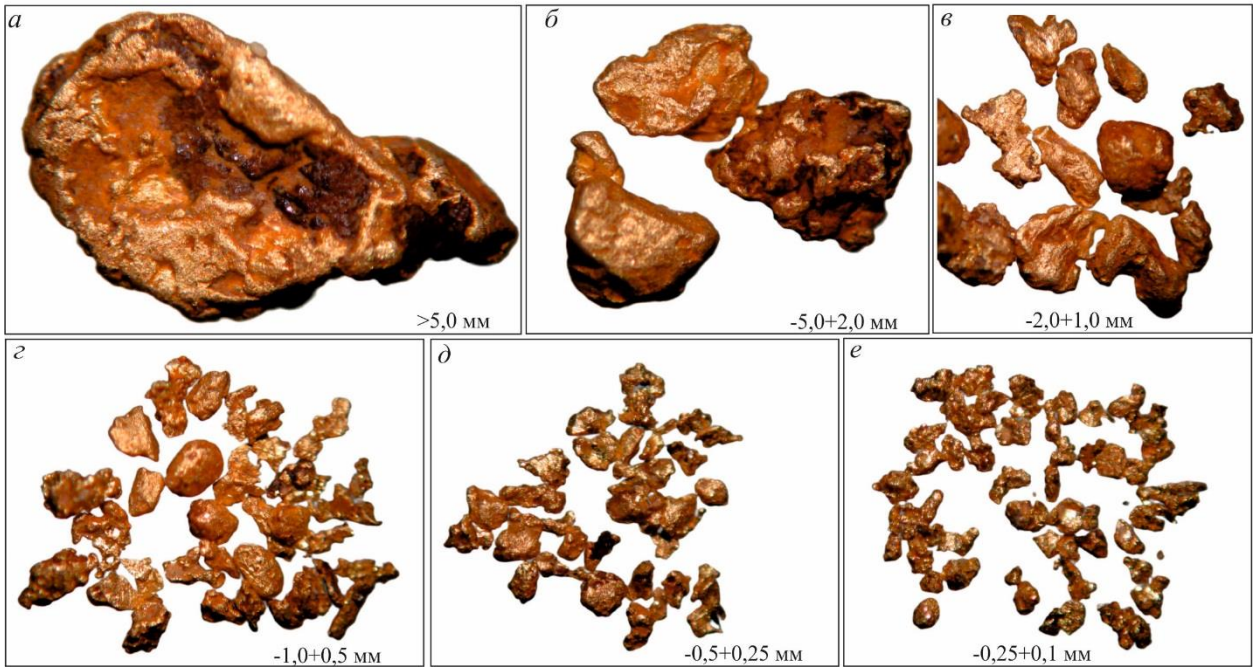


Рисунок 33. Морфология россыпного золото. р.Бол.Алгияк в т. н. 558

Т. н. 559. Находится в средней части р.Бол Алгияк. Опробованы русловые отложения неогенового возраста (см. рисунок 23).

В шлихе обнаружено 147 зерен золота весом 215,2 мг. Минеральный состав шлиха: магнетит, мартит, ильменит, лимонит по пириту, лимонит, гематит, циркон, гранат, рутил.

Гранулометрический состав золота: –5,0+2,0 мм– 3,4 %, –2,0+1,0 мм – 21,8 %, –1,0+0,5 мм – 31,3 %, –0,5+0,25 мм – 28,5 %, –0,25+0,1 – 15 %. Форма золотин преимущественно комковатая (58,5 %), пластинчатая (41,5 %). В классах крупности –5,0+2,0 мм преобладает удлиненно-комковидное и массивное кристаллическое золото, полуокатанного больше 59,2 %, слабоокатанного меньше 38 % (см. таблица 7, рисунок 31). В незначительном количестве встречается неокатанное (2,8 %). Золотины полуокатанные, с гладкой, ямчатой поверхностью. Для средних золотин (–2,0–1,0 мм) характерны пластинчатые, прожилковидные, полуокатанные, реже неокатанные формы с ровной, бугорчатой, ямчатой поверхностью (см. рисунок 34, *е–л*). Мелкое, тонкое золото представлено в основном комковатыми полуокатанными формами с бугорчатой поверхностью (см. рисунок 34, *м–т*).

Химический состав золота в т.н. 559 по данным МРСА (29 анализов) характеризуется ртутистой и Ag-Au разновидностями, средней (45 %) и высокой (55 %) пробностью. Ртутистое золото среднепробное (844–885 ‰, среднее 860 ‰, V = 1,62 %), содержит включения гидроксидов железа, карбоната и каолинита. Встречена полуокатанная частица ртутистого золота (866 ‰), окруженная каймой золота Ag-Au состава (879 ‰) толщиной около 75 мкм, которая, в свою очередь, находится под пористым ободком высокопробного золота. Эта неоднородность частицы, вероятно, связана с последовательной перекристаллизацией ртутистого золота в гипергенных условиях с выщелачиванием ртути, увеличением пробности на 10 единиц и формированием ободка чистого золота.

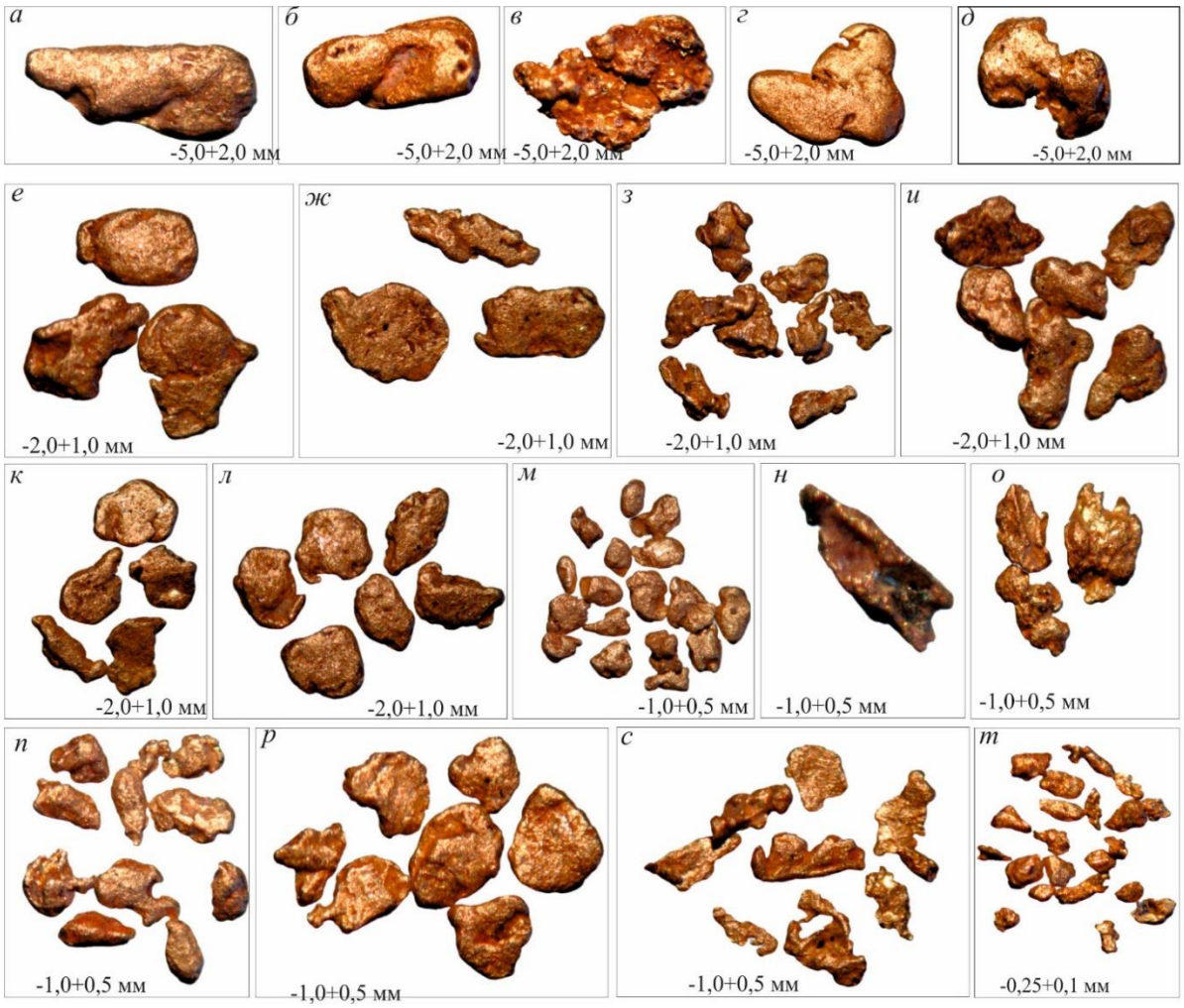


Рисунок 34. Морфология россыпного золото. р.Бол.Алгияк в т. н. 559.

Золото Ag-Au состава (864-31 ‰, среднее 905 ‰, V = 2,33 %), средней (24 %) и высокой (76 %) пробы.

Высокопробное золото неокатанное (919–931 ‰, среднее 925 ‰) с межзерновыми прожилками и бетонной структурой в ядре, содержит включения арсенопирита, брейнерита, гидроксидов железа, гидрослюдистых глинистых минералов и каолинита.

Т. н. 557 находится на слиянии рр. Мал. и Бол. Алгияк**.** Опробованы русловые отложения неогенового возраста (см. рисунок 23). В шлихе обнаружены 64 частицы золота весом 69,005 мг. Гранулометрический состав: –5,0+2,0 мм – 1,6 %, –2,0+1,0 мм – 43,8 %, –1,0+0,5 мм – 37,5 %, – 0,5+0,25мм – 17,1 %. Золотины преимущественно пластинчатые, лепешковидные (70,4 %), их края слегка завальцованы; остальные комковатые, трещинно-прожилковидные (29,6 %). Золото в основном полуокатанное (73,4 %), хорошоокатанное (15 %), присутствует незначительное количество слабо окатанных частиц 11 % (см. таблицу 7, рисунок 31; рисунок 35).



Рисунок 35. Морфология россыпного золота в россыпи Бол.Алгияк в т.н. 557.

По химический состав золота в т. н. 557 по данным (МРСА) (33 анализа) пробность золота 902–957 ‰, среднее 930 ‰ , V = 1,97 %. Высокопробного золота 82 %, весьма высокопробного 18 %. Частицы золота с пробностью 903–938 ‰ (средняя 928 ‰) неокатанные (32 %) с высокопробной каймой толщиной 20–40 мкм; с пробностью 916–919 ‰ (средняя 917 ‰) полуокатанные (12 %) с высокопробной каймой толщиной 20–50 мкм; с пробностью 902–949 ‰ (средняя 923 ‰) окатанные – 56 %, толщина каймы от 10–40 до 40–60 мкм. У частиц высокопробного золота различной окатанности структура ядер бетонная.

Частицы весьма высокопробного золота в т. н. 557 неокатанные (950 ‰) и окатанные (953 ‰) примерно в равных количествах, с высокопробной каймой толщиной 10–50 мкм, в ядрах бетонная структура.

Результаты исследований. Золото изучено в четырех точках наблюдения по 88 МРСА.Золота преимущественно Ag-Au состава (n 91 %, 853–957 ‰, среднее 917 ‰,V = 2,9 %),

средней и высокой пробы. В т. н. 559 в средней части россыпи, помимо золота Ag-Au состава, распространено ртутистое (n 28 %, 844–885 ‰, среднее 860 ‰, V = 1,62 %).

В т. н. 558 и 559 (средняя часть россыпи) распространено окатанное золото Ag-Au состава средней пробы, количество которого вдвое снижается вниз по течению от т. н 558 к т. н. 559.

Высокопробное золото встречается по всей россыпи – от истоков до слияния рек Мал. и Бол. Алгияк; в этом направлении возрастает количество окатанного золота высокой пробы. В неокатанной частице высокопробного золота встречены включения ассоциаций арсенопирит+брейнерит и гидроксиды железа+каолинит+гидрослюдистые глинистые минералы.

В т. н. 557, в области слияния рек Мал. и Бол. Алгияк, появляется весьма высокопробное золото (950–957 ‰) в виде неокатанных и полуокатанных частиц. Источник весьма высокопробного золота, вероятно, расположен в правобережье р. Бол. Алгияк, в области распространения узинской свиты ордовика.

Химический состав золота россыпей Мал. и Бол. Алгияк изучен по 169 МРСА. В россыпях присутствуют ртутистые и Ag-Au разновидности (n 169, минимальная пробность 707 ‰, максимальная 957 ‰, средняя 904 ‰, V = 3,56 %). Относительно низкопробного золота (700–799 ‰) – 4 %, среднепробного (800–899 ‰) – 43 %, высокопробного (900–949 ‰) – 50 %, весьма высокопробного (>950 ‰) – 3 %.

Ag-Au состав преобладает во всех точках наблюдения (n 142, минимальная пробность 834 ‰, максимальная 957 ‰, средняя 956 ‰, V = 4,15); среднепробного золота – 38 %, высокопробного – 58 %, весьма высокопробного – 4 %).

Ртутистое золото охарактеризовано 27 МРСА (n 27, минимальная пробность 707 ‰, максимальная 903 ‰, средняя 837 ‰, V = 5,4 %). Встречено в четырех точках наблюдения (556, 563, 564 и 559), расположенных в средних частях россыпей по рекам Мал. и Бол. Алгияк. Относительно низкопробного золота 22 %, среднепробного – 70 %, высокопробного – 8 %.

Россыпь р. Черная

Россыпь р. Черная длиной 22 км, наиболее протяженная из золотоносных россыпей рек района. Изучено 686 знаков россыпного золота по пяти точкам наблюдения (1292, 1347, 1351, 1351-3, 573) (рисунок 36)

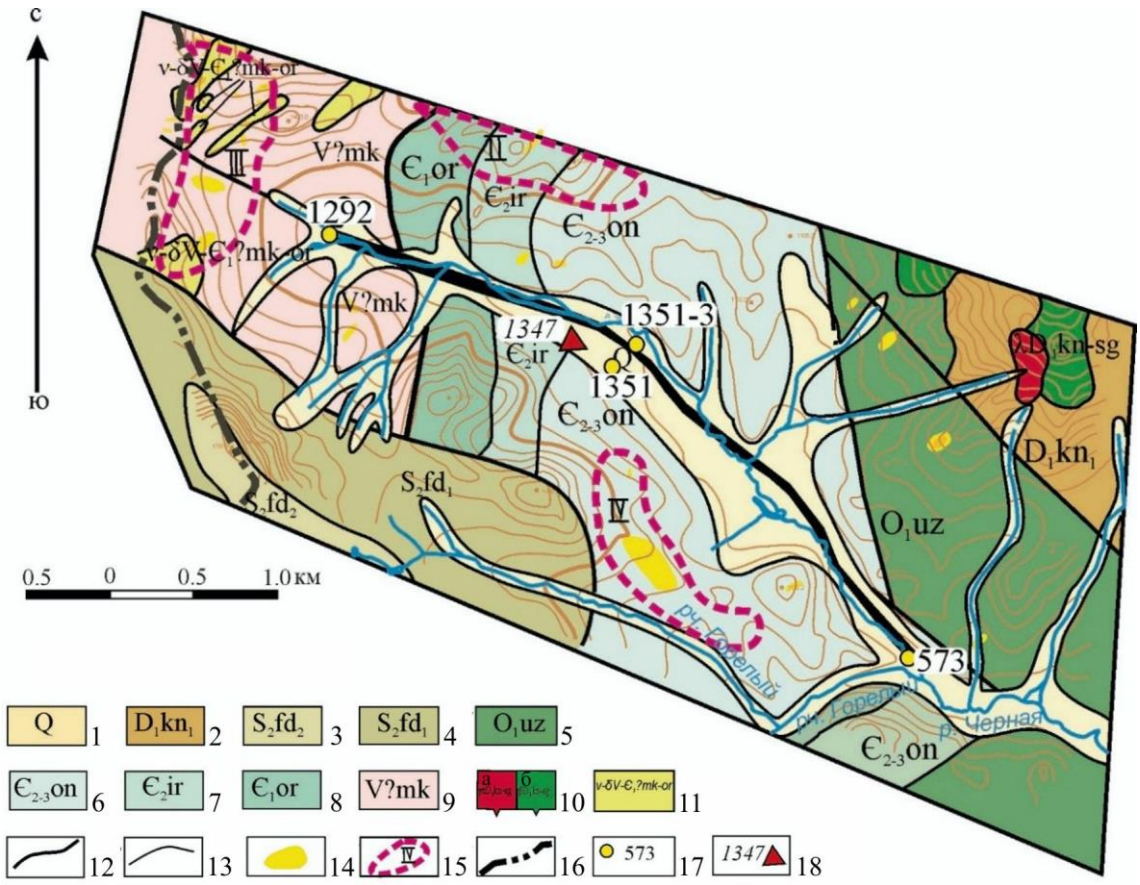


Рисунок 36. Схема россыпи р. Черная с номерами точек наблюдения (и отбора шлихов)
1 – четвертичные отложения (аллювиальные пески, галечники, валунники); 2 – кендейская свита,. нижняя подсвита (андезиты, базальты); 3 – федоровская серия, верхняя подсвита (конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты); 4 – нижняя подсвита (песчаники, алевролиты, прослои конгломератов); 5 – систигхемская серия, узинская свита (песчаники, конгломераты, гравелиты); 6 – ончанская свита (алевролиты, аргиллиты, алевропесчаники, линзы гравелитов, известняков); 7 – иргитхемская свита (конгломераты, песчаники разнозернистые грауваковые, гравелиты, линзы известняков); 8 – орешская толща (сланцы глинисто-кремнистые, углеродисто-кремнистые, горизонты кварцитов, базальтов их туфов, линзы мраморизованных известняков); 9 – джебашская серия, амыльская свита, макаровская толща (метабазальты и их туфы, реже кремнисто-глинистые сланцы, линзы мраморизованных известняков с остатками микрофитолитов); 10 – кендейско-саглинский комплекс вулканический (а – гранит-порфиры, риолиты, б – базальты, микрогаббро); 11 – макаровско-орешский базальт-андезит-риолитовый вулканический комплекс, субвулканическая фация (микрогаббро, долериты, микродиориты); 12 – геологические границы между литологическими подразделениями; 13 – дизъюнктивы; 14 – метасоматиты; 15 – перспективные участки коренного оруденения и их номера (римские цифры); 16 – граница Тывы с Красноярским краем; 17 – точки наблюдения россыпных месторождений; 18 – глыбовые свалы жильного кварца с видимым золотом.

Т. н. 1292. Верховья россыпи р. Черная. Опробованы аллювиальные отложения неогенового возраста (см. рисунок 36). В шлихе обнаружено 13 знаков частицы золота весом 35,795 мг. Гранулометрический состав: крупная фракция (–5,0+2,0 мм) – 8 %, средняя фракция (–2,0+1,0 мм) – 34 %, мелкая фракция (–1,0+0,5 мм) – 50 %, весьма мелкая фракция (–0,5+0,25 мм) – 8 %. Золото представлено частицами комковатыми (100 %), неокатанными (69 %), полуокатанными (31 %), с бугорчатой поверхностью (таблица 8, рисунок 37). В крупной фракции (–5,0+2,0 мм) присутствует один знак золота весом 12,5 мг, комковатый, массивный,

полуокатанный, с бугорчатой поверхностью (рисунок 38, *а*). Частицы средней фракции – комковато-изометричные зерна с неправильными формами (см. рисунок 38, *б*), неокатанные, с пористыми, ямчатыми поверхностями. В ямках коричневые гидроокислы железа. Мелкая фракция

(–1,0+0,5 мм) состоит из комковато-изометричных зерен, неокатанных, с ямчатой поверхностью, в ямках красные, бурые пленки гидроокисла железа (см. рисунок 38, *в*).

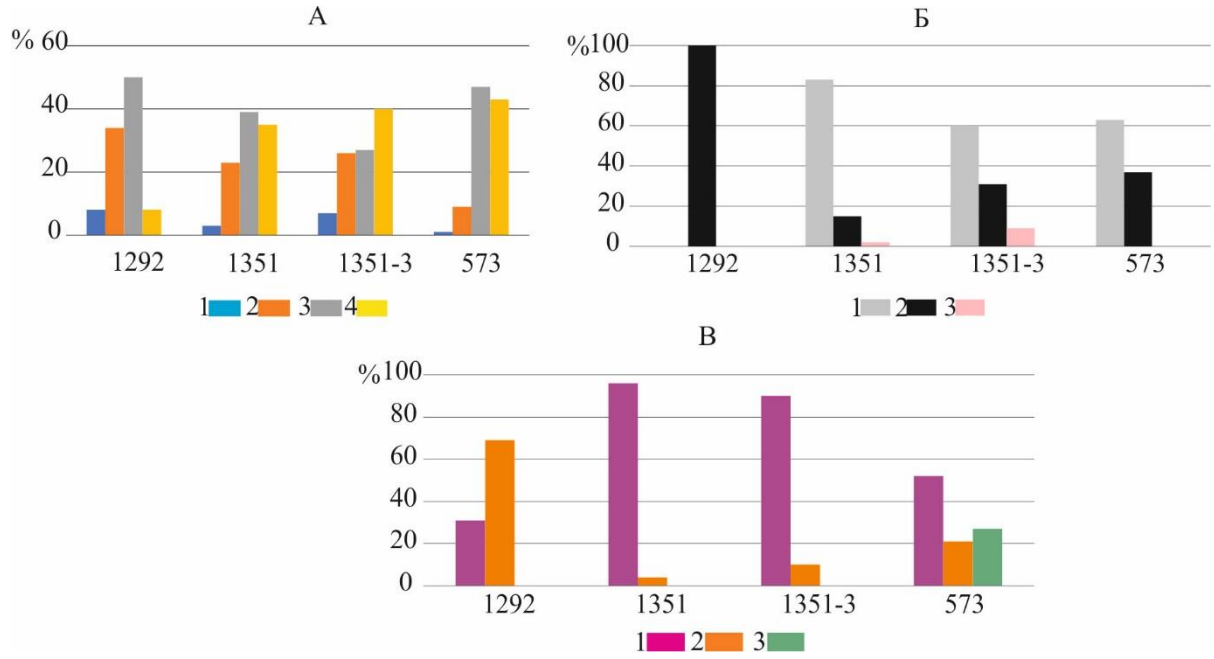


Рисунок 37. Гистограммы типоморфных признаков россыпного золота россыпи р. Черная (по оси абсцисс –точки наблюдения; по оси ординат – частота встречаемости, %)
А – размер россыпного золота: 1 – (–5,0+2,0) мм, 2 – (–2,0+1,0 мм), 3 – (–1,0+0,5) мм, 4 – (–0,5+0,25) мм;
Б – морфология золота: 1 – пластинчатые, 2- комковатые, 3- кристаллы%
В – 1 – полуокатанные, 2 – неокатанные.

Таблица 8. Типоморфные признаки россыпного золота р. Черная

№ пробы	Кол-во знаков	Гранулометрия, мм (в скобках – %)	Морфология Au		Пробность, ‰ (в скобках – встречаемость, %)
			Форма (в скобках – %)	Окатанность (в скобках – %)	
13	1292	–5,0+2,0 (8,0) –2,0+1,0 (34,0) –1,0+0,5 (50,0) –0,5+0,25 (8,0)	Комковатое (100,0)	Неокатанное (69,0), полуокатанное (31,0)	900–950 (100,0)
308	1351	–5,0+2,0 (3,0) –2,0+1,0 (23,0) –1,0+0,5 (39,0) –0,5+0,25 (35,0)	Комковатое (15,0), кристаллы (2,0), пластинчатое (83,0)	Неокатанное (4,0), полуокатанное (96,0)	800–899 (20,0) 900–950 (80,0) Cu-Ag-Au: > 950 (100,0) Ag-Au: 800–899 (21,0) 900–950 (79,0)

Продолжение таблицы 8

№ пробы	Кол-во знаков	Гранулометрия, мм (в скобках – %)	Морфология Au		Пробность, ‰ (в скобках – встречаемость, %)
			Форма (в скобках – %)	Окатанность (в скобках – %)	
212	1351-3	–5,0+2,0 (7,0) –2,0+1,0 (26,0) –1,0+0,5 (27,0) –0,5+0,25 (40,0)	Комковатое (31,0), пластинчатое (60,0), кристаллы (9,0)	Неокатанное (10,0), полуокатанное (90,0)	800–899 (22,2,0) 900–950 (77,7)
153	573	–5,0+2,0 (1,0) –2,0+1,0 (9,0) –1,0+0,5 (47,0) –0,5+0,25 (43,0)	Комковатое (37,0), пластинчатое (63,0)	Полуокатанное (52,0), слабоокатанное (27,0), неокатанное (21,0)	700–799 (9,5) 800–899 (42,9) 900–950 (39,3) > 950 (8,3) Cu-Au: 800–899 (60,0) 900–950 (40,0) Cu-Ag-Au: 900–950 (100,0) Hg-Ag-Au: 700–799 (77,7) 900–950 (11,1) > 950 (11,1) Hg-Au: 700–799 (100,0) Ag-Au: 800–899 (50,0) 900–950 (41,0) > 950 (9,0)
	Всего: 686 знаков				

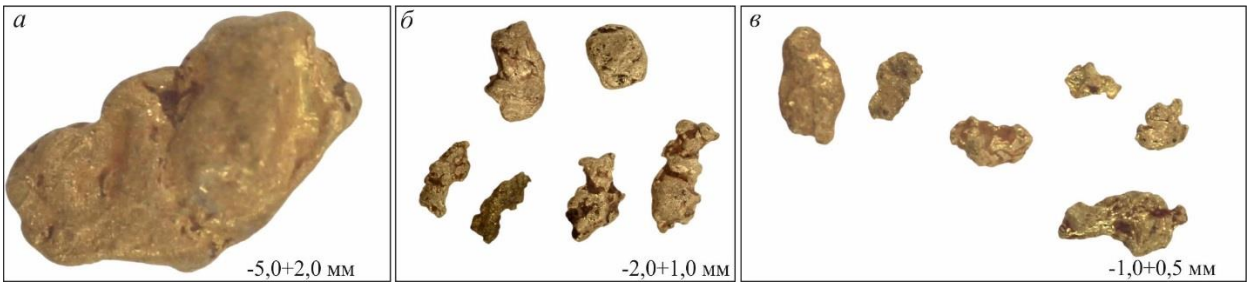


Рисунок 38. Морфология россыпного золота р. Черная в т .н. 1292.

По 16 анализам МРСА золото Ag-Au состава (922–946 ‰, среднее 931 ‰, V = 0,75 %).

Т. н.1351. Находится в средней части россыпи р. Черная. Опробованы аллювиальные отложения неогенового возраста (см. рисунок 36). В шлихе обнаружено 308 знаков золота весом 561,46 мг. Гранулометрический состав: крупная фракция (–5,0+2,0 мм) – 3 %, средняя (–2,0+1,0 мм) – 23 %, мелкая (–1,0+0,5 мм) – 39 %, а также весьма мелкая (35 %). Частицы золота имеют комковатые (15 %), кристаллические (2 %), пластинчатые (83 %), неокатаные (4 %), полуокатанные (96 %) формы. Золото крупной фракции характеризуется комковато-изометричными зернами, полуокатанными, поверхность плоская, прямая, в некоторых частицах ямчатая, в ямках – пленки гидроокисла железа (рисунок 39, *а*). В средней фракции частицы

комковато-удлиненные, прожилковидные, неокатанные, с бугорчато-ямчатой поверхностью. В ямках присутствуют пленки гидроокисла железа (см. рисунок 39, *б*). Золотины пластинчатые изометричные, полуокатанные, с ровной поверхностью (см. рисунок 39, *в–е*). В мелкой фракции частицы пластинчатые, пластинчато-удлиненные, изометричные (см. рисунок 39, *е*), полуокатанные, с ровной, бугорчатой поверхностью. В этой же фракции (см. рисунок 39, *з*) присутствуют комковатые удлиненные игольчатые частицы золота, полуокатанные, с бугорчатой поверхностью, комковатые кристаллы с гранями (см. рисунок 39, *и*). Кристаллы имеют ровную поверххность.

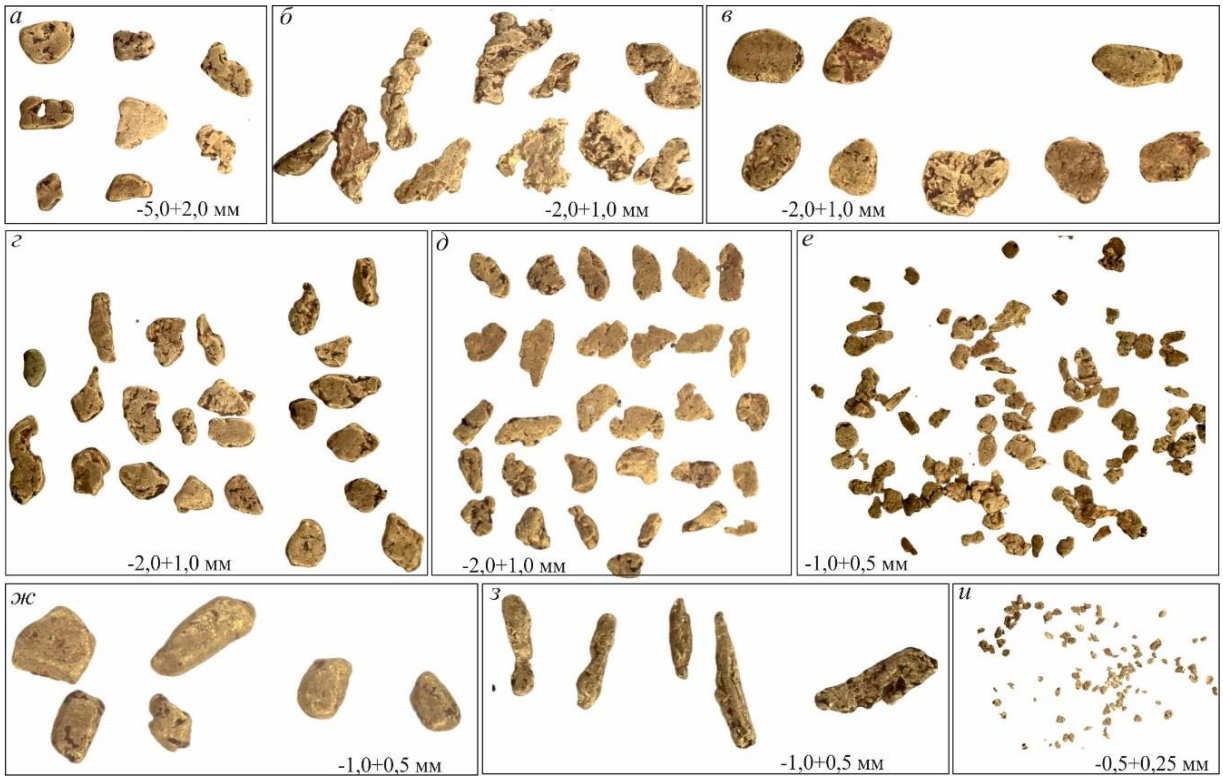


Рисунок 39. Морфология россыпного золота р. Черная в т. н. 1351.

Химический состав золота в т.н. 1351 оценен по 20 МРСА. Установлен преимущественно Ag-Au состав частиц (856-948 ‰, Xср. 925 ‰, коэф. V 3,79 %). Среднепробного -21 %, высокопробного золота – 79 %. Одна частица аналитической выборки имеет медистый состав - Cu 0,66; Ag 5,93; Au 96 %.

Т. н. 1351-3. Находится в средней части россыпи р. Черная. Опробованы аллювиальные отложения неогенового возраста (рисунок 40). В шлихе отобрано 212 знаков золота. Гранулометрический состав: крупная фракция (–5,0+2,0 мм) – 7 %, средняя (–2,0+1,0 мм), мелкая (–1+0,5 мм), весьма мелкая (–0,5+0,25 мм) – 40 %. Частицы золота комковатые (31 %), пластинчатые (60 %), кристаллические (9 %) (см. таблицу 8; рисунок 40).

Частицы золота в точке наблюдения преимущественно весьма мелкое (рисунок 40 – з,и,к). Золото представлено правильными частицами с различным соотношением кристаллов и

кристаллических сростков, среди которых присутствуют как хорошо ограненные кристаллы (рисунок 40-к), так и их удлиненные разности и их сростки (рисунок 40-и) – лентовидные, цепочковидные. В большом количестве присутствуют правильные пластинчатые частицы золота иногда лепешковидные. (рисунок 40 – а,б,в,г,д). Золото практически полуокатанные 90 % имеет неровную бугорчато ямчатую поверхность, реже гладкая. На поверхности золотин помимо отпечатков вмещающих минералов, покрыта пятна гидроокисла железа (рисунок 40 -г)

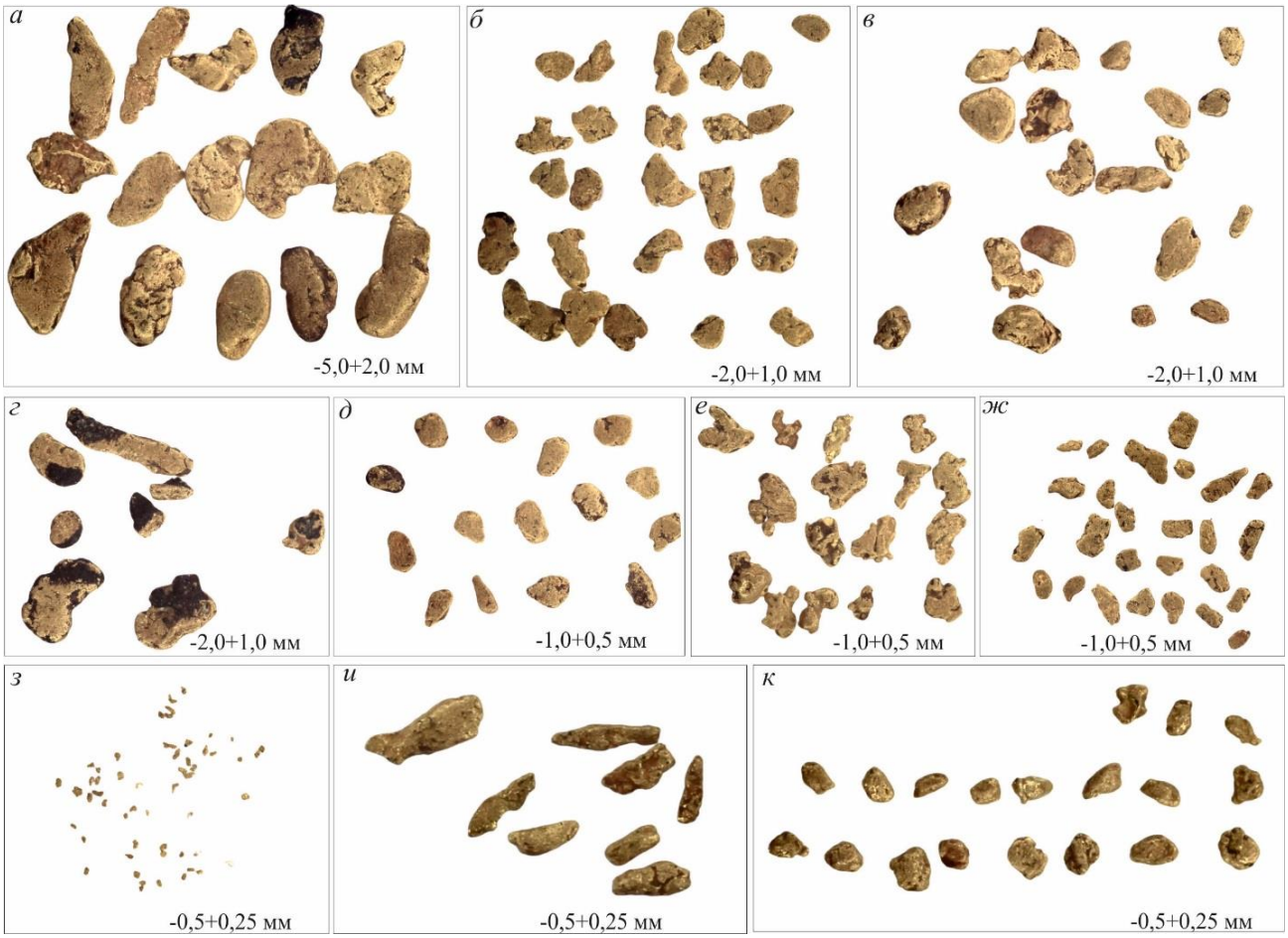


Рисунок 40. Морфология россыпного золота р. Черная т.н. 1351-3

Химический состав золота в т. н. 1351-3 по данным МРСА (36 определений) характеризуется Ag-Au составом с пробностью 801–946 ‰, средняя 906 ‰, V = 5,28 %. Золота средней пробности 22 %, высокой – 78 %.

Т. н. 573. Расплоложена в низовьях р. Черная. Опробованы аллювиальные отложения четвертичного возраста.

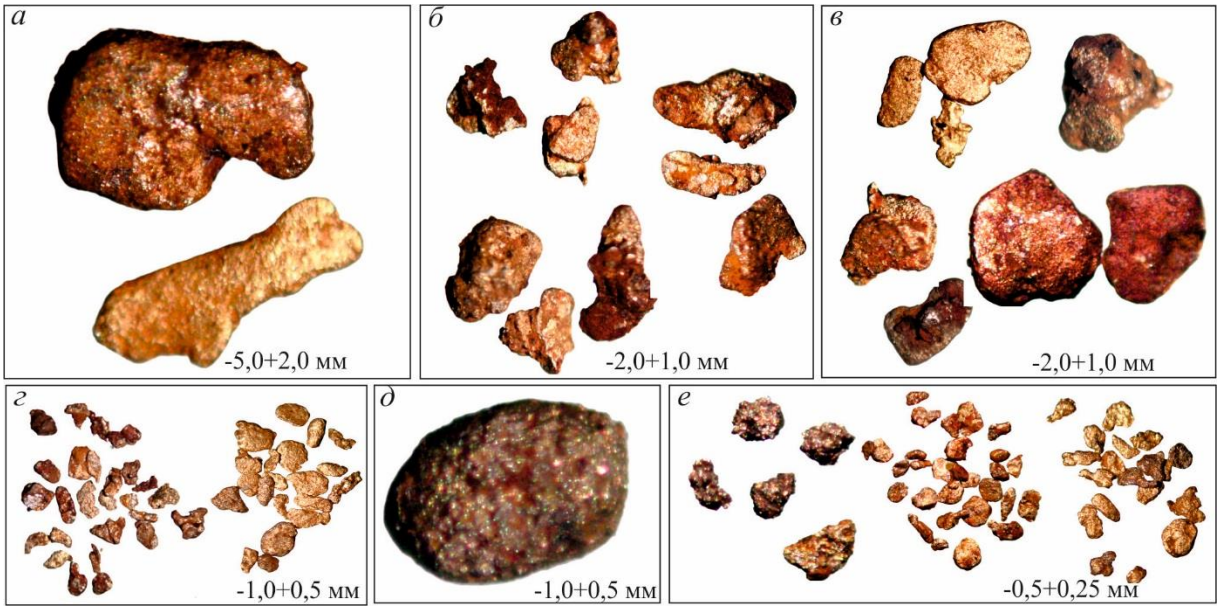


Рисунок 41. Морфология россыпного золота р. Черная в т. н. 573.

Химический состав золота в т. н. 573 оценен по 84 определениям МРСА (748–958 ‰, среднее 886 ‰, V = 5,9 %). Установлено золото медистого (10 %), ртутистого (12 %) и Ag-Au (78 %) составов.

Медистое золото (879–906 ‰, среднее 898 ‰, V = 0,98 %) среднепробное (37 %) и высокопробное (63 %). Частицы полуокатаны, с высокопробной каймой толщиной 10–20 мкм и межзерновыми прожилками высокопробного золота. Во включениях обнаружены зерна халькозина.

Ртутистое золото (748–953 ‰, среднее 812 ‰, V = 9,94 %) низкопробное (80 %), среднепробное (10 %), высокопробное (10 %).

Золото Ag-Au состава (812–958 ‰, среднее 897 ‰, V = 4,55 %) среднепробное (50 %), высокопробное (41 %), весьма высокопробное (9 %).

Среднепробные (840–891 ‰, среднее 877 ‰) неокатанные частицы (13 %) имеют высокопробную кайму толщиной 20 мкм, деформации в ядрах частиц не наблюдались; полуокатанные (812–822 ‰, среднее 817 ‰) частицы (13 %) – высокопробную кайму толщиной 20–25 мкм, в ядрах частиц бетонная структура; отмечены включения каолинита и гидроксидов железа; окатанные (834–891 ‰, среднее 863 ‰) частицы (74 %) – высокопробную кайму толщиной 10–40 мкм, в ядрах частиц деформации катакластической, бетонной и милонитовой разновидностей; отмечены включения каолинита и гидроксидов железа.

Неокатанные частицы с высокой (929–937 ‰, средняя 932 ‰) пробностью (15 %) имеют высокопробную кайму толщиной 5–15 мкм с межзерновыми прожилками, в ядрах катакластические и милонитовые деформации; полуокатанные с пробностью 890–935 ‰, средняя 917 ‰ (44 %) – высокопробную кайму толщиной 15–35 мкм, в ядрах частиц

катакластические, бетонные и милонитовые структуры. Выявлены включения арсенопирита, гидрослюдистых глинистых минералов и гидроксидов железа. Окатанные частицы с пробностью 920–954 ‰, средняя 944 ‰ (41 %) отличаются высокопробной каймой толщиной 10–50 мкм, в ядрах частиц бетонная и милонитовая структуры. Отмечены включения кварца, гидроксидов железа и каолинита.

Химический состав золота россыпи р. Черная изучен в четырех точках наблюдения. Большая часть золотоносных отложений неогенового возраста (т. н. 1292, 1351 и 1351-3). Отложения в т. н. 573, в которых также изучено золото, имеют четвертичный возраст. В неогеновых отложениях преимущественно распространено золото Ag-Au состава средней и высокой пробы; в незначительных объемах присутствует медистое (т. н. 1351). В истоках реки отмечено золото только высокой пробы (922–946 ‰, средняя 931 ‰, V = 0,75 %). В средней части россыпи среднепробное золото составляет 21–22 %, а бóльшая часть золота высокопробное.

На участке россыпи в районе впадения руч. Горелого в р. Черную (т. н. 573) присутствуют медистая (9 %), ртутистая (12 %) и Ag-Au (79 %) разновидности. Медистое золото полуокатанное, среднепробное, содержит включения халькозина; ртутистое – низкой (80 %) и средней (10 %) и высокой (10 %) пробы.

Среднепробное золото Ag-Au состава окатанное и неокатанное, содержит включения гидроксидов железа и каолинит, высокопробное – неокатанное и окатанное, содержит включения арсенопирита, кварца и гидроксидов железа + каолинит.

Результаты исследований. Химический состав россыпного золота бассейна р. Систиг-Хем изучен по 690 анализам в 23 точках наблюдения в месторождениях Мал. Билелиг (5 т. н.; 40 % анализов), Бол. Билелиг (4 т. н., 15 % анализов), Мал. Алгияк (6 т. н., 12 % анализов), Бол. Алгияк (4 т. н., 13 % анализов), Черная (4 т.н ., 20 % анализов). В месторождениях преимущественно распространено золото Ag-Au состава (90 %), на долю медистого приходится 4 %, а ртутистого – 6 %.

В целом по россыпям бассейна р. Систиг-Хем распределение золота по пробности выглядит следующим образом: 707–996 ‰, среднее 929 ‰, V = 5,63 %, из них относительно низкопробного (700–799 ‰) – 3 %; среднепробного (800–899 ‰) – 22 %; высокопробного (950–949 ‰) – 30 %; весьма высокопробного (>950 ‰) – 45 %.

Золото Ag-Au состава преобладает во всех россыпях бассейна (n 625; 755–996 ‰, среднее 935 ‰; V = 4,97 %); из них относительно низкопробного примерно 1 %, среднепробного – 21 %, высокопробного – 32 % и весьма высокопробного – 46 %.

Ртутистое золото (n 41; 707–953 ‰, среднее 839 ‰; V = 6,88 %) встречается в россыпях Мал. Билелиг (т. н. 567), Бол. Билелиг (т. н. 1106), Мал. Алгияк (т. н. 564, 563, 556, 566), Бол.

Алгияк (т. н. 559), Черная (т. н. 573); относительно низкопробного – 32 %, среднепробного – 50 %, высокопробного – 15 % и весьма высокопробного – 3 %.

Медистое золото (n 24; 879–988 ‰, среднее 945 ‰; V = 4,11 %) встречено в россыпях Мал. Билелиг (т. н. 1101, 1100, 1099, 1097), Бол. Билелиг (т. н. 1106), Черная (1351, 573); среднепробное – 12 %, высокопробное – 25 %, весьма высокопробное – 63 %.

ГЛАВА 3. ТИПИЗАЦИЯ ЗОЛОТА РОССЫПЕЙ АМЫЛО-СИСТИГХЕМСКОГО РУДНО-РОССЫПНОГО РАЙОНА

Золото из россыпей Амыло-Систигхемского рудно-россыпного района систематизировано на основании типоморфных особенностей частиц и их химического состава, изученных с помощью оптической и электронной микроскопии. По химическому составу золото подразделяется на Ag-Au, Hg-Ag-Au и Cu-Ag-Au типы. Установлены неокатанные и окатанные частицы, как с высокопробной каймой, так и без нее. По сочетанию типоморфных признаков выявлено 17 разновидностей золота, характеризующих минералого-геохимические типы коренных руд, дальность переноса кластогенного материала, степень механогенной и кристаллофизической деформированности частиц и длительность нахождения частиц в золотоносном пласте в условиях относительного покоя.

3.1. Структурно-морфологическая неоднородность россыпного золота

Морфология, окатанность и гранулометрия золота

Частицы золота в изученных россыпях имеют комковатую изометричную и удлиненную формы с ксеноморфными и иногда гипидиоморфными ограничениями (пластинчатой, таблитчатой, призматической морфологии) (рисунок 42). Количественная характеристика гранулометрических, морфологических особенностей и степени окатанности золота в россыпях приведена в таблице 9.

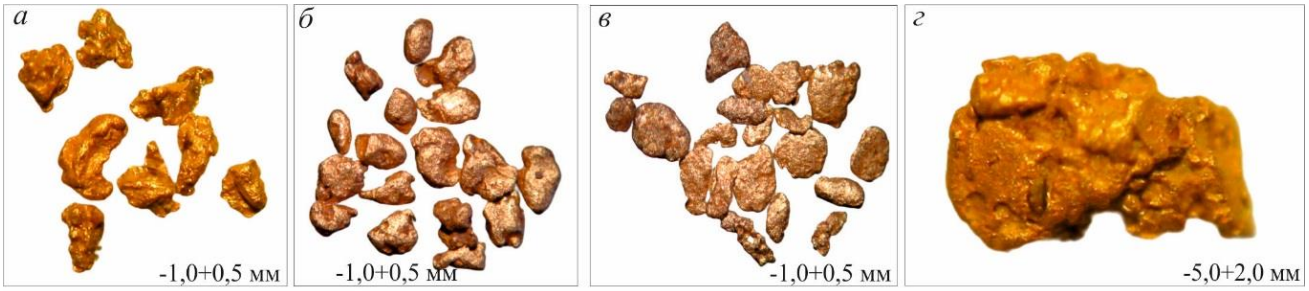


Рисунок 42. Морфологические особенности россыпного золота: а – комковатое, неокатанное, т. н. 1001 (р. Мал. Алгияк); б – изометричное, комковатое, окатанное, т. н. 559 (р. Бол. Алгияк); в – пластинчатое, окатанное, т. н. 573 (р. Черная); г – неокатанный агрегат слипшихся частиц, т. н. 1015 (р. Мал. Алгияк).

Таблица 9. Типоморфные признаки детритового золота Амыло-Систигхемского рудно-россыпного района (%)

Типоморфные признаки	Водоток																				
	Кундус-Суг			Изинзюль			Мал. Билелиг			Бол. Билелиг			Мал. Алгияк			Бол. Алгияк			Черная		
	Положение в россыпи																				
	Г	С	Х	Г	С	Х	Г	С	Х	Г	С	Х	Г	С	Х	Г	С	Х	Г	С	Х
Гранулометрия																					
–5,0+2,0	10	–	–	20	20	100	2	–	–	н/о	5	5	5	20	–	1	2	2	10	5	1
–2,0+1,0	35	–	–	30	40	–	8	+	35	н/о	15	20	20	30	2	5	45	45	35	25	9
–1,0+0,1	55	100	100	50	40	–	90	99	65	н/о	80	75	75	70	98	94	53	52	55	70	90
Морфология Au																					
комковатое	90	80	100	55	40	100	70	95	70	н/о	65	60	65	55	35	85	30	30	100	25	35
пластинчатое	10	20	–	45	60	–	30	5	30	н/о	35	40	35	45	65	15	70	70	–	75	65
кристаллы, дендриты	+	+		+	+	–	+	+	–	н/о	–	+?	+	-	–	+	+	–?	+	+	–
Окатанность Au																					
неокатанное	30	–	–	55	50	100	65	10	–	н/о	10	–	–	15	–	10	5	5	70	7	30
частично окатанное	70	65	100	45	50	–	30	60	100	н/о	85	100	35	65	80	45	75	75	30	93	70
окатанное	–	–	–	–	–	–	5	30	–	н/о	5	–	–	20	20	40	20	20	–	–	–

Примечания. Положение точек наблюдения в россыпи: Г – головка; С – середина; Х – хвост; н/о – не обнаружено; прочерк – не определялось.

Физические характеристики россыпного золота (гранулометрия, морфология, окатанность) изучены Ч.М. Хертек и А.М. Сазоновым (Хертек, Сазонов, 2023; 2024) (см. таблицу 9). Мелкие фракции золота (≤ 1 мм) резко преобладают в россыпях района. Комковатая морфология детритовых частиц обычна для головок россыпей (65–95 %), пластинчатая форма частиц – для средних и хвостовых участков - (60–75 %). Особенностью россыпей района является преобладание полуокатанных и неокатанных частиц по всей протяженности россыпей. Наиболее значительные показатели окатанности (до 30–35 %) отмечаются в средней и хвостовой частях россыпей рр. Кундус-Суг и Мал. Билелиг. Помимо детритового золота в россыпях района отмечается аутигенное, характеризующееся морфологическими особенностями (пленками, микроконическими и волосовидными наростами на детритовых частицах и спутанно-волосовидными псевдоморфозами по цианобактериям) и химически чистым в пленках и ртутистым составом в биогенных псевдоморфозах (Хертек, Сазонов, 2025).

Морфологические особенности частиц наиболее отчетливо проявлены на BSE изображениях (рисунок 43): ксеноморфная амебовидная форма, гипидиоморфная. На поверхности частиц проявлены шиповидные и чешуйчатые отростки аутигенного золота; отмечается совершенная окатанность частиц, а также экзогенные сростки. Разновидности структур внутреннего строения выражаются неоднородной окраской: от белой до серой разной

интенсивности; присутствуют милонитовая структура и структура распада твердого раствора. Увеличение интенсивности серого цвета подчеркивает снижение концентрации Au в составе.

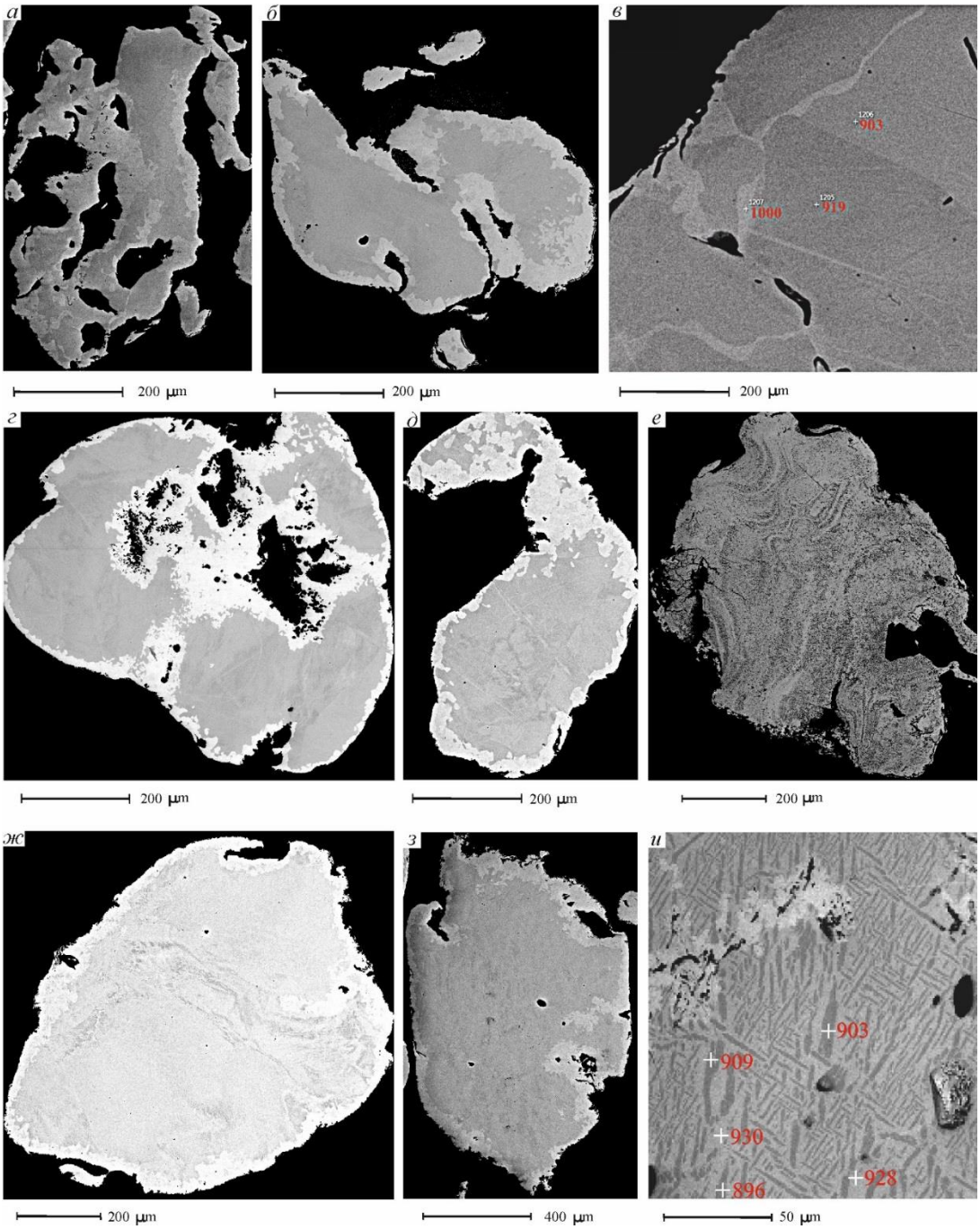


Рисунок 43. СЭМ фотографии срезов россыпного золота Амыло-Систигхемского рудно-россыпного района:

а – неокатанная ксеноморфная частица с высокопробной каймой и линзовидно-пятнистым неоднородным ядром; ***б*** – окатанная частица с высокопробной каймой и шиповидными отростками нового золота на поверхности; ***в*** – фрагмент агрегатной (гранобластической) частицы с чешуйчатыми отростками аутигенного золота на поверхности и межзерновыми прожилками высокопробного золота; ***г*** – агрегат слипшихся частиц с высокопробными каймами; ***д*** – изогнутая частица с высокопробной каймой и пятнисто-неоднородным ядром, образовавшимся после изгиба частицы; ***е*** – изометричная окатанная частица с шиповидными и чешуйчатыми отростками аутигенного золота на поверхности и плойчато-милонитовой внутренней структурой, в которой полосы разной интенсивности серого цвета отражают различную пробность; ***ж*** – окатанная частица с высокопробной каймой, шиповидными и чешуйчатыми отростками аутигенного золота на поверхности и ядром с милонитовой структурой; ***з*** – неокатанная гипидиоморфная частица с высокопробной каймой и пятнисто-неоднородным ядром; и – фрагмент частицы медистого золота с пластинчато-решетчатой структурой, в которой светлые и светло-серые пластинки имеют состав Cu-Ag-Au с пробностью 930 ‰ и Cu-Au с пробностью 896 ‰, соответственно.

Деформационные структуры

Во время пребывания частиц золота в экзогенных условиях, особенно в подвижной среде рек, седиментогенная среда естественным образом оказывает на них динамическое воздействие и приводит к образованию остаточных хрупких и пластических преобразований (рисунок 44).

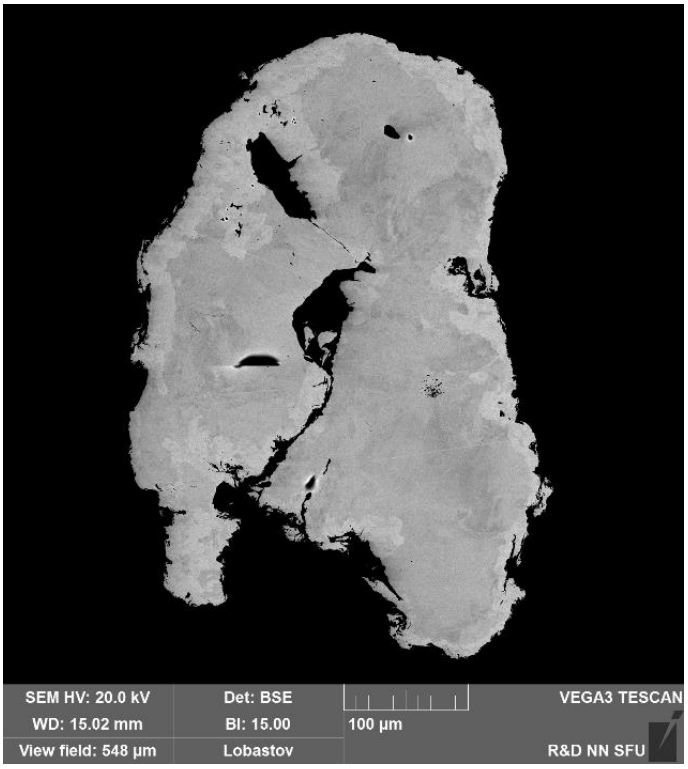


Рисунок 44. Дугообразно изогнутая пластинка золота, т. н. 415, р. Изинзюль: ядерная область частицы деформационной структуры, подчеркнутой сочетанием неравномернозернистой и оскольчатой морфологии фаз разной интенсивности серого и светло-серого цветов; по краям частицы и вокруг пустот – светлая кайма высокопробного золота; граница между центральной частью и высокопробной каймой – зубчато-полигональ-ная изменчивой толщины; судя по отсутствию деформационных механогенных изменений в кайме, она образовалась позднее дугообразного изгибания частицы.

Золото – ковкий минерал. В дополнение к внешнему истиранию при переносе оно подвергается внутренней вязкой деформации и уплотнению. Наиболее отчетливо наблюдаются изгибы частиц, их завальцевание, окатывание, следы царапания и клепания. Менее доступны наблюдению дислокационные преобразования внутри частиц. Для их непосредственного изучения используются микрохимическое структурное травление, оптическая и электронная микроскопия.

В монозернах и гранобластических агрегатах золота района в разной степени распространены микросдвиги, механические двойники (рисунок 45), структуры распада твердых растворов и, наконец, катакластическая грануляция с образованием катакластической, бетонной и милонитовой микроструктур, подобных наблюдаемым в продуктах дислокационного метаморфизма силикатных пород (Вильямс и др.1986; Родыгин, 2001; Philpotts и др 2009).

Катакластическая структура характеризует дробление и грануляцию по границам первичных зерен с образованием тонко- и неравномернозернистого агрегата зерен оскольчатой морфологии (см. рисунок 44). Бетонная структура является частным случаем катакластической. Ей присуще разрастание тонкозернистого агрегата от границ зерен и наличие реликтов крупных минеральных зерен, погруженных в тонкозернистый агрегат. Милонитовое строение –

тонкозернистая грануляция с проявлением механического перемещения оскольчато-гранулированного материала по субпараллельным, часто S-образным поверхностям (рисунок 46).

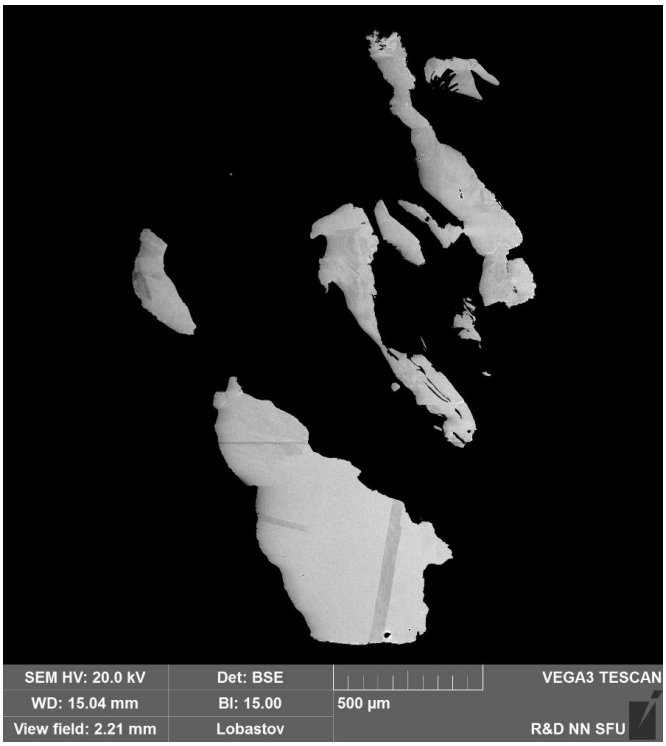


Рисунок 45. Двойниковое строение частицы, т. н. 1001-13, р. Малый Алгияк; серое – тонкие двойниковые пластинки.

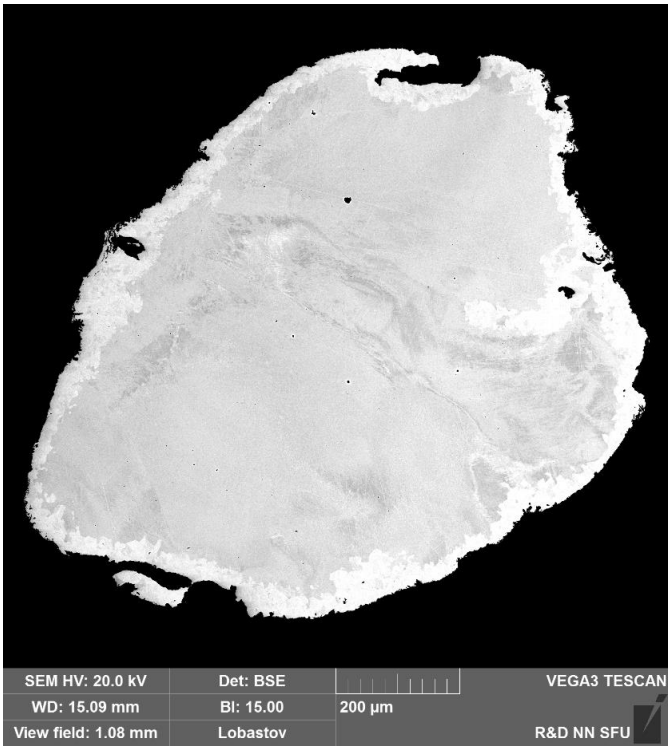


Рисунок 46. Частица с высокопробной каймой по периферии (белое), т. н. 1351-3, р. Черная; белое – высокопробная кайма по периферии; внутренняя часть зерна неоднородного, деформационного строения, выражающегося в сочетании серого и светло-серого цветов фазовых фрагментов оскольчатой морфологии; по диагонали частицы S-образная зонка милонитизации ленточно-катакластического строения; проба золота в кайме – 1000 ‰, ядерной части – 924 ‰ (на более темных участках) и 929 ‰ (на более светлых).

В противоположность мнению о формировании деформационных структур в динамометаморфических породах путем дробления и истирания минерального вещества некоторые исследователи объясняют их образование результатом пластического течения и

оскольчатой грануляции в твердом состоянии, наблюдаемых в металлах при их обработке давлением. Л.А. Николаева отмечает в ядрах частиц золота в исследуемом районе перекристаллизацию, а не деформационные структуры, причем связывает ее с динамическими воздействиями обломочного материала на частицы металла при транспортировке. Д. Керр с соавторами (Kerr и др., 2017; Stewart, 2017) приводят описания эффектных милонитовых структур в золоте аллювиальных россыпей южной части Новой Зеландии, которые были наложены деформацией переноса обломочных частиц золота. Авторы этого исследования отмечают, что вязкие структуры деформации в золоте напоминают результаты холодной прокатки при обработке гранецентрированных кубических металлов, таких как золото. Вязкие структуры деформации в металлах образуются посредством механизмов скольжения. Механизмы внутренней деформации в природном золоте изучены слабо. Подобные деформации обнаружены нами в частицах золота рассматриваемых россыпей гранулометрической фракции <0,15 мм. В этом случае изменениям подвержены ядро и высокопробный ободок. Деформированные фрагменты ободка и ядра частиц преобразованы в брекчию.

Деформационные структуры кристаллофизической природы в частицах золота фракции >0,25 мм Амыло-Систигхемского рудно-россыпного района проявлены в тех частицах, в которых развиты ненарушенные высокопробные ободковые каймы. На наш взгляд, эти особенности строения частиц (наличие высокопробной каймы и деформационные структуры в ядре) генетически взаимосвязаны.

Образование высокопробной каймы и увеличение пробности в ядре создает в частице разнонаправленное кристаллизационное давление со стороны каймы и ядра, так как объем кристаллической структуры в ободковой кайме чистого золота и в золоте ядра с примесью Ag, Cu и других элементов различен (рисунок 47).

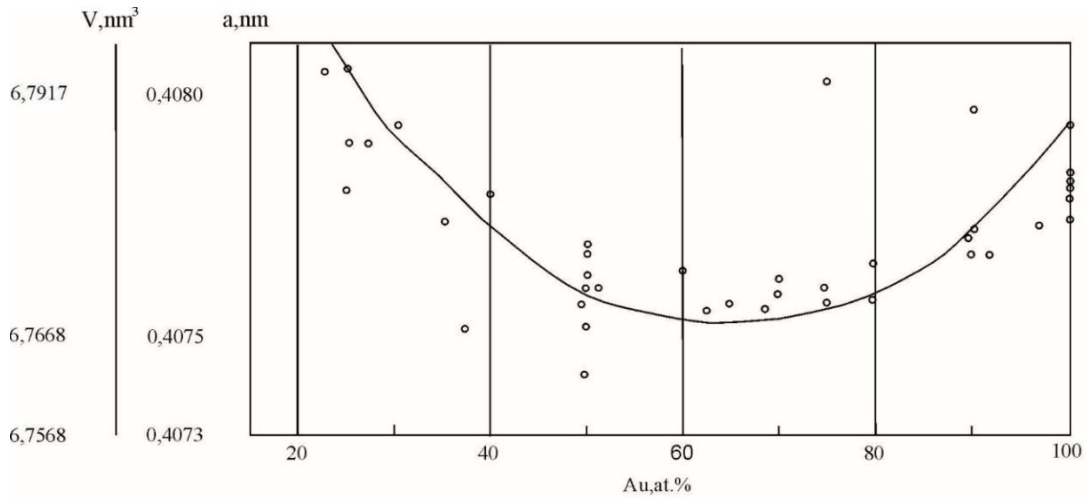


Рисунок 47. Кристаллические параметры самородного золота в зависимости от концентрации примеси Ag, по (H. Okamoto and T.B. Massalski 1983). V – объем кристаллической решетки; a – размер ребра элементарной ячейки.

Возможно, перемешивание и соударение частиц в движущемся водном потоке стимулировали формирование в частицах областей кристаллизационного напряжения, способствующих впоследствии возникновению деформационных структур. В связи с этим представляет интерес работа А.М. Кузьмина (Кузьмин, 1969), в которой объясняется образование волнистого погасания и закрытых криптотрещин в фенокристах кварца риолитов при последовательном изменении объема кристаллической решетки и возрастании внутреннего кристаллического давления в минерале фазовым переходом кристобалит → тридимит → кварц при остывании лавы и образовании риолита. Обычно волнистое погасание кварца связывают с остаточными механогенными явлениями. Подобные кристаллофизические изменения в золоте при экзогенном изменении его состава, по нашему мнению, способствует образованию межзерновых прожилков и деформационных структур.

3.2 Химические типы и неоднородность россыпного золота

Состав золота, главным образом пробность золоторудно-россыпных районов Республики Тыва, и в том числе Амыло-Систигхемского района, изучен недостаточно. Некоторые материалы частично опубликованы С.Г. Прудниковым с соавторами (Прудников., и др. 2022) и приведены в фондовых отчетах (Григорьева и др., 1969*ф*; Кильчичаков и др., 1986*ф*; Кальниченко, 1972; Фельдбарг, Захарова, 1980*ф*; Русанов, 1987*ф*; Макиянский и др., 1991*ф*), в которых отмечается разнообразие гранулометрии, степени окатанности, морфологии частиц и пробности золота в коренных и россыпных объектах. Так, пробность коренного золота Октябрьского месторождения составляет 877–933 ‰ (Тюкпиеков, 2013*ф*), а россыпного золота из рр. Бол. и Мал. Алгияк – 820–880 ‰ (Кальниченко, 1972), тогда как (Русанов, 1987*ф*) приводит более широкий диапазон – 832–955 ‰.

Наибольший разброс пробности установлен для золота из россыпей рек Черной – 870, 880, 930, 940 и 950 ‰ (Кильчичаков и др., 1986*ф*) и Бол. и Мал Билелигам – от 853 до 994 ‰ (Макиянский и др., 1991*ф*). К.М. Кильчичаков и др. (1986*ф*) отмечал площадное изменение гранулометрии, окатанности и пробности золота в Амыло-Систигхемском рудно-россыпном районе, например, увеличение пробности золота из россыпей долин от р. Бол. Алгияк (850–880 ‰) к рр. Билелиг (897 ‰), Мал. Алгияк (918 ‰) и Черной (820–950 ‰). Высокая пробность золота отмечена в россыпи р. Кундус-Суг – 940–960 ‰ (Кильчичаков и др., 1986*ф*). Эти особенности золота связывают с различными источниками и наличием неизвестных коренных проявлений, питающих россыпи (Скляров, 1982; Берзон, 1983*ф*). Л.А. Николаева (Кальниченко, 1972) считала, что россыпи долин рр. Билелиг, Алгияк и особенно Черной образовались не только за счет кварцевых жил, но и в результате переотложения золота из более древних россыпей. С.С. Кальниченко (1972) высказал предположение, что источником питания россыпи р. Черная

могут быть ордовикские конгломераты. Основаниями для этого предположения было отсутствие в бассейне р. Черная золотоносных кварцевых жил, площадная золотоносность терригенных отложений ордовика, наличие шлихового золота в речных долинах (ключи Пласкин, Изыметский), целиком располагающихся в пределах ордовикских пород. С.Г. Прудников (2004) изучил типоморфизм россыпного золота Амыло-Систигхемского рудно-россыпного района и сравнил его особенности с золотом других районов Республики Тыва. Им выделены разновидности золота широкого диапазона гранулометрии, морфологии, окатанности и пробности. На основании комплекса типоморфных свойств россыпного минерала сделаны генетические выводы и обоснованы закономерности их распределения в россыпях и коренных источниках (Прудников, Хертек, 2016, 2017, 2018, 2019*а*, 2019*б*).

Типизация золотин по химическому составу проведена по внутренним участкам частиц, так как внешние участки представлены химически чистым золотом гипергенного происхождения (Петровская, 1973). В россыпях района выявлены медистое (Cu Au; Cu – Ag-Au), ртутистое (Hg – Ag-Au) и серебристое (Ag-Au) золото, которые наследуют состав гипогенного золота (таблица 10).

Таблица 10. Химический состав россыпного золота Амыло-Систигхемского района

Элементы	Содержание элементов, ат. %				
	X_{max}	X_{min}	$X_{ср}$	S	V
Система Ag-Au (серебристое золото, n=841)					
Ag	24,45	0,39	7,20	4,65	65
Au	99,94	75,32	92,84	4,72	5
Пробность (‰)	996	755	928	46,76	5
Система Hg-Ag-Au (ртутистое золото, n= 44)					
Hg	20,23	1,5	6,52	5,38	83
Ag	22,85	3,95	10,60	4,43	42
Au	96,09	70,72	83,25	5,79	7
Пробность (‰)	953	707	831	56,28	7
Система Cu-Ag-Au (медистое золото, n=27)					
Cu	10,77	0,47	2,32	2,01	87
Ag	7,34	0,3	3,07	2,42	79
Au	100	87,94	94,6	3,87	4
Пробность (‰)	988	879	946	35,78	4
Система Cu-Au (медистое золото, n=8)					
Cu	10,47	0,99	7,51	3,94	53
Au	99,51	89,04	92.05	4,20	5
Пробность (‰)	990	896	924	39,46	4

Примечания. X_{max}, X_{min}, $X_{ср}$ – максимальное, минимальное и среднее содержание элементов; S – среднеквадратичное отклонение; V – коэффициент вариации (%).

Сопоставление пробности коренного и россыпного золота показывает резкое преобладание в кварцевых жилах Октябрьского месторождения и свалах кварца в долинах рек золота средней (899–850 ‰) и низкой пробности (699–600 ‰), в то время как в россыпях преобладает (71,5 %) золота пробности 900 ‰ и выше (таблица 11; рисунок 48). Количество золота средней пробности (899–800 ‰) – 25 % в россыпях и 42 % в кварцевых жилах.

Таблица 11. Пробность золота месторождений Амыло-Систигхемского района

№ п/п	Класс пробности	Названия классов по Н.В. Петровской (1973)	Коренные		Россыпные	
			n	%	n	%
1	>950	Исключительно высокопробное	20	8	119	30,0
2	949–900	Высокопробное	30	11	160	41,5
3	899–850	Средней пробы	94	36	60	15,0
4	849–800	«	17	6	39	10,0
3+4	899–800	«	111	42	99	25,0
5	799–750	Относительно низкопробное	5	2	10	3,0
6	749–700	«	7	3	1	0,25
5+6	799–700	Относительно низкопробное в целом	12	5	11	3,0
7	699–600	Низкопробное	82	31	1	0,25
8	599–250	Электрум	7	3	1	0,25
	Σ		262	100	391	100,0

Примечание. Коренное золото – из кварцевых жил месторождения Октябрьское и кварцевых свалов в долинах рр. Билелиг и Черная; россыпное золото – из рр. Кундус-Суг, Изинзюль, Бол. и Мал. Алгияк, Бол. и Мал. Билелиг, Черная.

В коренных проявлениях района преобладает низко- и среднепробное, а в россыпях – средне-, высоко- и весьма высокопробное золото.

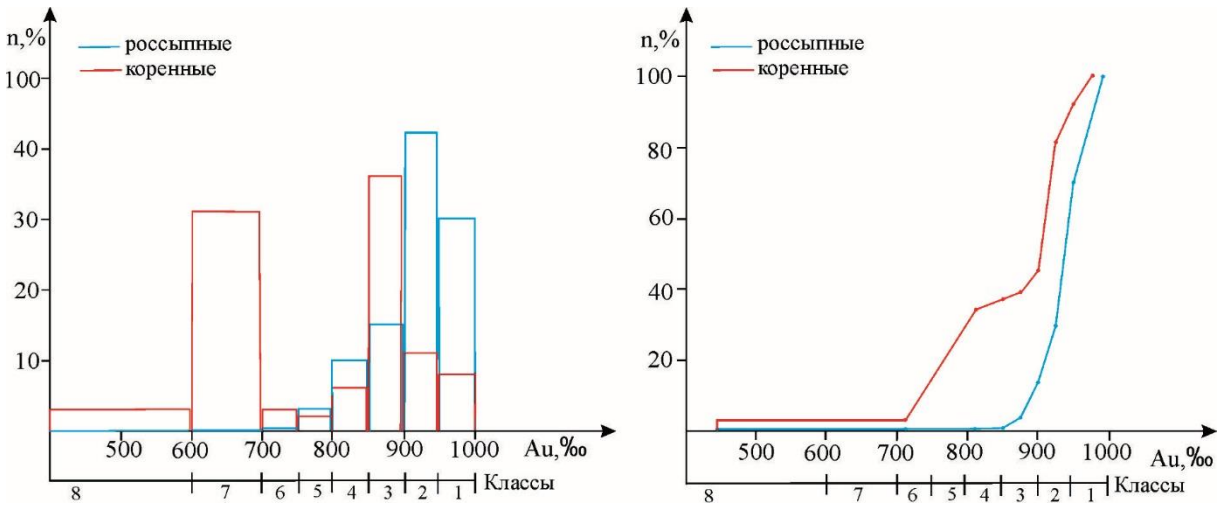


Рисунок 48. Гистограмма (а) и куммулятивное (б) распределение пробности частиц золота коренных и россыпных месторождений золота Амыло-Систигхемского района. Номера классов и статистические параметры соответствуют таблице 11

Значительное количественное различие пробности золота коренных и россыпных месторождений рудно-россыпных районов отмечалось в классических работах по геологии россыпей (Билибин, 1956; Новгородова, 1983; Петровская, 1973; Шило, 1985) и непосредственно Республики Тыва (Кальниченко, 1972; Прудников, 2004). Предполагается, что это различие может быть связано с недостаточной изученностью источников рудного золота, их вскрытости на момент формирования россыпей (Некрасов, 1991) либо с метасоматическим преобразованием золота, с изменением состава, в россыпях (Хертек, Сазонов, 2023).

3.3 Экзогенная рекристаллизация, облагораживание и увеличение однородности состава ядер детритовых частиц золота

Преобразования золота исследованы В.Г. Моисеенко на примере метаморфизованных руд, подвергшихся воздействию высокотемпературных магматических масс, а также М.С. Сахаровой и В.Г. Моисеенко с помощью экспериментального моделирования при нагревании частиц в интервале 500–100 °С (Николаева, 1990; Петровская, 1973). При воздействии на золото более высоких температур частицы подвергаются дезинтеграции, а более низких – не меняются (видимых перемен в краткосрочном эксперименте не наблюдалось).

Нами отмечается преобладание в ядрах россыпных частиц золота более высокой пробы, чем в золоте коренных источников. Причем практически все исследователи россыпей золота считают, что ядра частиц являются реликтовым золотом коренных источников, но при этом в коренных рудах исследуемого района преобладает золото средней и низкой пробы (см. таблицу 11, рисунок 48). Если для россыпного золота Au-Ag состава характерно увеличение пробности в сравнении с коренным, то для эндогенного золота следует отметить повышенную неоднородность частиц по сравнению с россыпным. Ядра частиц россыпного золота характеризуются более однородным составом (86 % зерен имеют разницу в концентрации Au <2 % по площади зерна), чем гипогенные зерна (68 % частиц с разбросом концентрации Au в соседних точках >2 %). Причем разброс концентрации Au в 20 % отмечен лишь в одной неокатанной частице россыпного золота, в остальных частицах с неоднородным составом он составляет 2–3 %, столько же – в неокатанных. Наибольшей степенью неоднородности состава характеризуются ядра частиц россыпного золота средней (800–899 ‰) пробы. Зафиксированная разница концентрации Au >1,5 % в соседних участках частиц золота с пробностью более 900 ‰ отмечена в единичных случаях и является в большей мере случайностью, чем закономерностью. Рекристаллизация золота в ядрах россыпных частиц района отмечалась и характеризовалась ранее С.С. Кальниченко (Кальниченко, 1972) и С.Г. Прудниковым (Прудников, 2004).

Эти факты предполагают более глубокое перерождение золота в экзогенных условиях, чем считалось раньше, т. е. золото в ядрах частиц россыпей, считавшееся реликтовым, гипогенным, в экзогенных условиях приобрело сотовую структуру, более однородный состав и более высокую пробу

Межзерновые прожилки высокопробного золота, помимо структурного признака россыпного золота, подчеркивают гранобластовую структуру частиц благодаря развитию по границам зерен (рисунок 49).

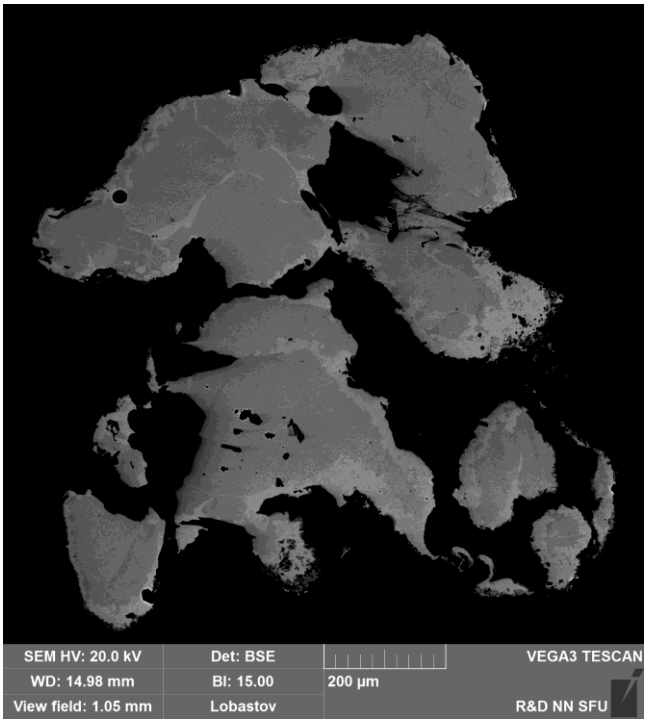


Рисунок 49. Гранобластическая структура частицы золота с высокопробной каймой (1000 ‰) по периферии, т. н. 564-17, р. Малый Алгияк: светлое – высокопробная кайма и прожилки-выпоты по границам зерен, серое – «реликтовое» золото

Такие прожилки нами наблюдались в частицах золота из россыпей и золоте коренных выходов руд в срастании с гипергенными минералами (лимонитом, каолинитом и гидрослюдистыми глинистыми минералами), но больше они распространены в золотоносных пластах россыпей. Проба золота в них – 1000 ‰, но нередко снижается до 970–998 ‰. В золоте прожилков не проявлены зернистость и деформации, в отличие от вмещающего их катаклазированного субстрата и механического двойникования «реликтового» золота. Эту же особенность внутреннего строения нитевидных прожилков А.А. Сапрыкин и С.В. Яблокова отмечали в частицах золота древних россыпей Приамурья (Сапрыкин и др., 1970). Н.В. Петровская упоминала проявление тонких межзерновых прожилков в золоте зоны окисления, образование которых она связывала с рекристаллизацией и диффузионном выносом серебра. Л.А. Николаева утверждала, что образование прожилков и высокопробных кайм начинается в корах выветривания и продолжается в зонах окисления. Дж. Десборе высказал мнение (Петровская, 1973), что образование прожилков связано с перемещением газов,

высвободившихся из включений, и стимулируется окислительными процессами в гипергенных условиях, но при этом отмечалось непонимание, какие же силы способствовали раскрытию межзерновых трещин.

По нашим наблюдениям и результатам исследований предшественников (Николаева, 1990), образование прожилков связано с диффузионно-инфильтрационными межзерновыми явлениями в детритовых частицах золота. Логическое предположение, вытекающее из описанных фактов, заключается в том, что «реликтовое» золото, в котором развиты недеформированные прожилки высокопробного золота, испытало пульсирующее изменение объема зерен с перестройкой кристаллической структуры и изменением состава, сопровождавшееся механическим двойникованием, катаклазом и приоткрыванием трещин по границам зерен, заполнением их золотоносным флюидом и отложением золота прожилков. Наличие частиц с прожилковым золотом предполагает образование прожилков в связи с перекристаллизацией золота в ядрах частиц и изменением их состава.

Высокопробная кайма. Известно, что гипогенное золото на стадиях выветривания, седиментогенеза (переноса и отложения детритового материала) и формирования осадка золотоносного пласта подвергается преобразованию в виде появления в нем высокопробных кайм и пленок, бугорчатых наростов с низким содержанием примесей или без них собственно экзогенного (нового, часто называемого биогенным) золота (Глушкова, 2010; Колпаков и др., 2010; Николаева, 1990; Петровская, 1941; Петровская, 1955; Петровская, 1973; Прудников, 2003, Сапрыкин, 1970; Соломенцова, 2010).

Высокопробная кайма практически всегда отмечается в золоте из россыпей района. Частицы характеризуются наличием сплошных и прерывистых кайм, занимающих первые проценты периметра и более. Эти каймы могут иметь пленочную толщину менее 2–3 мкм, достигают 20–30, редко – 200 мкм. Обычно первые фрагменты высокопробной каймы появляются на угловатых выступах частиц, которые были более доступны для контактового химического взаимодействия частиц с ранее существовавшей минеральной средой, а также для механического воздействия со стороны соседних зерен переносимого кластогенного материала в среде седиментогенеза и полужидком осадке после отложения материала. Из всех изученных золотин кайма отсутствовала у 13 % (в неокатанных частицах золота Ag-Au состава и ртутистого золота). Это золото, вероятно, поступало в россыпи из близрасположенных выветривающихся коренных руд и находилось там короткое время. Около 55 % частиц не окатаны, но имеют высокопробные каймы, источниками которых, предположительно, были близлежащие коры выветривания, но частицы находились в сформировавшемся золотоносном пласте более длительное время, чем в первом случае. Наконец, 33 % частиц имеют кайму и окатаны. По нашему мнению, последняя группа частиц в рассматриваемом районе испытала несколько

эпизодов переноса, отложения, механического, структурного и химического преобразований и поступала в современный аллювий из промежуточных коллекторов, в том числе из древних (неогеновых) россыпей.

Принадлежность к определенной стадии россыпеобразования (кора выветривания, мотогенез, отложение осадка, ранний диагенез), механизм образования высокопробных кайм – до сих пор дискуссионные вопросы геологии и генезиса россыпей. Впервые такие каемки-ободки в россыпном золоте были отмечены Р. Макконелом в 1907 г. (Петровская, 1973). В литературе эти высокопробные каймы называют электрохимическими, коррозионными, предполагая таким образом механизм их образования. Отмечалось, что каймы имеют различную толщину: от десятых долей до нескольких десятков мкм. Л.А. Николаева (1990) свидетельствует, что экзогенная кайма разрастается до полного уничтожения гипогенного золота.

Л.А. Николаева отмечает (Кальниченко, 1972), что в россыпях р. Систиг-Хем высокопробная кайма проявлена в золоте пробы 850–880 ‰, прерывистая или сплошная, но небольшой мощности. Причем толщина каймы больше, если частица золота в пленке гидроксидов железа. Л.А. Николаева заметила, что толщина каймы и другие признаки изменения золота увеличиваются вниз по протяжению речных долин. Д. Керр с соавторами (Stewart, и др., 2017), изучавшие деформационные структуры аллювиального золота юга Новой Зеландии, указывают, что образование перекристаллизованного ободка происходит на месте залегания россыпи. В то же время З.С. Никифорова с соавторами (Никифорова и др., 2020) пишут, что высокопробная кайма по краям частиц образуется в коре выветривания, а в гидродинамической среде россыпи химический состав золота и внутренняя структура частиц практически не меняются.

Частицы золота из коры выветривания Олимпиадинского месторождения (Silyanov и др., 2021) представлены реликтовыми частицами эндогенного золота с остроребериыми формами и пористой поверхностью выщелачивания, а также с многочисленными микронными шаровидными, иногда ограненными новообразованиями. Несмотря на целенаправленные поиски, мы не обнаружили частиц золота из коры выветривания Олимпиадинского месторождения, похожих на золото россыпей с каемками высокопробного.

Следует отметить, что высокопробные каймы отсутствуют у частиц золота из эндогенных руд. Встречающиеся каемки у собственно эндогенных частиц, как правило, более низкопробные, чем внутренние части. Одноактное отложение золота из гидротермальных растворов осуществляется обычно на фоне падающих температур, для более низкотемпературных образований характерны более низкие пробы. Встречающиеся менее контрастные высокопробные каймы (обычно значительно ниже 1000 ‰) у частиц в гипогенных рудах свидетельствуют о завершении роста частиц эндогенного золота при температурах, более

высоких, чем необходимо для кристаллизации внутренних частей. Образование высокопробных кайм у золота россыпей зависит в большей мере от физико-химического состава среды, в которой образуется кайма, нежели от температуры процесса (Николаева, 1990; Петровская,1973).

По мнению Н.В. Петровской (Петровская, 1955, 1973), А.А. Сапрыкина, С.В. Яблоковой (Сапрыкин и др.,1970; Николаева, 1990), образованию высокопробных кайм способствовали физико-химические явления в приповерхностной области частиц, проявленные вследствие механогенеза, затронувшего частицы золота. Процесс образования каемок длительный; как указывается в публикациях, чем толще кайма, тем дольше частица находилась в россыпи.

При описании частиц золота с высокопробной каймой чистого золота часть исследователей (Петровская, 1973) отмечает, что граница каемчатого золота с внутренней частью золотин резкая коррозионная и золото каймы как бы «вгрызается» в ядро золотины; более осторожные исследователи говорят о фестончатой границе с округленными и зубчатыми выступами.

В наблюдаемых нами случаях внутренняя граница высокопробных каемок всегда ломаная и прямолинейно-ступенчатая, отражающая микрозернистую структуру каймы (рисунок 50).

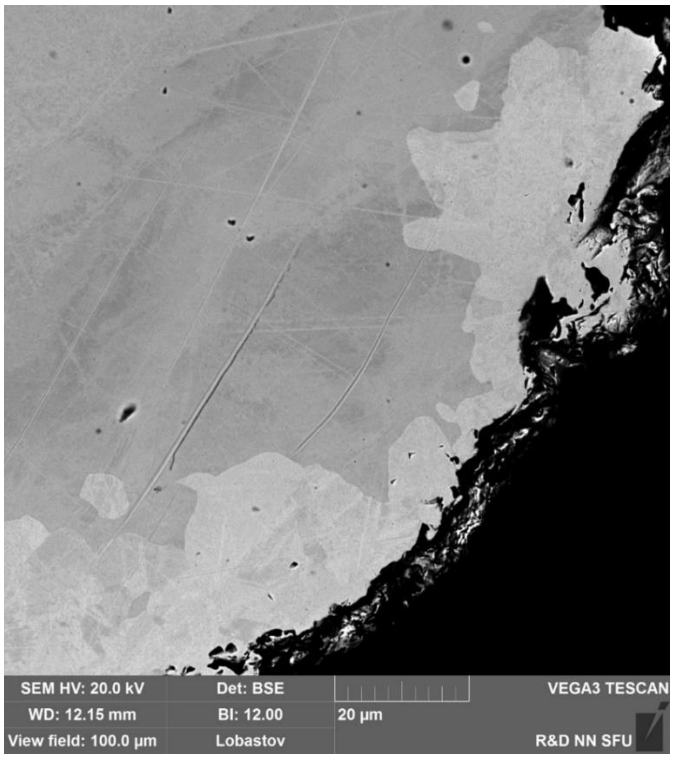


Рисунок 50. Частица Ag-Au состава, т. н. 557-10, р. Большой Алгияк; светлое – высокопробная кайма (990 ‰) полигонально-зернистого, гранобластового строения по периферии частицы, размеры зерен в агрегате каймы 2–3 мкм; серое – реликтовое золото ядра частицы, проба 919–920 ‰, размер зерен в агрегате ядра 25–35 мкм

Размеры зерен в кайме и ядре частиц различны. Строение каемок у частиц золота Ag-Au состава и ртутистого с содержанием Hg менее 5 %, плотное и микрогранобластовое (размер зерен от 2–5 до 10 мкм) в отличие от ядра частиц, где проявлены «реликтовые» гранобластовые (размер зерен – десятки и первые сотни мкм) и деформационные структуры (обычно милонитовые, реже бетонные и катакластические). Таким образом, образование высокопробной каймы и

гранобластовая грануляция ободковой зоны зерна осуществляются одновременно и являются следствием единого метасоматического процесса. Причем именовать кайму коррозионной, видимо, некорректно (?), так как мы имеем дело не с разрушением металла в ободке, а с его перекристаллизацией и очищением.

Высокопробная кайма у ртутистого золота образуется путем грануляции краевой зоны частицы Hg-Ag-Au состава и диффузионно-инфильтрационного замещения ее Au и выносом Ag и Hg из этой области. Во внешней части каймы золото имеет пробу 1000 ‰, а в пограничной части каймы с ядром замещение зерен Hg-Ag-Au состава золотом осуществляется по границам зерен с сохранением во внутренних частях реликтового состава и формированием петельчатой структуры (рисунок 51).

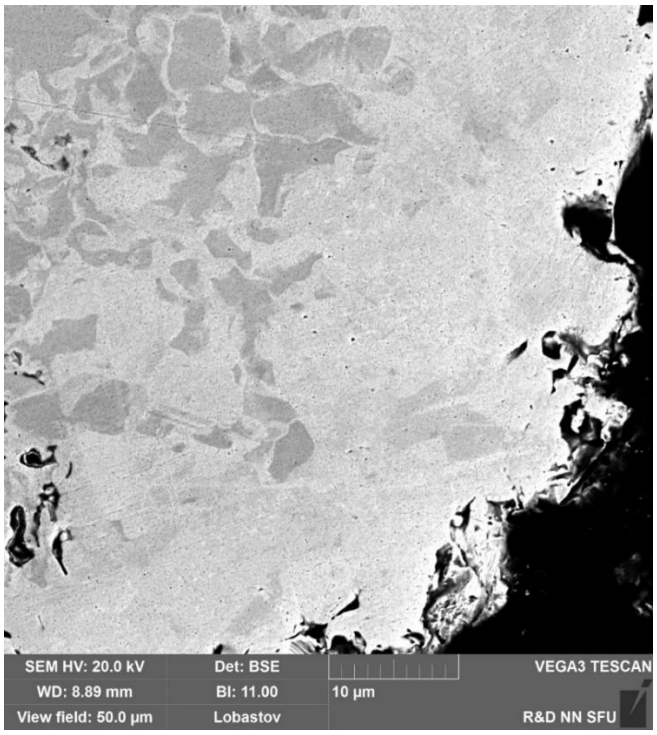


Рисунок 51. Строение высокопробной каймы ртутистого золота, т. н. 563, р. Малый Алгияк; внешняя область каймы плотная, однородная гранобластовая (1000 ‰), область границы каймы с ядром частицы имеет петельчатое строение высокопробной каймы; белое – чистое золото по границам гранобластического агрегата, серые области зерен – реликтовое золото Hg-Ag-Au состава.

Строение кайм у частиц ртутистого золота с содержанием Hg 5,4 % и более (в нашем случае – до 9,21 %) пористое (горчичное золото). Причем морфология большей части пор червеобразная (1×15 мкм), меньше развиты изометрические (от 1×1 до 5×5 мкм) и прямолинейно щелевидные ((1–2)×(20–30) мкм) (рисунок 52).

Пористые каймы частиц золота Hg-Ag-Au состава обычно занимают около половины объема частиц, в ядрах которых сохраняются амебовидные участки реликтового ртутистого золота. В этом случае мы видим коррозию – разрушение целостности металла. В ядерных (реликтовых) участках первичного золота деформационные структуры не наблюдались. Преобразование первичного ртутистого золота моделируется в следующей последовательности: грануляция, распад твердого раствора первичного золота → индивидуализация червеобразных

выделений серебряной амальгамы в матрице золота высокой пробы, не содержащей Hg, и с низким содержанием Ag (1–3 %) → физико-химическое выщелачивание фазы серебряной амальгамы с образованием на их месте пор → отложение вокруг пор тончайших каемок (менее 1 мкм) химически чистого золота.

а б

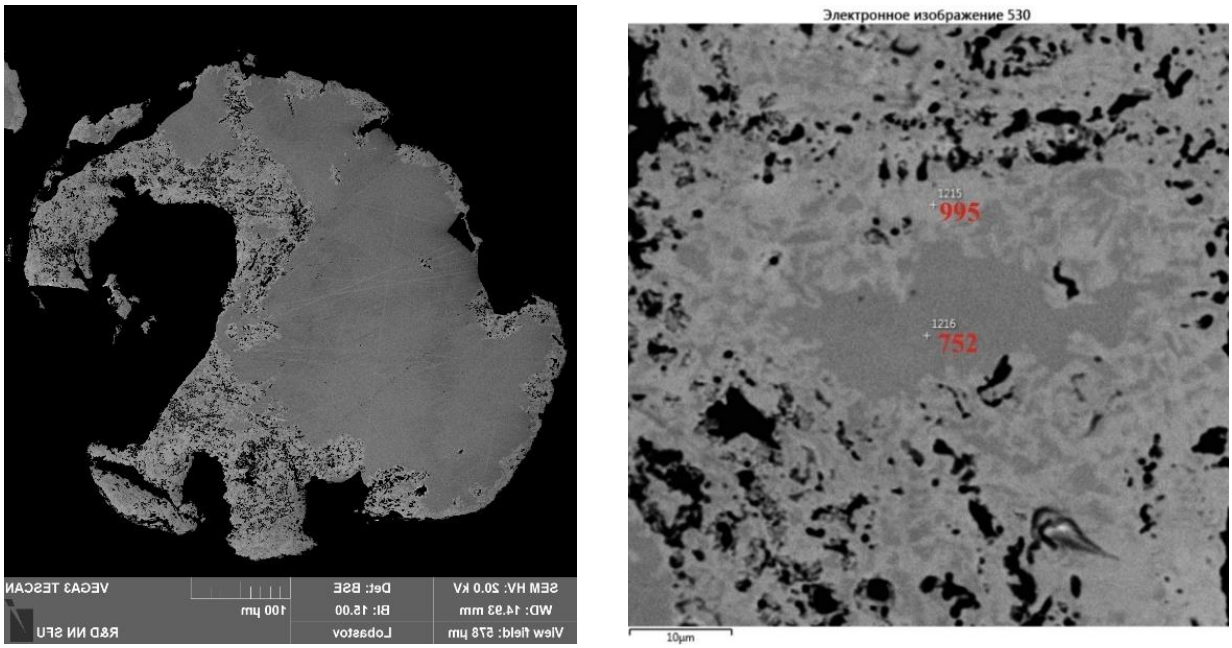


Рисунок 52. Пористая (мирмекитового вида) высокопробная кайма ртутистого золота, р. Малый Алгияк, т. н. 566-21: а – общий вид частицы, б – увеличенный фрагмент каймы; черное – поры червеобразной морфологии, заполненные смесью каолинита, гидроксидов железа и глинистых гидрослюдистых минералов; серый и светло-серый цвета золота отражают разную пробность; цифры красного цвета – проба в ‰

У медистого золота плотная высокопробная кайма (5–200 мкм), в ней отмечаются пятна участков с группами щелевидных пор, наследующих форму пластинок собственно медистого золота ((1–2)×(10–40) мкм) (рисунок 53).

Каймы медистого золота частично щелевидно-пористые, наследующие пластинчатую структуру распада твердого раствора. Матрица частиц замещена крупнозернистым агрегатом золота с пробой 1000 ‰, а пластинки Cu-Au состава выщелочены.

Таким образом, по нашим наблюдениям, в ободке по периферии частиц золота осуществляется микрозернистый гранобластез и практически одновременный с ним диффузионный метасоматоз (твердофазное замещение золотосеребряных частиц чистым золотом и выносом серебра из области каймы)

При этом грануляция является кристаллобластовой и не связана с деформационными преобразованиями поверхностной зоны частиц. Следует отметить, что внутренняя граница кайм у частиц золота (даже у эллипсовидных и сферических) субпараллельна внешнему контуру частиц, что указывает на ее образование или завершение образования после окатывания.

а б

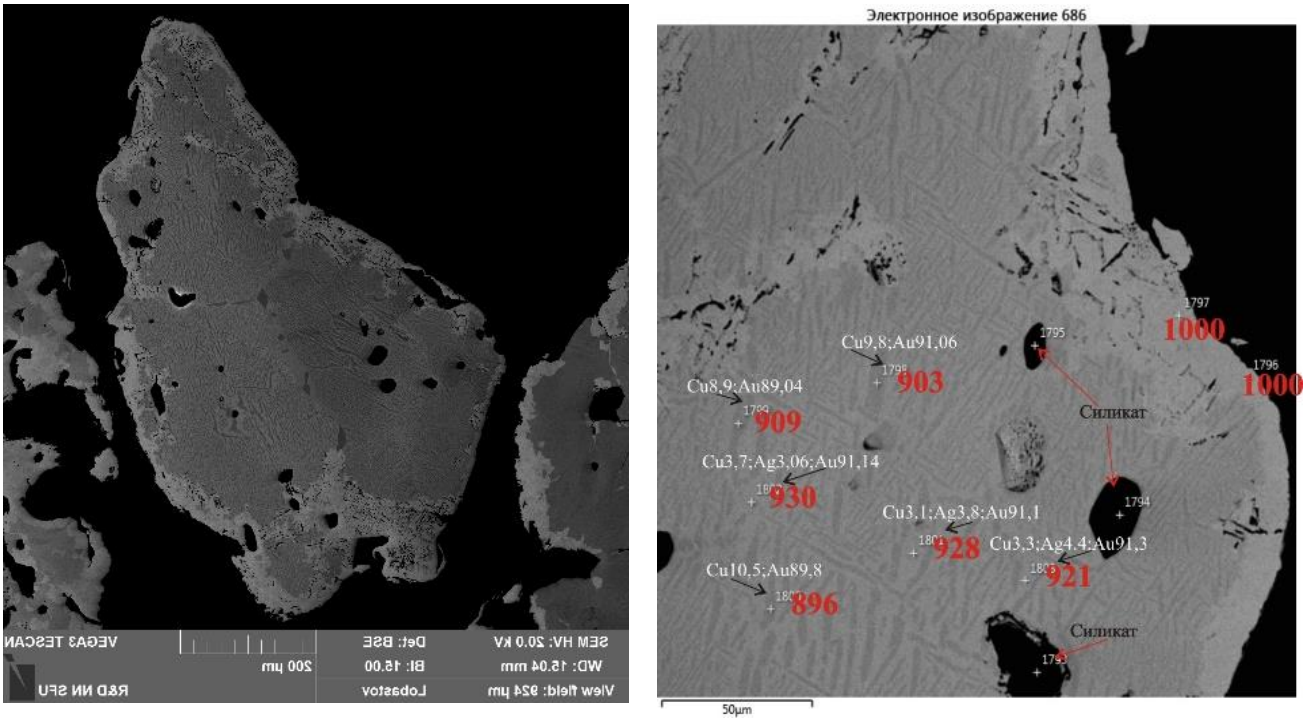


Рисунок 53. Медистое золото, т. н. 634-1, р. Кундус-Суг: а – общий вид частицы; б – увеличенный фрагмент частицы; светлая кайма – высокопробное золото; черное – щелевидные поры в высокопробной кайме; пластинчатая неоднородность ядра частицы – структура распада твердого раствора; белые крестики – точки анализа; красные цифры – проба в ‰; надписи белого цвета – содержание минералообразующих элементов в %

Образование и строение высокопробных кайм у медистого и ртутистого золота имеют свои особенности. В отличие от З.С. Никифоровой с соавторами, считающих, что высокопробная кайма образуется в корах выветривания (т. е. на самой ранней стадии осадочного процесса), мы предполагаем ее образование на стадии сингенеза – раннего диагенеза полужидкого осадка формирующегося золотоносного пласта после переноса и отложения осадочного материала.

3.4. Характеристика разновидностей россыпного золота района

В точках наблюдения изученных россыпей выявлены различные сочетания частиц золота по составу и пробности (таблица 12). По составу частицы золота подразделяются на системы Ag-Au, Hg-AgAu и Cu-Ag-Au и характеризуются различной пробностью, окатанностью, структурами, присутствием или отсутствием высокопробной каймы и парагенетическим комплексом минералов во включениях.

Система Ag-Au. Золото такого состава в россыпях района преобладает (около 93 %). Частицы характеризуются пробностью от относительно низкой до весьма высокой. Содержание Ag варьирует от 0,39 до 24,45 мас. % (см. таблицу 10). Отмечаются частицы разной степени окатанности, которые обладают высокопробной каймой изменчивой толщины или не имеют ее. В некоторых из них проявлена первичная гранобластовая зернистость.

Таблица 12. Параметры распределения в ядрах частиц золота россыпей Амыло-Систигхемского района

Рудно-россыпной район, водоток, химический тип золота, (в скобках – номера точек наблюдения)	Кол-во анализов	Пробность, ‰			S	V	Распределение абсолютного значения пробности, ‰ (в скобках – %)			
		X_{min}	X_{max}	$X_{ср}$			Отн. низкопробное (700–799)	Среднепробное (800–899)	Высокопробное, (900–949)	Весьма высокопробное (> 950)
Амыло-Систигхемский										
Общ.	906	707	996	924	51,6	5,58	32 (3,53)*	187 (20,6)	357 (39,4)	335 (36,97)
Cu-Ag-Au	27	879	988	946	35,8	3,78	н/о	3 (11,1)	11 (40,7)	13 (48,2)
Cu-Au	8	896	990	924	40	4,27	н/о	1 (12,5)	5 (62,5)	2 (25)
Hg-Ag-Au	45	707	953	833	57	6,84	18 (40,0)	20 (44,4)	6 (13,3)	1 (2,2)
Ag-Au	813	755	996	929	46,9	5,04	13 (1,6)	158 (19,4)	328 (40,3)	314 (38,6)
Амыльский район										
Общ.	228	775	980	907	45,8	5,05	14 (6,14)	45 (19,74)	147 (64,48)	22 (9,6)
Cu-Ag-Au (410)	8	918	930	924	3,85	0,42	н/о	н/о	8 (100,0)	н/о
Cu-Au (410)	3	896	909	903	6,5	0,72	н/о	1 (33,3)	2 (66,6)	н/о
Ag-Au (634, 410, 411, 415*а*, 413*а*, 413, 1012, 415, 414, 1077)	212	776	980	910	43,4	4,77	9 (4,25)	44 (20,75)	137 (64,62)	22 (10,38)
Hg-Ag-Au (413*а*)	5	775	788	785	5,4	0,69	5 (100,0)	н/о	н/о	н/о
Кундус-Суг										
Общ. (413, 410, 634, 413*а*, 411, 411*а*)	144	775	965	915	42,8	4,68	6 (4,16)	17 (11,8)	77 (53,5)	14 (9,72)
Cu-Ag-Au (410)	8	918	930	924	3,85	0,42	н/о	н/о	8 (100)	н/о
Cu- Au (410)	3	896	909	903	6,5	0,72	–	1 (33,3)	2 (66,6)	н/о
Ag-Au (413, 410, 634, 413*а*, 411, 411*а*)	98	783	965	921	34,8	3,78	1 (1,02)	16 (16,3)	67 (68,37)	14 (14,3)
Hg-Ag-Au (413*а*)	5	775	788	785	5,4	0,69	5 (100)	–	–	–
Изинзюль общ.: Ag-Au (1012, 415, 414, 415*а*, 1077)	114	776	980	899	47,6	5,29	8 (7,0)	28 (24,6)	70 (61,4)	8 (7,0)
Систигхемский										
Общ.	678	707	996	930	52,2	5,61	18 (2,7)	142 (21)	210 (31)	308 (45,4)
Cu-Au (573)	4	901	990	925	43,1	4,67	н/о	н/о	3 (75)	1 (25)
Cu-Ag-Au (1101, 1099, 1097 а, 1106 а, 1351, 573)	19	879	988	955	39,2	4,11	н/о	3 (15,8)	3 (15,8)	14 (73,7)
Ag-Au	613	755	996	935	45,9	4,91	4 (0,65)	119 (19,41)	198 (32,3)	292 (63,94)
Hg-Ag-Au (1106, 556, 559, 563, 564, 573)	40	707	953	839	57,7	6,88	12 (30)	20 (50)	6 (15)	1 (2,5)
Малый Билелиг										
Общ. (1097, 1097 а, 1100, 1100 а, 1101, 1101 а, 1269, 1099, 1099 а)	277	844	996	964	28,7	2,98	н/о	16 (5,8)	31 (11,2)	230 (83)
Cu-Ag-Au (1101, 1099, 1097 а)	10	966	988	980	6,7	0,68	н/о	н/о	н/о	10 (100)
Ag-Au (1097, 1097 а, 1099, 1100, 1100 а, 1101, 1101 а, 1269, 1099 а)	267	844	996	964	29,1	3,02	н/о	16 (6)	31 (11,6)	220 (82,4)

Продолжение таблицы 12

Рудно-россыпной район, водоток, химический тип золота, (в скобках – номера точек наблюдения)	Кол-во анализов	Пробность, ‰			S	V	Распределение абсолютного значения пробности, ‰ (в скобках – %)			
		X_{min}	X_{max}	$X_{ср}$			Отн. низкопробное (700–799)	Среднепробное (800–899)	Высокопробное, (900–949)	Весьма высокопробное (> 950)
Большой Билелиг										
Общ. (567, 1409, 1290, 1106, 1106 а)	104	755	990	936	54,1	5,78	4 (3,9)	17 (16,3)	18 (17,3)	65 (62,5)
Cu-Au (1106 а)	2	986	990	988	2,83	0,29	н/о	н/о	н/о	2 (100,0)
Cu-Ag-Au (1106 а)	3	975	983	980	4,62	0,47	н/о	н/о	н/о	3 (100,0)
Ag-Au (567, 1409, 1290, 1106, 1106а)	95	755	984	935	55,2	5,9	4 (4,21)	16 (16,8)	15 (15,8)	60 (63,16)
Hg-Ag-Au (567, 1106)	4	882	925	909	18,6	2,04	н/о	1 (25,0)	3 (75)	н/о
Малый Алгияк										
Общ. (556, 563, 564, 1015, 1001)	69	707	948	874	47,5	5,44	6 (8,7)	40 (58,0)	23 (33,3)	н/о
Ag-Au (556, 563, 1015, 1001)	50	834	948	892	32,4	3,63	н/о	29 (58,0)	21 (42)	н/о
Hg-Ag-Au (556, 563, 564)	19	707	903	827	50	6,04	6 (31,6)	11 (57,9)	2 (10,5)	н/о
Большой Алгияк										
Общ. (557, 559, 558, 1003)	88	844	957	912	30,4	3,30	н/о	21 (23,9)	61 (69,3)	6 (6,8)
Hg-Ag-Au (559)	8	844	885	860	14	1,62	н/о	8 (100,0)	н/о	н/о
Ag-Au (557, 559, 558, 1003)	80	853	957	917	26,6	2,90	н/о	13 (16,25)	61 (76,25)	6 (7,5)
Черная										
Общ. (573, 1351-3, 1351, 1292)	140	748	958	891	50,7	5,65	8 (5,7)	48 (34,3)	77 (55)	7 (5)
Cu-Au (573)	3	901	906	904	2,52	0,28	н/о	н/о	3 (100,0)	н/о
Cu-Ag-Au (573)	6	879	936	901	18,8	2,08	н/о	3 (50)	3 (50,0)	н/о
Ag-Au (573, 1351-3, 1351, 1292)	121	801	958	904	43	4,76	н/о	45 (37,2)	70 (57,9)	6 (5,0)
Hg-Ag-Au (573)	9	748	953	812	79,1	9,74	7 (77,7)	н/о	1 (11,1)	1 (11,1)

Примечания. Значения пробности: X_{min}, X_{max}, $X_{ср}$ – минимальное, максимальное и среднее соответственно; S – среднеквадратичное отклонение; V – коэффициент вариации (%); н/о – не обнаружено.

Пробность золота переходная от относительно низкой к средней (794–802 ‰). Золото представлено полуокатанными частицами со сплошной высокопробной каймой толщиной 10–20 мкм. Распространенность – менее 1 %. Встречено в россыпи по р. Изинзюль. Форма частиц пластинчатая. Границы частиц прямолинейные со ступенчатыми полигональными углублениями и выступами. Первичная структура частиц гранобластовая с плавными извилистыми границами. Размер зерен 100×100 мкм. Присутствуют прожилки с пробностью 1000 ‰. Деформационная структура в ядрах частиц – бетонная (Хертек, Сазонов, 2023).

Частицы золота имеют высокопробную кайму толщиной 10–100 мкм, чаще всего 20–40 мкм. Кайма прерывистая, окружает частицы на 70–80 % протяженности периметра.

Пробность золота в каймах обычно 1000 ‰, но изолированные фрагменты имеют пробность 970, 980 и 996 ‰. В углублениях поверхности частиц иногда наблюдается «моховидное» золото. В некоторых частицах отмечаются включения кварца, халькопирита, лимонита, каолинита и гидрослюдистых глинистых минералов. Глинистые минералы обычно пропитаны гидроксидами Fe.

Частицы этого золота относятся к халькопирит-пиритовому минералогическому типу в кварцевых жилах среди березитов, поступающих из близрасположенных кор выветривания.

Окатанные частицы с высокопробной каймой толщиной 10–40 мкм. Распространенность – около 7 %. Частицы встречены в россыпях рр. Мал. и Бол. Алгияк, Бол. Билелиг, а в россыпи р. Черная окружены каймой техногенной золотосеребряной амальгамы. Морфология частиц эллипсовидная, иногда сферическая, редко треугольная с округленными ребрами. Поверхность шероховатая с плавными «прямоугольно-ящичными», иногда клиновидными щелевидными углублениями. Выступы сглажены и прижаты к поверхности частиц. Внутренняя структура ядер частиц обычно деформационная – бетонная и катакластическая (25–80 % объема). Редко наблюдается первично-гранобластовая структура с размерами зерен 200×200 мкм. Здесь же по межзерновым границам наблюдаются нитевидные прожилки с пробой 983–939 ‰. Высокопробная кайма частиц прерывистая и сплошная.

Пробность золота в кайме изменчива: в разных частицах она варьирует от 976 до 1000 ‰; иногда неоднородность пробности отмечается в кайме одной частицы.

Пленки техногенной амальгамы толщиной 20–40 мкм (р. Черная) с трещинами «усыхания» окружают высокопробную кайму. Иногда амальгама проникает в пограничную область между реликтовой частицей и ее высокопробной каймой. В амальгаме отмечаются точечные частицы золота без ртути.

В ядрах первичного золота наблюдаются включения арсенопирита, содержащего микрочастицы золота с пробностью 840 ‰ и каолинита, пропитанного гидроксидами Fe и содержащего редкоземельные элементы (РЗЭ). В шлихах по рр. Мал. Билелиг и Изинзюль отмечен монацит (Ильенок,1948*ф*), места появления которого контролируются выходами тел метадиоритов. Химический состав арсенопирита (мас. %): Fe – 34,58, As – 44,65, S – 21,01. Отношения S/As = 1,099 и (S +As)/Fe = 2,021 свидетельствуют о кристаллизации арсенопирита с включением золота при температуре 428 °С и активности серы в растворе $-\log a\,S2 = -6{,}55$ (Сазонов и др., 2016).

Золото *высокой пробности* (900–949 ‰) подразделяется на три разновидности.

1. Неокатанные частицы, в которых высокопробная кайма отсутствует или фрагментарно-пленочная толщиной до 1 мкм. Наиболее распространены частицы с пробностью 920–930 и 940–949 ‰. В некоторых частицах в узлах ребер отмечаются узелки высокопробного золота

толщиной до 10 мкм. Пробность золота в кайме составляет 1000 ‰. Распространенность – около 2 %. Морфология частиц интерстиционная (пластинчатая, амебовидная, гантелевидная) с клиновидными и полигонально-ступенчатыми выступами и углублениями. Частицы встречены в россыпях рр. Мал. Билелиг и Черная, в последней россыпи окружены техногенной амальгамой (90,5 % Au, 9,5 % Hg). Пленка пористая зернистая толщиной до 10 мкм. Снаружи пленка покрыта гидроксидами Fe с гнездами гидрослюды. Внутренняя структура частиц гранобластовая, между отдельными зернами развиты прожилки высокопробного золота. Участками в зернах наблюдается катаклаз. В частицах встречены включения альбита, анкерита и агрегатов эпидот+серицит+кварц. Частицы этого золота испытали незначительный перенос из области выветрелых участков альбит-кварцево-жильных руд низкотемпературных пропилитов.

2. Неокатанные, реже незначительно окатанные частицы, часто окаймленные сплошной высокопробной каймой (1000 ‰) толщиной 20–40 мкм. Нередко кайма сопровождается сателлитами изометрично-полигональной формы 10×10 мкм. Распространенность – 48 %. Морфология зерен интерстиционная (комковидная и таблитчатая с полигональными отростками; гломеробластовые сростки из нескольких зерен). Поверхность частиц характеризуется полигональными и клиновидными выступами и ограничениями. Первичная структура частиц равномерно-гранобластовая с размерами зерен 100×100 и 200×200 мкм. По границам зерен нередко проявлены прямолинейные прожилки с пробностью 1000 ‰. Деформационные структуры в ядрах частиц – бетонная (преобладает), а также катакластическая и милонитовая. Частицы этого типа встречены в россыпях рр. Прав. и Лев. Кундус-Суг, Изинзюль, Бол. и Мал. Алгияк, Черная. В последней россыпи присутствуют частицы с каймой техногенной амальгамы толщиной 1–20 мкм. Структура пленки золотосеребряной амальгамы криптозернистая (фельзитоподобная) с трещинами «усыхания». Поверхность частиц золота корродируется каймой амальгамы.

В частицах отмечаются включения ильменита, эпидота (р. Прав. Кундус-Суг), кварца, глинистых минералов, гидроксидов Fe (рр. Изинзюль, Бол. Билелиг), арсенопирита (р. Черная). Химический состав арсенопирита (мас. %): Fe 34,21, As 43,78, S 22,12. Отношения S/As = 1,181 и (S + As)/Fe = 2,082 свидетельствуют о кристаллизации арсенопирита в золоте при температуре 400 °С и активности серы в растворе (log a S2 = –7,2) (Сазонов и др., 2016). Предполагается, что частицы этого типа золота поступили из близрасположенных кор выветривания кварцево-жильных руд среди пропилитов.

3. Окатанные частицы, окруженные преимущественно сплошной высокопробной каймой толщиной 5–50 мкм. Пробность почти 80 % частиц 920–949 ‰. Прерывистость каймы наблюдается у 20 % частиц. Распространенность – около 20 %. Встречаются частицы с видимым первичным гранобластическим строением. Размер зерен – 150×150 мкм. Между зернами

наблюдаются прожилки с пробностью 1000 ‰. Форма частиц таблитчатая и клиновидная с округленными ребрами, эллипсовидная и редко шаровидная. Реликтовые выступы прижаты к основному телу частиц. Некоторые пластинки изогнуты и имеют S-образную или дугообразную форму. Деформационная внутренняя структура частиц бетонная или (реже) милонитовая.

В частицах отмечены включения ильменита, эпидот-клиноцоизита, каолинита, гидрослюдистых глинистых минералов, кварца и гидроксидов Fe. Частицы этой разновидности встречены в россыпях рр. Прав. и Лев. Кундус-Суг, Изинзюль, Бол. Алгияк, Бол. Билелиг и Черная. Частицы, вероятно, поступали в россыпь из кварцево-жильных руд пропилитизированных метадиоритов.

Золото *весьма высокой пробности* (>950 ‰) также подразделяется на три разновидности.

1. Неокатанные частицы, в которых высокопробная кайма отсутствует либо прерывистая пленочная. Пробность пленок 1000 и 995–998 ‰. Количество частиц с пробностью 950–969 ‰ составляет 40 %, 970–989 ‰ – 60 %. Распространенность в россыпях района – около 8 %. Морфология частиц интерстиционная (амебовидная, таблитчатая, гантелевидная, комовидная, призматическая с коленообразным изгибом). Границы характеризуются полигонально-ступенчатыми углублениями и выступами. Поверхности прямолинейные и пологоволнистые, иногда с тонкобугорчатыми и зубчатыми наростами (возможны коррозионные ограничения). В занорышах отмечается «моховидное» золото. В единичных случаях присутствуют прямолинейные и дугообразные прожилки высокопробного золота (1000 ‰). Деформационные структуры не проявлены в 30 % частиц, в остальных фиксируются катакластические и бетонные разности в одинаковом количестве. В частицах отмечены включения халькопирита, пирита, брейнерита, анкерита, мусковита, герсдорфита, галенита (в том числе Se-содержащего), алексита и рутила. Золото этого типа встречено в россыпях р. Мал. Билелиг. Частицы золота принадлежат, вероятно, к халькопирит-пиритовому минеральному типу среди березитов. Поступили в россыпь из близлежащих коренных источников.

2. Неокатанные частицы с высокопробной каймой толщиной 10–50 мкм. Преобладающая (85 %) пробность составляет 950–959 ‰, 15 % приходится на пробность 960–969 ‰. Кайма утолщается на реберных выступах. В углублениях частиц встречается «моховидное» золото. Структура каймы криптозернистая (фельзитоподобная). Пробность золота в кайме – 985–1000 ‰. Распространенность в россыпях – около 1,5 %. Морфология частиц интерстиционная (пластинчатая, амебовидная, комовидная) с полигонально-ступенчатыми выступами и углублениями. Некоторые пластинки S-образно изогнуты. Деформационная структура частиц преимущественно бетонная, редко милонитовая. В частицах отмечены включения рыхлых агрегатов лимонита и глинистых гидрослюдистых минералов. Частицы золота этого типа

встречены в россыпях рр. Изинзюль и Бол. Алгияк, поступили из близлежащих кор выветривания.

3. Окатанные частицы с высокопробной (1000 ‰) сплошной и прерывистой каймой толщиной 10–30 мкм. Преобладающее количество (90 %) частиц имеют пробность 950–959 ‰, около 10 % – 960–969 ‰. Распространенность в россыпях – менее 1 %. Форма частиц эллипсовидная, караваевидная. Поверхность частиц тонкошиповидная. Тонкие выступы прижаты к частицам. Деформационные структуры плохо различимы, возможно, из-за тонкой милонитизации. Частицы этого типа встречены в россыпях рр. Прав. Кундус-Суг и Мал. Билелиг; поступали, вероятно, из промежуточного коллектора.

Наиболее распространенным золотом Ag-Au состава (70 %) в россыпях района является весьма высокопробное и высокопробное золото (>900 ‰), при этом в коренных проявлениях количество низко- и среднепробного золота (600–900 ‰) составляет 100 %. Многие исследователи (Хертек, Сазонов, 2023; Прудников, 2004; Кильчичаков и др., 1986; Тюкпиеков, 2013) считают, что золото россыпей и коренных проявлений связано с недостаточной изученностью коренных проявлений и наличием в районе не открытых коренных месторождений. Ведущим коренным источником золота россыпей района были кварцевые жилы и сульфидно-карбонатно-кварцевые штокверки, рассредоточенные на площади и сближенные в пределах Октябрьского месторождения рудно-россыпного района.

По мнению большинства исследователей, формирование коренного золотого оруденения связано с метадиоритами макаровско-орешского (изинзюльского) комплекса (Ильенок, 1948*ф*; Прудников, 2004). Более высокая пробность россыпного золота сравнительно с коренным связана с гипергенным метасоматическим облагораживанием золота в россыпи (Хертек, Сазонов, 2022, 2023).

Система Hg-Ag-Au. Распространенность ртутистого золота в россыпях района составляет около 5 %.

Ртутистое золото *относительно низкой пробности* (707–795 ‰) имеет следующий состав (мас. %): Au 71–79, Ag 22,8–10,7, Hg 4,3–9,8 (см. таблицу 10). Выделены две его разновидности.

1. Неокатанные частицы с пробностью 775–788 ‰ без высокопробной каймы. Состав (мас. %): Au 77,6–78,8, Ag 15,9–17,0, Hg 4,3–5,5 (см. таблицу 10). Встречено в россыпи р. Лев. Кундус-Суг, характеризуется клиновидной формой с полигонально-ступенчатыми выступами. Отмечаются волосовидные прожилки золота без примесей. Частицы поступили из близлежащих окисленных руд.

2. Изометричные окатанные частицы с пробностью 707 и 791–795 ‰ и пористой каймой. Состав (мас. %): Au 70,7–80,2, Ag 22,8–10,7, Hg 6,4–9,8 (см. таблицу 10). Поры характеризуются червеобразной морфологией. Кайма имеет неоднородное строение. Пленки,

окружающие поры, не содержат Ag и Hg. Матрица пористого золота имеет более высокую пробность, чем ядра частиц, но более низкое содержание Hg при почти одинаковом содержании Ag. Золото установлено в пробах №№ 563 и 566 россыпи по р. Мал. Алгияк. На стенках пор отмечаются налеты агрегатов гидроксидов Fe, каолинита, лейкоксена, минералов кремнезема, серы и серебра.

Ртутистое золото средней пробности (810–882 ‰) имеет следующий состав (мас. %): Au 79,9–91,5, 10,03–16,25 Ag, Hg 2,12–5,40. Выявлены две разновидности – окатанная и неокатанная.

1. Неокатанные частицы с пробностью 824–882 ‰ без высокопробной каймы. Встречено в россыпях рр. Мал. Алгияк и Бол. Билелиг. Морфология частиц изометричная и интерстиционно-крючковатая со ступенчато-полигональной поверхностью. Внутреннее строение частиц деформационное, отмечаются бетонная и катакластическая структуры. Включения в золоте представлены кварцем, арсенопиритом, хлоритом, карбонатом (?), гидрослюдистыми глинистыми минералами. Частицы поступили из близлежащих коренных золотокварцевых руд

2. Окатанные частицы с пробностью 810–859 ‰ и высокопробной каймой. В ртутистом золоте с содержанием Hg менее 5 % кайма имеет плотное строение. Частицы золота, содержащие >5,4 % Hg, местами имеют высокопробную пористую кайму толщиной 10–100 мкм. Морфология пор червеобразная. Пробность золота в каймах – от 954 до 1000 ‰. Более высокопробное золото примыкает к пустотам. Частицы этого типа, вероятно, поступили в россыпи из окисленных золотокварцевых руд кор выветривания.

Состав окатанного золота (мас. %): Au 79,93–81,08, Ag 15,48–16,25, Hg 2,58–2,67. Встречено в россыпи р. Мал. Алгияк. Морфология частиц эллипсовидная, внутренняя структура бетонная. Частицы имеют высокопробную кайму толщиной 10–30 мкм. Структура каймы плотная псевдоморфно-криптогранобластовая. Золото в кайме с размером зерен 2–6 мкм двухфазное, отличающееся интенсивностью цвета. Пробность зерен золота в кайме – 985 и 988 ‰; состав (мас. %): Au 98,52–98,55, Ag 1,18–1,45. Состав высокопробных зерен не определялся. В частицах золота встречены включения хлорита, а в налетах на стенках пор фиксируются пылевидные агрегаты гидроксидов Fe, каолинита и гидрослюдистых глинистых минералов.

Ртутистое золото *высокой пробности* (902–919 ‰) включает неокатанные частицы, в которых высокопробная кайма отсутствует или представлена пленкой. Состав золота (мас. %): Au 90,06–91,70, Ag 6,25–8,06, Hg 1,89–3,58. Морфология частиц интерстиционная со ступенчато-полигональными ограничениями. Внутренняя первичная структура гранобластовая, размер зерен 20×20 и 50 50 мкм. Гранобластовая структура подчеркивается межзерновыми нитевидными

прожилками с пробностью 1000 ‰. Первичную структуру в некоторых зернах нарушают катакластические деформации, примыкающие к кайме и занимающие около 20–40 % среза зерен. Пленочная высокопробная кайма плотная толщиной менее 1 мкм с узелками до 3 мкм. Развивается не по всей поверхности (от 10 до 50 %). Пробность золота в кайме составляет 1000 ‰. Встречена в россыпи р. Мал. Алгияк. В частицах золота отмечены включения хлорита, кварца, карбоната (?) и гидрослюдистых глинистых минералов. Частицы золота этого типа поступили в россыпь из близлежащих коренных золотокварцевых руд.

Ртутистое золото характерно для руд золотортутных месторождений, присутствие которых в рудно-россыпном районе до настоящего времени достоверно не установлено. После упоминания С.С. Ильенка (Ильенок, 1948*ф*) о киноварной минерализации на территории Октябрьского рудного поля (Богомолов и др., 1955*ф*) при проведении геолого-съемочных работ выявлено несколько зон брекчирования на месторождении с аномалиями Hg и киноварной минерализацией. В одиночных пробах и протолочках отмечена киноварь и знаки золота. Медистое и ртутистое золото связано с оруденением золото-известково-силикатной формации в ультраосновных породах. Судя по литературным данным, ртутистое золото отлагается при низких температурах, часто среди черносланцевых терригенных пород (Некрасов, 1991; Степанов, 2022), отмечается, что ртутистое золото (от 1–2 до 26,9 % Hg) встречается в коренных месторождениях золота от архея (Хемло – 2,6–2,7 млрд лет) до мезозоя (Кючюс), а также в россыпях – от древних метаморфизованных (Витватерсранд) до современных аллювиальных. Крупные по запасам коренные месторождения (Кючюс, Воронцовское, Хемло, Джинья) золотортутной формации малоглубинные (500–1500 м) с температурой образования руд 150–250 °С (Степанов, 2022). Рудные тела локализованы в аргиллизитах и лиственитах. Продуктивные минеральные комплексы содержат сульфиды As, Hg, Cu, Sb, Zn и Pb. Золото из этих месторождений характеризуется пробностью 700–986 ‰ и неоднородным распределением Hg и Ag. Ртутистое золото развито в месторождениях Унья-Бомского рудно-россыпного района Приамурья (Степанов, 2022). Коренные проявления относятся к малосульфидной золотокварцевой формации. Продуктивный минеральный комплекс представлен шеелитом, арсенопиритом, пиритом и галенитом. В россыпях в ассоциации с ртутистым золотом отмечаются шеелит, арсенопирит, пирит, галенит, киноварь и сперрилит. Рудное и россыпное золото содержит от 1–2 до 9.37 % ртути (Степанов, 2022).

Предполагается, что россыпи золота изучаемого района сформировались за счет размыва фронтальной части коренных руд, развитых в кварцево-жильных рудах с золотосеребряной минерализацией, выявленной С.Г. Прудниковым (2017). В этих рудах, видимо, развита киноварь, отмеченная С.С. Ильенком в пределах Октябрьского рудного поля в шлихах по ручьям Дроновскому (восточный фланг, жила Баба) и Октябрьскому (западная окраина рудного поля).

Минерал присутствует в заметном количестве, за счет чего, по свидетельству С.С. Ильенка, шлих приобрел красноватый оттенок. Размеры зерен киновари достигали 2 мм. Одиночные ее зерна встречены в шлихе аллювия в средней части р. Кукшин. В нашем случае ртутистое золото включает низко-, средне- и высокопробные частицы, что косвенно свидетельствует о широком диапазоне температур образования коренной золотокварцевой минерализации.

Система Cu-Ag-Au. Медистое золото в россыпях района занимает около 2 %. Золото встречено в россыпях рр. Кундус-Суг, Мал. Билелиг и Черная. Частицы характеризуются однородной и неоднородной структурами ядер зерен, выявляемыми по интенсивности тонов на BSE изображениях. Однородные частицы имеют следующий состав (мас. %): Au 91,8–92,53, Ag 447–5,02, Cu 2,67–3,26. Пробность частиц – 918–925 ‰. Низкое содержание Cu свидетельствует о примесной (не минералообразующей) форме Cu в Ag-Au сплаве (Новгородова, 1983).

Структура неоднородных частиц обусловлена точечными (менее 1 мкм), изометрично-пятнистыми (40×60 мкм), линзовидно-пластинчатыми (5×40 мкм), иногда пересекающимися под углом образованиями медистого золота без Ag (Au 89,07–91,60 %, Cu 8,91–10,77 %), отвечающими формуле CuAu4. Матрица имеет состав (мас. %): Au 89,94–91,30, Ag 3,06–7,34 %, Cu 2,84–3,84. Неоднородность, видимо, связана с распадом твердого раствора на устойчивые фазы. Золото матричной фазы высокопробное (900–930 ‰) и высокомедистое, тогда как у линзовидно-пластинчатых и изометричных обособлений (901–909 ‰) содержания Cu низкие, но присутствует Ag. Иногда в частицах наблюдаются высокопробные прямолинейные прожилки и первично-гранобластовое строение с раз мером зерен 350×350 мкм.

Неокатанные или незначительно окатанные частицы имеют изометричную и интерстиционную морфологию с полигональными выступами и углублениями. Высокопробная пористая кайма (1000 ‰) толщиной до 200 мкм присутствует в частицах из аллювия рр. Кундус-Суг и Черная. В россыпи р. Мал. Билелиг высокопробная кайма пленочная и прерывистая. Поры в ней имеют пластинчатую морфологию в срезах и размер (1–2)×(25–40) мкм и наследуют форму пластинок медистого золота без Ag. В россыпи р. Черная встречаются частицы золота с пленкой техногенной амальгамы. В частицах отмечаются включения никелина, халькозина и эпидот-клиноцоизита. Частицы медистого золота поступали в россыпи из близлежащих кор выветривания.

Медистое золото россыпей района следует относить к системе Ag-Au с примесью Cu, при распаде которого выделяются пластинки более стехиометричной фазы CuAu4 (Новгородова, 1983; Юшко-Захарова и др., 1986). Медистое золото, охарактеризованное на месторождении, Золотая Гора на Урале, локализовано в родингитах либо хлорит-карбонатных метасоматитах среди альпинотипных гипербазитов (Спиридонов, Плетнев, 2002; Мурзин, Варламов, 2010). Проявление оруденения этого генетического типа в рассматриваемом регионе ранее

упоминалось В.М. Крупниковым (Крупников, 1992*ф*) в офиолитах Эйлигхемского рудно-россыпного района Тывы. С.Г. Прудников (2004) считает, что одним из источников россыпного золота в районе являются золотоносные породы Куртушубинского офиолитового пояса.

Медистое золото также отмечается в медно-молибден-порфировых месторождениях Южной Сибири (Гаськов и др., 2006; Спиридонов, 2010). В нашем случае не исключается возможность связи золота с медно-порфировым оруденением в девонских вулкано-плутонических структурах на северо-западе и юго-востоке площади рудно-россыпного района. Проявления медистого золота установлены нами в россыпях рр. Кундус-Суга, Мал. Билелига и Черная в непосредственной близости от выходов девонских пород. На генетическую связь кварцевых жил с весьма высокопробным золотом (930– 990 ‰) и малых интрузий девонского возраста указывал С.С. Кальниченко (1972). Помимо вышеуказанных генетических типов месторождений, медистое золото отмечается в скарнах южной Сибири (Коробейников, 1999; Гаськов и др., 2006). В настоящее время в Республике Тыва разрабатывается месторождение медистого золота Тардан в магнезиально-известковых скарнах, расположенное в 400 км южнее Амыло-Систигхемского района. Проявления скарнов на площади исследуемого района до настоящего времени не отмечались.

3.5. Выводы

Золото изученных россыпей Амыло-Систигхемского рудно-россыпного района (Республика Тыва, Красноярский край) характеризуется широкой изменчивостью морфологических особенностей, внутреннего строения, химического состава и преобразований в гипергенных условиях. В россыпях района охарактеризовано золото состава Ag-Au, Hg-Ag-Au и Cu-Hg-Au с широким диапазоном пробности. Выделено 17 разновидностей частиц золота, характерных для месторождений различных генетических типов. Иногда степень их изменения в сравнении с гипогенным золотом весьма значительная. Наиболее распространено (93 %) золото Ag-Au состава, на долю ртутистого приходится чуть более 5 %, а медистого – 1.9 %. Золото всех химических типов встречается в виде неокатанных, полуокатанных и окатанных частиц различной степени деформированности, что свидетельствует о разном их удалении в россыпи от области питания. Другой особенностью россыпного золота являются высокопробные каймы по периферии у окатанных и неокатанных частиц. По нашему мнению, такие каймы типичны для частиц, пребывающих длительное время в золотоносном пласте в условиях относительного покоя. Присутствие неокатанных частиц без высокопробной каймы свидетельствует о незначительном времени их пребывания в россыпи.

В частицах золота обычно проявлена резкая неоднородность состава с отчетливыми границами фаз: практически чистое золото (пробность около 1000 ‰) в краевых зонах и

тончайших межзерновых прожилках среди зернистых агрегатов ядер, образовавшихся в экзогенных условиях и собственно в ядрах частиц, считающихся по химическому составу реликтами эндогенного золота. Ядра частиц россыпного золота более однородны по сравнению с золотом из коренных руд. Отличия концентрации Au в соседних точках и по всей площади ядра зерен редко превышают 2 %, в то время как у частиц коренных руд неоднородность концентрации Au в соседних точках нередко составляет 15–20 %. По нашему мнению, более однородный состав металла в частицах россыпного золота является следствием метасоматических его преобразований в гипергенных условиях. Средне- и высокопробное золото встречено во всех точках наблюдения. Источником высокопробного золота Ag-Au состава, по нашему мнению, служили пропилиты и альбит-кварцевые жилы. В частицах этого золота во включениях установлен характерный для пропилитов продуктивный минеральный комплекс: (ильменит+эпидот-клиноцоизит+альбит+анкерит)+кварц. Среднепробное золото типично для коренных месторождений золото-сульфидно-кварцевой и золотосульфидной формаций. В нем включения представлены минералами золотосульфидной ассоциации (кварц+арсенопирит+халькопирит), которая распространена в кварцевых жилах среди березитов исследуемого района.

Весьма высокопробное золото наиболее широко распространено в россыпи р. Мал. Билелига, а также в низовьях рр. Кундус-Суг и Черная. Коренные источники весьма высокопробного золота в районе неизвестны. Согласно литературным данным, такое золото типично для руд золото-сульфидно-кварцевой формации больших, реже средних глубин, а также руд золототеллурового геохимического типа золотосеребряной формации. В весьма высокопробном золоте (>950 ‰) Ag-Au состава развиты минеральные комплексы мусковит+брейнерит+кварц и герсдорфит+пирит+халькопирит+Se-галенит+алексит ($PbBi_2Te_2S_2$), характерные для коренных руд гидротермальных месторождений березит-лиственитовой формации в базит-гипербазитовых породах. Не исключена связь весьма высокопробного золота с медно-молибденовыми рудопроявлениями девонских вулканоплутонических ассоциаций, достоверно не установленных в изучаемом районе.

Медистое золото, распространенное в россыпях рр. Кундус-Суг, Билелиг и Черная, встречается в ассоциации с весьма высокопробным золотом Ag-Au состава. Его источником, предположительно, являются перидотиты Куртушубинского офиолитового пояса или апоультрамафитовые метасоматиты – родингиты, серпентиниты и их лиственитизированные разновидности. Возможно, источником медистого золота в россыпях были медно-молибден-порфировые проявления нижнего девона. Минеральный комплекс включений в медистом золоте района – эпидот-клиноцоизит+никелин+халькозин. Судя по наличию халькозина в ассоциации с золотом, нижний предел температуры образования минерального комплекса составляет 120–

140 °С, а верхний – 320 °С, характерный для золота Cu-Au состава. Ртутистое золото имеет пробность от 707 до 935 ‰. Относительно низкопробное золото содержит в среднем, 8,6 % Hg, среднепробное – 3,8 %, высокопробное – 2,7 %. Ртутистое золото широко распространено в среднем течении рр. Бол. Билелиг и Мал. и Бол. Алгияк, а также встречено в среднем течении р. Кундус-Суг и низовьях рр. Билелиг и Черная. Слабозолотоносные кварцевые жилы с киноварью, залегающие среди черных сланцев, отмечались на Октябрьском рудном поле. В частицах золота относительно низкой пробности из россыпей обнаружены включения кварца и пылеватые агрегаты минералов кремнезема, серы и серебра. В средне- и высокопробном золоте установлены включения кварца, арсенопирита, хлорита и карбоната. Предполагается, что источником ртутистого золота служили кварц-карбонатные жилы с серебряной и киноварной минерализацией. Типоморфные различия золота, отмеченные в россыпях района, могут быть использованы в комплексе критериев и признаков коренной рудоносности и при постановке геологоразведочных работ.

ГЛАВА 4. АУТИГЕННОЕ ЗОЛОТО РОССЫПЕЙ ИЗУЧАЕМОГО РАЙОНА

Особенностью россыпного золота является наличие на частицах кайм метасоматического высокопробного (коррозионного), пленок нового золота, межзерновых прожилков, техногенной золотосеребряной амальгамы, пленок гидроксидов железа, марганца и других минералов. Образование нового золота непосредственно в россыпях показательно для неоднократно разрабатываемых месторождений. Об этом свидетельствуют находки медной и вольфрамовой проволоки, гвоздей, рыболовных крючков и других рукотворных предметов с наростами золота, имеющими весовые количества (Никифорова и др., 2020; Наумов, 2010; Кузнецова, 2011; Петровская, 1973 и мн. др.). Текстурно-структурные особенности золота россыпей формировались в приповерхностной зоне золотоносных песков в цепи длительных последовательных динамических экзогенных процессов – выветривания и окисления коренных руд, транспортировки обломочного, хемогенного, коллоидного и биогенного материала из кор выветривания в область накопления с формированием осадка в виде золотоносного пласта и перекрывающих отложений. В терригенных осадочных отложениях широко распространены и изучены текстурно-структурные особенности агрегатов, связанные с аутигенным минералообразованием. К ним относятся оолитовые, аксиолитовые, пленочные, регенерационные, псевдоморфно-зоогенные новообразования в собственно терригенном субстрате (Кузнецов, 2007, 2011; Япаскурт, 2008).

В корах выветривания крупные частицы золота приобретают кавернозное строение, диспергируются с образованием большого количества шаровидных и ограненных частиц микронного размера (Silyanov et al., 2021), которые в процессе переноса растворяются и теряются. По свидетельству Л.В. Фирсова (Фирсов, 1985) 95 % коренного золота теряется при переносе из области питания в область отложения. По свидетельству геологов, изучающих россыпи (Петровская, 1973), количество аутигенного золота в россыпях составляет доли процента, но иногда повышается до первых процентов. В золотоносных пластах россыпных месторождений Амыло-Систигхемского района отмечены значительные преобразования обломочного золота (Хертек, Сазонов, 2023): слипание частиц, облагораживание, увеличение частиц в размерах за счет образования минеральных каемок, в том числе и аутигенного золота, иногда с регенерационной кристаллографической огранкой.

4.1. Структурно-морфологические агрегаты и состав аутигенного золота

Главные структурные особенности россыпного золота – наличие в них последовательно нарастающих друг на друга каемок по периферии частиц, которые образовались в частицах зоны гипергенеза. Наиболее эффектно выглядят высокопробные каймы-ободки (ВКО)

метасоматического замещения периферии обломочных частиц, окружающие реликтовые ядра частиц. Менее приметны каймы и наросты нового, собственно аутигенного золота, отложившиеся на ВКО обломочных частиц непосредственно в россыпи. Обычны каймы техногенной амальгамы, развитые на частицах, в случае использования ртути при ранних отработках россыпи. Техногенно-биогенное золото представлено спутанно-волокнистыми агрегатами. Агрегаты аутигенного золота обычно ассоциируют с пленками гидроксидов железа на кластогенном золоте и с пористой микрозернистой смесью гидроксидов железа, гидрослюдистых глинистых минералов, серпентино-хлорита, кварца и пылеватого золота (на практике называемых лимонитовыми «сухарями»).

Каймы нового (аутигенного) золота

Новое золото (собственно аутигенное) часто отмечается в виде тонкой (от десятых долей до нескольких мкм) оболочки на внешней поверхности метасоматической высокопробной каймы. Аутигенная кайма золота развивается только на метасоматической высокопробной, и, по нашему мнению, их образование генетически связано. Внутренняя часть аутигенной каймы, примыкающая к ободковой зоне метасоматической ВКО, представляет собой криптозернистый агрегат микронной мощности, видимо, хемогенного осаждения металла. Внешняя граница каемок нового золота обычно микро- и даже криптозубчатая, с шиповидными, конусовидными и волосовидными микровыступами, ящичными и каньонообразными криптоуглублениями (рисунок 54, *а, б*). Основание углублений является базисом каймы нового золота хемогенного и биогенного строения.

Почти постоянно в обрамлении частиц отмечаются чешуйчатые отростки, субпараллельные поверхности, а волосовидные отростки с раздувами плавно- и коленообразно изогнуты в направлении основания частицы. При обрастании частиц золота гидроксидами железа внешняя граница аутигенной каймы обретает пористое, «моховидное» строение, в лимонитовой среде на золотой подложке концентрируются «облачные» массы точечного и «моховидного» нового золота (см. рисунок 54, *а*; рисунок 55).

Пробность аутигенного золота по единичным анализам – 957–1000 ‰ (таблица 13). В BSE изображениях электронного микроскопа граница между метасоматической ВКО и аутигенной каймами по их цветовым оттенкам надежно не выделяется.

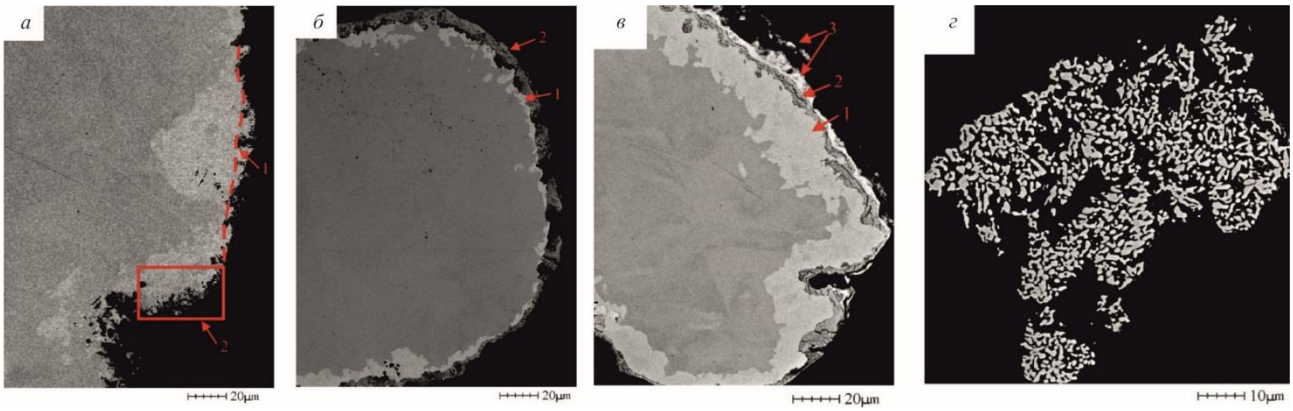


Рисунок 54. Аутигенное золото

а – т. н. 411, р. Кундус-Суг, кайма нового золота на высокопробной метасоматической: внутренняя граница нового золота (1), моховидное золото (2); б–г – р. Черная, т. н 573: б – высокопробная метасоматическая оболочка (1), кайма техногенной амальгамы золота (2); в – метасоматическая высокопробная оболочка + реликты каймы аутигенного золота-I, ее внешняя граница сглажена растворением, участками сохранились шиповидные отростки аутигенного золота-I (1); кайма техногенной амальгамы (2); на поверхности амальгамы сегрегационная пленка аутигенного золота-II с шиповидными наростами биогенного золота-II (3); г – спутанно-волокнистый пористый агрегат техногенно-биогенного золота

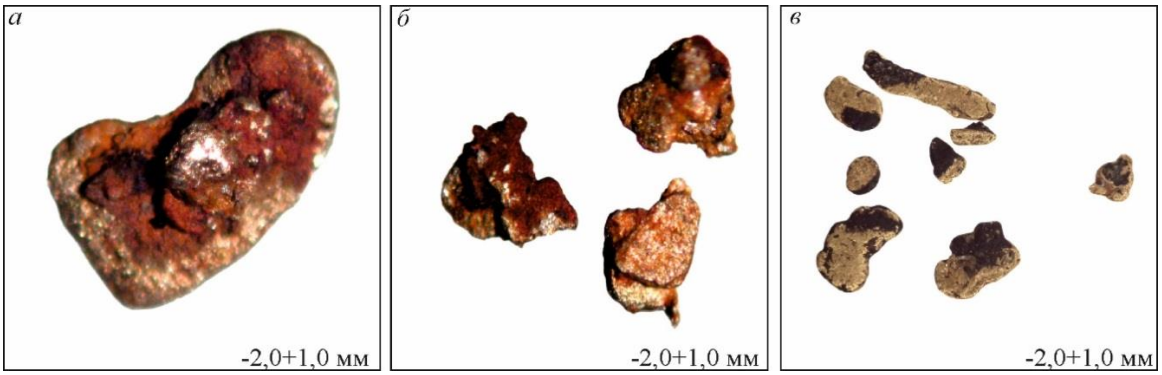


Рисунок 55. Частицы россыпного золота с пленками гидроксидов железа, р. Черная

а – т. н. 573, окатанная частица с контурным валиком по периметру, характерным для «эолового» золота (Никифорова и др., 2007); б – т. н. 573, пленки и пористые землистые агрегаты гидроксидов железа в чашеобразном углублении частицы; в – т. н. 1351-3, фрагментарные пленки гидроксидов железа на поверхности частиц золота

Таблица 13. Химический состав золота в аутигенной кайме и ядре россыпи р. Кундус-Суг

Лабораторный номер частицы	Аналитический спектр	Участок в частице	Содержание, мас. %			Пробность, ‰
			Ag	Au	Σ	
411-1	1839	Аутигенная кайма	–	100,0	100	1000
	1843	Ядро	6,0	94,0	100	940
411-2	1853	Аутигенная кайма	4,3	95,7	100	957
	1855	Ядро	6,2	93,8	100	938
415-1	1993	Аутигенная кайма	–	100,0	100	1000
	1994	Ядро	6,64	93,36	100	937

Каймы техногенной амальгамы золота

В частицах золота средней и высокой пробности в техногенных отвалах прошлых лет россыпи отрабатывались с использованием ртути, при извлечении мелкого и тонкого золота в реках Мал. и Бол. Алгияк, Мал. и Бол. Билелиг и Черная отмечались каймы техногенной

амальгамы, облекающие раннюю природную аутигенную кайму. Они имеют изменчивую толщину – от десятых долей до 40 мкм, большая часть периферии частиц (80–85 % периметра) имеет толщину 20–30 мкм и хрупкое, рыхлое, микропористое строение (см. рисунок 54, *б, в*). Амальгама золота трещиноватая и имеет хрупкую консистенцию, так как морфология трещин зубчатая с резкими коленообразными перегибами. Обломочные фрагменты остроребериые, ориентированы субпараллельно и поперечно границам кайм.

Внешняя граница – прямолинейно-овальная или слабо пологоволнистая. Морфология контакта пленки техногенной амальгамы с обломочной частицей более причудливая (наследующая реликтовый узор поверхности пленки аутигенного золота), чем внешняя поверхность. Следует отметить, что при смачивании поверхности природной каемки аутигенного золота исходная ртуть растворяла волосовидные и чешуйчатые наросты нового золота, сглаживая ее поверхность. При микронной толщине амальгамы шиповидная биогенно-аутигенная текстура поверхности сохраняется, видимо, количество растворяемого золота в ртути ограничено. Внутреннее строение каемок амальгамы золота микрозернистое, судя по ее фельзитоподобному строению, обособлениям разной интенсивности и окраски BSE изображений, с размером зерен десятые и сотые доли микрона. По составу кайма амальгамы неоднородная, определяются фазы с различным содержанием Hg, при отсутствии других элементов-примесей. Проба амальгамы золота – 875–949 ‰ (таблица 14).

Таблица 14. Химический состав золота в зонах амальгамы, высокопробной каймы и ядра россыпи р. Черная

Лабораторный номер частицы	Аналитический спектр	Участок в частице	Содержание, мас. %				Пробность, ‰
			Hg	Ag	Au	Σ	
573-1	1322	Кайма амальгамы	4,81	0,04	95,15	100,0	951
	1323	«	5,04	Не обн.	93,66	98,69	949
	1324	Высокопробная кайма	Не обн.	Не обн.	100,0	100,0	1000
	1327	Ядро	Не обн.	16,73	84,65	101,39	834
	1328	Кайма амальгамы	Не обн.	16,52	84,3	100,82	836
573-2	1329	«	Не обн.	90,42	100,61	898,0	Не обн.
	1332	Высокопробная кайма	1,22	98,78	100	987,0	1,22
	1335	Ядро	16,2	84,76	100,96	839,0	16,2
573-3	1336	Кайма амальгамы	4,75	Не обн.	95,25	100,0	952
	1337		Не обн.	Не обн.	100,0	100,0	1000
	1341	Ядро	Не обн.	13,97	86,03	100,0	860
573-4	1344	Кайма амальгамы	4,87	Не обн.	95,13	100,0	951
	1345	Высокопробная кайма	Не обн.	Не обн.	100	100,0	1000
	1350	Ядро	Не обн.	4,47	95,53	100,0	955
573-5	1364	Кайма амальгамы	6,51	Не обн.	93,49	100,0	934
	1365	«	5,31	Не обн.	94,69	100,0	947
	1367	Высокопробная кайма	Не обн.	Не обн.	99,46	99,46	1000
	1371	Ядро	Не обн.	10,87	89,6	100,77	891
573-6	1374	Кайма амальгамы	9,5	Не обн.	90,5	100,0	905
	1375	Высокопробная кайма	Не обн.	1,14	98,86	100,0	989
	1378	Ядро	Не обн.	6,79	91,94	98,74	931

Граница между фазами размытая ввиду мелких их размеров. Сегрегационные прожилки, гнезда внутри амальгамы и сегрегационные пленки самой внешней части каймы амальгамы золота (см. рисунок 55, *в*) характеризуются повышенными концентрациями (20–25 %) Hg. В фельзитоподобной массе амальгамы золота иногда отмечаются «взвешенные» обрывки фрагментов биогенных наростов аутигенного золота.

Техногенно-биогенное ртутистое золото

Техногенно-биогенное ртутистое золото встречено в россыпи р. Черная. Распространенность этих агрегатов приурочена к участкам отвальных россыпей, которые сформировались после ранних периодов отработки с применением ртути при извлечении мелких фракций золота.

Подобные агрегаты проволочек золота, но только значительно меньшего диаметра наблюдались нами в пористых гидроксидах железа, примыкающих к каймам техногенной амальгамы. Индивидуализированные образования представляют спутанно-проволочковидный пленочный агрегат золота по биомассе нитевидных бактерий, сцементирован охристо-землистой смесью гидроксидов железа, серпентино-хлорита, гидрослюдистых глинистых минералов и кварца. Отсутствие ориентировки проволочек золота дает в срезе агрегат сросшихся округлых, эллипсовидных и червеобразных форм зерен (см. рисунок 54, *г*). Диаметр «проволочек» – 1–2 мкм. Приблизительная оценка объема металлической фазы в нерудной матрице около 30 %. Электронно-микроскопические снимки фиксируют фельзитоподобную структуру ветвистых телец Au-Ag-Hg состава. Аналитические измерения показывают вариации концентраций главных фазообразующих элементов: Au 71,06–81,55 %; Ag 2,75–5,9 %; Hg 15,1–23,4 мас. % (таблица 15).

Таблица 15. Химический состав техногенно-биогенного золота

Спектр	Содержание, мас. %				Спектр	Содержание, мас. %			
	Ag	Au	Hg	Σ		Ag	Au	Hg	Σ
91	3,53	75,75	20,72	100	101	2,75	81,55	15,70	100
92	3,47	78,48	18,05	100	102	4,33	78,82	16,85	100
93	4,29	78,92	16,79	100	103	5,54	78,18	16,27	100
94	4,36	79,14	16,51	100	104	4,56	77,94	17,50	100
95	3,69	81,14	15,17	100	105	5,12	78,37	16,51	100
96	5,91	71,35	22,74	100	106	4,14	78,48	17,37	100
97	5,52	71,06	23,42	100	107	4,19	79,01	16,80	100
98	4,84	76,02	19,15	100	108	4,38	79,31	16,31	100
99	4,56	78,43	17,01	100	109	3,10	76,55	20,35	100
100	4,66	77,37	17,97	100	110	4,02	78,4	17,58	100

Между Hg и Ag в техногенном интерметаллиде Hg-Ag-Au состава отсутствует корреляция между концентрациями Hg и Ag и характерна возрастающая дискретность стехиометрических

составов (рисунок 56, *а*). И.Я. Некрасов (1991) отмечает, что сплавы с содержанием выше 5 % Hg, вероятно, полифазные. По данным эксперимента, растворимость ртути в золоте при 25 °С ниже 15 %.

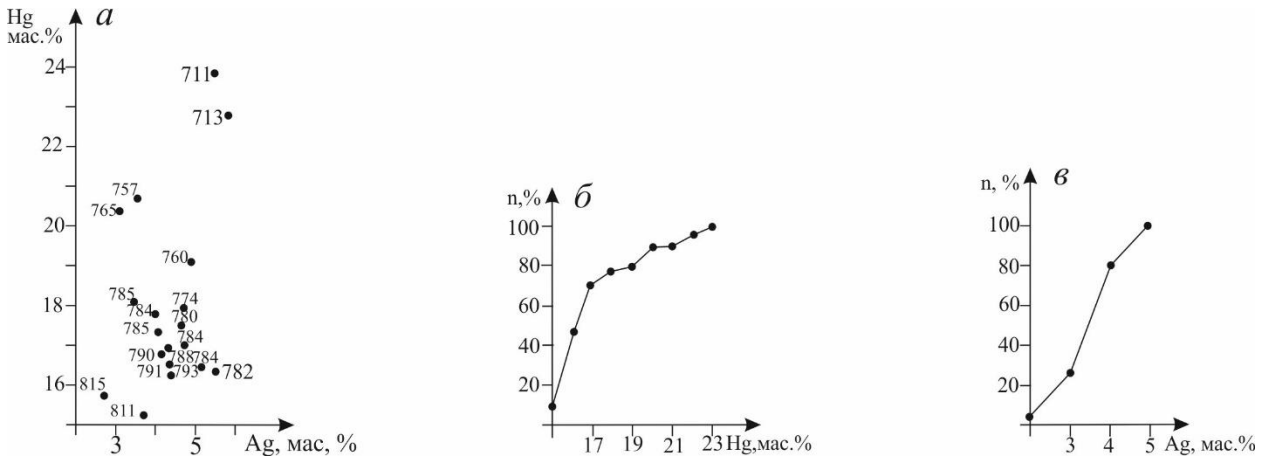


Рисунок 56. Распределение примесей ртути и серебра в «волосовидных» частицах техногенно-биогенного золота: а – соотношение концентраций Ag, Hg и пробности; морфология куммулятивных кривых концентраций примесей: б – Hg, в – Ag

Кумулятивная кривая распределения Hg в этой разновидности золота характеризуется двумя перегибами – в точках нарастающего процента 70 % (Hg 17,9 %) и 90 % (Hg 20,9 %) (см. рисунок 56, *б*). Средний шаг прироста концентраций Hg в интервале содержания 15,1–17,9 % составил 0,04 % Hg; 18–20,9 % –0,15 % Hg, 21–23,9 % – 0,3 % Hg, что, вероятно, свидетельствует о прерывистом характере вхождения концентраций ртути в состав амальгамы.

В кумулятивной кривой распределения Ag в техногенно-биогенной амальгаме Hg-Ag-Au состава зафиксированы перегибы кумулятивной кривой в интервалах 18–19 и 20–21 % Hg (см. рисунок 56, *в*). Средний шаг прироста концентрации серебра в минерале с содержанием Ag 2–3,9 % составил 0,08 %, а в интервале Ag 4–5,9 % – 0,03 %.

4.2 Образование аутигенного золота

Присутствие аутигенного золота в россыпях – обычное, а не уникальное явление. Новое золото фиксируется в аллювиальных современных и древних россыпях, но неизвестно в элювиальных отложениях (Петровская, 1973). Это золото образует самостоятельные гипергенные новообразования, нарастает на обломочные частицы золота, минералы с высокой удельной поверхностью и сорбционной способностью. Наросты аутигенного золота предпочтительно образуются на гипергенных метасоматических ВКО частиц россыпного золота, нередки также срастания с техногенными рукотворными металлическими образованиями (гвозди, проволока, рыболовные крючки и др.) (Никифорова и др., 1920).

Морфология агрегатов новообразований гипергенного золота представляет собой бугорки, корочки, пленки, губчатые агрегаты на поверхности окатанных золотин, мелкие кристаллики и их сростки в трещинах дегидратации, порах, кавернах бурых железняков и в глинистых агрегатах осадочного материала россыпей. Каемки нового золота обычно не толще 1 мм. Нередко новое золото вызывает склеивание и увеличение размера частиц. Характерная микроструктура для новообразованного золота – зернистая, спутанно-волосовидная, пористая, глобулярная, иногда кристаллическая; пробность – 1000 ‰ и ниже (Петровская, 1941; Яблокова, 1965). В россыпях рр. Некля и Татарка И.В. Кузнецовой и П.П. Сафроновым (Кузнецова и др., 2021) охарактеризовано аутигенное микро- и нанозолото в срастании с глинистыми минералами, гидроксидами Fe, Mn и частицами углерода, а также нарастающее на гипогенное обломочное золото. Авторы статьи отмечают, что в россыпи происходит укрупнение золота за счет срастания частиц обломочного и аутигенного (Кузнецова и др., 2021). На поверхности таких агрегатов отмечаются дендриты, сфероидальные, червеобразные и пластинчатые наноформы. Состав частиц благородного металла в сростках изменяется от собственно серебра, электрума до самородного золота различной пробы, содержащего примеси Cu, Zn, Hg.

Количество «нового» золота, по мнению Л.В. Фирсова (Фирсов, 1985; Наумов, 2021) может составлять 15–40 %, а по отдельным золотинам – 50–70 % от общей массы россыпного золота. Н.В. Петровская по своим наблюдениям и обобщенным сведениям в опубликованных работах, отмечает, что количество нового золота в россыпях составляет доли % (Петровская, 1973). При изучении шлифов мы часто фиксируем первые десятки процентов нового золота, но оно пористое, весовое его количество ничтожно. Другие ученые (Амосов и др., 2004) также придерживаются мнения Н.В. Петровской о том, что в россыпях количество аутигенного золота ничтожно. И по нашим наблюдениям, количество аутигенного золота в россыпях района не превышает десятых долей %.

Рассматривая поведение золота в динамичном процессе литогенеза (выветривания, седиментогенеза, сингенеза, диагенеза и катагенеза), мы отметили, что происходит последовательное высвобождение частиц из первичных агрегатов, механическая обработка, растворение, отложение частиц гипогенного золота, метасоматическое и динамическое преобразование кластогенного материала, в том числе и золота. В заключительную стадию синтегенеза при формировании золотоносного пласта отлагается новое золото.

Глубокие преобразования эндогенного золота происходят уже на первой стадии литогенеза при выветривании и окислении коренных руд. Например, в золотоносных корах выветривания Олимпиадинского месторождения (Енисейский кряж) нами установлено золото в воднорастворимой, сорбированной, ферри-, сульфидной и самородной формах (Сазонов и др., 2019). Крупные частицы реликтового золота подвергаются растворению, выщелачиванию

ассоциирующих минералов, образованию дисперсных ограненных, шаровидных и дисковидных крипточастиц (рисунок 57).

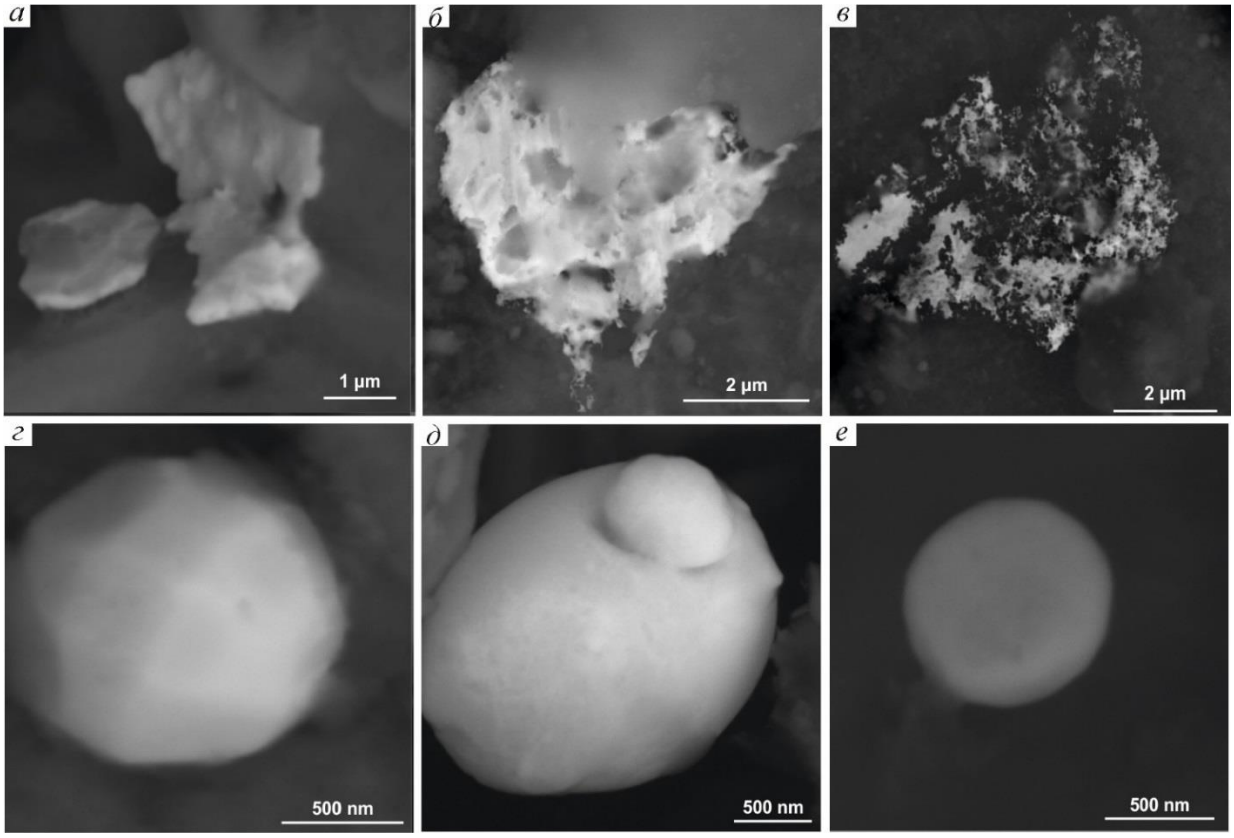


Рисунок 57. Морфология самородного золота окисленных руд Олимпиадинского месторождения
Золото: а – реликтовое; б, в – губчатое; г – кристалл; д – глобулярное; е – дисковидное

Перенос материала из области питания осуществляется в твердой, коллоидной, сорбированной и катионно-анионных комплексных формах. В стадию седиментогенеза в окислительной среде текучих вод растворенные в воде гидраты ($Au(OH)_4$, AuOOH), галогениды, нитраты, нитриды, тиосульфаты золота обладают повышенной подвижностью (Антропова и др.,1980; Черепнин, Бернатонис,1981; Иванов, 1997; Колпаков и др., 2010; Сазонов и др., 2019; Кузнецова, Сафонов, 2021). Хемогенное золото, выщелоченное из сульфидов, и микронные глобули и кристаллы, образовавшиеся при диспергации частиц в корах выветривания, переносятся водными потоками. В.В. Колпаков и др. со ссылкой на Б.А. Воротникова свидетельствуют, что перенос золота в водах осуществляется в анионах $AuClOH^-$ и $AuCl(OH)_2^-$; $AuCl_2^-$; (Au, Ag) $(S_2O_3)^{3-}$.(Колпаков, и др., 2010). По другим материалам (Кальная и др., 2019), воды золотоносных рек Амыло-Систигхемского рудно-россыпного района близнейтральные или слабощелочные. Химический состав вод р. Билелиг гидрокарбонатный магниево-натриевый; р. Алгияк – сульфатно-гидрокарбонатный натриевый; р. Черная – сульфатно-гидрокарбонатный натриевый. В незначительных количествах присутствуют хлориды, нитраты и нитриды, нефтепродукты и фенолы. Из катионов отмечается повышенное содержание железа. Общая

минерализация вод незначительная – 0,110–0,166 мг/л. Согласно исследованию (Радомский и др., 2008), с поверхностными водами связана значительная миграция благородных металлов из районов добычи: годовой вынос золота с территории Верхнего Приамурья составляет около 20 т. На долю коллоидного золота приходится менее 1 %, а тонкого (<0,1 мм) – около 10 %. Главная масса золота в виде частиц крупнее 0,1 мм переносится в придонном материале, насыщенном обломочными частицами. Вода является вмещающей и транспортирующей средой, особенно в районах разработки полезных ископаемых. При добыче извлекаются золотины крупнее 0,1 мм, а более мелкие рассеиваются в окружающей среде. Процесс поступления золота в окружающую среду происходит естественным (природным) и техногенным путями. Питание рек осуществляется за счет разгрузки водоносных горизонтов (5–8 %) и за счет стока талых (15–20 %) и дождевых (75–80 %) вод (в климатической зоне Верхнего Приамурья). Сток поверхностных вод низкой минерализации осуществляется быстро. Основной загрязнитель – взвешенные вещества. Минерализация поровых вод в отложениях золотоносного пласта имеет более высокую концентрацию растворенных соединений, меньший окислительный потенциал, чем в водотоке, но видовой состав растворенных веществ, вероятно, прежний. В этой среде осуществляются электрохимические реакции, коагуляция коллоидов, сорбционное отложение взвесей. В результате на обломочных частицах золота отмечаются криптозернистые, колломорфные и биогенные наросты аутигенного золота. Глинистые и углеродистые агрегаты, аутигенные «сухари» оксидов Fe и Mn, распространенные в золотоносных песках, содержат мельчайшие частицы аутигенного золота. В публикация по геохимии золота отмечается, что активными его осадителями в геологических средах являются гидроксиды железа и марганца, глинистые частицы, клеточные стенки золотофильных микроорганизмов, органические соединения (Me-метильные и Ph-фенольные группы) (Черепнин, Бернатонис,1981; Иванов, 1997; Кузнецова, Сафонов, 2021, и др.).

По нашему мнению, в формировании пленок аутигенного золота и гидроксидов железа на обломочных частицах металла принимают участие и даже имеют определяющее значение электрохимические (гальванические) процессы соосаждения золота с гидратами железа. Коллоидные, а также криптозернистые частицы характеризуются определенным электрическим зарядом: положительно заряженные коллоиды – гидраты Al_2O_3, Fe_2O_3, TiO_2, $CaCO_3$, $MgCO_3$, отрицательно заряженные – коллоиды SiO_2, глинистых, гумусовых, сульфидов полиметаллов, золота, серебра, платины. При этом зоны метасоматических высокопробных ободков частиц, формирующихся в гипергенных условиях, в связи выщелачиванием Ag и других подвижных элементов из поверхностных участков частиц приобретают отрицательный заряд и свойства катода (Хертек, Сазонов, 2023). Это стимулирует восстановление Au и Fe с образованием специфических «рубашек» на поверхности высокопробных каемок детритовых частиц. Таким

образом, образование метасоматических ВКО и аутигенных наростов золота на частицах являются взаимосвязанными процессами.

В обобщающей работе Н.В. Петровской (1973) по геологии, минералогии и генезису эндогенного и россыпного золота, утверждается, что образование аутигенного золота происходило при участии бактерий, поэтому в литературе оно часто называется биохимическим. В научной и методической литературе по седиментологии отмечается, что в зонах окисления, корах выветривания и бассейнах осадконакопления в процессе трансформации золота важную роль играют биогенные процессы (Справочное…, 1958; Наумов, 2021). Количество бактерий особенно велико в самом верхнем слое осадка и резко уменьшается с глубиной. Биогенное золото имеет нитчатые, спиральные и кокоидные формы, сходные с метафицированными цианобактериями (Куимова, 2004). Известны находки псевдоморфоз золота по микробактериям и водорослям (микрофоссилии). Новообразования обволакивают органические остатки, но не замещают их. Д. Керр на россыпном месторождении золота Отаго (юг Новой Зеландии) фиксировала периферийные ободки перекристаллизации и наросты золота на поверхности частиц (Керр и др., 2017). Авторы исследования вслед за авторами работ (Falconer and Craw, 2009; Reith et al., 2012; Rea et al., 2016; Stewart et al., 2017) связывают образование наростов с аутигенным бактериально-химическим осаждением металла из грунтовых вод после отложения обломочного материала и формирования осадка. Причем Д. Керр отмечала несколько генераций аутигенных наростов, которые имеют микро- и нанометровый размер и представляют собой смесь комковатых, кристаллографических форм, червеобразных и пластинчатых агрегатов. Они часто отлагаются на глине в углублении и на поверхности частиц. Аутигенное золото мобилизуется из биопленок и серных комплексов на поверхности обломочных частиц золота в околонейтральной среде грунтовых вод. Выводы указанных авторов не противоречат нашим наблюдениям.

Каймы техногенной амальгамы на частицах золота и спутанно-волосовидные агрегаты техногенно-биогенного золота образовывались в отвальных россыпях в результате эксплуатационных работ, которые стимулировали вовлечение тонкообломочного, коллоидного, биогенного материала в техногенный седиментогенез (взвешивание частиц золотоносного пласта, перенос, поглощение ртутью, сорбцию золотофильными бактериями, отложение и преобразование в промышленных водах и техногенном осадке). Образование хемогенно-биогенных агрегатов золотортутных соединений свидетельствует о быстротечности процесса отложения аутигенного золота, измеряемого годами или десятилетиями. В нашем случае золотосодержащая ртутная оболочка приобрела твердую и хрупкую консистенцию, и при усыхании – отвердении стала трещиноватой. Мелкие частицы золота и внешняя область обломочных его частиц растворилась в ртути с образованием полифазного агрегата техногенной

амальгамы золота. Избыток растворенного золота (против стехиометричного в составе амальгамы) выделился в виде «роя» пылеватых частиц, а в результате их сегрегации преобразовался в жилковидные и пленочные агрегаты в трещинах и на поверхности амальгамы.

Техногенно-биогенное золото в виде нитчатых ветвистых агрегатов, встреченных нами в техногенной россыпи р. Черная является ярким примером участия биогенных процессов в формировании аутигенного золота. Р.А. Амосов подобные образования (спириллы) из россыпей Хабаровского края отнес к «мумифицированным» цианобактериям (Амосов, 1995). При этом высокая степень сохранности этих «ажурных» образований, по его мнению, предполагает их прижизненное замещение золотом. Он также отмечает, что избыточная концентрация ртути вызывает появление «золотолюбивых» штаммов цианобактерий, которые, покрываясь золотым чехлом, защищаются от проникновения ртути в клетку.

4.3. Выводы

В россыпях золота Амыло-Систигхемского рудно-россыпного района Хемчикско-Куртушубинской металлогенической зоны Западного Саяна выявлены агрегаты аутигенного золота, представленные каймами, чешуйчатыми, криптоконическими и волосовидными наростами хемогенно-биогенного серебристого золота (937–1000 ‰), каймами техногенной золотосеребряной амальгамы и спутанно-волокнистыми агрегатами техногенно-биогенного ртутистого золота. Каймы и чешуйчатые отростки аутигенного золота толщиной от долей до нескольких мкм отлагаются на метасоматических ВКО. Внутренняя часть аутигенной каймы, примыкающая к ВКО, представляет собой криптозернистый агрегат хемогенного отложения, а внешняя – ажурные агрегаты «мумифицированных» золотом цианобактерий. Ртутистые техногенные аутигенные образования состоят из трех фаз, содержащих Hg в интервалах 4,75–6,51; 9,5–10,19 и 20–25 %; Ag в амальгаме до 4,3 %, но отсутствует в спутанно-волосовидных агрегатах техногенно-биогенного золота.

Образование аутигенного золота происходит на стадии сингенеза, при формировании природного золотоносного пласта и при образовании золотоносных обособлений в техногенных отвалах, что имеет значительный временно́й интервал. Таким образом, аутигенных образований золота может быть несколько генераций, соответствующих периодам образования природной россыпи и техногенного переотложения неизвлеченного россыпного металла при добычных работах. Массовое количество аутигенного золота в россыпях Амыло-Систигхемского рудно-россыпного района – менее десятых долей %.

Отложение аутигенного золота происходит из поровых вод, насыщающих осадок терригенного материала, в большей мере – в верхней зоне золотоносного пласта. Золото в поровых водах находится в виде ионов Au, коллоидов и комплексных соединений $AuClOH^-$ и $AuCl(OH)_2^-$;

$AuCl_2^-$; $(Au,Ag)(S_2O_3)^{3-}$ и др. Отложение золота осуществлялось хемогенным способом, в значительной мере формированию агрегатов аутигенного золота способствовали золотофильные бактерии. Поэтому правомерно заключение Н.В. Петровской, что аутигенное золото россыпей является хемогенно-биогенным.

При коагуляции золотосодержащих коллоидов и восстановлении золота из слабо насыщенных истинных растворов существенную роль играли гальванические процессы. По нашему мнению, в формировании положительного заряда на поверхности кластогенных частиц золота имело определяющее значение образование метасоматических ВКО в связи с метасоматическим очищением металла от примесей Ag и Cu. В результате гальванического процесса из поровых вод на положительно заряженной поверхности осаждались пленки гидроксидов железа и нового золота.

Каймы техногенной амальгамы на частицах золота образовались в отвальных россыпях в результате эксплуатационных работ с применением ртути. Ртуть поглощала и аккумулировала мелкие взвешенные частицы золота в поровых водах, обволакивала кластогенный металл; растворяла мелкие частицы и волосовидные тельца биогенного золота с образованием техногенных амальгам. В каймах нами установлены стехиометрические фазы амальгамы золота (I и II): I (Au 93,49–95,2 %, Hg 4,75–6,51 %); II (Au 90,42–90,5 %, Hg 9,5–10,19 %); III (Au 69,5–76,5 %, Ag 3,5–5,5 %, Hg 20–25 %). Последняя (III) фаза представлена золотосеребряной амальгамой, образующей сегрегационные нитевидные прожилки и точечные выделения в первых двух фазах. Амальгама имеет хрупкую консистенцию и трещиноватую текстуру.

Техногенно-биогенные пористые спутанно-волокнистые агрегаты полифазного ртутистого золота, сцементированные охристой смесью гидроксидов железа, серпентино-хлорита, гидрослюдистых глинистых минералов и кварца, являются «мумифицированными» золотофильными бактериями.

ГЛАВА 5. ЗОЛОТО НЕОГЕНОВЫХ И ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ИЗУЧАЕМОГОРАЙОНА

Геологи, занимающиеся поисково-разведочными работами и обслуживающие добычу металла, отмечают наличие в россыпях частиц золота как неокатанных, имеющих рудный облик, так и со значительной степенью глубоких механических и химических гипергенных изменений. Интенсивность гипергенного преобразования золота зависит от длительности нахождения частиц в россыпи (Колпаков, 2010; Кузьмин, 1969; Николаева, 1990). Эти исследователи пришли к выводу, что золото подвержено многократной перекристаллизации, «старению», изменению состава и размеров выделений и распаду нестабильных выделений.

С.Г. Прудников выделил две возрастные группы россыпей – в неогеновых и четвертичных отложениях (Прудников, 2004). Существенно различная длительность интервалов россыпеобразования (квартер – 2,58 млн лет; неоген – 20,42 млн лет) в совокупности с климатом – важнейшие факторы преобразования кластогенного материала. Климат в районе в неогене и квартере был гумидный, но в неогене – более континентальный, умеренный и более теплый, чем в современную эпоху. Четвертичное (Q) золото по внешним особенностям строения незначительно отличается от коренного, особенно в головках и средних участках россыпей (рр. Кундус-Суг, Изинзюль, Мал. Билелиг и Мал. Алгияк). Неогеновое (N), интенсивно преобразованное золото, типично для россыпей рек Бол. Билелиг, Бол. Алгияк и Черная.

5.1 Типоморфные признаки золота из отложений неогена и квартера

Внешний облик частиц из неогеновых и четвертичных отложений, несмотря на многофакторность причин формирования, имеет много общих черт их внешнего вида, но имеют различия в морфологии, скульптурном узоре поверхности, характере ограничений и механическом повреждении частиц.

Частицы золота в *четвертичных* отложениях представлены призматическими, таблитчатыми, игольчатыми реже изометричными формами, осложненными полигональными выступами, углублениями, шиповидными и игловидными отростками (рисунок 58, *а–е, и–м*).

В ряде случаев, на ангедральных частицах наблюдаются отдельные гранные формы кристаллов, их сростков и скипетровидные головки – наросты на игольчатых частицах (см. рисунок 58, *б, в*). В средних участках россыпей (см. рисунок 58, *ж–и*) поверхности частиц оглажены, отмечаются механические изгибы краевых участков частиц, отсутствие грубой шероховатости поверхностей. В хвосте россыпей (см. рисунок 58, *к, л*) частицы приобретают пластинчатый либо таблитчатый облик, их ограничения плавно-извилистые или со сглаженными ребрами.



Рисунок 58. Золото четвертичных отложений:

а, б, в – т. н. 634, р. Кундус-Суг (головка); г, д, е – т. н.1012, р. Изинзюль (головка); ж, з, и – т. н. 414, р. Изинзюль (середина); к, л – т. н. 1001, р. Мал.Алгияк (головка); м, н – т. н. 1015, р. Мал.Алгияк (головка); о, п – т. н. 566, р. Мал. Алгияк (хвост).

Частицы золота *неогеновых* отложений в отличие от четвертичных обычно пластинчатые, чешуйчатые (рисунок 59). Среди них реже отмечаются частицы комковидные и с фрагментами кристаллографических граней (рисунок 59, *б, в*). По краям частиц отростки прижаты к ядрам частиц и завальцованы (см. рисунок 59, *а, г, и*). Частицы лишены игольчатых отростков от поверхности, характерных для четвертичного золота. Поверхность частиц для любых участков россыпи (головка, средняя часть, хвост) имеет шагреневый вид, обусловленный тонким скульптурным криптобугорчатым узором пленок аутигенного (биогенного) золота или

травлением поверхности в условиях длительного пребывания в золотоносном пласте. На поверхности частиц широко развиты бурые пленки и охристые массы гидроксидов железа.

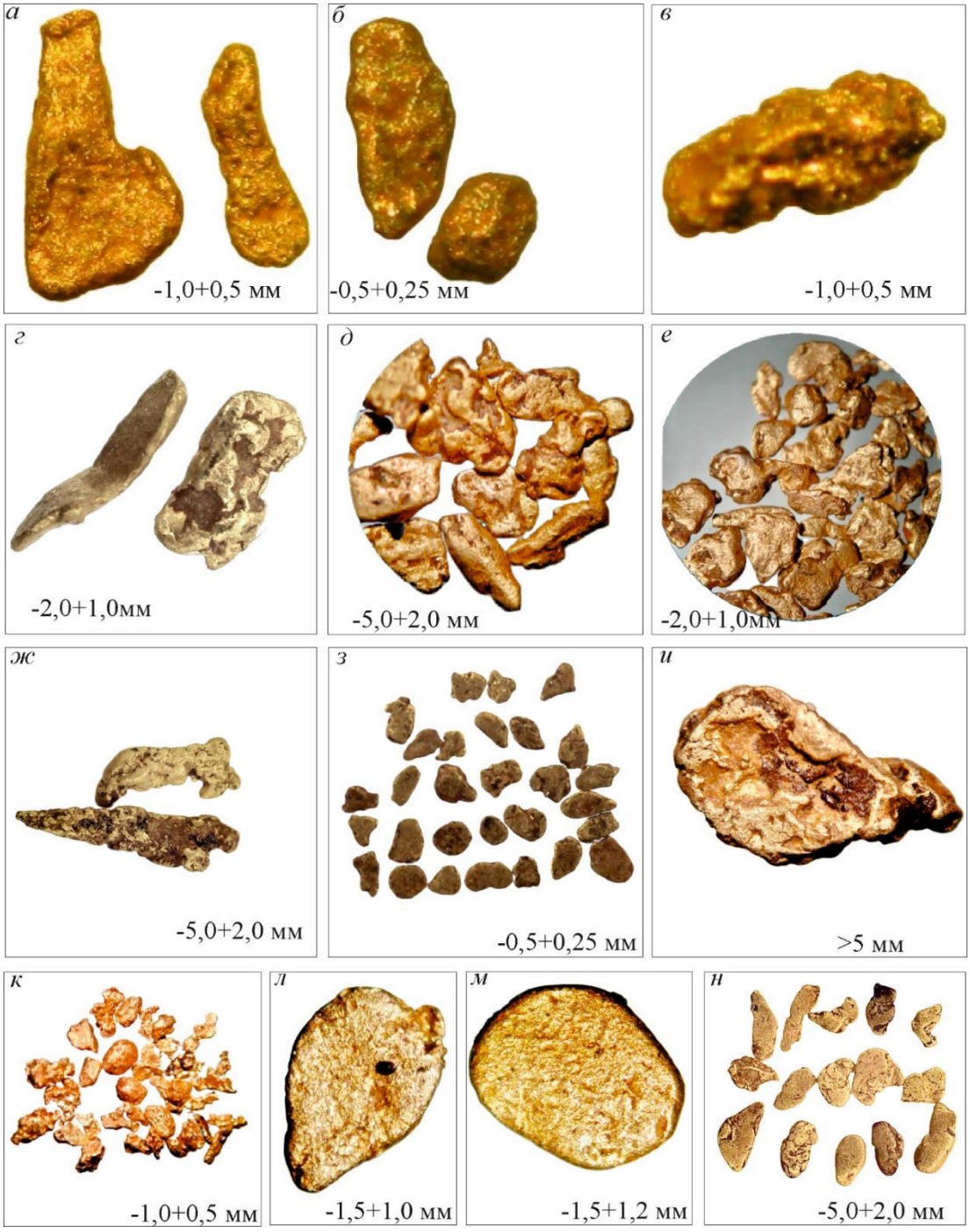


Рисунок 59. Золото неогеновых отложений

а, б, в – т. н. 413, р. Кундус-Суг (середина россыпи); г – т. н.1100, р. Мал. Билелиг (головка россыпи); д, е – т. н. 567, р. Бол. Билелиг (середина россыпи); ж, з – т. н. 1106, р. Бол. Билелиг (хвост россыпи); и, к – т. н. 558, р. Бол. Алгияк (головка россыпи); м, н – т. н.557, р. Бол. Алгияк (хвост россыпи); н – т. н. 1351-3, р. Черная (середина россыпи).

К типичным преобразованиям частиц золота, длительное время пребывающих в россыпях, относятся высокопробные каймы, межзерновые прожилки золота высокой пробы, деформационные структуры и повышенная пробность в ядрах частиц (Глушкова, 2010; Ильенок,

1970; Колпаков, 2010; Николаева, 1990). Высокопробная кайма типична для золота россыпей района. Частицы характеризуются наличием сплошных и прерывистых кайм (от первых процентов периметра и более), которые могут иметь пленочную толщину менее 2–3 мкм, достигают 20–30, редко 200 мкм. Из всех изученных золотин кайма отсутствовала в 13 % (в неокатанных частицах золота Ag-Au состава и ртутистого золота). Это золото, вероятно, находилось в россыпи короткое время. Около 55 % частиц не окатаны, но имеют высокопробные каймы различной толщины. Эти частицы находились в золотоносном пласте более длительное время, чем в первом случае. Наконец, 33 % частиц имеют кайму и окатаны, они испытали несколько эпизодов переноса, отложения, механического, структурного и химического преобразований и распространены в неогеновых отложениях россыпей. Исходя из этих наблюдений, предполагается, что на долю золота россыпей, сформировавшихся в неогене, приходится около 35–40 %.

Типоморфные особенности частиц золота (окатанность, внутренняя структура частиц, толщина высокопробной каймы по периметру и минералов-узников в золоте из неогеновых и четвертичных отложений) различаются количественно с разрывом в распределении до 25–30 % (рисунок 60).

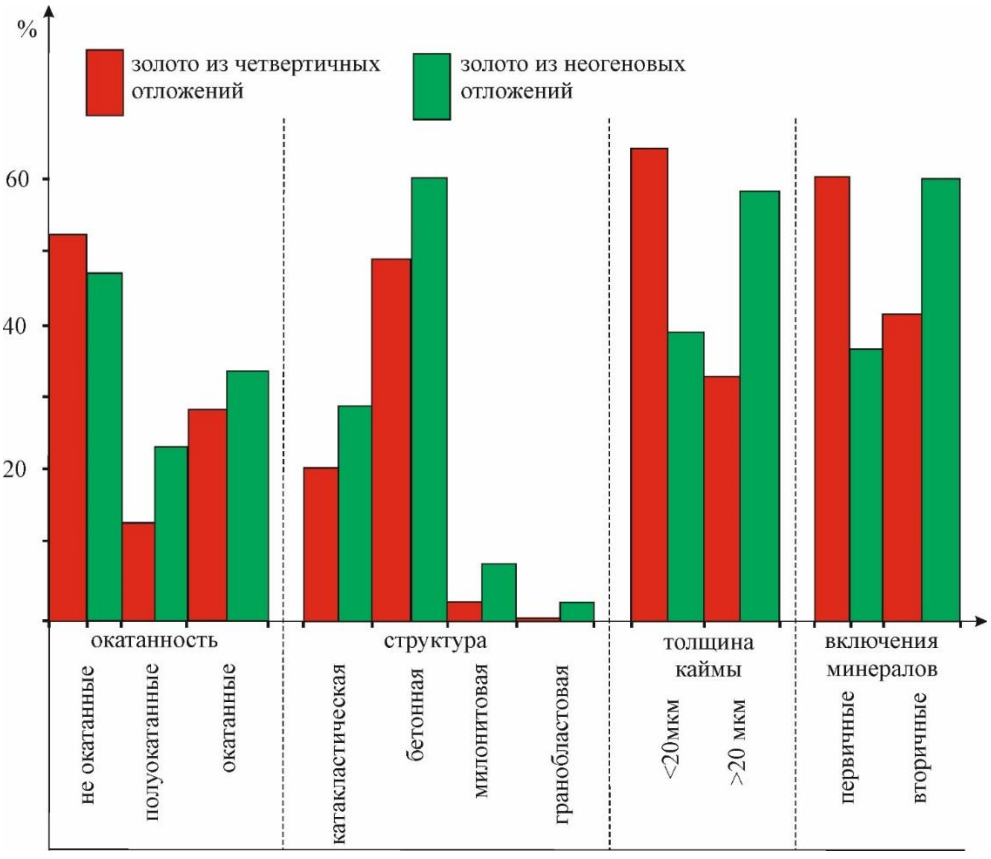


Рисунок 60. Гистограммы распределения типоморфных особенностей золота из четвертичных и неогеновых отложений.

Общая закономерность сравниваемых характеристических физических признаков внешнего и внутреннего строения частиц свидетельствует об их закономерном различии,

выраженном в количественном преобладании тех свойств, которые зависят от длительности их формирования. В неогеновых отложениях преобладает количество окатанных золотин, повышена концентрация детритовых частиц с бетонной дислокационной структурой, катакластические и милонитовые преобразования в неогеновом золоте «залечены» рекристаллизационным гранобластезом. Кроме того, в таком золоте заметно увеличена толщина метасоматических высокопробных кайм (рисунок 61).

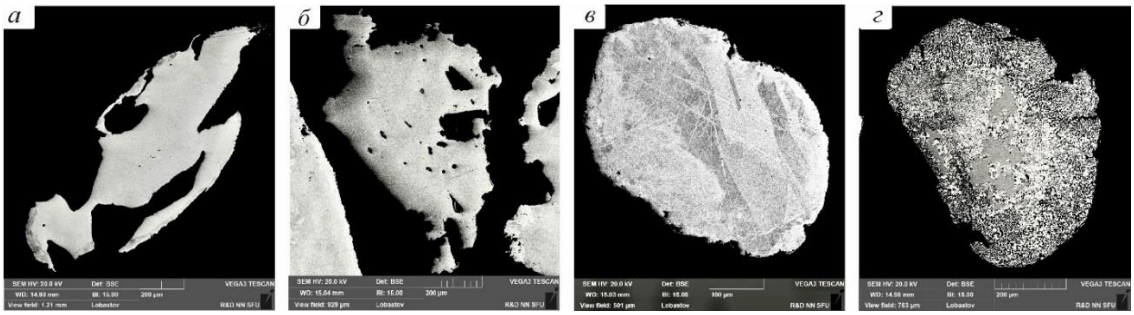


Рисунок 61. Внутреннее строение четвертичного (а, б – однородное) и неогенового (в, г – неоднородное) золота

а – р. Мал. Билелиг: весьма высокопробное медистое (Cu 1,1–1,48 %; 977–978 ‰); б – р. Мал. Кундус-Суг, т. н. 634; ртутистое низкопробное золото (Hg 4,36–5,51 %; 775–787 ‰); в – р. Мал. Алгияк, т. н. 1097: весьма высокопробное с высокопробной каймой (1000 ‰), в ядре 977–982 ‰ (двойниковое и пластически деформационное строение); г – р. Мал. Алгияк, т. н. 563: ядро – низкопробное ртутистое золото (Hg 6,43 %; 707 ‰), кайма пористая, перегородки серебристого золота (участки, примыкающие к порам: Ag 2,61 %; 973 ‰, следующая зона: Ag 9,64 %, 903 ‰).

В детритовых частицах минералы во включениях характеризуют парагенетические ассоциации образования и преобразования золота. Минералы первичные (собственно гидротермального происхождения) преобладают в золоте четвертичных отложений. Это минералы, образовавшиеся совместно с золотом в гипогенный этап (кварц, альбит, мусковит, апатит, рутил, карбонаты, пирит, арсенопирит, халькопирит, галенит и другие минералы). В золоте среди неогеновых отложений обычны включения смеси агрегатов глинистых гидрослюдистых минералов, каолинита, гидроксидов железа, лейкоксена, тонкозернистых фосфатов, являющихся продуктами гипергенного химического преобразования первичных рудных минералов (Николаева, 1990).

5.2. Химическая неоднородность золота из неогеновых и четвертичных отложений

Химический состав является важным типоморфным показателем при сопоставлении статистических выборок, в нашем случае золота из неогеновых и четвертичных отложений (таблица 16). Особенно важная информация о преобразовании золота в гипогенно-гипергенном эволюционном процессе проявляется при электронно-микроскопическом исследовании внутренней структуры и локального состава минерала (Ильенок, 1970; Николаева, 1990; Новгородова, 1983).

Таблица 16. Химический состав золота из отложений квартера и неогена

Неоген						Квартер					
Статистические параметры	Cu	Hg	Ag	Au	‰	Статистические параметры	Cu	Hg	Ag	Au	‰
р. Кундус-Суг: Ag-Au (634, 410, 411; n = 72)						*р. Кундус-Суг: Ag-Au (413, 413а; n = 31)*					
X_{min}	н/о	н/о	3,5	78,3	783	X_{min}	н/о	н/о	5,7	92,3	923
X_{max}	–	–	16,3	97,4	965	X_{max}	–	–	7,7	94,5	943
$X_{ср}$	–	–	8,1	91,8	917,1	$X_{ср.}$	–	–	6,8	93,3	931
S	–	–	3,6	4,2	39,9	S	–	–	0,5	0,6	4,9
V, %	–	–	45,0	4,5	4,3	V, %	–	–	7,3	0,6	0,5
р. Кундус-Суг: Cu-Ag-Au (634, 410, 411; n = 11)						*р. Кундус-Суг: Hg-Ag-Au (413, 413а; n = 5)*					
X_{min}	2,7	н/о	3,1	89,0	896	X_{min}	н/о	4,4	15,9	77,6	775
X_{max}	10,5	–	5,0	92,5	930	X_{max}	–	5,4	16,9	78,8	788
$X_{ср}$	4,9	–	4,4	91,3	918	$X_{ср}$	–	4,8	16,6	78,5	785
S	3,1	–	0,7	1,01	10,8	S	–	0,5	0,4	0,5	5,4
V, %	63,0	–	14,9	1,2	1,2	V, %	–	9,7	2,5	0,6	0,7
р. Мал. Билелиг: Ag-Au (1269, 1100, 1100а, 1199, 1199а, 1097, 1097а; n = 206)						*р. Мал. Билелиг: Ag-Au (1101, 1101а; n = 57)*					
X_{min}	н/о	н/о	0,4	84,4	844	X_{min}	н/о	н/о	0,5	90,2	918
X_{max}	–	–	15,3	99,9	1000	X_{max}	–	–	8,1	99,7	995
$X_{ср}$	–	–	3,7	96,2	963	$X_{ср}$	–	–	3,5	96,4	964
S	–	–	3,1	3,2	79,6	S	–	–	1,8	2,2	18,5
V, %	–	–	85	3,3	8,3	V, %	–	–	52,0	2,3	1,9
р. Мал. Билелиг: Cu-Ag-Au (1269, 1100, 1100а, 1099, 1099а, 1097, 1097а; n = 4)						*р. Бол. Билелиг: Au-Au (567, 1409, 1106, 1106а; n = 78)*					
X_{min}	1,0	н/о	0,9	96,6	966	X_{min}	н/о	4,4	15,9	77,6	775
X_{max}	1,5	–	2,3	97,9	978	X_{max}	–	–	16,2	99,4	984
$X_{ср}$	1,9	–	1,2	97,5	975	$X_{ср}$	–	–	5,1	95,0	948
S	0,2	–	0,7	0,6	5,8	S	–	–	4,0	4,1	40,0
V, %	17,5	–	58,7	0,6	0,6	V, %	–	–	78,0	4,3	4,2
р. Мал. Алгияк: Ag-Au (564, 563, 556, 566; n=33)						*р. Бол. Билелиг: Hg-Ag-Au (567,1409, 1106, 1106а; n = 4)*					
X_{min}	н/о	1,9	6,2	70,7	707	X_{min}	н/о	2,1	4,9	90,8	882
X_{max}	–	9,8	22,8	91,0	903	X_{max}	–	3,2	10,0	91,8	925
$X_{ср}$	–	5,2	12,0	83,0	827	$X_{ср}$	–	2,8	6,4	91,4	909
S	–	2,7	3,7	5,0	50,0	S	–	0,5	2,4	0,4	18,6
V, %	–	52,1	30,9	6,1	6,0	V, %	–	19,8	37,7	0,5	2,04
р. Черная: Hg-Ag-Au (573; n = 10)						*р. Мал. Алгияк: Ag-Au (1001, 1015; n = 36)*					
X_{min}	н/о	н/о	4,2	80,1	812	X_{min}	н/о	н/о	5,2	80,3	801
X_{max}	–	–	18,9	95,5	958	X_{max}	–	–	19,9	96,7	948
$X_{ср}$	–	–	10,1	89,3	897	$X_{ср}$	–	–	8,8	92,1	913
S	–	–	4,1	4,1	40,8	S	–	–	4,4	4,7	44,0
V, %	–	–	40,6	4,6	4,5	V, %	–	–	50,5	5,1	4,9
р. Черная: Cu-Ag-Au (573; n = 8)						*р. Черная: Cu-Ag-Au (1351, 1351-3, 1292; n = 1)*					
X_{min}	2,6	н/о	1,6	87,9	879	X_{min}	0,7	н/о	5,9	96,0	936
X_{max}	10,8	–	7,3	90,3	906	X_{max}	–	–	–	–	–
$X_{ср}$	6,4	–	5,9	89,4	898	$X_{ср}$	–	–	–	–	–
S	3,7	–	2,4	0,7	8,3	S	–	–	–	–	–
V, %	57	–	41	0,8	0,9	V, %	–	–	–	–	–

Примечания. В скобках – точки наблюдения, n – номер анализа; пробность: X_{min} – минимальная, X_{max} – максимальная, $X_{ср}$ – средняя; S – среднеквадтатичное отклонение, V % – коэффициент вариации; н/о – не обнаружено, прочерк – не анализировалось.

В отложениях неогеновых и четвертичных отложениях распространены серебристое, ртутистое и медистое золото, характерное для россыпей района. При сопоставлении разновозрастных выборок металла отмечается повышенная пробность золота всех химических типов из неогеновых отложений (см. таблицу 16).

Оценка степени однородности химического состава золотин из отложений четвертичного и неогеновых возраста осуществлена на основе статистических параметрических критериев согласия (критерии Стьюдента, Фишера и Колмагорова – Смирнова) (Петровская, 1941). Исходными данными для оценки сходства – различия химического состава золотин являлись основные параметры распределения содержаний золота, серебра и их пробности. Результаты сравнения концентраций Au, Ag и пробности приведены для серебристого золота, наиболее распространенного в россыпях района (таблица 17).

Таблица 17. Сравнение концентраций Ag, Au и пробности золота в частицах в россыпях четвертичных (Q) и неогеновых (N) отложений по критериям Стьюдента (*t*), Фишера (F), Колмагорова – Смирнова (λ)

Россыпь	$t_{эмп}$			$t_{0,05}$	$F_{эмп}$			$F_{0,05}$	λ			Различие
	Ag	Au	‰		Ag	Au	‰		Ag	Au	‰	
р. Кундус-Суг	2,82	3,08	2,99	1,98	53,09	47,16	65,93	1,69	1,40	1,55	1,52	Существенное
р. Бол. Билелиг	4,54	4,84	4,54	1,98	3,00	2,81	3,01	1,75	2,68	2,82	2,68	
р. Черная	**1,70**	3,39	2,00	1,96	**1,17**	**1,28**	**1,18**	1,35	1,96	2,87	2,04	
рр. Мал. и Бол. Алгияк	3,83	3,89	3,89	1,96	**0,89**	**1,03**	**0,93**	1,39	2,44	1,89	2,44	

Примечание. Точки наблюдения в четвертичных (Q) отложениях: р. Кундус-Суг (634, 410, 411); р. Бол. Билелиг (1290); р. Черная (573); р. Мал. Алгияк (564, 563, 556, 566, 1001); в неогеновых (N): р. Кундус-Суг (413*а*, 413); р. Бол. Билелиг (567, 1409, 1106, 1106*а*); р. Черная (1351, 1351-3, 1292); р. Мал. и Бол. Алгияки (1015, 1003, 557, 558, 559,1015); полужирным шрифтом выделены выборочные совокупности, различающиеся по изучаемому признаку.

Сравнение полученных эмпирических значений проводилось для уровня значимости α = 0,05. Проверка гипотезы о равенстве двух выборочных средних заключается в расчете критерия Стьюдента $t_{эмп}$ и сравнения полученного значения с табличным $t_{табл}$ для данного числа степеней свободы и заданной доверительной вероятностью.

Если расчетное значение критерия $t_{эмп}$ превышает теоретическое $t_{табл}$, то гипотеза о равенстве средних значений двух выборок отвергается, следовательно, изучаемые объекты различаются по средним, иначе объекты сходны.

При сравнении средних значений в пробах, отобранных из россыпей неогеновых и четвертичных отложений в рр. Кундус-Суг, Бол. Билелиг, Черная (за исключением серебра), Мал. и Бол. Алгияк отмечается существенное их различие. При сравнении средних значений Au, Ag и пробности в выборках анализов частиц из россыпей разного возраста по водотокам рр. Кундус-Суг, Бол. Билелиг различие подтверждено критерием Фишера.

Для проверки гипотезы о равенстве дисперсий в двух статистических выборках используется критерий Фишера F. Процедура проверки гипотезы сводится к нахождению эмпирического критерия $F_{эмп}$ и сравнения его с табличным $F_{табл}$.

Если вычисленное значение критерия Фишера $F_{эмп}$ превышает $F_{табл}$, то гипотеза о равенстве двух дисперсий отвергается, следовательно, изучаемые объекты различаются по дисперсиям, иначе объекты не имеют различий.

В нашем случае отмечается значимое различие рассеяния содержаний Au, Ag и пробности в выборках по рр. Кундустуг и Бол. Билелиг. Причем наибольшее различие дисперсий проявлено в четвертичных и неогеновых отложениях р. Кундус-Суг. Установлено сходство дисперсий концентраций Au, Ag и пробности в частицах, отобранных из разновозрастных отложений (N и Q) в россыпях водотоков рр. Черная, Мал. и Бол. Алгияк.

В том случае, когда изучаемые выборки различаются по одному из параметров (среднему или дисперсии), различие оценивается по выборочному распределению в целом с помощью критерия Колмагорова – Смирнова (λ). Теоретическое значение критерия λ не зависит от объема выборки и числа степеней свободы, а определяется только выбранным уровнем значимости: при α = 0,05 значение $\lambda_{теор} = 1,36$, при x = 0,01 $\lambda_{теор} = 1,63$.

Если рассчитанное значение $\lambda_{эмп} < \lambda_{теор}$, то выборочные совокупности не различаются по изучаемому признаку, т. е. объекты сходны. Если $\lambda_{эмп} > \lambda_{теор}$, то выборочные совокупности различаются по изучаемому признаку, т. е. объекты различны.

Выявленные существенные различия химического состава золотин из четвертичных и неогеновых отложений рек Амыло-Систигхемского района по критериям Стьюдента и Фишера подтверждается оценкой по критерию Колмагорова – Смирнова.

5.3. Выводы

Современный рельеф Амыло-Систигхемского рудно-россыпногого района связан с нео-орогенным этапом развития территории и наследует морфоструктуру поверхности неогенового возраста. Россыпи района принадлежат к двум разновозрастным группам – неогенового и четвертичного.

Неогеновые россыпи приурочены к террасоувалам и перекрыты полигенетическими четвертичными отложениями. Золотоносный аллювий, залегающий в днищах неогеновых долин, характеризуется желтовато-бурой и красноватой окраской, повышенной глинистостью, интенсивной окатанностью и выветрелостью крупнообломочного материала. Неогеновые россыпи наиболее распространены в долинах рр. Бол. Алгияк, Бол. Билелиг и Черная. Древние долины стока, сквозные долины, участки перехватов речной сети, связанные с неотектонической перестройкой, могут вмещать фрагменты неогеновых россыпей.

Четвертичные россыпи связаны с русловыми, пойменными и террасовыми формами рельефа и аллювиальными, делювиально-пролювиальными отложениями, которые сложены глинистым песчано-валунно-галечным материалом коричневато-серого цвета с примесью щебня и дресвы.

Источниками питания россыпей были площадные и линейные мел-палеогеновые коры выветривания и окисленные коренные золотоносные проявления, обнаженные в областях сноса.

Для поисков объектов россыпного золота благоприятны фрагменты палеодолин в бассейне р. Амыл, террасоувалы рр. Черная, Систиг-Хем, высокие террасы. Анализ количества добытого золота в начале и второй половине XX в. свидетельствует о повышенных перспективах форм рельефа, вмещающих неогеновые россыпи, которые в меньшей степени были задействованы в отработку тех лет, так как расположены на большей глубине и перекрыты четвертичными отложениями.

Различия россыпного золота разновозрастных золотоносных отложений проявляются в различии морфологии, скульптурного узора поверхности частиц, характера ограничений и механического повреждения частиц. Количественная оценка типоморфных признаков россыпного золота позволяет предполагать соотношение неогенового и четвертичного золота в изученных россыпях района приблизительно (1:3)–(1:2,5).

Частицы золота четвертичных отложений обладают объемными интерстициальными формами, унаследованными формами гипогенного золота (комковидной, амебовидной, ветвистой, призматической, игольчатой, таблитчатой, осложненными игольчатыми и полигональными выступами и углублениями). В средних и хвостовых участках россыпей появляются окатанные зерна золота с плавно извилистыми и округленными ограничениями, пластинчатые и чешуйчатые частицы.

Частицы золота неогеновых отложений обычно пластинчатые, чешуйчатые, хорошо окатаны, тонкие отростки прижаты к основному телу частицы, края завальцованы, изогнуты. Поверхности золотин имеют шагреневый облик и обычно покрыты пленками гидроксидов железа. Внутренняя структура золотин имеет полифазное строение, с ярко выраженными ядром первично гранобластового строения Ag-Au состава различной пробы с межзерновыми прожилками (970–1000 ‰), деформированного, сдвойникованного первичного золота, окруженного мелкогранобластовой коррозионной высокопробной (около 1000 ‰) метасоматической каймой и наросшей на нее пленкой биогенно-аутигенного золота.

Кластогенное золото обычно содержит во включениях парагенные минералы, образовавшиеся совместно с золотом в гипогенный этап рудообразования – кварц, альбит, мусковит, апатит, рутил, карбонаты, пирит, арсенопирит, халькопирит, галенит и другие минералы. В золоте среди неогеновых отложений обычны включения смеси агрегатов глинистых

гидрослюдистых минералов, каолинита, гидрооксидов железа, лейкоксена, тонкозернистых фосфатов, являющиеся продуктами химического гипергенного преобразования первичных рудных минералов.

В отложениях неогена и квартера распространены химические типы (серебристое, ртутистое, медистое) россыпного золота, характерные в целом для россыпей района. Состав россыпного золота в неогеновых отложениях отличается более высокой пробностью, чем в четвертичных. По статистическим критериям согласия Стьюдента, Фишера и Колмагорова – Смирнова выявлены существенные различия параметров (среднее содержание, дисперсия) химического состава золотин из четвертичных и неогеновых отложений рек Амыло-Систигхемского района.

ГЛАВА 6. ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОРУДОГЕНЕЗА В АМЫЛО-СИСТИГХЕМСКОМ РУДНО-РОССЫПНОМ РАЙОНЕ

Океанские и островодужные вулканогенно-осадочные, флишоидные и молассовые толщи, офиолитовые и очаговые магматические интрузии от основного до кислого составов, с гидротермальным сопровождением явились вмещающими и продуцентами хромита, платиноидов, золота, ртути, алюминия, асбеста и талька (Ильенок, 1948; Богомолов и др., 1955; Кальниченко, 1972; Зайков и др., 1981; Скляров, 1982; Берзон, 1983; Лопатин и др., 1986; Коробейников и др., 1983; Меткин и др., 1989; Крупник и др., 1992; Попов и др., 1999 *ф.*; Лебедев и др., 2001; Прудников, 2004; Еханин, 2010; Чернышов, Юричев, 2013; Рыбакова, 2019; Юричев, Чернышов, 2019; Гаськов, Прудников, 2022) (таблица 18). Рудоконтролирующими, рудораспределяющими и рудовмещающими тектоническими структурами служили Кандатский, Саяно-Тувинский и Систигхемский глубинные разломы, их саттелиты и приразломные пликативные нарушения разных порядков (Попов и др., 1999; Калинин и др., , 2006; Гаськов, Прудников, 2021). Благороднометалльный профиль месторождений района формировался на фоне активных эндогенных процессов рифея-девона и экзогенных преобразований руд в мезозое-кайнозое (Кальниченко, 1972; Ящук и др., 1984; Кузнецов, 1989; Попов и др., 1999; Еханин, 2010). В результате, в индивидах золота и агрегатах ассоциирующих минеральных комплексах отразились типоморфные признаки телескопированных эндогенно-гипергенных процессов (Григорьева и др., 1969; Кальниченко, 1972; Хертек, Сазонов, 2023; 2024).

6.1 Пространственное распределение химических типов золота

В районе, помимо жильного и вкрапленного оруденения серебристого, ртутистого и медистого золота установлена коренная золото-платиноносность в хромитовых рудах Калнинского массива и россыпях по р. Калне и ее притоков. По данным работ (Крупник, 1992; Еханин, 2010) золото характеризуется медистым (вплоть до тетрааурикуприда) составом, примесью палладия, ртути, присутствием в рудах и россыпях электрума и кюстелита. Особенности состава детритового золота из россыпи по р. Кална отражены на рисунке 62.

В изученных нами россыпях района (рр. Кундус-Суг, Изинзюль, Билелиг, Алгияк и Черная) отмечается серебристое (93 %), ртутистое (5 %) и медистое (2 %) золото (см. таблицу 10).

Таблица 18. Характеристика оруденения Амыло-Систигхемского рудно-россыпного узла

Региональная геолого-тектоническая позиция. Эпохи рудообразования	Рудовмещающие породы	Рудогенерирующий магматизм	Зеленокаменные и гидротермальные измененные породы	Структурные элементы рудного района; форма рудных тел; элементы залегания	Полезные ископаемые рудно-россыпного района; рудообразующие минералы
Граничная область Таннуольско-Хамсаринской и Северо-Саянской островодужных систем. Саяно-Тувинский глубинный разлом. Хемчикско-Куртушубинская металлогеническая зона. Контур аккреционной призмы раннекембрийской зоны субдукции океанической коры под Тувино-Монгольский континент. **Эпохи рудообразования**: *байкальская* – золотоплатиноидный тип благороднометалльного оруденения; *салаирская* – золото-сульфидно-кварцевый тип минерализации; *каледонская* – убогая золоторудная минерализация (преимущественно перекристаллизованные	*Западная* часть района – пара- и ортосланцы зеленосланцевой фации джебашской серии Центрально-Саянской зоны; *центральная* – породы Куртушубинского офиолитового пояса; *восточная* – породы Хемчикско-Систигхемского колизионного преддугового прогиба.	Рудообразование связано с интрузиями комплексов: *иджимского* (акдовуракского) дунит-гарцбургитового; гипабиссального *изинзюльского* малых интрузий габбро-диорит-плагиогранитов; *булкинского* расслоенного габбро-анортозитового; кызыкчадрского габбро-норитового; *кукшинского* сиенит-щелочно-гранитового; *кендейско-саглинского* базальт-риолитового; *джойского* гранитного.	Площадные *зеленокаменно-измененные* породы: спилиты, кератофиры и альбитофиры (Кузнецов, 1989); *гидротермально-измененные* породы: площадные пропилиты и березито-лиственитты, серпентиниты.	Очаговая кольцевая структура (Лопатин, 1986*ф*); сопряженные антиклинально-синклинальные складки юго-западное (210–220°) падение 60–70° на СЗ; дизъюнктивы разных порядков (ортогональные и диагональные); зоны рассланцевания (ранняя – соскладчатая, поздняя – простирание 140–150°, пад. на ЮЗ 75–85° (Ильенок, 1948*ф*).	Проявления хромитов, титана, алюминия, вольфрама, золота, платиноидов, ртути (Попов, 1999*ф.*). P_2+P_3 хромитов Эргакского и Калнинского массивов – 20,4 млн т; Ильменитовые и титаномагнетитовые руды Булкинского массива: P_3 TiO_2 – 4 млн т; P_3 россыпного ильменита – 151200 т; P_3 Al_2O_3 в анортозитах Булкинского массива –4095 млн т.
	Золотоплатиноидный минеральный тип. Гипербазиты Калнинского массива (P_3 ЭПГ 5 т); Булкинский массив (P_3 ЭПГ 3 т); углеродистые сланцы района (P_3 ЭПГ 5 т) (Попов, 1999*ф*).				
	Дуниты, хромититы, гарцбургиты, серпентиниты. Стратифицированные углеродисто-кремнистые сланцы венда – нижнего кембрия (Ящук, 1984; Крупник, 1992*ф*;	Позднерифейский (?) иджимский дунит-гарцбургитовый комплекс (Ящук, 1984; Крупник, 1992*ф*; Еханин, 2010; Рыбакова, 2019).	Родингитизация, серпентинизациия, хлоритизация, оталькование, хромит-магнетитовая вкрапленность (Еханин, 2010; Рыбакова, 2019).	Линзы вкрапленности платиноидного комплекса минералов: северо-западного (315°) простирания, падение на ЮЗ 65-75° (Еханин, 2010; Чернышов, Юричев, 2013; Рыбакова, 2019).	***Золото-платиноидные вкрапленные руды*** (Ящук, 1984*ф*; Рыбакова, 2019; Крупник, 1992*ф*; Еханин,2010) *Нерудные:* оливин, ромбический пироксен, серпентин,магнезит,кальцит

Региональная геолого-тектоническая позиция. Эпохи рудообразования	Рудовмещающие породы	Рудогенерирующий магматизм	Зеленокаменные и гидротермальные измененные породы	Структурные элементы рудного района; форма рудных тел; элементы залегания	Полезные ископаемые рудно-россыпного района; рудообразующие минералы
участки руд байкальской и салаирской эпох); *герцинская* – золотортутный минеральный тип оруденения и рекристаллизация руд предыдущих эпох.	Еханин, 2010; Рыбакова, 2019).				, сидерит, клиноцоизит, серпентин, тальк *Рудные:* хромшпинелиды, осмистый иридий, изоферроплатина, тетраферроплатина, железистая платина, высоконикелистая платина, туламинит, арсениды и , теллуриды Pt, Pd, Rh, палладистое золото, тетрааурикуприд, медистое золото, серебристое золото 750–870 ‰, ртутистое золото, электрум
	Золото-сульфидно-кварцевый минеральный тип. Запасы и ресурсы золота Октябрьского месторождения – C_1+C_2 = 712 кг до гл. 70 м (Ильенок, 1948*ф*); $C_2+P_2+P_3$ = 50 т до гл. 100 м (Кильичаков, 1984*ф*); P_2 = 38 т до гл. 500 м (Лопатин, 1986); $C_2+P_1+P_2$ = 36,6 т до гл. 300 м (Дружков, 2004*ф*); $C_2+P_1+P_2+P_3$ = 43 т до гл. 500 м при $X_{ср}$ =2-5 г/т (Попов, 1999*ф*)				
	Вулканогенно-осадочные породы: коярдская толща (коматииты, толеитовые базальты, вулканиты средне-кислого состава); макаровская толща (базальты их туфы; подчиненные дациты, риолиты, риодациты, известняки, глинисто-кремнистые, углеродисто-кремнистые сланцы, кварциты);	*Изинзюльский* габбро-диорит-плагиогранитный комплекс: абс. возраст (млн лет): габбро 538±5; плагиогранит 538±4. *Булкинский* габбро-анортозитовый комплекс – 465±5 млн лет (Бородина и др., 2011); габброиды 495;	Гидротермальные изменения около кварцевых жил: окварцевание, альбитизация, эпидотизация, турмалинизация, серицитизация, хлоритизация, карбонатизация, сульфидизация (Ильенок, 1948*ф*; Коробейников,	Золото-сульфидно-кварцевые жилы, штокверки в силлах метадиоритов и вмещающих породах. Простирание жил – от 300-330° до субмеридионального с изгибами на северо-восток и в широтном направлениях. Падение на СВ около 80° до субвертикального	(Ильенок,1948*ф*; Коробейников, Пшеничкин, 1984) *Нерудные:* кварц, турмалин, альбит, серицит, хлорит, эпидот-клиноцоизит, кальцит, анкерит, сидерит, брейнерит, рутил, титанит, апатит, монацит. *Рудные*: ильменит, шеелит, пирит, арсенопирит, халькопирит, сфалерит, галенит, серебристое золото, акантит, имитерит,

Региональная геолого-тектоническая позиция. Эпохи рудообразования	Рудовмещающие породы	Рудогенерирующий магматизм	Зеленокаменные и гидротермальные измененные породы	Структурные элементы рудного района; форма рудных тел; элементы залегания	Полезные ископаемые рудно-россыпного района; рудообразующие минералы
	орешская толща (кварциты, кремнисто-глинистые и углеродисто-кремнистые сланцы. *Редкие прослои* базальтов, их туфов, известняков, аргиллитов, алевролитов, песчаников и гравелитов). *Гипабиссальные тела* габбро, диоритов, кварцевых диоритов, плагиогранитов и гранодиоритов изинзюльского комплекса.	горнблендиты – 417 млн лет (Мурзина, 1971); гранитоиды, рвущие расслоенный комплекс интрузии 415,9±3,7 млн л (Бородина и др., 2016).	1983*ф*; Лопатин, 1986*ф*)		ютенбогардит, сульфиды, сульфасоли, Fe, Sb, Pb
	Золото-киноварный минеральный тип. Прогнозные ресурсы (P_3) ртути в районе 800 т (Попов, 1999*ф*)				
	Базальты, порфириты, родингиты (?), серпентиниты, терригенно-сланцевые отложения макаровской и орешской толщ	*Герцинская или мезозойская* эпохи рудообразования (?). Проявлены массивы интрузий *кукшинского* сиенит-щелочно-гранитного, *кызыкчадрского* габбро-диорит-гранитного, *кендейско-саглинского* габбро-диорит-гранитного, гранитоидов *большепорожского* и	Киноварная вкрапленность сопровождается окварцеванием, карбонатизацией, лиственитизацией, пиритизацией, серпентинизацией (Попов, 1999*ф*; Данилов, 1956*ф*).	Вкрапленность киноварной минерализации в трещинах – 350° падение на ЮЗ 80–85°; широтного простирания 80–85° на запад; 65° пологие углы падения на СЗ; 110° пад. на ЮЗ, 75°.	***Ртутная прожилково-вкрапленная минерализация*** (Попов, 1999*ф*; Ильенок, 1948*ф*; Богомолов, 1955*ф*; Крупник, 1992*ф*) *Нерудные*: кварц, кальцит, анкерит, барит *Рудные*: киноварь, самородная ртуть, никелин, халькозин, герсдорфит, алексит, серебристое золото, сульфиды серебра,

Региональная геолого-тектоническая позиция. Эпохи рудообразования	Рудовмещающие породы	Рудогенерирующий магматизм	Зеленокаменные и гидротермальные измененные породы	Структурные элементы рудного района; форма рудных тел; элементы залегания	Полезные ископаемые рудно-россыпного района; рудообразующие минералы
		джойского комплексов раннего девона. Абс. возраст габбро из силла в верховьях р. Изинзюль (Ar-Ar) 285±4 млн л (Монгуш, 2023).			ртутистое золото, метациннабарит, пирит, антимонит, халькопирит, марказит, магнетит

Распределение выделенных разновидностей золота в россыпях свидетельствует об особенностях распределения источников питания россыпей с разнотипным по химическому составу золотом в рудах (таблица 19, рисунок 63).

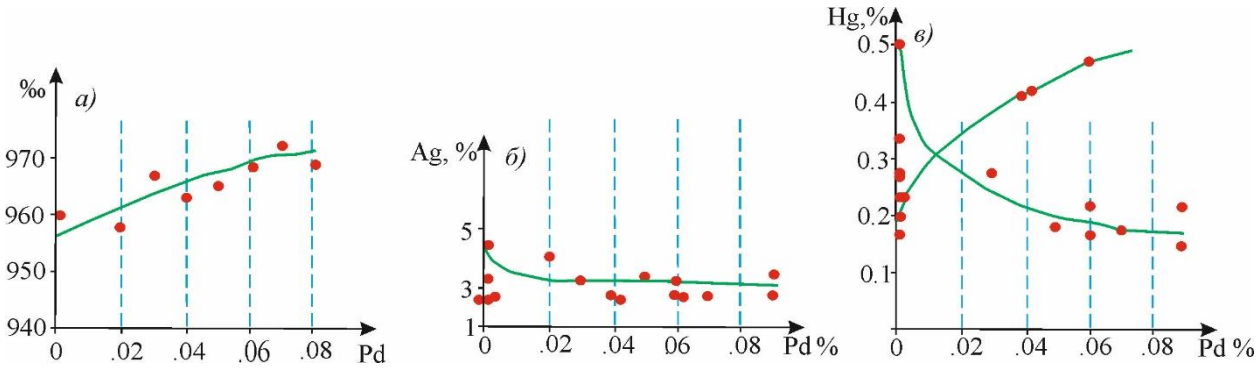


Рисунок 62. Состав золота аллювиальных отложений левого притока р. Кална (по материалам В.М. Крупника)

Таблица 19. Разновидности золота в водотоках (%)

Водотоки	Химический тип золота					
	Серебристое				Медистое	Ртутистое
	Пробность, ‰					
	700–799	800–899	900–949	> 950		
Кундус-Суг	1	15	63	13	3	5
Изинзюль	7	25	61	7	–	–
Мал. Билелиг	–	6	11	79	4	–
Бол. Билелиг	4	15	14	58	5	4
Мал. Алгияк	–	42	30	–	–	28
Бол. Агияк	–	15	69	7	–	9
Черная	–	32	50	4	7	7

Примечание. Прочерк – не обнаружено.

В изученных нами россыпях (рр. Кундус-Суг, Изинзюль, Билелиг, Алгияк и Черная) присутствует серебристое (93 %), ртутистое (5 %) и медистое (2 %) золото (см. таблицу 10).

Распределение выделенных разновидностей золота свидетельствует об особенностях распределения источников питания россыпей с разнотипным по химическому составу золотом в рудах (см. таблицу 19; рисунок 63). В серебристом золоте по пробности установлены четыре разновидности, в ртутистом – низко-, средне-, высоко- и весьма высокопробная, в медистом – средне-, высоко- и весьма высокопробное.

Низкопробное серебристое золото мало распространено и встречается в россыпях рр. Изинзюль и Бол. Билелиг; среднепробное серебристое наиболее распространено (>25 %) в россыпях рр. Изинзюль, Мал. Алгияк и Черная; высокопробное серебристое преобладает (>50 %) в рр. Кундус-Суг, Изинзюль, Бол. Алгияк, Черная; весьма высокопробное серебристое (>50 %) – в рр. Мал. и Бол. Билелиг. Медистое золото отмечается в россыпях рр. Кундус-Суг, Мал. и Бол. Билелиг, Черная вблизи вулканических построек девонского возраста и ордовикской интрузии

ультрамафит-мафитов. Ртутистое золото в заметном (28 %) количестве распространено в россыпи р. Мал. Алгияк. Химические типы золота обусловлены разнообразием условий их образования, заключающееся в различии источников и состава гидротермальных растворов, среды отложения, парагенезисов золотосодержащего агрегата и РТХ-условий кристаллизации. Нами не исключаются явления телескопирования в преобразовании рудных агрегатов, при разновозрастном проявлении продуктивного гидротермального процесса.

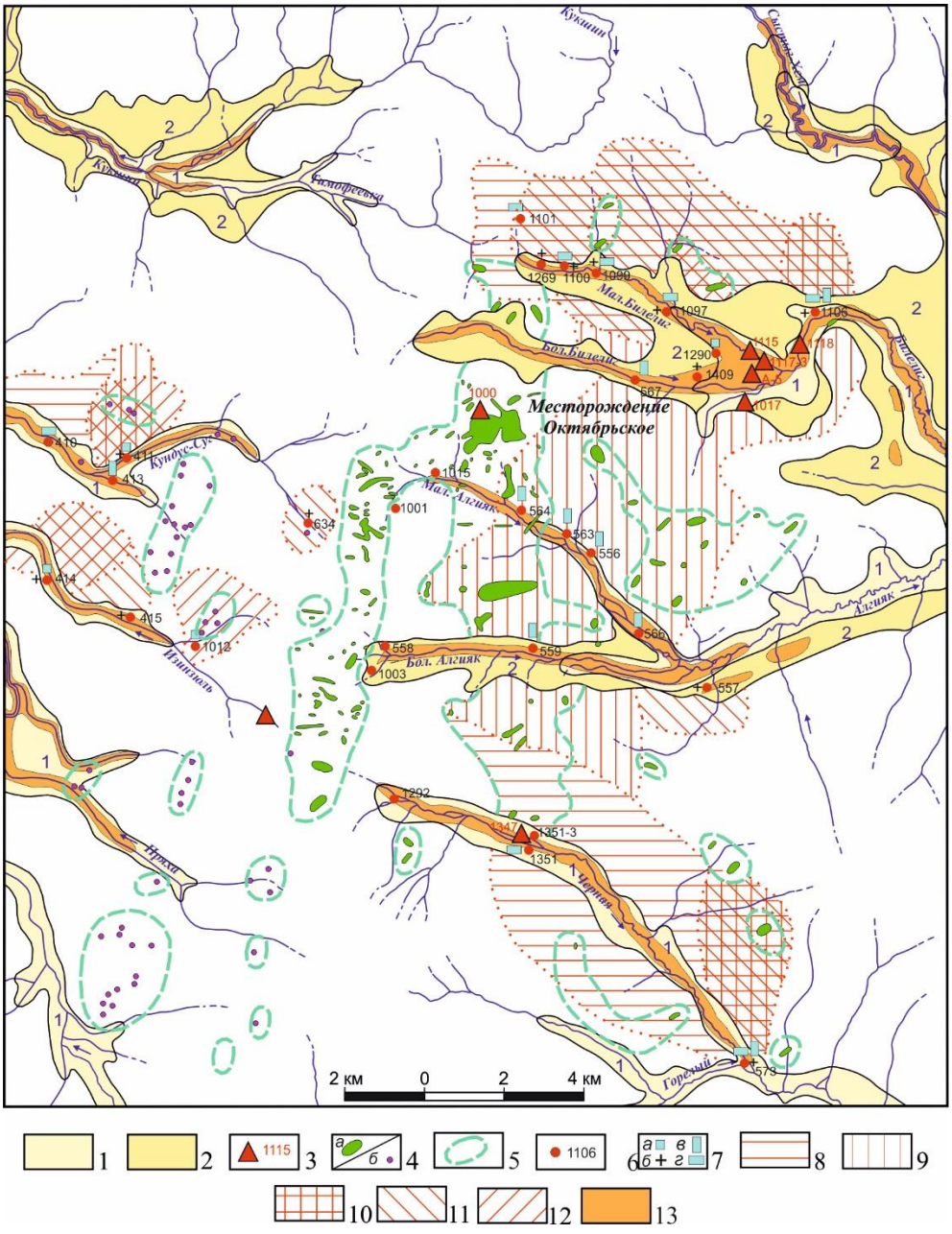


Рисунок 63. Распространение химических типов золота в рудно-россыпном районе

1–2 – аккумулятивный рельеф: 1 – аллювиальные равнины русла и поймы с участками отработанных золотодобывающих полигонов (QIII-H), 2 – слабо наклонные поверхности нерасчлененных надпойменных террас, переработанных склоновыми процессами (террасоувалы) (QII-III); 3 – свалы жильного кварца с видимым золотом и номера проб; 4 – минерализованные метасоматиты (а), – точки золоторудной минерализации (б); 5 – точки лоткового опробования рыхлых отложений; 6 – химические типы золота: а – низкопробное Ag-Au; б – весьма высокопробное Ag-Au; в – ртутистое; г – медистое; 7–11 – ареалы предполагаемого сноса золота: 7 – медистого, 8 – ртутистого, 9– медистого и ртутистого, 10 – Ag-Au высокопробного, 11– Ag-Au низкопробного; 12– россыпи.

Средние значения пробности серебристого золота в точках наблюдения россыпей изменяются от 872 до 972 ‰, а коэффициенты вариации (V %) - в интервале 0,32-8,58 % (рисунок 64). Меньший разброс значений пробности и коэффициента вариации отмечается для золота в неогеновых отложениях, (Хср – 887-914 ‰); (V – 0,53-5,28 %), а в четвертичных отложениях – Хср – 872-972 ‰, V – 0,32-8,58 %. Повышение коэффициента вариации, вероятно, связано с присутствием в т.н. золота из нескольких источников питания.

Характерной особенностью золота россыпей является снижение пробности при увеличении коэффициента вариации. Только для золота россыпи Мал. Алгияк отмечена обратная закономерность.

Выявлен тренд от больших значений пробности к меньшим: Мал. Билелиг → Бол. Билелиг→Черная→ Кундус-Суг → Бол. Алгияк→ Изинзюль→ Мал. Алгияк, который отражает изменение золота в коренных источниках и степени метасоматического очищения золота при гипергенном метасоматозе в россыпях (Хертек, Сазонов, 2023).

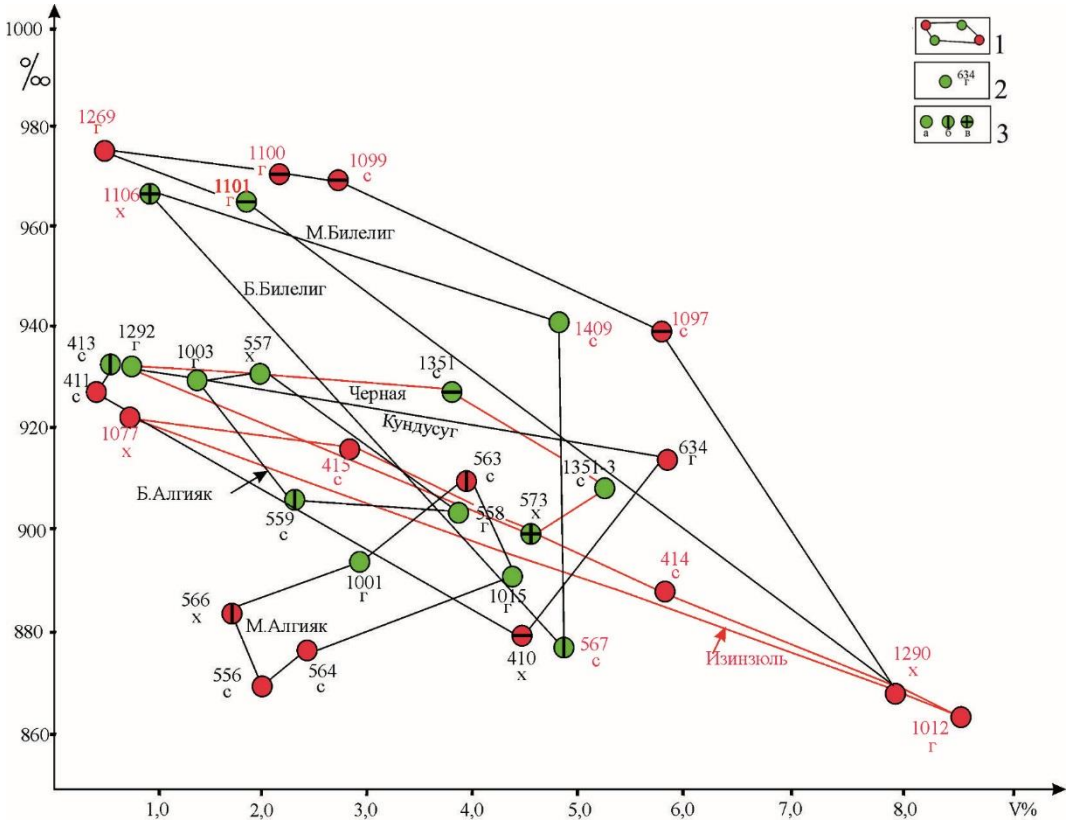


Рисунок 64. Поля средних значений пробности золота Ag-Au состава в россыпях

1 – контур средних значений пробности в точках наблюдениях (красная заливка – четвертичные отложения, зеленая – неогеновые); 2 – точки наблюдения и их номера (г – головка, с – середина, х – хвост россыпи); 3 – золото; только серебристое (а), ртутистое и серебристое (б), серебристое медистое (в)

Если принять точку зрения, что коренное золото в районе связано с постмагматическим гидротермальным рудообразованием изинзюльского комплекса, а его рекристаллизация, изменение состава и частичное новообразование осуществлялись в тепловых и гидротермальных

контактовых ореолах интрузий булкинского, кукшинского и кендейско-саглинского комплексов, то этим можно объяснить более высокую пробность золота в россыпях рр. Мал. и Бол. Билелигв и частично рр. Черная и Кундус-Суг. Золото россыпей рр. Мал. и Бол. Алгияк и Изинзюль испытало вторичную рекристаллизацию и ассимиляцию ртути. В россыпях рр. Мал. Билелиг и Черная пробность золота снижается, а коэффициент вариации возрастает от головки россыпи к хвосту.

Значительное количественное различие пробности золота коренных и россыпных месторождений рудно-россыпных районов отмечалось в классических работах по геологии россыпей (Билибин, 1956; Новгородова, 1983; Петровская, 1973; Шило, 1985) и непосредственно Республики Тыва (Кальниченко, 1972; Прудников, 2004). Предполагается, что это различие может быть связано либо с недостаточной изученностью источников рудного золота, их вскрытости на момент формирования россыпей (Некрасов, 1991), либо с метасоматическим преобразованием золота и изменением состава россыпей (Хертек, Сазонов, 2023).

6.2 Минералого-геохимические парагенезисы золоторудной минерализации района

Рассмотрим срастания и включения сульфидов, оксидов и нерудных минералов с минералами благороднометалльного комплекса в золоте россыпей и коренных проявлений, а также ассоциации литохимических рудогенных моноэлементных ореолов.

Хромит-благороднометалльная ассоциация. Минералогия благороднометалльного рудного комплекса в хромититах и условия ее образования рассмотрены в публикациях (Крупник, 1992; Еханин, 2010; Рыбакова,2019). Золотоплатиноидная минерализация пространственно и генетически связана с телами хромититов, приуроченных к линейным зонам высокотемпературного (>1000^{o}C) пластического течения в дунит-гарцбургитовом комплексе. В таких зонах происходили интенсивное рестирование мантийного субстрата и метаморфическая сегрегация хромшпинелидов и высокотемпературных минералов платиновой группы (МПГ) (Os, Ir, Ru). Низкотемпературные МПГ (Pt, Pd, Rh) образовали собственные минеральные формы (самородные, сульфиды, арсениды, теллуриды и антимониды) при становлении интрузий ультрамафитов в коровых условиях и температурах ниже 600 °C. Золотосеребряная минерализация с примесью Pd, Hg и Cu кристаллизовалась при низких температурах (<300^{o}C), в гидротермальную стадию преобразования ультрамафитов – в родингитах, лиственитах, серпентинитах, талькитах. В россыпях правых притоков р. Амыл отмечено мелкое и самородковое высоко- и среднепробное золото с примесями Cu, Hg, Fe, Mn, Ni, Co, Pd, Pt и Cr (Крупник,1992). Парагенетические минеральные ассоциации продуктивной стадии по включениям в золоте представлены: *арсенопирит + пирит; алюмосиликатами Ca, Fe, Na и*

кварцем. Нами в россыпи Кундус-Суг (т. н. 411) в поле развития серпентинового меланжа в высокопробном золоте выявлен минеральный комплекс родингитов; *ильменит + клиноцоизит-эпидот*; в медистом высокопробном золоте россыпи Изинзюль – *никелин и клиноцоизит-эпидот, халькозин*.

Золото-сульфидно-карбонат-кварцевая ассоциация. Является ведущей продуктивной на месторождении Октябрьское и в многочисленных проявлениях золота района. Пространственное распределение в пределах района контролируется субмеридиональными и субширотными зонами нарушений. Простирание кварцевых жил Октябрьского месторождения северо-западное, субширотное, падение крутое (80–90°), средняя протяженность жил около 130 м, мощность 0,15–6,0 м. Кварц серый (ранний) и белый (поздний). Распределение золота в гидротермальных образованиях крайне неравномерное, гнездовое. Содержание золота по валовому опробованию – более 100 и десятки г/т. Высокие содержания золота приурочены к раздувам, местам изгибов жил в связи с пересечением трещин (Ильенок, 1948*ф.*).

Золото формирует срастания с *пиритом, арсенопиритом, халькопиритом, галенитом, альбитом, сфеном, карбонатом и мусковитом* (Коробейников, Пшеничкин, 1983). Морфология частиц золота интергранулярная, пластинчатая, крючковатая, чешуйчатая и каплевидная. Иногда в агрегатах золота наблюдаются грани куба, октаэдра, пентагон-додекаэдра и скелетных форм. Пробность золота в кварц-альбитовых жилах 800–880 ‰. Золото из кварцевой жилы Поперечная (Юшковская) Октябрьского месторождения (77 определений) имеет Ag-Au состав, пробностью 810–1000 ‰ (среднее 879 ‰). По количественному признаку, преобладает золото средней пробы (800–899 ‰), около 15 % – высоко- и очень высокопробное. Изученные нами частицы золота из концентрата кварцево-рудной массы Октябрьского месторождения характеризуются преобладающей пробностью 880–890 ‰, около 10 % определений соответствует золоту высокой пробы. По мнению геологов, изучавших золотоносность территории, основными источниками питания россыпей являются золоторудные кварцевые жилы октябрьского типа, связанные с вендраннекембрийским (изинзюльским) габбро-плагиогранитным комплексом малых интрузий.

В «свалах» кварца на стрелке рр. Мал. и Бол. Билелиг в контактовом ореоле ультрамафит-мафитов Сыдыкского массива обнаружены электрум и золото практически непрерывной пробности от 497 до 990 ‰, акантит (Ag_2S), оксиды и гидроксиды по тонкозернистым агрегатам сульфидов и сульфосолей Fe, Pb, Sb (розианит $PbSb_2O_6$, монимолит $Pb_2Sb_2O_7$, биндгеймит $Pb_2Sb_2O_6O$), имитерит ($Ag_{2,16}Hg_{0,88}$ S_2), также обычно окисленного, с недостатком Hg и S, ютенбогаардтит ($Ag_{3,08}Au_{0,86}S_{2,05}$) (рисунок 65).

В агрегатах церуссита (проба 1115 в долине р. Мал. Билелиг, см. рисунок 63) анализом установлена примесь Se (2,44 %), в гидроксидах сульфосолей Pb, Sb в контакте с ютенбогаардтитом (проба 1118, р. Бол. Билелиг) – примесь Se – 0,61–1,62 %. В пробе А-1 в

гидроксиде Fe, окружающего галенит и акантит, установлена примесь Te – 0,77–1,86 %, в пробе 1118 в смеси оксидов сульфосолей Pb и Sb и оксидов по ютенбогаардтиту – примесь Te – 2,05–2,72 %.

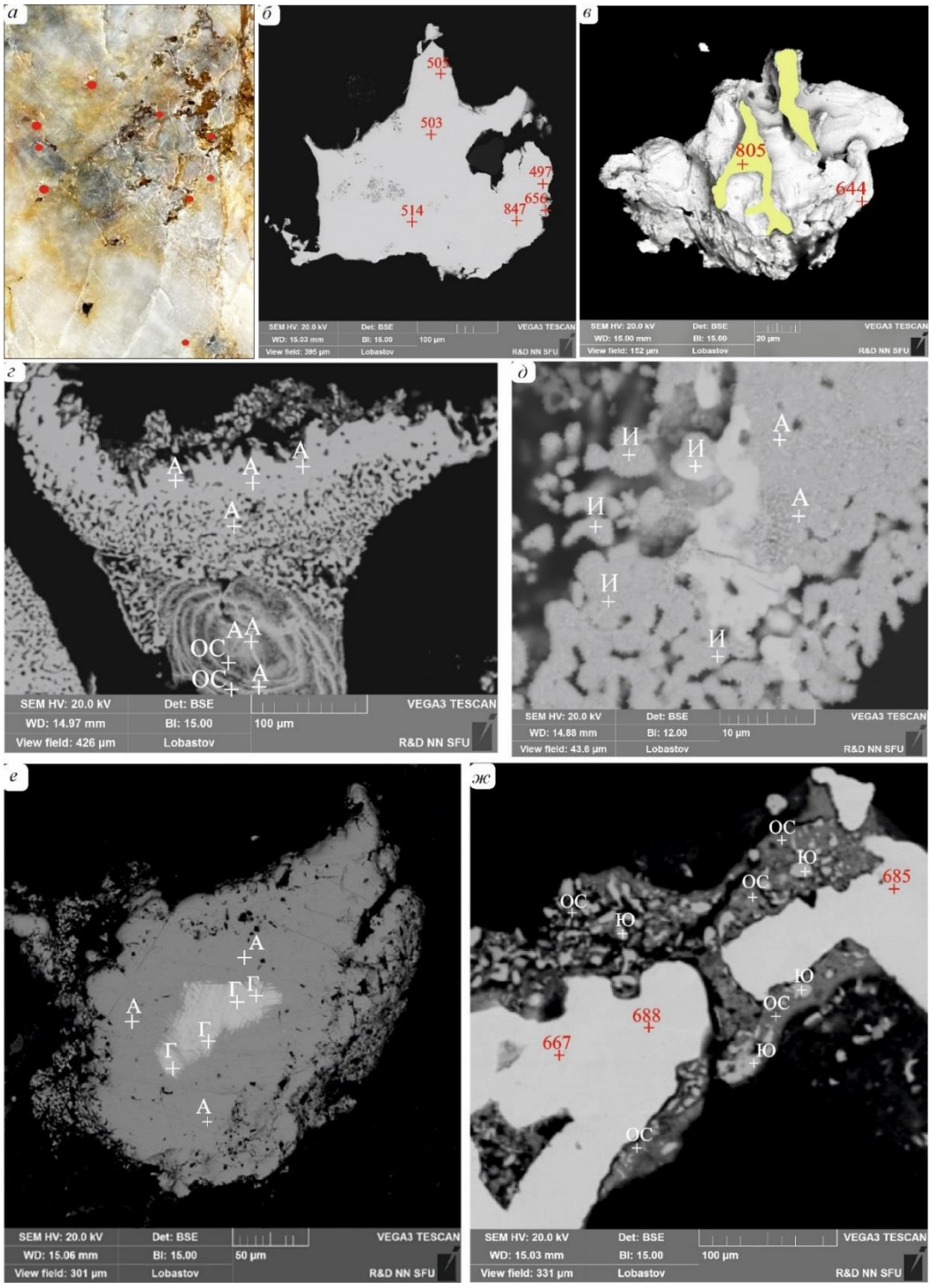


Рисунок 65. Агрегаты благороднометалльных минералов

а – брекчия жильного кварца: кварц-II цементирует и ассимилирует обломки кварца-I; в кварце-II – видимое золото (красные точки); б – золото в кварце: неоднородный состав частицы по площади, цифры – пробность; в – частица золота двух генераций: цифры – пробность (644 ‰ –матрица, , 805 ‰ – прожилок; г – агрегат массивного, пористого, колломорфного аканита (А), темные зонки – окисленный (ОС) аканит в колломорфном аканите; д – аканит (А) – имитеритовый (И) агрегат; е – замещение галенита (Г) акантитом (А); ж – сросток золота (667–688 ‰) с агрегатом акантит-ютенбогаардтита и оксидами сульфидов Fe, Pb, Sb (ОС) (серое).

В россыпи р. Золотая (Эйлиг-Хемскогоий рудный узел Куртушубинско-Хемчикской металлогенической зоны) обнаружены и охарактеризованы селениды и теллуриды платиновых металлов (Толстых и др., 1997). Нетипичные для платинового оруденения соединения Se и Te с тугоплавкими Os, Ir и Ru – большая редкость ввиду низкотемпературности их образования. Авторы (Толстых и др., 1997) пришли к выводу, что каймы и тонкая сетка теллурида рутения в зернах Ir-Os-Ru и Ir-Os интерметаллидов, агрегаты самородного иридия, участками замещенного селено-арсенидом иридия в срастании с кварцем и золотом, являются результатом метасоматического взаимодействия высокотемпературных МПГ с поздними низкотемпературными кремнезем-золото-теллур-селенидными растворами. Теллур-селеновая и сурьмяная минерализация изучена в Алдан-Маадырском рудном районе, расположенном в южном окончании Хемчикско-Куртушубинской металлогенической зоны (Кужугет, 2014, 2021, 2024). По данным исследователя, минералы золота, теллуриды и селениды образуют включения в кварце, сульфидах и сульфосолях. Р.В. Кужугет вслед за В.В. Зайковым предполагает генетическую связь оруденения с малыми интрузиями и дайками гранодиорит- и тоналит-порфиров I и II фаз баянкольского комплекса (D_3) (Зайков, Зайкова, 1969; Зайков и др., 1981). Минеральный и геохимический парагенезис Se-Te-Pb-Sb-Ag с золотом в рудах Амыло-Систигхемского рудного района является особенностью минерагенической зоны региона В.В. Иванов (1996), со ссылкой на Ю.П. Трошина и В.И. Гребенщикову, отмечает регионально высокие содержания Se (227 мг/т) и Te (95,7 мг/т) в коматиитах Западного Саяна и толеитоых базальтах срединно-океанических хребтов, в 2–3 раза превышающие концентрации Se и в 10 раз – Te в базальтах, андезитах, риолитах Кузнецкого Алатау, Камчатки, Охотско-Чукотского вулканического пояса. По свидетельству В.В. Иванова, селеном обогащены (до граммов на тонну) вулканические породы некоторых районов США, Аляски и Гавайских островов.

Минеральные включения в россыпном золоте, выявленные нами при изучении внутреннего строения и химического состава частиц, способствуют реконструкции золотоносных минеральных комплексов источников россыпей (таблица 20).

Главные закономерности в выявленных ассоциациях минералов с золотом заключаются в следующем. Среднепробное серебристое золото распространено во всех точках наблюдения, в частицах встречены включения *кварца, арсенопирита, халькопирита, гидроксидов железа и каолинит*. Температура кристаллизации арсенопирита с включением золота 428 °С (Хертек, Сазонов, 2024). Первичные минералы включений типичны для стадии ранних сульфидов кварцево-жильного оруденения (Коробейников, Пшеничкин, 1983).

Высокопробное серебристое золото отмечено в россыпях всех водотоков. Включения представлены минеральным комплексом пропилитов *(ильменит + эпидот-клиноцоизит + альбит + анкерит + кварц)*, характерным для ранней стадии кварцево-жильного и вкрапленного оруденения (Коробейников, Пшеничкин, 1983).

Таблица 20. Минеральные включения в детритовом золоте россыпей Амыло-Систигхемского района

№ п/п	Химический тип золота,	Пробность, ‰	Минералы-включения в золоте	Россыпь	Точки наблюдения
Квартер					
1	Ag-Au	932	Ильменит+клиноцоизит-эпидот	Кундус-Суг	411
2	Ag-Au	841–848	Кварц+халькопирит		410
3	Cu-Ag-Au	918, 925	Никелин		410
4	Cu-Ag-Au	896, 903, 930	Эпидот-клиноцоизит		410
5	Ag-Au	908–919	Кварц	Изинзюль	414
6	Ag-Au	958–968	Пирит+халькопирит		1100
7	Ag-Au	973–979	Брейнерит		1100
8	Ag-Au	966–978	Рутил		1100
9	Ag-Au	972–984	Монацит		1100
10	Ag-Au	975–987	Рутил+апатит+галенит		1100
11	Ag-Au	977–983	Кальцит+гидроксиды железа +лейкоксен+каолинит		1100
12	Ag-Au	978–987, 979–988	Кварц+гидроксиды железа+ каолинит +лейкоксен+фосфатное вещество		1100
13	Ag-Au	943–950	Брейнерит		1099
14	Ag-Au	953–960	Халькопирит+рутил		1099
15	Ag-Au	964–972	Молибденит+кварц		1099
16	Ag-Au	947–962	Гидроксиды железа+гидрослюда		1099
17	Ag-Au	976–986	Герсдорфит+селенсодержащий галенит		1097
18	Ag-Au	974–983	Пирит+халькопирит+галенит+ алексит		1097
19	Ag-Au	927–940	Альбит		1097
20	Ag-Au	943–963	Эпидот+серицит+кварц		1097
21	Hg-Ag-Au	810, 815	Хлорит+гидроксиды железа+гидрослюды+лейкоксен	Мал. Алгияк	563
22	Hg-Ag-Au	791–795	Гидроксиды железа+каолинит+лейкоксен (налеты в порах)		563
23	Hg-Ag-Au	792	Каолинит (налеты в порах)		563
24	Hg-Ag-Au	707	Сульфиды серебра+кварц		563
25	Hg-Ag-Au	846	Кварц		566
26	Hg-Ag-Au	824, 825	Арсенопирит		566
27	Hg-Ag-Au,	903, 919	Хлорит+карбонат+кварц+гидрослюда		566
28	Hg-Ag-Au	859; 858–859	Гидроксиды железа+каолинит		566
29	Ag-Au	922–935	Арсенопирит	Черная	573
30	Ag-Au	812–822; 882–891	Гидроксиды железа+каолинит		573
31	Ag-Au	864–874	Гидроксиды железа+каолинит+REE		573
32	Cu-Ag-Au	901, 904, 906	Халькозин		573
33	Ag-Au	936–940; 946–953	Кварц+гидроксиды железа+каолинит		573
Неоген					
34	Ag-Au	930; 914–933	Кварц	Бол. Билелиг	567,1106
35	Ag-Au	839	Гидроксиды железа+каолинит		567
36	Ag-Au	860; 856	Гидроксиды железа+гидрослюдистые глинистые минералы		567
37	Ag-Au	845	Гидроксиды железа+каолинит+кварц		567

Продолжение таблицы 20

№ п/п	Химический тип золота,	Пробность, ‰	Минералы-включения в золоте	Россыпь	Точки наблюдения
38	Ag-Au	940	Гидроксиды железа+гидрослюдистые глинистые минералы	Бол. Билелиг	567
39	Ag-Au	925–931	Кварц+гидроксиды железа+ гидрослюдистые глинистые минералы		567
40	Ag-Au	942–951	Гидроксиды железа+гидрослюды+ каолинит+лейкоксен		567
41	Ag-Au	840	Арсенопирит		567
42	Hg-Ag-Au	882	Гидроксиды железа+гидрослюдистые глинистые минералы		567
43	Ag-Au	969–980	Анкерит+брейнерит+мусковит		1106
44	Ag-Au	919–931	Арсенопирит+брейнерит+ гидроксиды железа+ каолинит+гидрослюда	Бол. Алгияк	559
45	Hg-Ag-Au	860–872	Гидроксиды железа + пылеватый карбонат+каолинит		559

Весьма высокопробное серебристое золото наиболее распространено в россыпи р. Мал. Билелиг, а также в низовьях рр. Кундус-Суг и Черная. Включения минералов в золоте представлены ассоциациями: *брейнерит+анкерит+кальцит+арсенопирит+рутил; пирит+халькопирит+рутил+апатит+галенит+брейнерит; герсдорфит+селенсодержащий галенит; пирит+халькопирит+галенит+алексит* ($PbBi_2Te_2S_2$).

Весьма высокопробное золото характерно для руд золототеллуровой геохимической ассоциации, а парагенетические минеральные ы – для стадии поздних сульфидов березит-лиственитовой формации в базит-гипербазитовых породах (Некрасов, 1991; Хертек, Сазонов, 2024). В одной из частиц весьма высокопробного серебристого золота россыпи р. Мал. Билелиг выявлены включения *кварца и молибденита*. Не исключена возможность связи золота этого типа с медно-молибденовым оруденением, достоверно в районе не установленным.

Медистое золото, распространенное в россыпях рр. Кундус-Суг, Билелиг и Черная, встречается в ассоциации с весьма высокопробным серебристым золотом. Минеральные комплексы включений представлены ассоциацией *ильменит+эпидот-клиноцоизит, а также никелином и халькозином*. Месторождения медистого золота распространены в родингитах, лиственитах, серпентинитах и талькитах (Спиридонов, Плетнев, 2002; Мурзин, Варламов, 2010). Температура образования медистого золота лежит в интервале 320–120 °С.

Ртутистое низко-, средне-, высоко- и весьма высокопробное золото распространено в россыпях рек, дренирующих породы серпентинитового меланжа, ультрабазит-базиты Сыдыкского массива и стратифицированные отложения орешской и узинской свит. В

низкопробном золоте встречены включения *сульфидов серебра и кварца*, в среднепробном – *кварца и арсенопирита*, в высокопробном – *хлорита, карбоната, кварца и гидрослюды*. Предполагается, что парагенные ассоциации ртутистого золота – минералы кварц-карбонатных жил среди низкотемпературных лиственит-березитов по ультрабазит-базитам иджимского и булкинского комплексов и углеродисто-кремнистым вулканогенным сланцам орешской толщи.

Ассоциации литохимических моноэлементных аномалий. К.М. Кильчичаковым (Кильчичаков, 1984) приведены материалы литохимической съемки масштабов 1:25 000 и 1:10 000 Систигхемской части рудного района.

Ассоциация моноэлементных ореолов Au, Cu, Zn, Pb, W, As в контурах совмещения, которая занимает большую часть территории рудно-россыпного района с практически равномерным распределением моноэлементных аномалий, отражает контур рудного поля (рисунок 66).

Геохимический состав и распределение моноэлементных ореолов Au, Cu, Zn, Pb, W, As определяет распределение минерализации раннего этапа кварц-сульфидного рудообразования и чрезвычайную локальную его рассредоточенность.

Большая часть территории (~90–95 %) с распространением ореолов золота и серебра приходится на выходы макаровской толщи. Первые проценты совмещенных ореолов расположены среди отложений орешской, ончанской и узинской свит.

Ареалы аномалий Ag в ассоциации с Au занимают 5–10 % территории геохимического ареала рудного поля. Основная часть площади распространения ореолов Ag приходится на междуречье Бол. Билелиг – Бол. Алгияк. В южном и северном продолжениях от главного ареала ореолов Ag и Au, в бассейнах рр. Черная и Мал. Билелиг, распространены изометричные, рассредоточенные фрагменты ореолов Ag и Au (рисунок 66).

Структура распространения и морфология ареалов ореолов золота и серебра имеет линейную меридиональную и широтную ориентировку, вероятно, контролируемую субширотными и субмеридиональными зонами трещиноватости (Лопатин, 1986; Меткин, 1989). Менее выражена субширотная ориентировка в распределении ареалов аномалий Ag и Au.

Ассоциация ореолов в контурах совмещения Au и Ba распространена на флангах ареалов моноэлементных ореолов Au и Ag, и, возможно, связана с проявлениями киноварной минерализации. Ареалы ореолов Au и Ba распространены среди отложений ончанской и узинской свит.

Ассоциация ореолов Au и Bi в контурах совмещения, контролирующих теллур-висмутовую минерализацию, распространена среди отложений макаровской толщи на фланге субмеридионального ареала аномалий Au и Ag (см. рисунок 66).

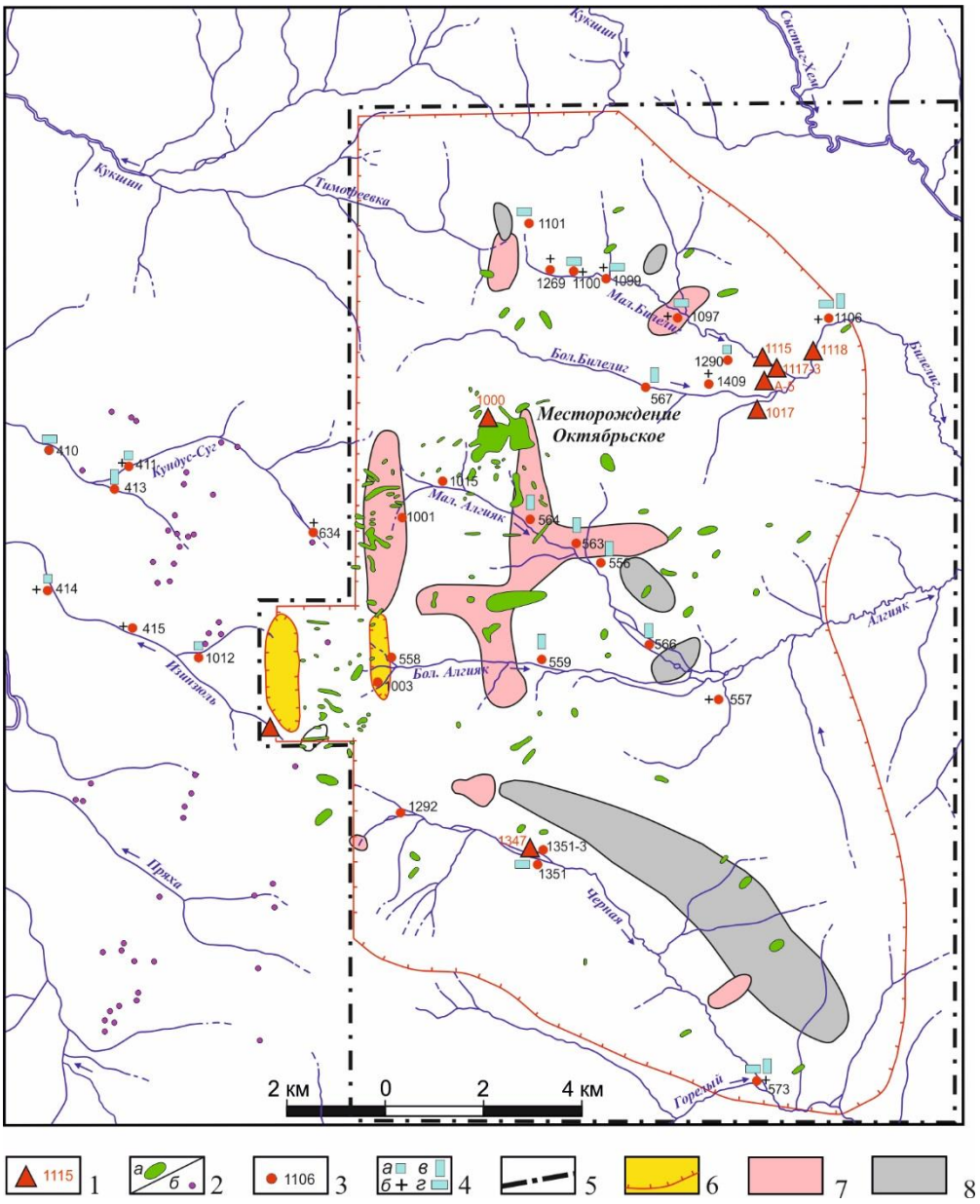


Рисунок 66. Ассоциации моноэлементных литохимических ореолов:

1 – свалы жильного кварца с видимым золотом и номера проб; 2 – минерализованные метасоматиты (а), точки золоторудной минерализации (б); 3 – точки лоткового опробования рыхлых отложений; 4 – химические типы золота: а – низкопробное Ag-Au, б – весьма высокопробное Ag-Au, в – ртутистое, г – медистое; 5 – контур поля литохимической съемки масштаба 1:25000; 6–9 – ареалы распространения сближенных моноэлементных ореолов: 6 – Au, Cu, Zn, Pb, W; 7 – Ag, Au; 8 – Au, Bi; 9 – Ag, Ba.

6.3. Литолого-стратиграфический и магматический контроль распределения коренных проявлений и россыпей

Распределение рудных и россыпных объектов района дискретно по количеству, но примечательно то, что коренная и россыпная золотоносность отмечается непрерывно во всех стратиграфических толщах и пространственно связана с проявлением актовракского (иджимского), изинзюльского, булкинского, кукшинского и кендейско-саглинского комплексов (рисунок 67).

Проявления золотоносности установлены в хромитовых рудах Калнинского массива и россыпях по р. Калне и ее притоков. По данным (Крупника и др., 1992); Еханина, 2010) золото характеризуется медистым составом, примесью палладия, ртути, присутствием в рудах и россыпях электрума.

Пики насыщенности золоторудными и россыпными объектами приходятся на макаровскую, орешскую и ончанскую толщи в связи с проявлением рудогенерирующих изинзюльского и булкинского комплексов.

Определяющая роль в распределении руд принадлежит полям развития вулканогенно-осадочных отложений макаровско-орешского стратиграфического уровня и гипабиссальных тел метадиоритов, альбитофиров и кератофиров изинзюльского комплекса. В трещинных зонах стратифицированных и интрузивных образований развиты золотоносные метасоматиты, прожилково-вкрапленные и жильные тела пирит-карбонат-кварцевого состава с видимым золотом.

Россыпи рр. Кундус-Суг, Изинзюль, Мал. и Бол. Алгияк, Черная, дренирующих отложения макаровской толщи и гипабиссальные тела макаровско-орешского (изинзюльского) комплекса, занимают около 25–30 % протяженности россыпей района и характеризуются наличием весьма высокопробного медистого и серебристого золота (от 700 до 950 ‰ и более). Около 20 % приходится на низко- и среднепробное золото. Высокопробное (900–949 %) золото занимает около 50 %, остальное золото (около 30 %) весьма высокопробное.

В пределах орешской толщи расположена часть россыпи Бол. Алгияк (5–10 % суммарной длины россыпей района). Превалирующая часть коренной золотоносности приурочена к черным углисто-кремнисто-глинистым минерализованным сланцам. В россыпях этого уровня встречается среднепробное ртутистое золото и серебристое средней и высокой пробности, составляющие основу россыпи. Преобладающее количество занимает высокопробное золото (60 %).

Россыпи рек дренирующих граничные области отложений орешской с иргитхемской и орешской с ончанской свит (Бол. и Мал. Билелиг), находящихся в контактовом ореоле ультрамафит-мафитов булкинского комплекса и занимающих около 10 % протяженности россыпей района. Золото в этих россыпях весьма высокопробное медистое, высокопробное ртутистое и серебристое средне-, высоко- и весьма высокопробное, при резком преобладании весьма высокопробного (80 %).

Около 35 % протяженности россыпей расположено в пределах ончанской свиты (Мал. Билелиг, Мал. Алгияк) также находящейся в ореоле интрузии Сыдыкского массива. Золото в них весьма высокопробное медистое и ртутистое, а серебристое от низкопробного до весьма высокопробного, которое преобладает (38 %).

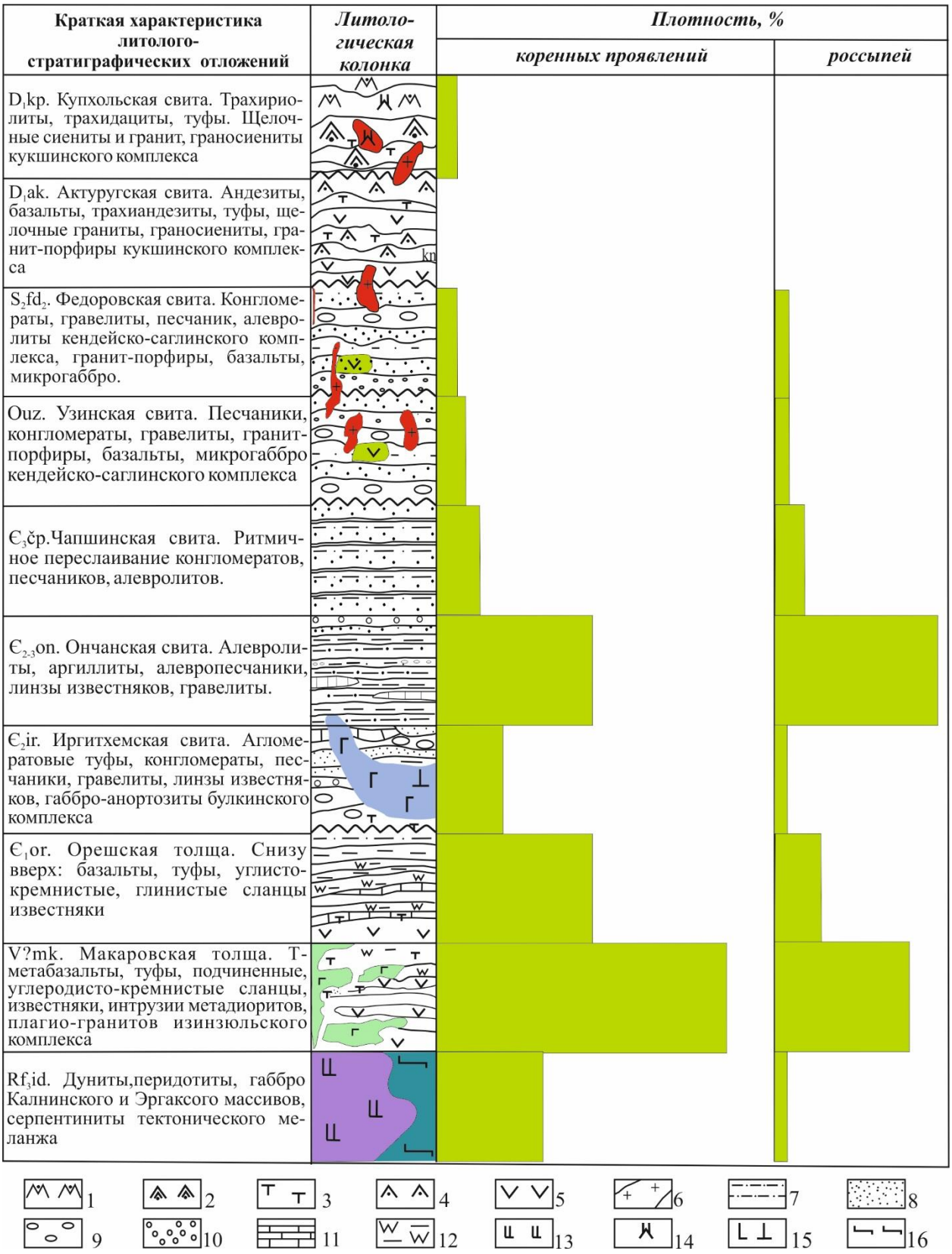


Рисунок 67. Распределение коренных проявлений и россыпей среди стратиграфических отложений и магматических интрузий

1 – трахириолиты; 2 – трахидациты; 3 – туфы; 4 – трахиандезиты; 5 - андезиты; 6 – гранит-порфиры; 7 – алевролиты; 8 – песчаники; 9 – конгломераты; 10 – гравелиты; 11 – известняки; 12 – углисто-кремнистые породы; 13 – дуниты, гарцбургиты; 14 – щелочные сиениты; 15 – габбро-анортозиты; 16 – серпентиниты.

В поле развития чапшинской свиты на россыпи приходится около 3 % общей длины. Золото резко отличается от предыдущего стратиграфического уровня. Медистое золото отсутствует, ртутистое – низко- и среднепробное, а серебристое преимущественно средне- (77 %) и высокопробное (23 %).

В отложениях силура (федоровская свита) и ордовика (узинская свита), в кальдерах обрушения и страфицированных вулканитах основного, среднего и кислого составов раннего девона отмечаются единичные золотые проявления. Россыпи рр. Изинзюль и Кундус-Суг среди отложений федоровской свиты и образований серпентинитового меланжа в области Кукшинской вулканоплутонической структуры распространены незначительно (около 6 %). Золото в этих россыпях только серебристое высокопробное.

6.4. Этапы рудообразования

История тектономагматического развития района определяет длительность формирования руд. Ранний этап формирования благороднометалльной минерализации связан с внедрением и кристаллизацией дунит-гарцбургит-хромитовой ассоциации пород иджимского комплекса верхнего рифея байкальского тектоногенеза. Руды благородных металлов представлены вкрапленностью платиноидов, медистого, ртутистого и палладийсодержащего золота, электрума, которая приурочена к обособлениям хромитовых руд среди ультрамафитов. Детритовые частицы минерализации этого генетического типа и возраста незначительно развиты в россыпях рек Кална, Кундус-Суг, Изинзюль, Билелиг и Алгияк.

Главный и определяющий этап формирования руд района связан с раннекаледонским (салаирским) тектоногенезом, эффузивным и эксплозивным вулканизмом, внедрением, кристаллизацией, зеленокаменными и метасоматическими преобразованиями вулканитов макаровской, орешской толщ и пород гипабиссального изинзюльского габбро-плагиогранитного комплекса. Рудные тела представляют собой стержневые кварцевые жилы, прожилково-вкрапленные зоны среди лиственитов и березитов. Эти гидротермальные образования фрагментарно сульфидизированы и содержат крайне неравномерно распределенную золоторудную минерализацию. Руды относят к среднетемпературной золотокварцевой формации. Минеральные золотосульфидные парагенезисы представлены ассоциациями: *золото±арсенопирит+пирит* среди пропилитов и лиственит-березитов; *золото±пирит+халькопирит±сульфиды полиметаллов* среди лиственит-березитов. Золото этого этапа серебристое среднепробное, наиболее распространенное в рудах Октябрьского месторождения.

Позднекаледонское образование и преобразование руд района проходило в связи с внедрением расслоенных интрузий ультрамафит-мафитового булкинского комплекса

ордовикского возраста. Гидротермальные новообразования этого этапа представлены кварц-карбонатными жилами с сульфидами полиметаллов и высокопробным невидимым золотом, называемыми жилами кукшинского типа (Григорьева,1969; Уссар, Васильев, 1973; Фельдбарг и др., 1977; Коробейников, 1983). Рудные образования этапа относятся к малосульфидной золотокварцевой формации. Вероятно, с этим этапом связано образование следующей генерации медистого золота. Рудный парагенезис представлен *медистым и серебристым весьма высокопробным золотом+пирит+сульфиды полиметаллов* и низкотемпературной ассоциацией *электрум+акантит+ютенбогаардтит+имитерит+алексит+сульфиды и сульфосоли Pb, Sb и Ag*. Рудные проявления распространены среди отложений иргитхемской и ончанской свит среднего и верхнего кембрия, а также среди магматических пород булкинского комплекса. Не исключена вероятность сегрегации и перекристаллизации ранних рудных обособлений среди образований нижнего кембрия, особенно в черносланцевых горизонтах орешской толщи, находящихся в области контактового влияния интрузий ультрамафит-мафитов Сыдыкского массива.

Следующий возрастной уровень локализации (герцинского тектоногенеза) золоторудной минерализации занимает стратиграфический интервал отложений узинской (Ouz), федоровской (S_2fd_2) и купхольской (D_1kp) свит (см. рисунок 65), слагающих кальдеры обрушения вулканоплутонических Кукшинской и Изытхемской построек. Детритовое золото в водотоках (рр. Кундус-Суг, Изинзюль, Мал. Алгияк, Черная), дренирующих отложения этого уровня, имеет медистый, ртутистый и серебристый состав. Наиболее распространено среднепробное и высокопробное золото, в незначительных количествах отмечаются низкопробное и весьма высокопробное.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Золото из россыпей Амыло-Систигхемского рудно-россыпного района систематизировано на основании типоморфных особенностей частиц и их химического состава, изученных с помощью оптической и электронной микроскопии. По химическому составу золото подразделяется на Ag-Au, Hg-Ag-Au и Cu-Ag-Au типы. Установлены неокатанные и окатанные частицы, как с высокопробной каймой, так и без нее. По сочетанию типоморфных признаков выявлено 17 разновидностей золота, характеризующих минералого-геохимические типы коренных руд, дальность переноса кластогенного материала, степень механогенной и кристаллофизической деформированности частиц и длительность нахождения частиц в золотоносном пласте в условиях относительного покоя.

В россыпях золота выявлены агрегаты аутигенного золота, представленные каймами, чешуйчатыми, криптоконическими и волосовидными наростами хемогенно-биогенного серебристого золота (937–1000 ‰), каймами техногенной золотосеребряной амальгамы и спутанно-волокнистыми агрегатами техногенно-биогенного ртутистого золота. Каймы и чешуйчатые отростки аутигенного золота толщиной от долей до нескольких микрометров отлагаются на метасоматических ВКО. Внутренняя часть аутигенной каймы, примыкающая к ВКО, представляет собой криптозернистый агрегат хемогенного отложения, а внешняя – ажурный агрегат «мумифицированных» золотом цианобактерий. Ртутистые техногенные аутигенные образования состоят из трех фаз, содержащих 4,75–6,51; 9,5–10,19 и 20–25 % ртути; до 4,3 % серебра в амальгаме и отсутствуют в спутанно-волосовидных агрегатах техногенно-биогенного золота.

Рудно-россыпной район представляет собой морфоструктуру неогенового заложения с широко развитой золотоносной гидросетью, почти полностью унаследованной современными реками Систиг-Хем, Амыл и их притоками. Источниками питания россыпей являлись мел-палеогеновые коры выветривания и окисленные руды золотокварцевых и золото-сульфидно-кварцевых проявлений района. Частицы золота четвертичных отложений обладают унаследованными формами гипогенного золота в головках россыпей. В средних и хвостовых частях россыпей частицы приобретают таблитчатые, пластинчатые и чешуйчатые формы. В зернах золота распространены включения сульфидов, оксидов, карбонатов, фосфатов и силикатов. Россыпное золото неогеновых отложений пластинчатое, чешуйчатое, хорошо окатанное. Поверхности частиц имеют шагреневый облик, покрыты пленками гидроксидов железа и аутигенного золота. Внутреннее строение полифазное с ярко выраженным реликтовым ядром гранобластового строения, деформированного и механически сдвойникованного, с межзерновыми прожилками (970–1000 ‰) и периферийной микрогранобластовой

высокопробной гипергенной каймой (около 1000 ‰). Во включениях частиц металла распространены каолинит, гидрослюдистые глинистые минералы и гидроксиды железа. Золото неогеновых отложений в ядрах частиц обладает более высокой пробностью, меньшей дисперсией концентраций Ag, Au и пробностью в сравнении с четвертичным.

В рудно-россыпном районе отмечается различие показателей типоморфизма золотосодержащих минералов, связанного с особенностями полихронного и полигенного рудообразования и преобразования в эндогенном и экзогенном периодах. В результате рифтогенного океанского ультрамафит-мафитового магматизма рифея – венда образуются хромит-золото-платиноидные руды с золотоплатиноидным позднемагматическим и пневматолит-гидротермальным оруденением. Главный этап золоторудного процесса связан с венд-раннекембрийским вулканогенным черносланцево-кремнистым литогенезом, толеитовым и известково-щелочным базальтовым магматизмом. Формируются золото-сульфидно-кварцево-жильные и прожилково-вкрапленные руды в зеленокаменно-измененных породах, пропилитах, лиственито-березитах и кварцевых жилах. Продуцентом рудообразования явились гипабиссальные тела габбро-диорит-плагиогранитного изинзюльского комплекса. Следующий этап золотого оруденения связан с ультрамафит-мафитовым ордовикским магматизмом, интрузии которого расположены в поле развития средне-верхнекембрийских флишоидных и молассовых толщ. В раннедевонское время в пределах рудного района проявился вулканоплутонизм центрального типа щелочногранитового и базальт-риолитового комплексов. Ранее сформированные руды претерпели локальную рекристаллизацию. В мезозое – кайнозое коренные руды подвергаются выветриванию, в неогене и квартере формируются россыпные месторождения. Золотосодержащие минералы подвергаются механическим, химическим, кристаллофизическим и биогенным преобразованиям и формированием комплекса гипергенных типоморфных признаков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Александровский, Ю.С. Геологическое строение и полезные ископаемые верховьев рек Бий-Хем, Азас, Билин: Отчет по ГГС м-ба 1:50 000 за 1978–1982 гг. Т. 1–3 / Ю.С. Александровский, О.И. Пятов. Красноярск, 1982*ф.* Тывин. филиал ФБУ «ТФГИ по СФО»; инв. № 1719.

Амосов, Р.А. Онтогенезис самородного золота России / Р.А. Амосов. М.: ЦНИГРИ, 1995. 151 с.

Амосов, Р.А. Поведение золота в зоне гипергенеза (минералогический аспект) / Р.А. Амосов, О.В. Долбня, М.И. Лапина // Золото Сибири и Дальнего Востока. Геология, геохимия, технология, экономика, экология: Тезисы Третьего Всероссийского симпозиума с международным участием (г. Улан-Удэ, 21–25 сентября 2004 г.). Улан-Удэ: Изд-во Бурят. НЦ СО РАН, 2004. С. 263–265.

Антропова, Л.В. Формы нахождения золота в горных породах / Л.В. Антропова, Шуралева А.З., Л.Ф. Фарфель, Ф.М. Айзенберг, Г.А. Приемов // Методика и техника разведки: сб. тр. 1980. № 136. С. 5–21.

Аристов, В.В. Формы нахождения золота и некоторые типоморфные характеристики самородного золота орогенного месторождения Павлик (Магаданская область) / В.В. Аристов, А.В. Григорьева, Ю.С. Савчук [и др.] // Геология рудных месторождений. 2021. Т. 63, № 1. С. 3–39.

Бабин, Г.А. Программа систематических изотопно-геохимических и геохронологических исследований геологических комплексов территории России: методы и первые результаты 2022–2024 гг. / *Г.А.* Бабин, А.Г. Пахалко, А.А. Соболева [и др.] // Региональная геология и металлогения. 2024. Т. 31, № 400. С. 59–72

Баженов, И.К. Западный Саян / И.К. Баженов. Л.: Изд-во АН СССР, 1934. 141 с.

Бармина, С.А. Объяснительная записка к ГГС–1000/3 листа N–46 (47) / С.А. Бармина, В.В. Беззубцев, Е.И. Берзон [и др.]. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2000. 295 с.

Беззубцев, В.В. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист N–46. Абакан: Объяснительная записка / В.В. Беззубцев, М.Л. Махлаев, В.Т. Кириченко [и др.]. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2008*ф*. 391 с.

Берзон, Р.О. Составление карты прогноза на золото южного обрамления Сибирской платформы в м-бе 1:500 000. Ч. II. Прогнозная карта территории Тув. АССР: отчет о науч.-исслед. работе / Р.О. Берзон. М.: ЦНИГРИ, 1983. 180 с.

Берштейн, П.С. Предварительный отчет Тувинской геологической партии НИГРИзолото / П.С. Берштейн. М.: Нигризолото, 1945. 19 с. Тывинский филиал ФБУ «ТФГИ по СФО», инв. № 2233.

Билибин, Ю.А. Заключение по перспективам и направлению геолого-разведочных работ на руднике Октябрьском Тоджинского района Тувинской АО: Геологический отчет / Ю.А. Билибин. М.: Роснедра, 1946*ф.* Фонды КРЭП, инв. № 142 РЭП.

Билибин, Ю.А.. Основы геологии россыпей / Ю.А. Билибин. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 505 с.

Богомолов, В.Г. Геологическое строение и полезные ископаемые верховий рек Систиг-Хем и Айна: Отчет о науч.-исслед. работе / В.Г. Богомолов, Г.В. Цивилев, О.Н. Осипова. М.: ЦНИГРИ, 1955*ф.* 268с.

Богомолов, В.Г. Геология и полезные ископаемые бассейнов рек Ожу, Хут, Сейба и Систиг-Хем: Отчет о поисково-съемочных работах партии № 13 за 1951 год / В.Г. Богомолов, В.М. Терентьев. Л.: ВСЕГЕИ, 1952*ф.* 211с. Росгеолфонд, Хранилище отчетных материалов по радиоактивному сырью; инв. № 3594.

Бородина, Е.В. Петрологические и изотопно-геохимические особенности булкинского перидотит-габбрового массива и гранитоидов кызыкчадрского комплекса (Западный Саян) / Е.В. Бородина, А.Э. Изох, А.А. Монгуш // Геохимия. 2016. № 4. С. 344–370.

Вамбольдт, А.Я. Составление карты россыпной золотоносности юга Красноярского края и Республики Хакасия в м-бе 1: 200 000 (1: 500 000): Отч. геохимической партии за 1991–1995 гг. / А.Я. Вамбольдт, В.Р. Воробьев, Л.А. Вамбольдт [и др.]. Минусинск, 1995*ф.* 561 с. Красноярский фил. ФБУ «ТФГИ по СФО»; тнв. № 468041.

Вильямс, Х. Петрография: в 2 т. / Х. Вильямс, Ф. Дж. Тернер, Ч.М. Гилберт. М.: Мир, 1986. Т. 2. 320 с.

Гаськов, И.В. Золотосодержащие минеральные ассоциации месторождений медно-рудного профиля Алтае-Саянской складчатой области / И.В. Гаськов, В.А. Акимцев, К.Р. Ковалев, В.И. Сотников // Геология и геофизика. 2006. Т. 47, № 9. С. 996–1004.

Гаськов, И.В. Металлогения эндогенного золота Тывы / И.В. Гаськов, С.Г. Прудников // Геология и геофизика. 2022. Т. 63, № 11. С. 1566–1582.

Геология Тувинской АССР: Объясн. зап. к геол. карте Тувинской АССР м-ба 1:500 000 / под ред. П.С. Матросова [и др.]. Л., 1990*ф.* 121 с.

Герасимов, Б.Б. Внутреннее строение зерен россыпного золота как поисковый признак при прогнозировании коренных источников северо-востока Сибирской платформы / Б.Б. Герасимов // Зап. РМО. 2022. Т. 151, № 4. С. 33–55

Глушкова, Е.Г. Различие типоморфных признаков россыпного золота юговостока Сибирской платформы в зависимости от продолжительности его пребывания в экзогенных условиях / Е.Г. Глушкова, З.С. Никифорова // Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований: матер Всерос конф, посвящ 100-летию Н.В. Петровской (1910–1991). М.: ИГЕМ РАН, 2010. Т. I. С. 141–143.

Григорьева, А.И. Золотоносные россыпи Систиг-Хемского района Тувинской АССР и их перспективная оценка: отчет по теме В.18.2.В / А.И. Григорьева, С.С.Кальниченко, В.Н. Новиков. М.: ЦНИГРИ, 1969*ф*. 200 с.

Грум-Гржимайло, Г.Е. Западная Монголия и Урянхайский край / Г.Е. Грум-Гржимайло. Л., 1926. 427 с.

Добрецов, Н.Л. Минералого-геохимические признаки полигенности самородного золота золоторудного месторождения Восточного Саяна / Н.Л. Добрецов, С.М. Жмодик, Н.С. Карманов [и др.]. // Докл. АН СССР. 1989. Т. 308, № 3. С. 703–707.

Добрянский, Г.И. Поисково-оценочные работы в пределах Октябрьского золоторудного поля: Результаты работ артели старателей «Ойна» за 2000–2002 гг. / Г.И. Добрянский [и др.]. Кызыл: Тувагеолком, 2003*ф*. 98 с. Красноярский фил. ФБУ «ТФГИ по СФО»; инв. № 28119.

Дружков, В.П. Октябрьское золоторудное месторождение. Обобщение результатов геологоразведочных работ по состоянию на 01.01.2006 г. / *В.*П. Дружков. Кызыл, 2006. 104 с.

Еханин, Д.А. Геология и рудоносность Калнинского ультрабазитового массива (Западный Саян): дис. … канд. геол.-минерал. наук / Д.А. Еханин. Красноярск, 2010. 112 с.

Зайкова, Е.В. О золотом оруденении в Западной Туве, связанном с девонским магматизмом / *Е.*В. Зайкова, В.В. Зайков // Материалы по геологии Тувинской АССР. Кызыл, 1969. С. 72–76.

Зайков, В.В. Рудные формации Тувы / В.В. Зайков, В.И. Лебедев, В.Г.Тюлькин [и др.]. Новосибирск: Наука, 1981. 200 с

Иванов, В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: в 6 кн. Кн. 5: Редкие d-элементы. / В.В. Иванов; под ред. Э.К. Буренкова. М.: Экология, 1997. 576 с.

Ильенок, С.С. Отчет о работах Тувинской экспедиции «Запсибзолоторазведка» за 1947 год / С.С. Ильенок. Кызыл, 1948*ф.* 72 с.

Ильенок, С.С. Условия золотоносности в Амыло-Систигхемском районе Западного Саяна и в районе рек Хопто, Тапса Центральной Тувы: Отчет Тувинской экспедиции за 1947 г. / С.С. Ильенок. М.: Золоторазведка, 1948*ф*. 52 с.

Ильенок, С.С. Генетические связи оруденения с интрузиями // Геология золоторудных месторождений Сибири / С.С. Ильенок. Новосибирск: Наука, 1970. С. 3–30.

Калинин, Ю.А. Золотоносные коры выветривания юга Сибири / Ю.А. Калинин, Н.А. Росляков, С.Г. Прудников. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2006. 339 с.

Кальная, О.И. Геологические условия и оценка эколого-гидрохимического состояния водотоков в районе Алгиякского золотоносного узла / О.И. Кальная, О.Д. Аюнова, С.Г. Прудников, Ч.М. Хертек // Региональная экономика: технологии, экономика, экология и инфраструктура: матер. III Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию ТувИКОПР СО РАН и 45-летию акад. науки в Туве / под общ. ред. Г.Ф. Балакиной; отв. ред. В.О. Ооржак. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2019. С. 302–308.

Кальниченко, С.С. Эндогенное золотое оруденение и россыпеобразующие рудные формации Восточной Тувы: Дис. … канд. геол.-минерал. наук. М., 1972. 174 с.

Кильчичаков, К.М. Детальные поиски рудного золота в Амыло-Систигхемском золоторудном районе: Отчет о результатах работ Алгиякской партии за 1980–1984 гг. / К.М. Кильчичаков [и др.]. Кызыл, 1984*ф*. Тыв. филиал ФБУ «ТФГИ по СФО»; инв. № 1785.

Кильчичаков, К.М Поисково-оценочные работы на россыпное золото в долинах рек Алгияк, Билелиг, Черная: Отчет Алгиякской партии за 1983–1985 гг. / К.М. Кильчичаков, А.В. Русанов, С.Н. Макиянский. Кызыл: ТГРЭ, 1986*ф*. 135 с

Классификация и номенклатура метаморфических горных пород /Справочное пособие / ОИГТМ СО РАН, Новосибирск, 1992 г., 205 стр., УДК: 552 (02), ISBN: 5-7623-0746-8

Ковалевич, В.В. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1:200 000 (второе поколение). Серия Западно-Саянская. Лист N–46–XXIX: Объяснительная записка / В.В. Ковалевич, С.П. Нечаева, А.И. Митус [и др.]. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2003*ф*. 383 с.

Колпаков, В.В. Новое золото в аллювиальных россыпях / В.В. Колпаков, Г.В. Нестеренко, С.М. Жмодик, С.Р. Осинцев // Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований: Матер. Всерос. конф., посвящ. 100-летию Н.В. Петровской (1910–1991). М.: ИГЕМ РАН, 2010. Т. I. С. 261–263

Корнев, Т.Я. Геология и золотоносность Куртушибинского зеленокаменного пояса (Западный Саян) / Т.Я. Корнев, А.Г. Еханин, В.А. Власов; науч. ред. д. г.-м. н. Б.В. Шибистов. Красноярск: ГПКК КНИИГиМС, 2018. 242 с.

Коробейников, А.Ф. Результаты работ Алгиякской партии за 1980–1984 годы. Кн. 2. Минералого-геохимические особенности золотого оруденения Амыло-Систигхемского рудного района: Заключительный отчет / А.Ф. Коробейников, А.Я. Пшеничкин. Кызыл: ТФ МПР РТ, 1984*ф*. 295 с

Коробейников, А.Ф. Нетрадиционные комплексные золотоплатиноидные месторождения складчатых областей / А.Ф. Коробейников. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. 237 с.

Крупник, В.М. Составление карты золото- и платиноносности с целью совершенствования методики поисков и прогнозной оценки площадей на россыпи на примере Куртушибинского золотоносного пояса: Отчет о науч.-исслед. работе по теме 0.50.01.04.02.12.Н.11 / В.М. Крупник, В.М. Шашкин, А.Ю. Левин [и др.]. М.: ЦНИГРИ, 1992*ф.* 267 с.

Крылов, П.Н. Путевые заметки об Урянхайской земле (Серия: Записки Императорского Русского геогр. об-ва) / П.Н. Крылов. СПб.: Типогр. Императорской Академии наук, 1903. 167 с.

Кужугет, Р.В. Золото-теллуридное оруденение Алдан-Маадырского рудного узла (Западная Тува): минералого-геохимические особенности руд и условия их образования: Дис. … канд. геол.-минерал. наук / Р.В. Кужугет. Новосибирск, 2014. 152 с.

Кужугет, Р.В. Золото-теллуридно-селенидная минерализация Алдан-Маадырского рудного узла (Западная Тува) / Р.В. Кужугет, В.В. Зайков, Н.Н. Анкушева // Геосферные исследования. 2021. № 1. С. 18–32.

Кужугет, Р.В. Золото-сульфидно-кварцевое оруденение Алдан-Маадырского рудного узла (Западная Тува, Россия): возраст, минералого-геохимические особенности, PT-параметры, состав рудообразующих флюидов и изотопия S и O / Р.В. Кужугет. Кызыл: ТувИКОРП, 2024. 151 с.

Кузьмин, А.М. Природа волнистого погасания кварца /А. М. Кузьмин // Новые данные по геологии и географии Кузбасса и Алтая: Матер. науч.-техн. конф. Новокузнецк, 1969. С. 192–195.

Кузнецов, Ю.А. Избранные труды. Т. II. Главные типы магматических формаций / Ю.А. Кузнецов. Новосибирск: Наука, 1989. 394 с.

Кузнецов, В.Г. Литология. Осадочные горные породы и их изучение: учеб. пособие для вузов / В.Г. Кузнецов. М.: Недра-Бизнесцентр, 2007. 511 с.

Кузнецова, И.В. Геология, тонкодисперсное и наноразмерное золото в минералах россыпей Нижнеселемджинского узла (Приамурье): Автореф. дис. … канд. геол.-минерал. наук / И.В. Кузнецова. Красноярск: СФУ, 2011. 21 с.

Кузнецова, И.В. Самородное золото кор выветривания Нижнеселемджинского золотоносного узла (Приамурье) / И.В. Кузнецова, П.П. Сафронов // Литосфера. 2021. Т. 21, № 2. С. 239–255.

Куимова, Н.Г. Биогенная минерализация золота в природе и эксперименте / Н.Г. Куимова // Золото Сибири и Дальнего Востока. Геология, геохимия, технология, экономика, экология: Тез. Третьего всерос. симп. с междунар. участием (г. Улан-Удэ, 21-25 сентября 2004 г.). Улан-Удэ: Изд-во Бурятского НЦ СО РАН, 2004. С. 124–126.

Кумеев, С.С. Геохимические особенности Маинского и Ольховского габбро-плагиогранитных комплексов / С.С. Кумеев // Изв. Томского политехн. ин-та (Изв.ТПИ). 1970. Т. 185. С. 20–23. (Электроный архив ТПИ).

Лаломов, А.В. Россыпи как источник стратегических видов минерального сырья / А.В. Лаломов // Разведка и охрана недр. 2024. № 2. С. 15–24.

Лебедев, В.И. Благородные металлы в черносланцевых толщах восточной Тувы / В.И. Лебедев, М.Ф. Лебедева, Ч.К. Ойдуп, О.И. Черезова // Платина в геологических формациях Сибири: Тез. докл. общерос. семинара. Красноярск: КНИИГиМС, 2001. 184 с

Лебедев, В.И. Полезные ископаемые Тувы и сопредельных территорий / В.И. Лебедев. М.: Де'Либри, 2018. 494 с.

Лопатин, А.П. Оценка перспектив поисков золотого оруденения вулканогенного типа на юге Красноярского края и в Тувинской АССР (Кандатская зона) / А.П. Лопатин, Л.И. Крылова [и др.]. Красноярск: ПГО «Красноярскгеология», 1986*ф*. 257 с.

Макиянский, С.Н. Детальная разведка россыпей в долине реки Бол. Алгияк с переоценкой запасов месторождения Бол. Алгияк (с подсчетом запасов по состоянию на 01.07.1991 г.): отчет Алгиякской партии по работам за 1988–1991 гг. / С.Н. Макиянский, Н.С. Бухаров, О.Г. Чернышева [и др.]. Кызыл: ТГРЭ, 1991*ф*. 288 с.

Маковкин, Е.Г. Геологический отчет о работах Октябрьской геолого-разведочной партии за 1948 г. / Е.Г. Маковкин. Кызыл, 1948*ф*. 156 с. Тыв. филиал ФБУ «ТФГИ по СФО»; реестровый № 4521482.

Меткин, В.А. Поиски рудного золота на правобережье реки Амыл: Отчет Амыльской партии о работах 1986–1989 гг. / В.А. Меткин, Л.В. Поляков, К.М. Кильчичаков [и др.]. Кызыл: ТГРЭ, 1989*ф.* 197 с.

Минерагеническая карта Тувинской АССР м-ба 1:500 000: Объяснительная записка / Науч. рук. Г.Н. Шапошников. Л., 1983*ф*. 226 с.

Молчанов, И.А. Горно-экономический очерк Амыльско-Копского и Систикемского золотоносных районов (по материалам обследования 1926 г.) / И.А. Молчанов, Д.И. Калинников. М., 1926*ф*. Росгеолфонд, Центральное фондохранилище; инв. № 31385.

Монгуш, А.А. Тектономагматическая эволюция структурно-вещественных комплексов Таннуольской зоны Тувы в позднем венде-раннем кембрии (на основе геохимических, Nd изотопных и геохронологических данных) / А.А. Монгуш, В.И. Лебедев, В.П. Ковач и др. // Геология и геофизика. 2011. Т. 52, № 5. С. 649–665.

Монгуш, А.А. Габброидный магматизм Тувы: сводка геохронологических датировок / А.А. Монгуш // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса: от океана к континенту: Матер. XXI науч. конф. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2023. С. 192–194.

Монгуш, А.А. Геодинамическое районирование и золотоносные районы Тувы / А.А. Монгуш, Р.В. Кужугет, С.Г. Прудников // Металлогения золота Центрально-Азиатского орогенного пояса и его обрамления: матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ 10-летию

науки и технологий в Российской Федерации и 300-летию Российской академии наук. Кызыл, 2024. С. 45–59.

Монгуш, А.А. Возраст и геодинамическая позиция офиолитов Куртушибинского хребта Западного Саяна / А.А. Монгуш, Н.И. Гусев, Ч.К. Ойдуп, …, Ч.М. Хертек [и др.] // Докл. РАН. Науки о Земле. 2025. Т. 520, № 2. С. 185–192.

Мурзин, В.В. Типоморфизм золота зоны гипергенеза: (на примере Урала) / В.В. Мурзин, А.А. Малюгин. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. 96 с.

Мурзин, В.В. Медистое и медьсодержащее золото в гипербазитах Урала / В.В. Мурзин, Д.А. Варламов // Матер. Всерос. конф. «Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований». М., ИГЕМ РАН, 2010. С. 64–66.

Наумов, В.А. Минерагения, техногенез и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия: Автореф. дис. … д-ра. геол.-минерал. наук / В.А. Наумов. Пермь, 2010. 39 с.

Наумов, В.А. Оптическое определение компонентов осадочных пород. Руководство к лабораторным занятиям по изучению осадочных пород / В.А. Наумов. Иркутск, 2021. 592 с.

Некрасов, И.Я. Геохимия, минералогия и генезис золоторудных месторождений / И.Я. Некрасов. М.: Наука, 1991. 312 с.

Нестеренко, Г.В. Прогноз золотого оруденения по россыпям / Г.В.Нестеренко. Новосибирск: Наука, 1991. 200 с.

Никифорова, З.С. Эволюция самородного золота в экзогенных условиях / З.С. Никифорова, Ю.А. Калинин, В.А. Макаров // Геология и геофизика. 2020. Т. 61, № 11. С. 1514–1534.

Николаева, Л.А. Новое золото в россыпях Ленского района / Л.А. Николаева // Труды ЦНИГРИ. 1958. № 25. С. 19.

Николаева, Л.А. Генетические особенности самородного золота как критерии при поисках и оценке руд и россыпей / Л.А. Николаева. М.: Недра, 1978. 101 с.

Николаева, Л. А. О чем рассказывают золотинки / Л.А. Николаева. М.: Недра, 1990. 111 с.

Николаева, Л.А. Методы интерпретации результатов россыпного самородного золота / Л.А. Николаева // Руды и металлы. 1995. № 2. С. 51–54.

Николаева, Л.А. Количественная оценка типоморфных признаков самородного золота различных золоторудных формаций / Л.А. Николаева, А.Н. Некрасова, И.А. Чижова, С.В. Яблокова // Руды и металлы.1995. № 5. С. 20–24.

Николаева, Л.А. Атлас самородного золота рудных и россыпных месторождений России Л.А. Николаева, А.М. Гаврилов, А.Н.Некрасова [и др.]. М.: Недра, 2003. 198 с.

Новгородова, М.И. Самородные металлы в гидротермальных рудах / М.И. Новгородова. М.: Наука, 1983. 287 с.

Петровская, Н.В. Морфология и структура «нового» золота / Н.В Петровская // Докл. АН СССР. 1941. Т. 32, № 6. С. 424–426.

Петровская, Н.В. О продуктивных минеральных ассоциациях в золоторудных месторождениях / Н.В Петровская // Зап. ВМО. 1955. Ч. 84, вып. 3. С. 290–307

Петровская, Н.В. Самородное золото (общая характеристика, типоморфизм, вопросы генезиса) / Н.В Петровская. Новосибирск: Наука, СО РАН, 1973. 347 с.

Петрографический кодекс. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. СПб.: ВСЕГЕИ, 2008 (изд. второе). 200 с.; 2009 (изд. третье). 197 с.

Попов, В.А. Геологическое доизучение м-ба 1:200 000 в Западном Саяне на Систиг-Хемской площади в пределах листа N–46–XXIX: Отчет Систиг-Хемской партии за 1991–1999 гг. / В.А. Попов. Кызыл: ТГРЭ, 1999*ф*. 327 с. Тыв. филиал ФБУ «ТФГИ по СФО», инв. № 2343.

Попов, В.А. Геологическое доизучение масштаба 1:200 000 в Западном Саяне на Систигхемской площади в пределах листа N-46-XXIX: Отчет Систигхемской геолого-съемочной партии по работам 1991–1999 гг. / В.А. Попов, А.И. Митус [и др.] Кызыл: ТГРЭ, 1999*ф*. 310 с.

Попова, Н.Н. Геоморфология и четвертичные отложения Амыло-Систигхемского рудно-россыпного района (Западный Саян) /*Н.Н. Попова* Н.Н, *Ч.М. Хертек* // В сборнике материалов конференции, посвященной 70-летнему юбилею АО «Сибирское производственно-геологическое объединение» («Красноярская геологосъемочная экспедиция») и празднованию профессионального праздника «День геолога».

Прудников, С.Г. Закономерности размещения россыпей золота в морфоструктурах Западного Саяна: дис. ... канд. геол.-минерал. наукпо специальности 25.00.11 «геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения» / С.Г. Прудников. Новосибирск, 2003. 181 с.

Прудников, С.Г. Типоморфные признаки самородного золота россыпей Тувы и прилегающих районов Западного Саяна / *С.Г. Прудников, Ч.М. Хертек* // Успехи современного естествознания. 2016. № 10. С. 146–151.

Прудников, С.Г. Золотоносность Амыло-Систигхемского района Тувы / С.Г. Прудников, Ч.М. Хертек // Матер. III Всерос. молодежной школы-конференции «Природные системы и экономика Центрально-Азиатского региона: фундаментальные проблемы и перспективы рационального использования». Кызыл, ТувИКОПР СО РАН, 2017. С. 46–51.

Прудников, С.Г. Оценка ресурсов техногенных образований отработанной россыпи Малый Алгияк (Тува) / С.Г. Прудников, Ч.М. Хертек // Успехи современного естествознания. 2018. № 2. С. 129–133. https://doi.org/10.17513/use.36684

Прудников, С.Г. Оценка техногенных образований отработанных россыпей золота Кара-Хем, Проездной (Тува) / С.Г. Прудников, Ч.М. Хертек // Успехи современного естествознания. 2019*а*. № 2. С. 67–72. https://doi.org/10.17513/use.37059

Прудников, С.Г. Оценка ресурсов техногенных образований отработанных россыпей золота Тувы / С.Г. Прудников, Ч.М. Хертек // Матер. III Междунар. науч.-практ. конф. «Региональная экономика: технологии, экономика, экология и инфраструктура». Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2019*б*. С. 348–350.

Прудников, С.Г. Новые перспективные типы золотороссыпных месторождений Тувы / С.Г. Прудников, Ч.М. Хертек // Природные ресурсы, среда и общество. 2022. № 2 (14). С. 21–27.

Прудников, С.Г. Переоценка потенциальной россыпной золотоносности территории Тувы на основе морфоструктурных исследований / С.Г. Прудников // Металлогения золота Центрально-Азиатского орогенного пояса и его обрамления: Матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 10-летию науки и технологий в Российской Федерации и 300-летию Российской академии наук. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2024. С. 78–83.

Радомский, С.М. Неравновесное распределение золота в поверхностных водах верхнего и среднего Приамурья / С.М. Радомский, В.И. Радомская // Наногеохимия золота: Тр. симп. (Владивосток, 17–18 апреля 2008 г.). Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 157–162.

Родыгин, А.И. Динамометаморфические породы: справочное пособие / А.И. Родыгин. Томск: Изд-во ун-та, 2001. 355 с.

Родыгина, В.Г. Шлиховые поиски и минералогия россыпей (шлиховой метод). 2-е изд. доп. / В.Г. Родыгина. Томск: НТЛ, 2007. 404 с.

Рожанец, В.М. Геолого-промышленный отчет Тувинской экспедиции за 1945 г. / В.М. Рожанец. М., 1946. Росгеолфонд, Центр. фондохран., инв. № 133892.

Русанов, А.В. Предварительная разведка россыпей в долине р. Мал. Алгияк (с подсчетом запасов по состоянию на 01.11.1987 г.): отчет Мало-Алгиякской партии по работам за 1986–1987 гг. / А.В. Русанов. Кызыл: ТГРЭ, 1987*ф*. 149 с.

Рыбакова, А.В. Петрология хромитоносных ультрамафитов Калнинского и Эргакского массивов (северо-восток Западного Саяна): Дис. ... канд. геол.-минерал. наук / А.В. Рыбакова. Томск, 2019. 151 с.

Савва, Н.Е. Атлас самородного золота Северо-Востока СССР / Н.Е. Савва, Прейс В.К.. М.: Наука, 1990. 292 с.

Сазонов, А.М. Типоморфизм арсенопирита золоторудных месторождений Благодатное и Олимпиада (Енисейский кряж) / А.М. Сазонов, С.Д. Кирик, С.А. Сильянов [и др.] // Минералогия. 2016. № 3. С. 53–70.

Сазонов, А.М. Изучение форм нахождения золота в рудах и хвостах ЗИФ Олимпиадинского ГОКа / А.М. Сазонов, Е.А. Звягина, С.А.Сильянов, Д.Е. Бабенков // Горный журнал. 2019. № 4. С. 54–59.

Сапрыкин, А.А. Особенности внутренней структуры золота из древних россыпей Приамурья / А.А. Сапрыкин, С.В. Яблокова // Вопросы геологии месторождений золота: Матер. II конф. по изучению месторождений золота Сибири. Томск: Изд-во ун-та, 1970. С. 390–397.

Скляров, Е.В. Метаморфизм черносланцевых формаций Тувы и Западного Саяна и некоторые вопросы их золотоносности: Дис. … канд. геол.-минерал. наук / Е.В. Скляров. Улан-Удэ, 1982. 150 с.

Соломенцева, Л.А. Генетические типы самородного золота в россыпях Мякит-Хурчанского узла (северо-восток России) / *Л*.А. Соломенцева, И.С. Литвиненко // Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований: Матер. Всерос. конф., посвящ. 100-летию Н.В. Петровской (1910–1991). Т. II. М.: ИГЕМ РАН, 2010. С. 218–220.

Спейт, Ю.А. Отчет о работах Октябрьской поисково-разведочной партии ЗСГРТ в 1932 году / *Ю.А. Спейт*. Кызыл, 1932.

Спиридонов, Э.М. Обзор минералогии золота в ведущих типах Au-минерализации / Э.М. Спиридонов // Золото Кольского полуострова и сопредельных регионов: Тр. Всерос. (с междунар. участием) науч. конф., посвящ. 80-летию Кольского НЦ РАН (26–29.09.2010, Апатиты). Апатиты: К&М, 2010. С. 143–171.

Спиридонов, Э.М. Месторождение медистого золота Золотая Гора (о «золото-родингитовой» формации) / Э.М. Спиридонов, П.А. Плетнев. М.: Научный мир, 2002. 220 с

Справочное руководство по петрографии осадочных пород / под ред. М.К. Калинко [и др.]. Т. 1. Л.: Госгеолтехиздат, 1958. 486 с.

Степанов, В.А. Месторождения ртутистого золота / В.А. Степанов // Разведка и охрана недр. 2022. № 7. С. 3–10.

Толстых, Н.Д. Необычные соединения иридия, осмия и рутения с селеном, теллуром и мышьяком из россыпей реки Золотой (Западный Саян) / Н.Д. Толстых, А.П. Кривенко, Л.Н. Поспелова // Зап. МВО. 1997. № 6. С. 23–34.

Тюкпиеков, В.А. Информационный отчет по незавершенным поисковым и оценочным работам на Октябрьском золоторудном поле: отчет ПК «АС «Ойна» по работам за 2011–2013 гг. / В.А. Тюкпиеков. Кызыл. 2013*ф*. 138 с

Уссар, Р.Т. Составление прогнозно-металлогенической карты золотоносных районов Тувинской АССР м-ба 1:200 000: Отчет по теме / Р.Т. Уссар, Б.Д. Васильев. Кызыл: ТГРЭ, 1973. 380 с. Тыв. филиал ФБУ «ТФГИ по СФО», инв. № 1363.

Фельдбарг, Н.Е. Отчет о геолого-геоморфологических исследованиях в АмылоСистигхемском районе Тувинской АССР (в связи с поисками россыпей золота) / Н.Е. Фельдбарг, Е.М. Захарова. М.: МГУ, 1980*ф*. 284 с

Фирсов, Л.В. Золотокварцевая формация Яно-Колымского пояса / Л.В. Фирсов. Новосибирск: Наука, 1985. 217 с.

Хазагаров, А.М. Перспективная оценка золотоносности районов восточной части Тувинской АССР / А.М. Хазагаров, А.И. Неймарк и др. Красноярск: КГУ, 1965*ф*. 57 с. Тыв. филиал. ФБУ «ТФГИ по СФО», инв. № 945.

Харьковщенко, В.П. Краткая геолого-промышленная характеристика рудников и приисков «Тувзолото» / В.П. Харьковщенко [и др.]. Кызыл, 1944*ф.* Тыв. филиал ФБУ «ТФГИ по СФО»; инв. № 175 РЭП.

Хертек, Ч.М. Деформационные и метасоматические преобразования детритового золота при россыпеобразовании / Ч.М. Хертек, А.М. Сазонов // Руды и металлы. 2023. № 4. С. 37–60.

*Хертек, Ч.М.*Особенности строения и состав россыпного и коренного золота месторождений Амыло-Систигхемского района /Ч.М Хертек, А.М.Сазонов // В сборнике: Региональная экономика: технологии, экономика, экология и инфраструктура. Материалы IV-й Международной научно-практической конференции, посвящённой Десятилетию науки и технологий в Российской Федерации, 300-летию Российской Академии наук, Году педагога и наставника в Российской Федерации и Году народной сплочённости в Республике Тыва. Кызыл, 2023. С. 215-218.

Хертек, Ч.М. Катаклаз и метасоматоз частиц детритового золота при гипергенезе/ Ч.М. Хертек, А.М.Сазонов // Матер. XI Всерос. петрогр. конф. «Петрология магматических и метаморфических комплексов». Томск, Компания Милон, 2022. С. 150–161.

Хертек, Ч.М. Типизация золота Амыло-Систигхемского рудно-россыпного района / Ч.М. Хертек, А.М. Сазонов // Минералогия. 2024. Т. 10, №1. С. 32–53.

Хертек, Ч.М.Химический состав золота гранулометрических фракций россыпей Амыло-Систигхемского района: генетические выводы (Западный Саян)/ Ч.М. Хертек , А.М.Сазонов, А.М.Горин // В книге: Цветные металлы и минералы – 2024.Сборник тезисов докладов двенадцатого международного конгресса. Красноярк, 2024.С. 711-716.

*Хертек, Ч.М.*Аутигенное золото россыпей Амыло-Систигхемского рудно-россыпного района, Западный Саян / Ч.М. Хертек, А.М. Сазонов // Геосферные исследования. 2025.№1.С.95-108.

Хертек, Ч.М. Золото неогеновых и четвертичных отложений Амыло-Систиг-Хемского россыпного района (Западный Саян) // Ч.М. Хертек, А.М.Сазонов, Н.Н.Попова [и др.] // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2025 №4а (64). С.35-49

Хертек, Ч.М. Отражение условий золоторудогенеза в типоморфизме россыпного золота Амыло-Систигхемского района Западного Саяна) // Ч.М. Хертек // В сборнике материалов конференции, посвященной 70-летнему юбилею АО «Сибирское производственно-геологическое объединение» («Красноярская геологосъемочная экспедиция») и празднованию профессионального праздника «День геолога».

Черепнин, В.К. Вторичные процессы в сульфидных и золоторудных месторождениях / В.К. Черепнин, В.К. Бернатонис. Томск: ТПИ, 1981. 90 с.

Чернышов, А.И. Петроструктурная эволюция ультрамафитов Калнинского хромитоносного массива в Западном Саяне / А.И. Чернышов, А.Н. Юричев // Геотектоника. 2013. № 4. С. 31–46.

Чучко, В. Н. Геологическое строение и полезные ископаемые нижн. теч. р. Систиг-Хем в пределах листов N-46-19-А, Б, Г: Окончательный отчет Нижнесистигхемской геолого-съемочной партии за 1965–1967 гг. / В.Н. Чучко, Я.В. Сарбаа, А.В. Рычков [и др.]. Кызыл, 1968. 325 с. Тыв. филиал ФБУ «ТФГИ по СФО»; инв. № 1129.

Шило, Н.А. Основы учения о россыпях / Н.А. Шило. М.: Наука, 1981. 384 с.

Юричев, А.Н. Платиноносность хромититов Куртушибинского офиолитового пояса, Западный Саян: новые данные / А.Н.Юричев, А.И. Чернышов // Зап. РМО. 2019. № 5. С. 113–125.

Юшков, М.Г. Золотоносные россыпи южной части Красноярского края: Отчет по теме «Обобщение материалов геолого-разведочных работ по россыпным месторождениям с целью подготовки объектов раздельной золотодобычи. ПО «Сибзолоторазведка» / М.Г. Юшков, В.Г. Звягин и др. Красноярск, 1994*ф*. Красноярский филиал ФБУ «ТФГИ по СФО»; инв. № 26741.

Юшко-Захарова, О.Е. Минералы благородных металлов: Справочник / О.Е. Юшко-Захарова, В.В. Иванов, Л.Н. Соболева [и др.]. М., Недра, 1986. 272 с.

Яблокова, С.В. Образование «нового» золота в некоторых россыпях Южной Якутии / С.В. Яблокова // Геология россыпей. М.: Наука, 1965. С. 152–155.

Яблокова, С.В. Изучение самородного золота при геологоразведочных работах. Методические рекомендации / С.В. Яблокова, Н.Н. Позднякова, Л.В. Шатилова // Отечественная геология. 2024. № 1. С. 20–32.

Япаскурт, О.В. Литология / О.В. Япаскурт. М.: Академия, 2008. 336 с.

Ящук, В.И. Результаты общих поисков коренных месторождений золота в Амыльском районе: Отчет Геохимической партии за 1980–1984 гг. / В.И. Ящук, Е.Н. Федотушкин, А.Я. Вамбольдт [и др.]. Минусинск, 1984. 267 с. Тыв. филиал ФБУ «ТФГИ по СФО»; инв. № 1800.

Falconer, D.M. Supergene gold mobility: a textural and geochemical study from gold placers in southern New Zealand / D.M. Falconer, D.Craw // Supergene Environments, Processes and Products. Economic Geology Special Publication. 2009. V. 14. P. 77–93.

Goryachev, N.A. Giantplacers of the Upper Kolyma gold fields, Yana-Kolymaprovince, Russian Northeast / N.A. Goryachev, A.S. Yakubchuk, I.S. Litvinenko [et al.] // Special Publication of Society of Economic Geologists “Geology of the World’s MajorGold Deposits and Provinces”. chapter 37. 2020. P. 797–821. https://doi.org/10.5382/SP.23.37

Kerr, G. Transportrelated mylonitic ductile deformation and shape change of alluvial gold, southern New Zealand / G. Kerr, D. Falconer, F. Reith, D. Craw// Sediment.Geology. 2017. No. 361. P. 52–63.

Okamoto H., Massalski T. B. The Ag-Au (Silver-Gold) System / H. Okamoto, Massalski T. B// Bulletin of Alloy Pase Diagrams. 1983. Vol. 4, № 1. P. 30–38.

Philpotts, A.R. Principles of igneous and metamorphic petrology. Second Edition / A.R. Philpotts, J.J. Ague. New York: Cambridge university press, 2009. 685 p.

Reith, F. Supergene gold transformation: secondary and nano-particulate gold from southern New Zealand / F. Reith, L. Stewart, S.A. Wakelin // Chemical Geology. 2012. No. 320. P. 32–46.

Rea, M.A. Bacterial biofilmson gold grains-implications for geomicrobial transformations of gold / M.A. Rea, C.M. Zammit, F. Reith // FEMS Microbiol. Ecology. 2016. No. 92 (6). P. 1–12.

Sederholm, J. The Upper Yenissei Drainage Area: (territory of Uriankhai) / J. Sederholm, H. Backlund, St. Foslie [et al.] // Acta geogr. Helsingfors: Tilgmann, 1925. Vol. 1. No. 1189 p.

Silyanov, S.A. Gold in the Oxidized Ores of the Olympiada Deposit (Eastern Siberia, Russia) / S.A. Silyanov, A.M. Sazonov, Y.A. Zvyagina [et al.] // Minerals. 2021. V. 11, no. 2. P. 1–21.

Stewart J. Low temperature recrystallisation of alluvial gold in paleoplacer deposits / J. Stewart, G. Kerr, D. Prior [et al.] // Ore Geology Reviews. 2017. No. 88. P. 43–56