

УДК 553.411 (571.1)

МИНЕРАЛОГИЯ И КОРЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗОЛОТА ДАВЕНДА-КЛЮЧЕВСКОГО РУДНО-РОССЫПНОГО УЗЛА (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

© 2024 г. В. В. Колпаков^{1, *}, П. А. Неволько^{1, **}, П. А. Фоминых^{1, ***}

¹Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,
пр-кт акад. Коптюга, 3, Новосибирск, 630090 Россия

* E-mail: vladk@igm.nsc.ru

** E-mail: nevolko@igm.nsc.ru

*** E-mail: fominykhpa@igm.nsc.ru

Поступила в редакцию 15.12.2023 г.

После доработки 11.04.2024 г.

Принята к публикации 13.05.2024 г.

В Давенда-Ключевском рудном узле находится большое количество россыпей и рудопроявлений золота, месторождения золото-сульфидно-кварцевой и золотосодержащей Мо-порфировой формаций штокверкового и жильного типов. Судя по морфологии золота, большинство россыпей тесно пространственно связаны с рудными источниками, но данные по химическому составу золота россыпей и руд очень ограниченно представлены в литературе. Детальное минералого-геохимическое изучение россыпного золота, которому посвящена эта работа, дает важную генетическую информацию, которая может быть использована для прогноза и поисков золотого оруденения. Установлено, что пробность россыпного золота хорошо сопоставима с пробностью рудного. В автохтонных россыпях, образующих отдаленный ореол вокруг Ключевского месторождения, преобладает золото с пробностью 900–950‰. Золото часто содержит включения рудных минералов и образует с ними сростки. Прежде всего, это пирит, галенит и минералы Bi (тетрадимит, теллуриды Bi , Bi -содержащие сульфосоли, самородный Bi , висмутин), реже – арсенопирит, халькопирит, блеклые руды. В автохтонных россыпях, расположенных вокруг месторождения Давенда, преобладает золото с пробностью более 950‰, включения рудных минералов (пирит, галенит, тетрадимит, минерал состава PbBiCuS , арсенопирит) в золоте этих россыпей редки. Третий тип золота (850–900‰) менее распространен в вышеупомянутых россыпях, но преобладает в автохтонных россыпях рек Малый и Левый Амуджикан. В существенно аллохтонных россыпях периферии Давенда-Ключевского рудного узла и р. Черный Урюм распространено и более низкопробное золото. В этой группе россыпей несколько меняется минеральная ассоциация Au . Галенит и минералы Bi почти не находятся в золотилах совместно, появляются гессит, акантит, петцит, ассоциирующие с минералами Bi или пиритом. В шлихах присутствует киноварь. Пробность золота россыпей, его ассоциации с рудными и нерудными минералами, указывают на телескопирование оруденения в рудных источниках и на то, что продуктивное на россыпи оруденение образовалось в результате переотложения золота на поздних стадиях.

Ключевые слова: золото, россыпи, золотое оруденение, пробность золота, минералы-включения в золотилах, минеральные ассоциации, минералы Bi , коренные источники золота.

DOI: 10.31857/S0016777024050044, **EDN:** abqpfb

ВВЕДЕНИЕ

В Пришилкинской подвижной зоне находится большая часть месторождений золота восточного Забайкалья (Государственная ..., 2010; Павленко, 2015). В Давенда-Ключевском рудном узле сосредоточены значительные запасы рудного и россыпного золота. Наиболее крупными объектами являются Ключевское (Корчагина, 2019), Александровское и Давендинское

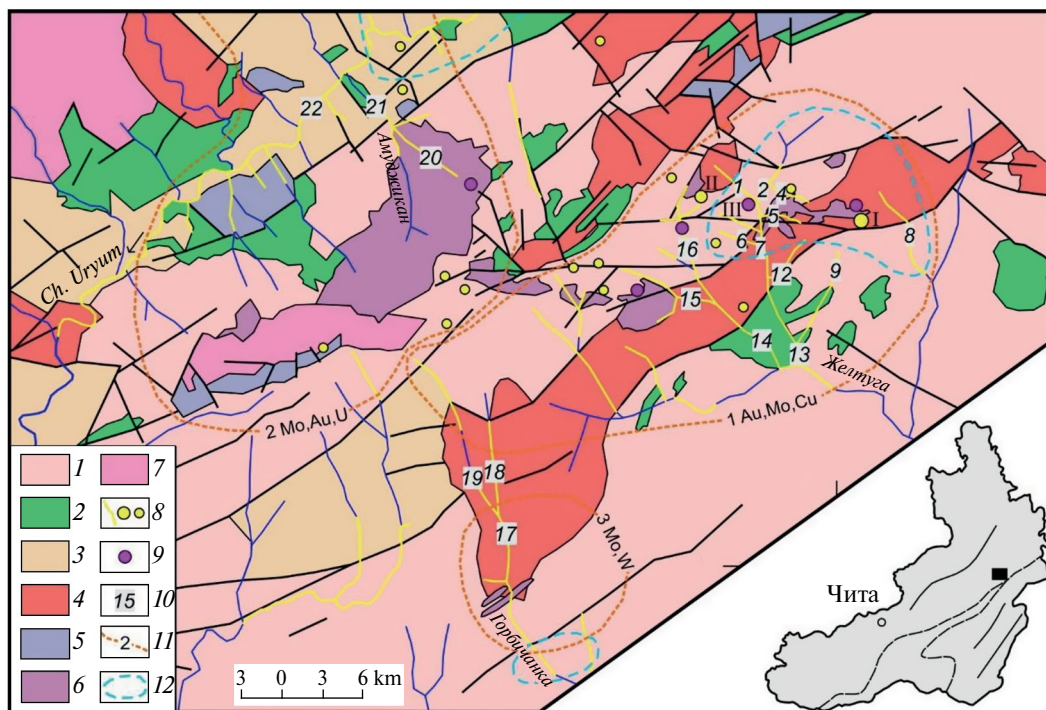
месторождения. Они известны с начала – середины XX в. (россыпи – еще раньше) и детально изучены. Установлены условия локализации, формирования и возраст оруденения, стадийность минералообразования, минеральные и геохимические ассоциации и формы выделений золота и многое др. Тем не менее в опубликованной литературе содержится очень мало сведений о типохимизме самородного золота руд и россыпей, часто приводится только диапазон

пробности золота для данного объекта или даже для группы объектов. Такое положение дел обычно характерно для многих рудно-россыпных районов, и не только Забайкалья. Между тем, детальное минералого-геохимическое изучение самородного золота россыпей дает важную генетическую информацию, которая может быть использована для прогноза и поисков месторождений золота, что остается актуальным. В большинстве россыпей района преобладает или присутствует слабо окатанное золото, что указывает на тесную связь с коренными источниками. Это повышает достоверность прогноза золотого оруденения. Объектом исследования было золото из россыпей бассейнов рек Желтуга, Горбичанка (Давенда-Ключевской рудный узел), из старых отвалов месторождений Ключевское, Давенда. Чтобы установить сходства и различия коренных источников, также изучалось золото россыпей бассейна р. Левый Амуджикан (где золотое оруденение проявлено значительно слабее), отделенного от россыпей Давенда-Ключевского рудного узла водоразделом.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ЗОЛОТОЕ ОРУДЕНЕНИЕ РАЙОНА

Изучаемые россыпи приурочены к Давенда-Ключевскому Au–Mo–Cu и Амуджиканскому Mo–Au–U рудным узлам, расположенным в юго-западной части Могочинского Au–Mo–Cu–U рудного района Пришилкинской (Au–Mo–Cu–Sb) подвижной зоны Монголо–Охотской складчатой области (золото-молибденовый пояс Забайкалья С.С. Смирнова). Район находится на южной окраине Алданского щита, в зоне влияния крупного Могоча-Бушулейского разлома Монголо-Охотской сутуры. В геологическом строении района (фиг. 1) ведущую роль играют мезозойские и более древнего возраста гранитоиды.

Фундамент составляют гнейсовидные или порфировидные граниты, габбро-диориты нижнего протерозоя. Архейские метаморфические породы распространены ограниченно (Государственная ..., 1971а; Боровиков и др., 2020). Большие площади занимают также нижнепалеозойские



Фиг. 1. Схема геологического строения района (по ГГК РФ, N-50-XXIII, XXIV, XXIX, XXX).

1 – гнейсовидные или порфировидные граниты (Pt_1); 2 – габбро-диориты (Pt_1); 3 – олекминский? комплекс (Pz_1), лейкограниты; 4 – амананский комплекс (J_{2-3}), гранодиориты; 5 – порфириды и их туфы (J_{2-3}); 6 – амуджиканский комплекс (J_3), порфировидные граниты, гранодиориты; 7 – нерчуганский комплекс (J_3), граносиениты; 8 – россыпи, месторождения (I – Ключевское, II – Александровское) и рудопроявления Au; 9 – месторождения Mo (III – Давендинское); 10 – участки опробования россыпей (табл. 1); 11 – контуры Давенда-Ключевского Au, Mo, Cu (1), Амуджиканского Mo, Au, U (2), Горбичанского Mo, W (3) рудных узлов; 12 – шлиховые ореолы киновари.

Таблица 1. Привязка и характеристика шлиховых проб

№ на фиг. 1	Россыпь	Характеристика пробы
1	р. Покойная	Рекультивированный отвал, песчано-галечные отложения
2	р. Давенда	Рекультивированный отвал, песчано-галечные отложения
4	рч. Глубокий	Рекультивированный отвал, песчано-галечные отложения
5	рч. Малый Боровой	Целиковые щебнисто-песчано-слабоглинистые отложения
6	р. Невидимка	Рекультивированный отвал, галечно-песчаные отложения
7	р. Давенда	Рекультивированный отвал, галечно-песчаные отложения
8	р. Ключи	Рекультивированный отвал, песчано-галечные отложения
9	р. Дыроватка	Рекультивированный отвал, галечно-песчаные отложения
12	р. Нижняя Давенда	Рекультивированный отвал, галечно-песчаные отложения
13	р. Давенда	Рекультивированный отвал, песчано-галечные отложения
14	р. Кудечи	Эфельный отвал, песчано-мелкогалечные отложения
15	р. Малые Кудечи	Песчано-галечные отложения с дамбы отстойника
16	р. Кудечи	Рекультивированный отвал, песчано-галечные отложения
17	р. Горбичанка	Рекультивированный отвал, галечно-песчаные отложения
18	р. Горбичанка	Рекультивированный отвал, песчано-галечные отложения
19	рч. Безымянный	Рекультивированный отвал, песчано-галечные отложения
20	р. Малый Амуджикан	Галечно-песчано-глинистые отложения из отвала и целика
21	р. Левый Амуджикан	Рекультивированный отвал, галечно-песчаные отложения
22	р. Черный Урюм	Галечно-песчаные отложения с головной части косы

и мезозойские гранитоиды, последние трассируют зоны крупных разломов СВ – субширотного простирания (Криволуцкая, Гонгальский, 1995). Породы рудоносного амуджиканского комплекса представлены интрузиями гранит-порфиров, порфировидных гранитов, гранодиоритов и дайками пестрого состава, среди которых известны: гранит, гранодиорит-порфиры, диоритовые порфириты, плагиоклазовые порфириты, фельзиты и фельзит-порфиры, аплиты, микродиориты, долериты, лампрофиры (Абрамов, 2015; Боровиков и др., 2020).

Район отличается большой концентрацией месторождений и рудопроявлений Au, Mo, Cu и др. Наиболее проявлены молибден-порфировое и золото-сульфидно-кварцевое оруденения, генетически связанные с интрузиями амуджиканского комплекса (J_3) (Государственная..., 2010): первое – с гранит-порфирами (Боровиков и др., 2020), второе – с дайками заключительных этапов внедрения (гибридные порфиры, лампрофиры, ортоклазиты) (Абрамов, 2015; Абрамов и др., 2020). Рудные поля месторождений Ключевское и Давенда сложены гранитоидами амананского комплекса (Криволуцкая, Гонгальский, 1995; Абрамов, 2015; Юргенсон и др., 2016),

Александровского – гранитоидами бичурского комплекса (P_2), выделенного из объема амананского (Абрамов и др., 2020; Боровиков и др., 2020).

Минеральный состав руд и последовательность их образования можно рассмотреть на примере собственно золоторудных Ключевского, Александровского и золотосодержащего Мо-порфирового Давендинского месторождений. Ключевское месторождение является региональным эталоном штокверкового геолого-промышленного типа золото-сульфидно-кварцевого оруденения, Александровское относится к жильному (Дарасунскому) типу (Государственная ..., 2010). На месторождении Давенда оруденение также жильного типа, а последовательность рудообразования такая же, как на Александровском месторождении (Боровиков и др., 2020). Основным рудным минералом на всех трех месторождениях является пирит, а кварц и карбонаты – сквозные нерудные минералы. Проявлены следующие стадии оруденения: 1) молибденит-кварцевая; 2) сульфидно-кварц-турмалиновая; 3) золото-кварц-полиметаллическая; 4) золото-кварц-пиритовая; 5) висмутин-кварцевая. Нередко наблюдается пространственное совмещение оруденения разных

стадий. Основные окolorудные изменения пород — турмалинизация, калишпатизация, окварцевание, хлоритизация, березитизация, гематизация, карбонатизация, аргиллизация.

На Ключевском месторождении наиболее распространена стадия 2, а продуктивны — стадии 3 и 4. Основные рудные минералы (Абрамов, 2015; Трубачев и др., 2016): пирит, арсенопирит, халькопирит, гематит, галенит, сфалерит. Менее распространены антимонит, молибденит, минералы группы блеклых руд (в том числе и Ag-содержащие), энаргит (Cu_3AsS_4), борнит, рутил, магнетит. Редкие минералы — ильменит, хромит, пирротин, глаукодит, акантит, фаматинит (Cu_3SbS_4), висмутин, висмут, айкинит, тетрадимит, калаверит, теллуриды Ag, Au, шеелит и др. Количество сульфидов в рудах очень непостоянно, а процесс внутрирудной перекристаллизации и переотложения минералов типичен (Криволуцкая, Гонгальский, 1995). Пирит образует 6 генераций, арсенопирит — 3 (во вторую, третью и четвертую рудные стадии), халькопирит и блеклые руды — 2 (в первую и третью стадии) (Кринов, 2008). По данным (Трубачев и др., 2016), средние содержания минералов в рудах месторождения следующие: пирит — 12.2%, халькопирит — 0.3%, арсенопирит — 0.22%, магнетит — 0.1%, гематит, сфалерит, галенит, теннантит — 0.02%, остальные минералы — от знаков до 0.005%. Средние содержания золота низкие — 2–3 г/т (Абрамов, 2015), содержание Au напрямую зависит от степени гидротермально-метасоматической проработки пород (Жмодик и др., 2009). Основное количество золота сосредоточено в центральном штокверке, сложенном брекчированными гранодиорит-порфирами амананского комплекса (J_{2-3}) с развитыми по ним кварц-турмалиновыми метасоматитами и многочисленными секущими дайками поздних этапов внедрения амуджиканского комплекса (J_3). Содержание сульфидов в рудах штокверка в среднем составляет 10–15%. Богатые золотом руды образуются при совмещении продуктивных минеральных ассоциаций (Криволуцкая, Гонгальский, 1995). В периферических кварцевых жилах находится 2% запасов Au (Жмодик и др., 2009). Пробность Au — 740–980‰ (Государственная ..., 2010), с глубиной слабо повышается до 840–980‰ (Криволуцкая, Гонгальский, 1995).

На Александровском месторождении наиболее продуктивна стадия 4, а на Давендинском преобладают стадии 1 (молибденит, пирит) и, в меньшей степени, 2 (Боровиков и др., 2020; Абрамов и др., 2020). Последовательность

образования минералов в рудах: пирит, молибденит, шеелит, монацит, ксенотим, другие фосфаты REE, апатит — халькопирит — арсенопирит, пирротин, борнит, сфалерит, галенит, тетраэдрит — Bi-содержащие сульфосоли — висмутин, теллуриды Au, Ag, Bi, серебро, буланжерит. Количество сульфидов в рудах составляет 5–8%, распределение Au весьма неравномерно (Быбин, Багова, 2014). Золото в кварцевых жилах ассоциирует с пиритом, турмалином, халькопиритом, шеелитом, галенитом, сфалеритом, блеклой рудой и минералами Bi (Боровиков и др., 2020). Золотом обогащены верхние интервалы кварцевых жил (до 200 м), где резко возрастает содержание минералов Bi и Te (Юргенсон и др., 2016). Рудоносные жилы тяготеют к дайкам амуджиканского комплекса, имея близкие с ними элементы залегания (Боровиков и др., 2020). Пробность Au на Александровском месторождении составляет 850–970‰, в среднем — 929‰ (Абрамов и др., 2020). Для всех трех упомянутых месторождений характерны прямая корреляционная связь между содержаниями в рудах Au и Cu и преобладание мелкого, размером до 0.1 мм, золота, связанного с пиритом. В полиметаллической ассоциации размер золотин увеличивается до 0.1–0.5 мм (Криволуцкая, Гонгальский, 1995; Жмодик и др., 2009).

В примыкающей к Давенда-Ключевскому рудному узлу юго-восточной части Амуджиканского рудного узла находится одноименное отработанное месторождение Мо-жильного типа, менее масштабное, чем Давендинское, и ряд рудопроявлений золота кварц-турмалинового типа с небольшим количеством сульфидов. Рудные минералы на них представлены пиритом, халькопиритом, арсенопиритом, молибденитом, вольфрамитом, висмутином (Государственная ..., 1971б). Амуджиканское месторождение состояло из 20 субпараллельных брекчированных кварцевых жил в эндоконтакте гигантопорфировых гранитов амуджиканского комплекса. Содержания Mo, Bi, Pb в жилах достигали 0.3%, Cu — 1.5%, Au — 0.5 г/т. Главные минералы руд — молибденит и висмутин, второстепенные — халькопирит, галенит, сфалерит, шеелит, пирит. Окolorудные изменения — серицитизация, хлоритизация, карбонатизация и окварцевание.

В районе известны многочисленные россыпи золота, формирующие Горбица-Желтугинский (бассейн р. Шилка) и Урюмский россыпные узлы, разделенные Собачкиным хребтом. Из россыпей первого добыто более 14 тонн Au, из россыпей второго — немного меньше (Корчагина,

Агибалов, 2020), а долинная россыпь по р. Черный Урюм являлась очень протяженной (50 км) и крупной по запасам Au, ее отработка началась еще в 1860-х гг. (Быбин, Багова, 2014). Средние по масштабам россыпи приурочены к притокам р. Черный Урюм, в том числе и к бассейну р. Левый Амуджикан. По фондовым данным, в этой россыпи выход золотин размером до 1 мм составляет 72 мас.%, количество окатанных и слабо окатанных золотин примерно одинаково, средняя пробность Au 890‰. В Горбица-Желтугинском узле россыпи известны практически по всем водотокам. Наибольшее практическое значение имеют долинные аллювиальные россыпи (самая крупная из них – по р. Давенда), но распространены и террасовые. Максимальные содержания золота (до 20 г/м³) отмечались по россыпям рек Давенда и Горбичанка (Государственная ..., 1971а; 2010). Преобладающая часть золотин в россыпях имеет размеры 0.1–1 мм, реже – до 2–3 мм, окатанность золота, в основном, слабая. Пробность Au составляет 750–935‰, чаще всего 830–862‰ (Государственная ..., 2010). Оработка многих россыпей старателями продолжается.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

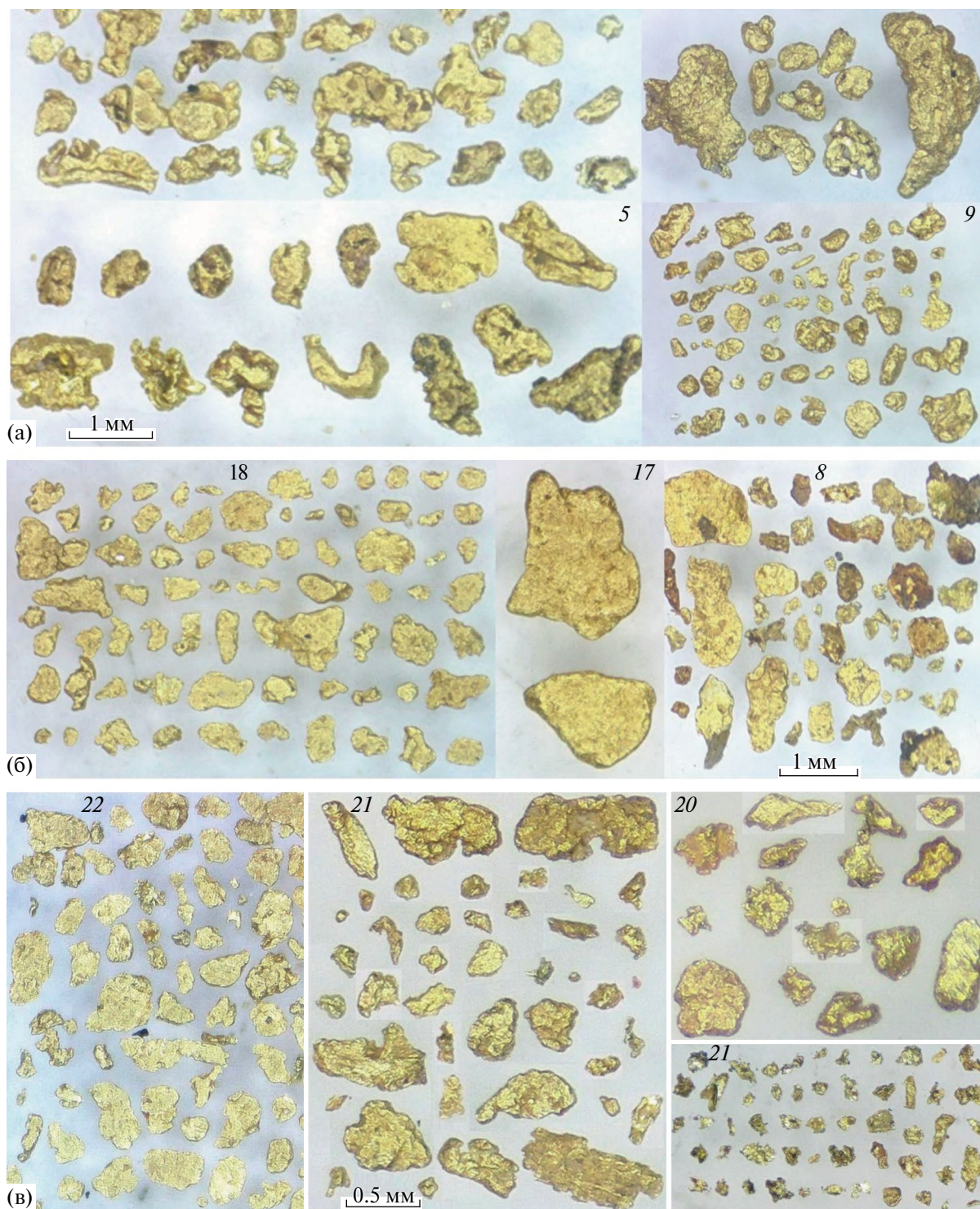
В основу работы положен фактический материал, отобранный при полевых работах коллектива в 2023 г. Самородное золото получено методом ручной промывки (объем пробы – не менее 50 л) из отвалов отработанных россыпей, приплотиковых отложений целиковой россыпи рч. Малый Боровой и из старых рудных отвалов. Отвалы Ключевского месторождения опробованы в пос. Ключевский и в верховьях долины р. Ключи, Давендинского – в двух местах на заброшенной фабрике. Отвалы опробовались в местах наиболее вероятного обнаружения золота. В отвалах россыпей это промоины, сухие русла временных водотоков, прирусловые косы, отложения с крупной галькой и т.п. В рудных отвалах – обохренные или черноватого цвета зоны в разрезе отложений (пос. Ключевский), в бортах р. Давенда (на фабрике). В верховьях р. Ключи отвалы (в виде куч) рассыпаны по долине. Глубина отбора проб составляла не более 0.5 м. В лабораторных условиях из шлихов извлекался магнетит, оставшийся материал домывался до состояния черного шлиха. При минералогическом анализе этих шлихов под бинокулярным микроскопом отбирались и фотографировались монофракции золота. Из них были изготовлены

полированные шашки-аншлифы на эпоксидной основе. Поиск минералов-включений в золотинах и неоднородностей внутреннего строения зерен Au осуществлялся под рудным микроскопом AxioScope A.1 (Zeiss). Минералы-включения в золоте определялись при помощи сканирующего электронного микроскопа (SEM) MIRA 3 LMU (Tescan Ltd) с системой микроанализа INCA Energy 450 XMax 80 (Oxford Instruments Ltd–NanoAnalysis Ltd) с термополевой эмиссией. Химический состав золотин на 4 главных компонента макросостава (Au, Ag, Hg, Cu) определялся на электронном микрозонде JEOL JXA-8100 с использованием волнового дисперсионного спектрометра (WDS) с тонко сфокусированным пучком (< 2 мкм). Пределы обнаружения Au, Ag, Hg, Cu составили 0.05–0.1 мас.%. Если состав одной и той же золотины в разных точках оказывался близким, в расчет принималось только одно из определений. Если точка попадала в гипергенную высокопробную кайму, этот анализ также не учитывался. Микрозондовый и SEM-анализы выполнены в ЦКП Многоэлементных и изотопных исследований СО РАН.

МОРФОЛОГИЯ ЗОЛОТА И ШЛИХОВЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ

В россыпях Давенда-Ключевского рудного узла часто встречается слабо окатанное золото, морфология которого сохраняет первичные эндогенные черты (табл. 2). Например, пробы 5, 9, 8 (фиг. 2а, б).

Также распространены золотины массивной и кристаллоподобной морфологии. Сильно уплощенные чешуйчатые и лепешковидные формы Au более характерны для участков россыпей в нижнем течении рек Давенда (13), Кудечи (14). Уплощенное, окатанное золото (“косоное”) преобладает в россыпях р. Горбичанка (17, 18, см. фиг. 2б) и ее безымянного правого притока (19). В пробе 17 встречены и более массивные, размером до 3 мм, окатанные золотины. В количественном отношении во всех пробах преобладают золотины размером от 0.1 до 0.5 мм, выход тонкого (менее 0.1 мм) Au не превышает 10–15%, а выход золота крупнее 0.5 мм составил от 5 до 20%, лишь в пробах 5 и 17 – 45% и 32% соответственно. Россыпь рч. Малый Боровой (5) целиковая, автохтонная, не затронутая промышленной старательской обработкой. Проба отбиралась непосредственно с трещиноватого плотика, сложенного гранитами, содержание золота составило порядка 10 г/м³.



Фиг. 2. Фотографии россыпного золота под бинокулярным микроскопом. Цифрами на фотографиях обозначены номера проб (см. фиг. 1).

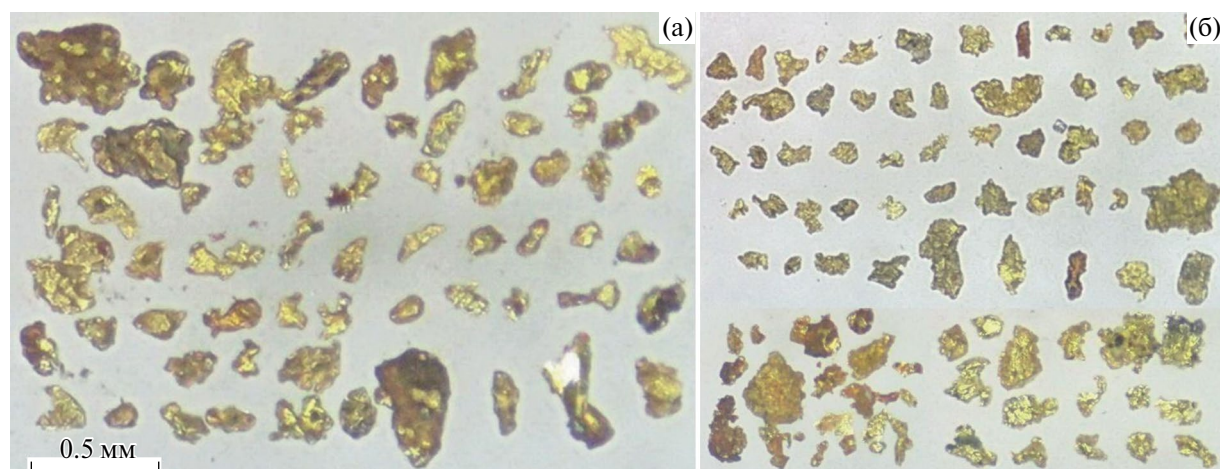
Золото из старых отвалов Ключевского и Давендинского месторождений, морфология которого отображена на фиг. 3, по размеру не превышает 0.5 мм, чаще даже 0.1–0.2 мм, а в шлиховых концентратах осталось не менее тысячи

золотин размером 0.1–0.05 мм и меньше. На поверхности многих золотин наблюдаются корки и примазки ржаво-бурого, черного и сероватого цветов. Следует отметить, что золото по морфологии подобное изображенному на фиг. 3,

Таблица 2. Минеральный состав шлихов и морфология самородного золота

Проба	Шлиховые минералы	Число золотин	Окатанность Au	Мах, мм	Морфология Au
1	Mgt, Ilm, Zir, Py, Ep, Gr, Sh	25	Бв	0.9	рудн, крист, чеш, леп
2	Mgt, Ilm, Zir, Py, Gr, Sph, Ep	9	Вб	1.1	масс, рудн, чеш
4	Mgt, Ilm, Zir, Py, Ep, Gr, Sph, Ap, Sh	30	Бв	0.7	масс, рудн, крист
5	Mgt, Sh, Ilm, Zir, Sph, Ep, Py	сотни	Б	3	масс, рудн, крист, леп, чеш
6	Mgt, Zir, Ilm	30	Вб	2.5	крист, рудн, масс, леп
7	Mgt, Ilm, Zir, Py, Ep	15	Бв	0.5	рудн, леп, крист
8	Py, Mgt, Zir, Ilm, Gr, Ep, Sh, Sph, Ci	50	Бв	1.2	рудн, чеш
9	Mgt, Ilm, Zir, Py, Ep, Ap, Gr	150	БВ	1.7	масс, рудн, крист, леп
12	Mgt, Ilm, Zir	50	Бв	0.8	рудн, крист, леп, масс
13	Mgt, Ilm, Zir, Ep, Gr, Sph	29	Бв	0.6	леп, крист, рудн, масс
14	Mgt, Zir, Ilm, Ep, Py	11	Вб	0.3	чеш
15	Mgt, Ilm, Zir, Py, Ep, галенит	5	Ба	0.3	рудн
16	Mgt, Ilm, Zir, Sph, Ep	35	Бв	0.8	рудн, крист, леп, чеш
17	Mgt, Ilm, Zir, Sph, Ci	70	Вб	3	леп, чеш, рудн
18	Mgt, Ilm, Zir, Sph, Ep	70	Вб	0.9	чеш, леп
19	Mgt, Ilm, Sph, Zir, Ep	75	Вб	0.9	чеш, леп
20	Ilm, Mgt, Zir, Sph, Sh, Py	25	БВ	1	рудн, леп, чеш, масс
21	Ilm, Mgt, Py, Zir, Sh, Sph, Ci	170	БАв	1.5	рудн, чеш, леп, крист
22	Mgt, Ilm, Zir, Sh, Py, Sph, Ep, Gr, Ci	250	Вб	1	чеш, леп, рудн, крист

Примечание. Минералы: Mgt – магнетит, Ilm – ильменит, Zir – циркон, Sph – сфен, Ep – эпидот, Gr – гранат, Py – пирит, Sh – шеелит, Ap – апатит, Ci – киноварь. Морфология Au: рудн – жилковидно-пластинчатая или интерстиционная; леп – лепешковидная; чеш – чешуйки; масс – массивная; крист – кристалловидная. Окатанность Au: а – неокатанное, б – слабо окатанное, в – окатанное. Заглавная буква – преобладание. Привязку проб см. на фиг. 1.

**Фиг. 3.** Фотографии рудного золота под бинокулярным микроскопом.

а – из старых отвалов месторождения Давенда; б – из старых отвалов месторождения Ключевское.

заметно присутствует в пробе из россыпи р. Ключи (8) (см. фиг. 2б).

В россыпях рек Малый (20) и Левый (21) Амуджикан также распространено золото ксеноморфного, рудного облика, особенно в пробе 21 (см. фиг. 2в), которая, вероятно, отображена в непосредственной близости от какого-то рудного источника. Другие морфологические разновидности Au представлены в основном лепешками и чешуйками (см. табл. 2). Именно такое, окатанное, уплощенное “косовое” золото преобладает в россыпи на опробованном магистральном участке долины р. Черный Урюм (22). Размер золотинок в россыпях варьирует, что видно и на фиг. 2в. В пробах 21, 22 выход Au класса крупности 0.1–0.5 мм составляет более 60%, а в пробе 20 – более 70% золотинок крупнее 0.5 мм (в пробах 21, 22 золотинок такого размера не более 20%). Тонкое (< 0.1 мм) золото почти отсутствует в пробах 20, 22 (не более 5%), а в пробе 21 его около 20%.

В шлихах по россыпям выход магнетита обычно в разы превышает выход остальных минералов (кроме проб 20, 21), много также ильменита, циркона, иногда пирита (8, 21), шелита (5, 21, 22), сфена (17–19). Обычно черный шлик состоит из магнетита, ильменита и циркона, количество остальных минералов (кроме вышеупомянутых проб) незначительно. В сером шлихе присутствуют амфиболы, пироксены, биотит, минералы легкой фракции,

лимонитизированные обломки пород и др. Кинноварь встречается в пробах только в единичных знаках, галенита в пробе 15 – более десяти знаков. Шлиховой концентрат из отвалов месторождения Давенда сложен в основном магнетитом и пиритом, цирконом, а шлик из отвалов Ключевского месторождения представлен сульфидным концентратом. Изучение аншлифов, изготовленных из этих шлихов, показало, что, кроме тонкого золота, в порядке убывания содержания, в первом находятся: пирит, галенит, сфалерит, а во втором – пирит и арсенопирит, галенит и блеклые руды, сфалерит.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗОЛОТА И МИНЕРАЛЫ-ВКЛЮЧЕНИЯ В ЗОЛОТИНАХ

В россыпях и рудных отвалах Давенда-Ключевского рудного узла преобладает золото с пробностью выше 850‰. В бассейне р. Желтуга средняя пробность Au составляет 904–932‰, лишь в объединенной пробе 14, 15 – 847‰ (табл. 3), а в бассейне р. Горбичанка (пробы 17–19) – 867‰. В россыпях, объединяемых в группы, распределение пробности золота однотипно.

На гистограммах пробности Au (фиг. 4) видно, что для россыпей левых притоков р. Давенда (пробы 4, 5, 9, 12), р. Ключи (8), верховья р. Кудечи (16) характерно золото с пробностью 900–950‰ (см. фиг. 4а, и–л), а для россыпей верховья (2) и правых притоков р. Давенда

Таблица 3. Характеристика химического состава золота

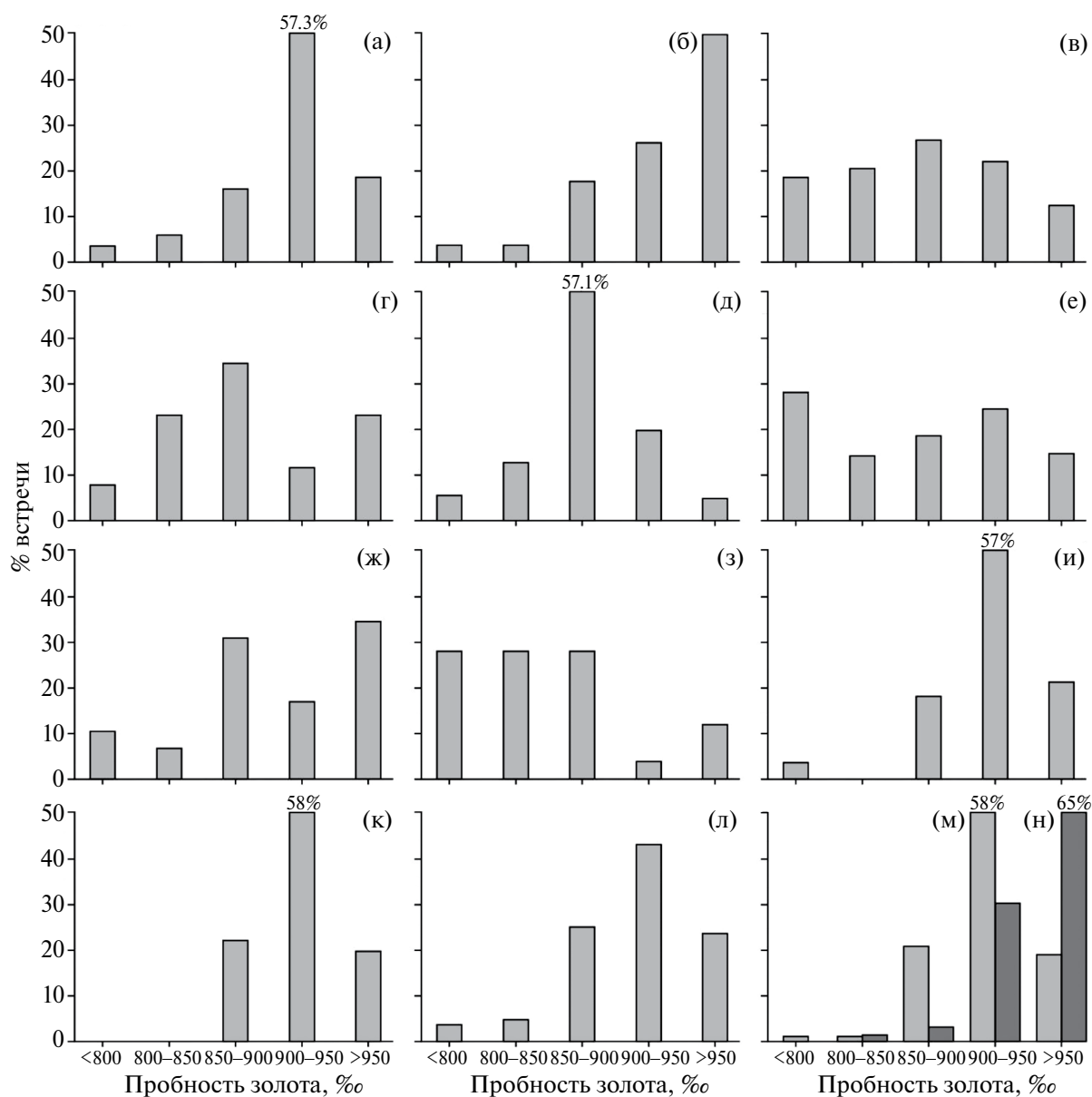
Проба	<i>n</i> *	Au.‰. (среднее)	Cu, мас.‰	Hg, мас.‰ (частота встречи)
Ключевское, отвал	175	731–993 (919)	0–0.06; 0.09; 0.13; 0.53	0–0.7; 1.87 (44%)
Давенда, отвал	63	821–989 (951)	0–0.22	0–1.27 (32%)
5	89	639–977 (912)	0–0.21	0–0.8; 2; 3.5; 6 (45%)
9	82	854–983 (922)	0–0.08	0–0.27 (7%)
4, 8, 12	84	483–997 (905)	0–0.12	0–0.84 (17%)
1, 2, 6, 7	85	680–988 (932)	0–0.24	0–0.54; 1.2–2.7 (26%)
16	28	738–974 (922)	0–0.12	0–1.72; 3 (46%)
13	29	745–996 (904)	0–0.19; 0.37	0–0.77 (31%)
14, 15	25	688–979 (847)	0–0.09	0–0.22 (16%)
17, 18, 19	113	678–994 (867)	0–0.09	0.24; 0.51
20	26	705–986 (877)	Не обн.	0–0.71 (81%)
21	182	656–978 (876)	Не обн.	0–0.46 (36%)
22	245	417–986 (846)	0–0.12; 0.58; 1.3	0–0.93; 3 (5%)

Примечание. **n* – количество анализов.

(1, 6, 7) — золото с пробностью выше 950‰ (см. фиг. 4б). Распределение пробности Au в этих россыпях одномодально. Распределение пробности золота россыпей р. Горбичанка и ее правого притока (17–19), приустьевых частей рек Давенда (13), Кудечи (14) и ее правого притока (15) носит иной, не одномодальный характер (см. фиг. 4в, ж, з). На суммарной гистограмме по пробам 17–19 выделяется лишь небольшой максимум в интервале пробности Au 850–900‰, остальные интервалы также значимо представлены.

На гистограмме по пробе 13 выделяются равнозначные максимумы в интервалах 850–900‰ и 950–1000‰, а по пробам 14, 15 — в интервалах от менее 800‰ до 850–900‰.

По всем россыпям Давенда-Ключевского рудного узла пробность Au менее 800‰ показал 41 анализ из 535 (7.7%), чаще всего такое золото встречается в россыпях бассейна р. Горбичанка. Пробность менее 700‰ показали 8 анализов (1.5%). Наиболее низкопробное золото присутствует в россыпях р. Ключи (483‰, 564‰),



Фиг. 4. Гистограммы пробности золота.

а — проба 5, $n=89$; б — пробы 1, 2, 6, 7, $n=85$; в — пробы 17–19, $n=113$; г — проба 20, $n=26$; д — проба 21, $n=182$; е — проба 22, $n=245$; ж — проба 13, $n=29$; з — пробы 14, 15, $n=25$; и — проба 16, $n=28$; к — проба 9, $n=82$; л — пробы 4, 8, 12, $n=84$; м — отвалы Ключевского месторождения, $n=175$; н — отвалы месторождения Давенда, $n=63$.

рч. Малый Боровой (639‰, участки в высокопробной золотине), рек. Горбичанка и Кудечи (678–707‰). Зависимости между пробностью и размером золотин не наблюдается. Пробность золота определяется, главным образом, содержанием в нем серебра. Примесь Hg в Au лишь в редких случаях составляет 1–6 мас.% (см. табл. 3), обычно – десятые доли%, при довольно низкой частоте встречаемости. Наиболее характерна она для золота проб 5 и 16. Содержания Cu в Au, хотя и постоянно присутствуют, но низкие. По валовой выборке, в 4% случаев они превышают 0.1 мас.% и в 26% случаев составляют 0.05–0.1 мас.%, коэффициент корреляции Au–Cu равен 0.46. Лишь единичные золотины сильно неоднородны по содержанию Ag, разница в содержаниях Ag внутри одного и того же зерна Au достигает 20–30 мас.%. Чаще всего такие золотины встречаются в пробе 5 (5 шт.). Наблюдаются обогащенные Ag, иногда вместе с Hg, участки в краевых частях или низкопробные прожилки внутри высокопробных золотин. Гипергенные высокопробные каймы на частицах Au встречаются довольно часто, они развиваются, в том числе, и по обогащенным Ag краевым участкам неоднородных золотин.

Распределение пробности золота россыпей Амуджиканского рудного узла показано на фиг. 4г, д, е. В аллохтонной россыпи р. Черный Урюм (проба 22) наиболее значимо представлено золото диапазонов пробности менее 800‰ и 900–950‰, эта проба отличается от проб 20, 21 повышенным количеством относительно низкопробного золота. В золоте содержится небольшая примесь меди, корреляция между содержаниями Au и Cu слабая, $r=0.2$. Примесь ртути встречается лишь в 5% золотин. На гистограммах пробности золота россыпей рек Малый (20) и Левый Амуджикан (21) выделяется максимум в интервале 850–900‰, в остальном распределение пробности Au различно, как различна и частота встречаемости в золоте примеси ртути (см. табл. 3). Медь в золоте этих россыпей не обнаружена. Вариация эндогенной пробности Au в пределах отдельных золотин не превышает 50‰, изредка на зернах Au присутствуют тонкие гипергенные каймы. В рассматриваемых россыпях Амуджиканского рудного узла (20–22), как и в россыпях Давенда-Ключевского, Au и Ag также являются главными компонентами макросостава золотин. Содержания Hg в Au небольшие, до 1 мас.%, а частота встречаемости примеси Hg в Au россыпей сильно варьируется.

В рудных отвалах Ключевского и Давендинского месторождений абсолютно преобладает золото с пробностью выше 850‰, на гистограммах (см. фиг. 4м, н) выделяются четкие максимумы в интервалах 900–950‰ и 950–1000‰. Частота встречаемости примеси Hg в Au составляет 44 и 32% соответственно, содержания Hg в подавляющем большинстве случаев не превышают 1 мас.% и не коррелируют с пробностью Au. Примесь меди в золоте из отвалов Ключевского месторождения в 172 случаях из 175 не превышает 0.06 мас.%, корреляции между содержаниями Cu и Au нет ($r=0.15$). Содержания меди в золоте из отвалов месторождения Давенда равномерно распределены по всему диапазону – от 0 до 0.22 мас.%, $r_{\text{Au-Cu}} = 0.51$ (при граничном значении 0.32).

Минералы, обнаруженные в виде включений в золотины или в сростках с ними, приведены в табл. 4, а ассоциации этих минералов – в табл. 5. Кварц встречается во всех пробах, поэтому в таблицах не указан. Частота встречаемости минералов-включений в золоте выше в россыпях левых притоков р. Давенда, особенно в пробе 5.

В 44% золотин из россыпи рч. Малый Боровой обнаружены включения минералов. Среди них преобладают минералы Bi – тетрадимит (фиг. 5в, д, е), самородный Bi (см. фиг. 5б, г), теллуриды Bi (см. фиг. 5д), айкинит, галенит (см. фиг. 5а, е), иногда содержащий 3–4 мас.% Bi, и пирит.

Отмечаются также единичные золотины с включениями турмалина, халькопирита, арсенопирита и минерала состава (Fe, Co, Ni)AsS, теннантита, монацита, сидерита, доломита, хлорита, калиевого полевого шпата, плагиоклаза. Минералы Bi образуют ассоциацию друг с другом и с галенитом. В одном из зерен галенита обнаружено также включение тетраэдрита (см. фиг. 5е). Вместе с галенитом и минералами Bi в золотины встречаются обособленные включения почти всех остальных перечисленных минералов, чаще всего – пирита. Почти все включения находятся в золоте с пробностью 900–975‰, лишь в одном зерне Au (806‰) присутствуют очень мелкие ($< 5 \mu\text{m}$) включения галенита (с примесью Bi) и айкинита и еще в одном (874‰) – многочисленные включения турмалина и сидерита.

В золоте проб 4, 8, 9 и 12 преобладающими являются включения пирита, следующие по распространенности минералы-включения – минералы Bi и галенит (фиг. 6). Первые представлены тетрадимитом, Bi-содержащими сульфосолями,

Таблица 4. Минералы-включения в золоти́нах из россыпей и рудных отвалов

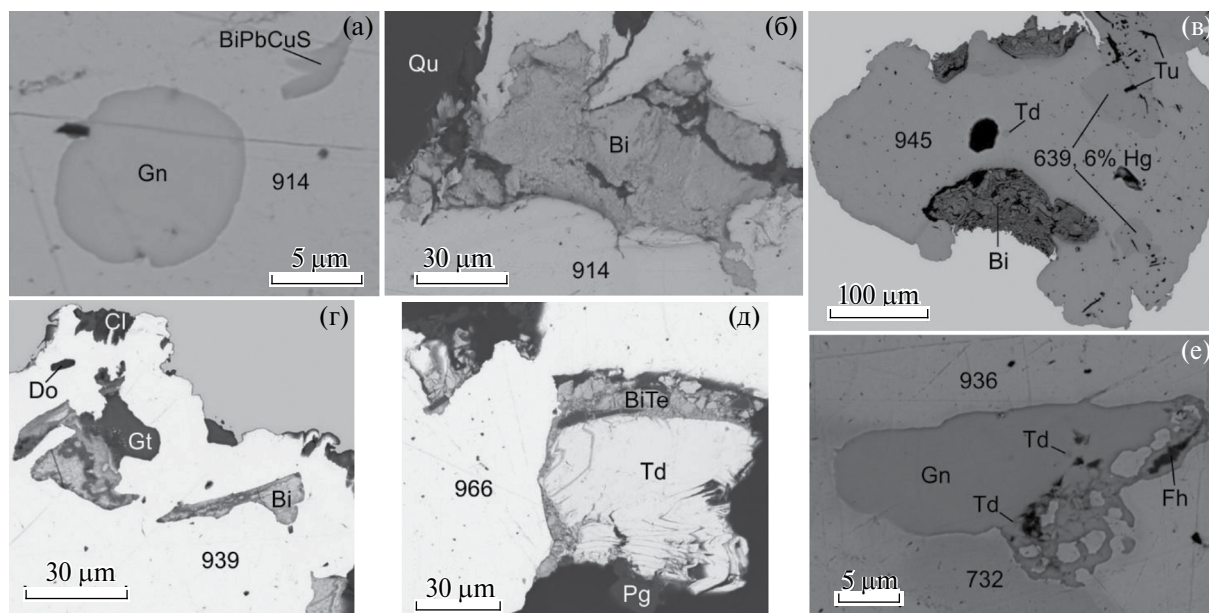
Проба (n*)	% **	Количество золоти́н (штук) с включениями						Минералы Bi	Прочие минералы
		Py	Gn	Bi-m	Apy	Cpy	Fh, Sp		
1,2,6,7 (n=5)	6	4	1	2	2			Td, PbBiCuS	Сидерит, гипс
5 (n=37)	44	16	18	20	1	3	2	Td (13), Bi (3), BiTe (3), айкинит (2)	Карбонаты, Ту, Mz, Кпш, Ab, хлорит
4,8,12 (n=25)	30	19	4	6	1			Td (4), цумоит, Bi ₂ S ₃ , BiPbAgS	Биотит, Кпш, Ru, Tu
9 (n=27)	33	18	5	3	4	3		Td (2), PbBiCuS	Карбонаты, каолинит, Tu
13 (n=4)	14	3	1						Tu, Кпш
16 (n=4)	15	2	1				1		
17–19 (n=14)	12	10	4	1		2	1	PbBiCuS	Гессит (2), петцит, Ru, эпидот
20,21 (n=32)	17	9	7	4	1	2	3	Td (3), BiPbAg(Sb, Cu, Te)S (2)	Гессит, акантит, Ро, карбонаты, Ту, Ru, Mz, Мо, Ab
22 (n=27)	11	8	2	7	3	4	2	Td (3), BiTe, BiPbTeS, Bi ₂ S ₃ , айкинит, козали́т	AuTe, петцит, акантит, HgTe, Ро, Бу, карб, Ru, Ilm
Давен. (n=7)	11	5		2				Td (2), BiTe	
Ключи (n=89)	51	86			4	2	4		Колорадоит(HgTe), сидерит, Кпш, Tu

Примечание. *n – количество золоти́н с включениями рудных минералов. ** – % от общего количества золоти́н в пробе. Py – пирит, Gn – галенит, Bi-m – минералы Bi, Apy – арсенопирит, минералы состава (Fe, Co, Ni)AsS, Cpy – халькопирит, Fh – блеклая руда, Sp – сфалерит, Td – тетрадимит, Tu – турмалин, Mz – монацит, Мо – молибденит, Кпш – калиевый полевой шпат, Ru – рутил, Ро – пирротин, Ab – альбит, Бу – буланжерит, Ilm – ильменит.

Таблица 5. Ассоциации минералов, находящихся во включениях или в сростках с золотом

Проба	Минералы *
Ключи, отвалы	Py, Fh, Кпш, сидерит, Ту; Py, Apy, Cpy; Apy, Tu ; Cpy, колорадоит
Давенда, отвалы	Td, BiTe
5	Py, Tu, Mz; Py, Fh; Py, Td; Py, Gn ; Gn, Cpy; Gn, айкинит; Gn, BiTe; Gn, Td; Gn, Td, Fh ; Td, Bi, Tu; Td, BiTe, плагиоклаз; Bi, гетит, доломит, хлорит; Tu, сидерит
1,2,6,7	Py, Apy; Py, Gn, PbBiCuS ; сидерит, гипс
4,8,12	Py, Apy ; Py, Td; Gn, BiPbAgS ; Gn, Td, BiTe; Gn, Td, Tu; биотит, Кпш
9	Py, Cpy; Py, Apy, сидерит, каолинит; Py, Gn; Py, Tu; Cpy, Apy; Cpy, Tu; Gn, Ge, Ak; Gn, Td
17–19	Py, Gn; Py, гессит, Cpy; Py, гессит, петцит; Gn, PbBiCuS ; Sp, Mus
20,21	Py, Gn; Py, Gn, доломит; Py, Tu; Py, Мо, Ag-Ttd; Apy, пирротин Cpy, Sp, Fh; Gn, акантит; Td, гессит; Td, сульфосоли Bi; сульфосоли Bi ; Mus, альбит; рутил, монацит
22	Cpy, Td; Cpy, Sp, Td, айкинит; Td, айкинит, петцит, AuTe, BiTe; пирротин, акантит ; колорадоит, доломит; ильменит, рутил

Примечание. * Минералы, находящиеся в золоти́нах совместно, но обособленно друг от друга, или (жирным шрифтом) находящиеся в сростках друг с другом. Ag–Ttd – Ag-содержащий тетраэдрит, Mus – мусковит, Ge – герсдорфит, Ak – аллоклазит. Расшифровку сокращенных названий остальных минералов см. в примечаниях к табл. 4.



Фиг. 5. Включения минералов в золоте россыпи рч. Малый Боровой.

SEM-изображения. Минералы: Gn – галенит, Qu – кварц, Td – тетрадимит, Bi – самородный висмут, Tu – турмалин, Pg – плагиоклаз, Do – доломит, Gt – гетит, Cl – хлорит, Fh – блеклая руда. Цифрами на фотографиях обозначена пробность золота.

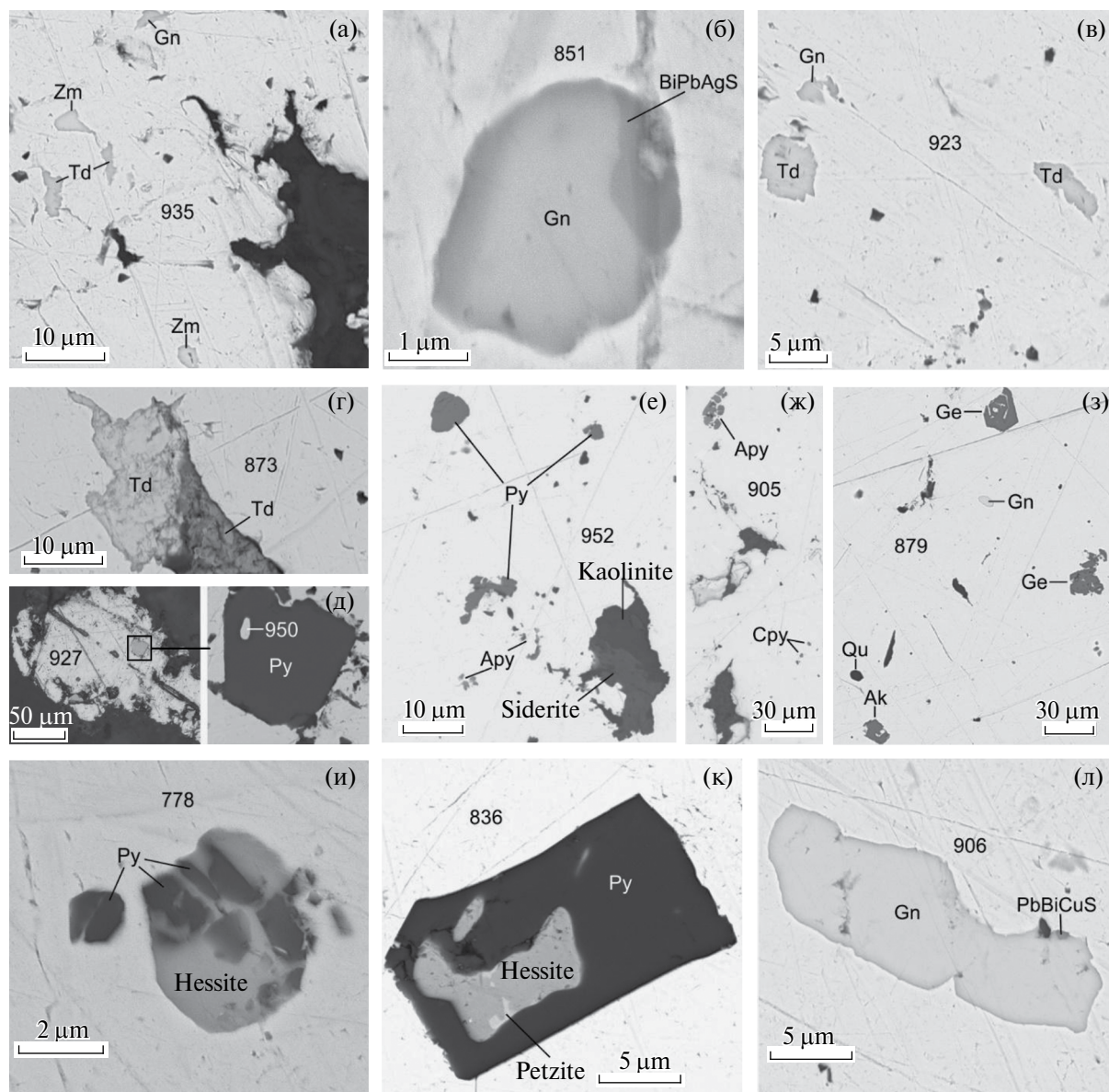
цумоитом и висмутином. Они могут находиться в золотилах совместно с галенитом (см. фиг. ба, в), а минерал состава BiPbAgS – в сростании с галенитом (см. фиг. бб). В пирите одной из золотин (891‰) пробы 12 обнаружены вкрапления арсенопирита, а другой (927‰), из пробы 13, 16 все включения минералов находятся в разных золотилах, пробность которых составляет 848–974‰. Только в одной золотине из пробы 14 присутствуют включения пирита, в золоте пробы 15 включений минералов не обнаружено.

Перечисленные минералы не образуют сростков ни между собой, ни с пиритом (см. фиг. бе-з). Диапазон пробности зерен Au с включениями рудных минералов (в пробах 4, 8, 9, 12) составляет 850–983‰. Пирит присутствует в золоте с пробностью выше 890‰, арсенопирит – 868–905‰, халькопирит – 854‰, 905‰, 983‰. Включения галенита и тетрадимита есть в золоте разной пробности, сульфосолей Bi – в Au с пробностью 850‰, 880‰, висмутина – 894‰, цумоита – 935‰. В пробах 1, 2, 6, 7 частота встречаемости золотин с включениями минералов – 6%. Минерал состава PbBiCuS образует кайму вокруг включения галенита в золотине с пробностью 951‰. В этой же золотине также есть включения пирита. Еще в одном зерне Au совместно, но обособленно друг от друга

находятся включения арсенопирита и пирита. Пробность золота с включениями арсенопирита – 850‰, 895‰, тетрадимита – 964‰, пирита – 758–951‰. Гипс образует одно очень мелкое вкрапление в Au с пробностью 988‰. В пробах 13, 16 все включения минералов находятся в разных золотилах, пробность которых составляет 848–974‰. Только в одной золотине из пробы 14 присутствуют включения пирита, в золоте пробы 15 включений минералов не обнаружено.

В россыпях р. Горбичанка и ее притока (пробы 17–19) самым распространенным минералом-включением в золоте также является пирит. Он встречается в золоте с пробностью 770–900‰ следующим образом: как единственный вид включений в Au; совместно с халькопиритом или галенитом; в сростании с гесситом (см. фиг. би). В одной золотине (836‰) обнаружено зерно пирита с включениями гессита и петцита (см. фиг. бк). Галенит встречается в золоте близкой пробности (894–934‰), в одном случае он содержит примесь Bi (4 мас.%), в другом – к зерну галенита прирастает очень мелкое зерно минерала Bi (см. фиг. бл). Сфалерит (с примесью Fe) образует включение размером 10 μm в золотине с пробностью 796‰.

Включения минералов присутствуют в 17% золотин из россыпей рек Малый и Левый



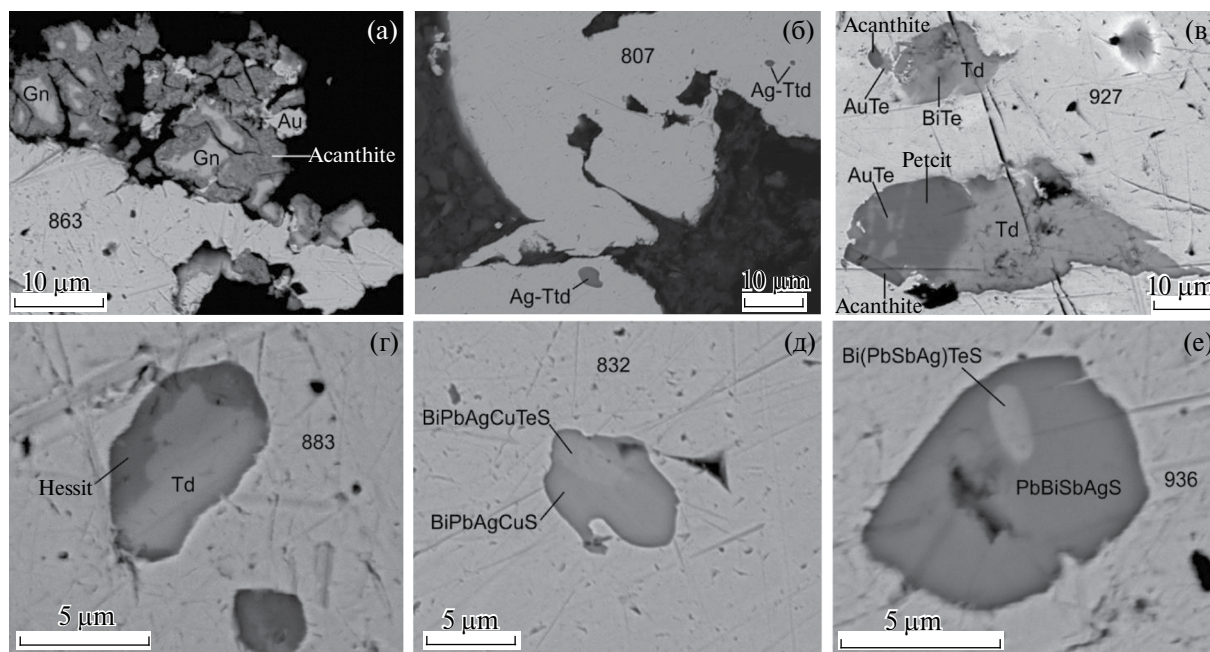
Фиг. 6. Включения минералов в золоте россыпей Давенда-Ключевского рудного узла.

SEM-изображения и фотография под рудным микроскопом. а – проба 4; б – проба 12; в, е – з – проба 9; г, д – проба 8; и – л – проба 18. Минералы: Gn – галенит, Td – тетрадимит, Zm – цумоит, Py – пирит, Apy – арсенопирит, Cpy – халькопирит, Ge – герсдорфит, Ak – аллоклазит, Qu – кварц. Цифрами на фотографиях обозначена пробность золота.

Амуджикан (пробы 20, 21). Это в основном пирит, галенит, тетрадимит и минералы, содержащие Bi, Pb, Ag, Sb, (Cu, Te), S, вероятно, сульфосоли (фиг. 7).

Также встречаются Ag-содержащий тетраэдрит (см. фиг. 7б), халькопирит, арсенопирит, пирротин, сфалерит, гессит, акантит, молибденит. Прочие минералы представлены рутилом, мусковитом, турмалином, альбитом, сидеритом, калиевым полевым шпатом. Установлены случаи

нахождения в золотилах следующих сростков (см. табл. 5): минералов Bi (см. фиг. 7д, е); тетрадимита и гессита (см. фиг. 7г); галенита и акантита (см. фиг. 7а); халькопирита и сфалерита. Арсенопирит и пирротин обнаружены в одной и той же золотине, но обособленно друг от друга. Единственное, очень мелкое включение молибденита присутствует в золотине с пробностью 807‰. Халькопирит находится в золоте с пробностью 930‰, 960‰, Ag-тетраэдрит – 705‰, 807‰,

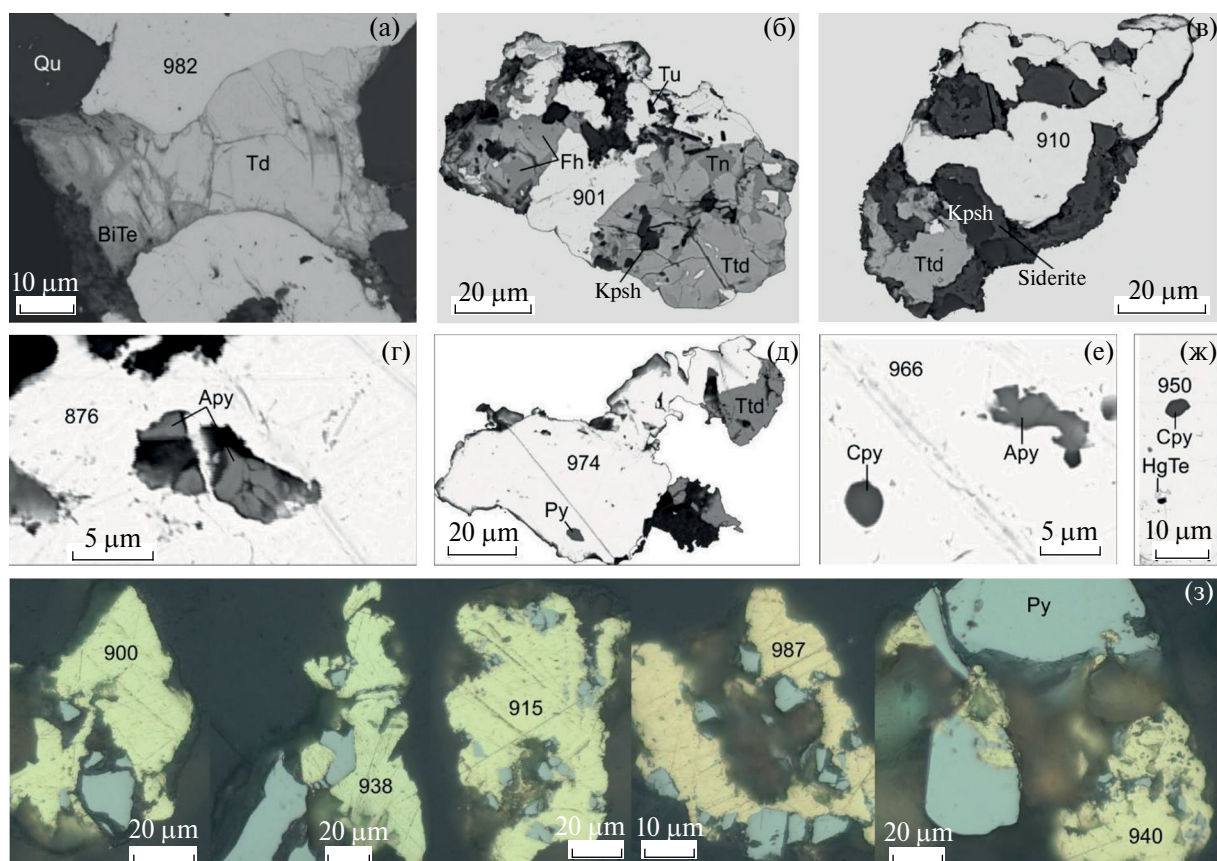


Фиг. 7. Включения минералов в золоте россыпей Амуджиканского рудного узла. SEM-изображения. а, г–е – проба 21, б – проба 20, в – проба 22. Минералы: Gn – галенит, Ag–Ttd – Ag-содержащий тетраэдрит, Td – тетрадимит. Цифрами на фотографиях обозначена пробность золота.

остальные минералы – в золоте с пробностью 824–936‰. В россыпи р. Черный Урюм включения минералов обнаружены в 11% золотинок. Чаще всего встречаются пирит и минералы Bi, представленные тетрадимитом, сульфотеллуридами Bi, Pb, айкинитом, козаликом, висмутином. Реже встречаются халькопирит, арсенопирит, герсдорфит, рутил (иногда в виде вкраплений в ильмените), теллуриды Au и Au, Ag, галенит, сидерит, доломит. В единичных золотинок обнаружены: пирротин в сростании с акантитом, сфалерит, буланжерит, колорадоит (HgTe). Обычно в золотинок находятся включения какого-то одного рудного минерала, кроме того, в одном зерне Au (941‰) обнаружены обособленные друг от друга включения халькопирита, сфалерита, тетрадимита, айкинита и еще в одном (927‰) – тесная ассоциация тетрадимита, теллуридов Au, Au, Ag, Bi, айкинита (см. фиг. 7в). Включения пирита находятся в золоте разной пробности (650–910‰), минералы Bi, халькопирит, теллуриды Au, Ag, рутил, сфалерит, герсдорфит – в относительно высокопробном (820–980‰), колорадоит и буланжерит – в среднепробном (850‰), аргентит и арсенопирит – в низкопробном (617–750‰), а галенит – как в низкопробном (730‰), так и в высокопробном (930‰) золоте.

Золото из рудных отвалов как содержит включения минералов, так и часто образует с ними сростки (фиг. 8а–в, з). В пяти золотинок (934–960‰) из отвалов месторождения Давенда есть включения пирита, в одной 982‰ – тетрадимита, еще в одном случае Au сростается с тетрадимитом, по которому развивается теллурид Bi (см. фиг. 8а). Половина золотинок из отвалов Ключевского месторождения находится в сростании с пиритом (см. фиг. 8з) или содержит его включения. В пирите иногда содержится небольшое количество As (1–4 мас.%). Пробность золота, ассоциирующего с пиритом, охватывает практически весь ее диапазон (731–987‰). Арсенопирит, в виде мелких включений, обнаружен в 4-х золотинок (876–967‰), халькопирит – в двух (см. фиг. 8е, ж), в том числе и вместе с колорадоитом (HgTe). Блеклые руды ряда теннантит–тетраэдрит образуют сростания с золотом (901–974‰), калиевым полевым шпатом, сидеритом (см. фиг. 8б, в, д). В одном случае (см. фиг. 8б), в сростании с Au и друг с другом находятся и теннантит, и тетраэдрит (содержащий 8 мас.% Hg), и блеклая руда, в составе которой содержания As и Sb примерно равные.

В аншлифе, изготовленном из шлихового концентрата отвалов Ключевского месторождения, присутствуют сростки золота с пиритом,



Фиг. 8. Включения минералов в золоте и сростки минералов с золотом из рудных отвалов Давендинского (а) и Ключевского (б-з) месторождений.

SEM-изображения и фотографии под рудным микроскопом. Минералы: Qu – кварц, Td – тетрадимит, Tn – теннантит, Ttd – тетраэдрит, Fh – блеклая руда ряда Tn–Ttd, Tu – турмалин, Кпш – калиевый полевой шпат, Py – пирит, Ару – арсенопирит, Сру – халькопирит. Цифрами на фотографиях обозначена пробаность золота.

с блеклой рудой, с арсенопиритом, а в аналогичном аншлифе из шлиха по отвалам месторождения Давенда – редкие сростки золота с пиритом.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В россыпях бассейнов рек Желтуга, Левый Амуджикан преобладает слабо окатанное золото (см. табл. 2), морфология которого сохраняет первичные, “рудные” черты. Коренные источники золота находятся в непосредственной близости (см. фиг. 1). В автохтонных россыпях золото имеет в основном ксеноморфную морфологию (жилковидно-пластинчатая, интерстиционная), менее распространены формы свободного роста – кристаллоподобная, массивная. Это признак того, что отложение золота происходило в стесненных условиях. Примазки ржаво-бурого, черного и сероватого цветов на поверхности золотин, вероятно, – следы пребывания в зоне

окисления, а для “рудного” золота – и в отвалах. Россыпи рек Черный Урюм, Горбичанка, существенно аллохтонного типа, золото более окатано и уплощено. В целом в россыпях золото крупнее, чем в опробованных отвалах Ключевского и Давендинского месторождений и чем в рудах этих месторождений (Криволуцкая, Гонгальский, 1995; Жмодик и др., 2009; Боровиков и др., 2020). Тонкое (< 0.1 мм) золото, особенно “рудной” морфологии, чаще встречается в автохтонных россыпях, например, пробы 21, 8, 9 (см. фиг. 2), что свидетельствует о продолжающемся размытии коренных источников.

Преобладающая шлиховая минеральная ассоциация (магнетит, ильменит, циркон) типична для россыпей, находящихся в полях развития гранитоидов, в том числе и для многих золотоносных россыпей Забайкалья. Шеелит в восточном Забайкалье встречается в россыпях везде, где есть мезозойские гранитоиды. Содержание

шеелита увеличивается, если он входит в состав рудных минеральных ассоциаций, например, в россыпи р. Быстрая, в россыпях рек Култу-мушка, Очуногда, связанных с Au–Cu–Fe скарновыми месторождениями. Здесь шеелит является одним из следующих по распространенности, после магнетита, шлиховым минералом. Значительное количество в шлихах пирита и других сульфидов и присутствие механически неустойчивого галенита указывают на близость рудных источников. Например, в россыпях рек Лугия, Урюмкан, связанных с Au-полиметаллическим оруденением, шлик представляет собой сульфидный концентрат, состоящий в основном из пирита, галенита и сфалерита при относительно небольшом количестве магнетита, циркона, шеелита и других минералов. Киноварь в шлихе указывает на присутствие поблизости эпитеpmального оруденения.

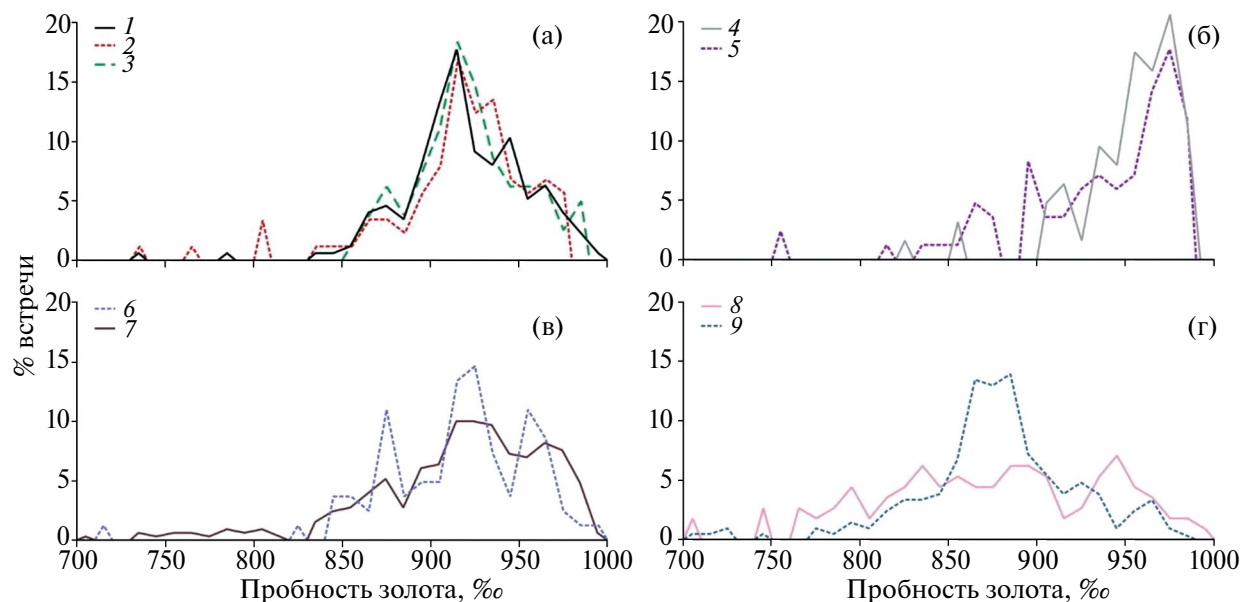
Эндогенные особенности химического состава самородного золота в той или иной степени сохраняются в россыпях и позволяют судить о типе рудной минерализации (Нестеренко, 1991; Morrison et al., 1991; Townley et al., 2003). Изучение химического состава золота из отвалов и россыпей показало, что основной примесью, определяющей пробность Au, является Ag, а пробность “рудного” и россыпного золота хорошо сопоставима. В россыпях бассейна р. Желтуга подавляющее количество золотин имеет пробность выше 850‰, а в отвалах месторождения Давенда – даже выше 900‰. Гистограммы (см. фиг. 4) и детальные, построенные с шагом 10‰ графики пробности Au (фиг. 9), показали, что по этому признаку можно выделить три основные разновидности золота.

Au-1 (см. фиг. 9а) наиболее характерно для россыпей левых притоков р. Давенда – рч. Малый Боровой (5) и р. Дыроватка (9), отвалов Ключевского месторождения. Au-2 (см. фиг. 9б) – для верховья (2) и верхних правых притоков р. Давенда (1, 6, 7), отвалов месторождения Давенда. Au-3, с пробностью 850–900‰ (см. фиг. 9в), в подчиненном количестве присутствует во всех россыпях бассейна р. Желтуга, более явно – в россыпях остальных левых притоков р. Давенда (4, 12) и р. Ключи (8). В россыпях 4, 8, 12 находится золото всех трех разновидностей. Возможно, какая-то часть золота, исходя из его морфологии, попала в пробу 8 из складированных в верховьях долины р. Ключи рудных отвалов. Au-3 преобладает в россыпях рек Малый и Левый Амуджикан (20, 21) (см. фиг. 9г). В аллохтонных россыпях р. Горбичанка (17, 18) и ее

притока (19) распределение пробности Au полимодально, без явно выраженных максимумов. Близкий характер, но с максимумом в интервале менее 800‰, имеет гистограмма пробности золота аллохтонной россыпи р. Черный Урюм (см. фиг. 4е). Значительная вариация пробности Au и наличие широкого спектра минералов-включений и сростков с золотом свидетельствуют о множественности коренных источников золота этих россыпей.

Ассоциации минералов-включений в россыпном золоте могут нести больше информации о коренных источниках, чем химический состав золота (Chapman et al., 2023). Минералы, ассоциирующие с золотом в россыпях (см. табл. 4), относятся к разным стадиям оруденения, выделяемым (Кривошукская, Гонгальский, 1995; Боровиков и др., 2020) на месторождениях Давенда-Ключевского рудного узла. Это, от ранних к поздним: монацит, шеелит (в шлихах), турмалин, халькопирит, арсенопирит, галенит, блеклые руды, минералы Bi, гессит, акантит и др. В россыпном золоте, из рудных минералов, не считая пирита, чаще всего встречаются включения галенита и тетрадимита. Минералы Bi обычно ассоциируют друг с другом или с галенитом (см. табл. 5), могут нарастать на него или образовывать в нем включения. По данным SEM, в галените (проб Давенда–Ключевского рудного узла) иногда содержится до 4 мас.% Bi, вероятно, из-за наличия микровключений минералов Bi. Золото-висмута-теллуридная ассоциация на большинстве месторождений относится исследователями к самой поздней, наложенной на остальные. Например, на Лугоканском месторождении (Редин и др., 2020), в Карийском (Ефремов и др., 2021), Дарасунском (Прокофьев и др., 2008; 2010) рудных полях, на золото-порфировых месторождениях провинции Юкон, Канада (Chapman et al., 2018). Чапман (2018) считает Bi, Pb, Te, S ассоциацию минералов-включений в россыпном золоте индикатором связи россыпей с оруденением порфирово-эпитеpmального типа. Вероятно, это характерно и для других типов золотого оруденения, тесно связанного с интрузиями гранитоидов.

На фиг. 1 видно, что россыпи, в которых преобладает Au-1, образуют отдаленный ореол вокруг Ключевского месторождения, а вероятные коренные источники золота россыпи рч. Малый Боровой могут находиться в сходной геологической обстановке. В золоте этих россыпей чаще, чем в остальных, встречаются включения рудных минералов (см. табл. 4), главные из которых,



Фиг. 9. Детальные графики пробности золота.

1 — отвалы Ключевского месторождения, $n=175$; 2 — проба 5, $n=89$; 3 — проба 9, $n=82$; 4 — отвалы месторождения Давенда, $n=63$; 5 — пробы 1, 2, 6, 7, $n=85$; 6 — пробы 4, 8, 12, $n=84$; 7 — россыпи бассейна р. Желтуга, без проб 4, 8, 12, $n=338$; 8 — пробы 17–19, $n=113$; 9 — пробы 20, 21, $n=208$.

кроме пирита, — галенит и минералы Bi , прежде всего, тетрадимит. В россыпи р. Дыроватка (9) в сопоставимом количестве золотин есть также включения арсенопирита и халькопирита (см. фиг. 6). Минералы, ассоциирующие с золотом в отвалах Ключевского месторождения (находящиеся как в сростках с Au , так и в шлихе), характерны для кварц-полиметаллической продуктивной стадии, а в россыпях — и для более поздних Au -кварц-пиритовой (галенит, блеклая руда, Bi -содержащие сульфосоли) и висмутин-кварцевой (тетрадимит, теллуриды Bi , висмутин) стадий. Особенно часто минералы Bi образуют сростки с золотом и включения в нем в целикомой автохтонной россыпи рч. Малый Боровой (см. фиг. 5). В отвалах месторождения Давенда, кроме пирита, галенита, сфалерита, также обнаружены один сросток золота с тетрадимитом (и кварцем) и одно включение тетрадимита в Au . В россыпях с преобладанием более высокопробного Au -2 (1, 2, 6, 7) включения минералов в золоте редки, среди них есть галенит, тетрадимит и минерал состава PbBiCuS . В рудах Александровского, Давендинского, особенно Ключевского месторождений минералы Bi относятся к редким, но содержание минералов Bi и Te резко увеличивается в повышенно золотосодержащих

минеральных ассоциациях верхних интервалов кварцевых жил (Юргенсон и др., 2016).

Россыпи, в которых больше всего золота с пробностью менее 900‰ (20, 21, 17–19, 15), находятся в западной части площади и имеют общий водораздел, к которому приурочено несколько рудопоявлений Au . Минеральные ассоциации россыпного золота указывают на наличие эпitherмального золотого оруденения. В золоте россыпей рек Малый и Левый Амуджикан находятся включения галенита, Bi -содержащих сульфосолей, тетрадимита (в том числе с каймой гессита), Ag -содержащего тетраэдрита, в одном случае золото сростается с галенитом и акантитом (см. фиг. 7а, б, г-е). Гессит и петцит обнаружены также в золоте россыпей р. Горбичанка и Черный Урюм. В шлиховых пробах по перечисленным россыпям присутствует киноварь (см. табл. 2). В пробе 15 включений минералов в золоте не обнаружено, но это единственная из всех шлиховых проб по россыпям, в которой есть галенит. От центра к периферии Давенда-Ключевского рудного узла вклад собственно эпitherмального оруденения в питание россыпей возрастает.

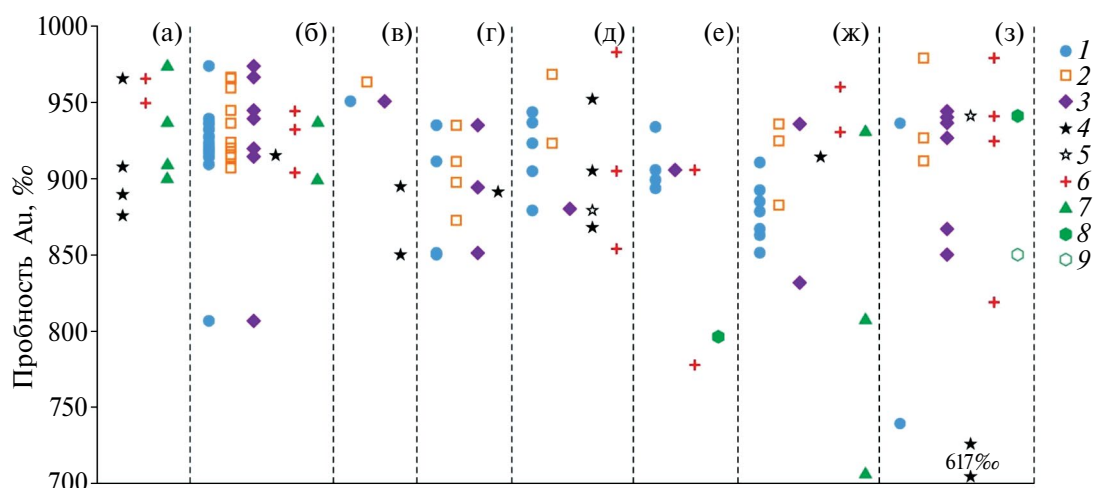
Минеральные ассоциации и пробность золота, как правило, соответствуют стадийности оруденения и его зональности. Эпitherмальное

оруденение, с относительно низкопробным золотом, в идеале образует самый широкий ореол. В случае телескопирования оруденения раннее, обычно высокопробное золото, ассоциирует с минералами своей стадии, а позднее, более низкопробное — с ранее или одновременно с ним образованными минералами. Если минерал представлен несколькими генерациями или имеет сквозное распространение в рудах (например, кварц, карбонаты, пирит), он, вероятно, будет ассоциировать с золотом разной пробности. Ассоциация высокопробного золота с минералами поздних стадий оруденения указывает на внутрирудное переотложение золота, которое происходит под воздействием гидротермальных растворов. Учитывая, что частицы рудного золота в основном очень мелкие и не могут накапливаться в россыпях, а россыпи существуют, переотложение происходило с укрупнением золота. Такой процесс описан, например, для золото-скарнового (Александров, 2007), порфирово-эпитермального (Charman et al., 2018) оруденений. Пробность золота верхних горизонтов рудных тел, при его эндогенном переотложении, обычно увеличивается. Одной из причин этого может быть усреднение пробности Au, так как происходит перенос вещества из нижних горизонтов в верхние. В данном случае высокая пробность золота известных рудных источников — Александровского (850–970‰, в среднем — 929‰, Абрамов и др., 2020), Давендинского (среднее — 951‰, по данным авторов), Ключевского (740–980‰, Криволуцкая, Гонгальский, 1995) месторождений хорошо сопоставима с пробностью золота соответствующих россыпей. В россыпи р. Ключи встречена золоти́на (927‰) размером 0.35 мм, содержащая кристалл пирита с включением золота (950‰) ранней генерации.

В рассматриваемых россыпях распределение пробности золота, содержащего включения рудных минералов или находящегося в сростках с ними, несколько различно (фиг. 10).

В россыпи рч. Малый Боровой (см. фиг. 10б) почти все они, кроме единичных включений галенита и айкинита (в одной золоти́не), находятся в золоте с преобладающей для него высокой пробностью. Точки на графике расположены очень компактно. Россыпеобразующее золото образовалось на поздней стадии оруденения и ассоциирует с широким спектром минералов, чаще всего с галенитом и минералами Bi. Пробность золота с включениями арсенопирита, халькопирита, блеклой руды сопоставима с пробностью золота из отвалов Ключевского

месторождения (руды кварц-полиметаллической стадии), содержащего включения этих минералов (см. фиг. 10а). Оруденение разных стадий пространственно совмещено. Это косвенно подтверждает и наличие в россыпи золотин, неоднородных по химическому составу, прежде всего, по содержанию Ag (см. фиг. 5в, е). Пятна и прожилки, обогащенные Ag, возникают в результате воздействия на уже образовавшиеся золоти́ны гидротермальных растворов (Яблокова и др., 2020). В россыпях 4, 8, 12 (см. фиг. 10г) основные включения в Au — это также галенит и минералы Bi. Они находятся в золоте с пробностью 851–935‰, точки на графике равномерно распределены по этому интервалу, в него попадают и Au-1, и Au-2, и Au-3, наиболее явно одновременно представленные именно в этих россыпях (см. фиг. 9в). Вероятно, в россыпях 5, 4, 8, 12 в основном находится золото из верхних, обогащенных Au и минералами Bi, горизонтов рудных тел. Исходя из пробности золота, для россыпи рч. Малый Боровой это руды Ключевского типа, а пробность Au россыпей 4, 8, 12 также указывает и на, собственно, относительно эпитермальное оруденение и на Давендинский тип. Набор минералов-включений в золоте россыпи р. Дыроватка (см. фиг. 10д) свидетельствует о более глубоком эрозионном срезе золотого оруденения и его телескопировании. Фигуративные точки равномерно распределены по всему диапазону пробности Au этой россыпи, а расположение точек арсенопирита аналогично таковому на графике для золота из отвалов Ключевского месторождения (см. фиг. 10а). На графике по россыпям 1, 2, 6, 7 (см. фиг. 10в) видно, что галенит и минералы Bi находятся в более высокопробном золоте, хотя образуются в рудах позже, чем арсенопирит. Учитывая преобладающую очень высокую пробность золота россыпей 1, 2, 6, 7 (см. фиг. 9б), можно отнести оруденение к жильному, Давендинскому типу. По существенно аллохтонным россыпям р. Горбичанка (см. фиг. 10е) можно сказать, что галенит, в том числе и в ассоциации с минералом Bi, встречается в золоте узкого диапазона пробности (894–934‰), высокой для этих россыпей, сфалерит — в золоте с пробностью около 800‰ и халькопирит — в золоте разной пробности. Во включениях в относительно низкопробном золоте появляются гессит и петцит (см. рис. би, к), ассоциирующие с пиритом. Золотин с включениями минералов мало, но, исходя из графика (см. фиг. 10е), и особенно из графика пробности Au (см. фиг. 9г), можно предположить, что



Фиг. 10. Пробность золота с включениями рудных минералов.

а – отвалы Ключевского месторождения; б – проба 5; в – пробы 1, 2, 6, 7; г – пробы 4, 8, 12; д – проба 9; е – пробы 17–19; ж – пробы 20, 21; з – проба 22. Минералы: 1 – галенит, 2 – тетрадимит, 3 – прочие минералы Bi, 4 – арсеницит, 5 – минералы состава (Fe, Co, Ni)AsS, 6 – халькопирит, 7 – блеклая руда, 8 – сфалерит, 9 – буланжерит. Пирит на графиках не показан.

коренной источник золота этих россыпей не один. Это может быть и оруденение Ключевского, Давендинского типов и, в значительной мере, эпитеpmальное оруденение.

На графике по россыпям рек Малый и Левый Амуджикан (см. фиг. 10ж) точки галенита скомпонованы в интервале преобладающей пробности Au (850–900‰), точки минералов Bi немного за него выходят, в основном в более высокопробную область. Пробность золота с включениями халькопирита высокая, а с включениями блеклой руды – широко варьирует. Диапазон пробности золота с включениями галенита и минералов Bi близок к таковому по россыпям 4, 8, 12. Однако галенит и минералы Bi, так же, как и в россыпи р. Черный Урюм, и в отличие от россыпей Давенда-Ключевского рудного узла, не находятся в золотилах совместно, здесь они ассоциируют с акантитом, теллуридами Au, Ag (см. табл. 5). Одним из источников Au может быть Амуджиканское золотосодержащее месторождение Мо-жильного типа (включения в золоте молибденита, минералов Bi, халькопирита). Другим – рудопроявления золота кварц-турмалин-сульфидного типа (Государственная ..., 1971б), расположенные, скорее всего, на небольшом удалении. Минеральные ассоциации и пробность золота россыпей рек Малый и Левый Амуджикан указывают на мезо-эпитеpmальное золотое оруденение.

В косовой россыпи р. Черный Урюм (см. фиг. 10з) включения минералов присутствуют в золоте различной пробности, компактнее всего на графике расположены точки тетрадимита в высокопробной области. Источники золота этой россыпи, очевидно, множественны. Обращает на себя внимание малое количество в этой россыпи золотинов с включениями галенита, всего 2 из 245, как и общая низкая встречаемость минералов-включений в Au (см. табл. 4), что может быть связано и с сильной механической преобразованностью золотинов в аллохтонных россыпях.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. В россыпях бассейнов рек Желтуга, Левый Амуджикан преобладает слабо окатанное золото, морфология которого сохраняет первичные черты, коренные источники золота находятся в непосредственной близости. В россыпях р. Горбичанка и ее притока большинство золотинов окатано и уплощено, но присутствует и массивное, местное золото. Преобладающий размер золотинов во всех россыпях (от 0.1 до 0.5 мм, максимальный – 3 мм) превышает таковой в рудах.

2. Пробность золота автохтонных россыпей центральной части Давенда-Ключевского рудного узла высокая, как и на месторождениях, в 90% случаев она выше 850‰, основным

элементом-примесью в Au является Ag. По пробности выделяются 3 типа золота. Россыпи с преобладанием Au-1 (900–950‰) образуют ореол вокруг Ключевского месторождения, на удалении от него, Au-2 (более 950‰) – вокруг Давендинского, Au-3 (850–900‰) и более низкопробное золото в подчиненном количестве присутствуют во всех россыпях. Для россыпей с Au-1 характерна высокая частота встречаемости сростков золота с рудными минералами и их включений в золоте, что согласуется с большей сульфидностью руд Ключевского месторождения. В россыпях с Au-2 золотин, ассоциирующих с рудными минералами, значительно меньше.

3. Минеральные ассоциации и пробность Au россыпей указывают на то, что золотое оруденение разных стадий пространственно совмещено, а продуктивное на россыпи оруденение образовалось в результате переотложения золота на поздних стадиях, где оно ассоциирует с минералами Вi и галенитом, содержания которых в этих рудах сильно возрастают. Пробность россыпного золота хорошо сопоставима с пробностью рудного. Коренной источник золота россыпи рч. Малый Боровой, судя по всему, штокверкового типа, его геологическое положение может быть подобно таковому Ключевского месторождения, а эрозионный срез небольшой. Рудные источники золота остальных россыпей левых притоков р. Давенда и Ключи более разноплановые или/и имеют больший эрозионный срез.

4. В существенно аллохтонных россыпях р. Горбичанка, расположенных у юго-западной границы рудного узла, как и в россыпи р. Черный Урюм, распределение пробности Au полимодально, какие-либо разновидности Au не выделяются, источники золота могут быть разные. Низкая пробность большей части золота и минеральные ассоциации Au соответствуют эпitherмальному оруденению.

5. В автохтонных россыпях рек Малый и Левый Амуджикан преобладает золото, по пробности соответствующее Au-3 россыпей бассейна р. Желтуга. Набор минералов-включений в золоте этих россыпей в основном сходен, но имеются различия в их ассоциациях. Источниками золота россыпей рек Левый, Малый Амуджикан, вероятно, являются кварц-турмалин-сульфидные и кварц-молибденитовые жилы в гранитоидах.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена по Госзаданию ИГМ СО РАН № 122041400237–8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абрамов Б.Н.* Ключевское золоторудное месторождение: условия формирования, петрогеохимические особенности пород и руд (восточное Забайкалье) // ДАН. 2015. Т. 464. № 1. С. 85–90. DOI: 10.7868/S0869565215250179
- Абрамов Б.Н., Калинин Ю.А., Боровиков А.А., Бадмацыренова Р.А., Посохов В.Ф.* Александровское золоторудное месторождение (восточное Забайкалье): источники вещества пород и руд // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. № 4. С. 83–95. DOI 10.18799/24131830/2020/4/2596
- Александров С.М.* Золото в процессах эндогенного и гипергенного изменения сульфидов в магнезиальных скарнах // Геохимия. 2007. № 2. С. 180–198.
- Боровиков А.А., Калинин Ю.А., Абрамов Б.Н., Сухориков В.П.* Рудообразующие флюиды месторождений Александровское и Давенда (восточное Забайкалье) // Геология руд. месторождений. 2020. Т. 62. № 4. С. 321–348. DOI: 10.31857/S0016777020040036
- Быбин Ф.Ф., Багова В.З.* Могочинско-Карийский золоторудный район (восточное Забайкалье) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2014. № 1. С. 78–84.
- Государственная геологическая карта СССР. Масштаб 1: 200000. Лист N-50-XXIV. Объяснительная записка. М.: Недра, 1971a. 72 с.
- Государственная геологическая карта СССР. Масштаб 1: 200000. Лист N-50-XXIII. Объяснительная записка. М.: Недра, 1971b. 118 с.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000 000 (третье поколение). Лист N-50. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2010. 377 с.
- Ефремов С.В., Спиридонов А.М., Горячев Н.А., Будяк А.Е.* Эволюция Карийской рудно-магматической системы (восточное Забайкалье, Россия): опыт применения мелкомасштабной геохимической съемки // Геология руд. месторождений. 2021. Том 63. № 3. С. 283–294. DOI: 10.31857/S0016777021030047
- Жмодик С.М., Росляков Н.А., Спиридонов А.М., Козаченко И.В.* Золотопорфировое оруденение Карийского рудного узла как новый тип оруденения в восточном Забайкалье // ДАН. 2009. Т. 426. № 6. С. 791–796.
- Корчагина Д.А.* Состояние и прогноз развития минерально-сырьевой базы золота Забайкальского края // Отечественная геология. 2019. № 4. С. 3–13. DOI: 10.24411/0869–7175–2019–10026

- Корчагина Д.А., Агibalов О.А.* Опыт прогнозирования перспективных на золотое оруденение площадей на основе проведения комплексного анализа рудной и россыпной золотоносности (Забайкальский край) // Отечественная геология. 2020. № 1. С. 29–51. DOI: 10.24411/0869–7175–2020–10003
- Криволицкая Н.А., Гонгальский Б.И.* Месторождения Забайкалья. М.: Геоинформмарк. 1995. Т. 1. Кн. 2. С. 33–40.
- Кринов Д.И.* Геохимическая зональность индивидов пирита и арсенопирита Ключевского золоторудного месторождения (восточное Забайкалье) // Геохимия. 2008. № 10. С. 1073–1084.
- Нестеренко Г.В.* Прогноз золотого оруденения по россыпям (на примере районов юга Сибири). Новосибирск: Наука, 1991. 191 с.
- Павленко Ю.В.* Пришилкинская минерогенетическая зона: рудные районы и узлы // Вестник ЗабГУ. 2015. Т. 116. № 01. С. 50–65.
- Прокофьев В.Ю., Коваленкер В.А., Зорина Л.Д. и др.* Флюидный режим Дарасунской рудообразующей системы на разных уровнях глубинности // XIII Международная конференция по термобарогеохимии и IV симпозиум AРIFIS. ИГЕМ РАН, 2008. URL: <http://www.minsoc.ru/2008–1–99–0>
- Прокофьев В.Ю., Бортников Н.С., Коваленкер В.А. и др.* Золоторудное месторождение Дарасун (восточное Забайкалье, Россия): химический состав, распределение редких земель, изучение стабильных изотопов углерода и кислорода в карбонатах рудных жил // Геология руд. месторождений. 2010. Т. 52. № 2. С. 91–125.
- Редин Ю.О., Редина А.А., Прокофьев И.Р. и др.* Лугоканское золото-медно-скарновое месторождение (Восточное Забайкалье): минеральный состав, возраст и условия формирования // Геология и геофизика. 2020. Т. 61. № 2. С. 216–242. DOI: 10.15372/GiG2019085
- Трубачев А.И., Секисов А.Г., Лавров А.Ю.* Ассоциации минералов и элементов в рудах и продуктах обогащения восточнозбайкальских месторождений цветных и благородных металлов // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. 2016. Т. 56. № 3. С. 44–56. DOI: 10.21285/0130–108X-2016–56–3–44–56
- Юргенсон Г.А., Смирнова О.К., Солодухина М.А., Филленко Р.А.* Геохимические особенности руд и технозёмов хвостохранилища золото-молибденового рудника Давенда в восточном Забайкалье // Литосфера. 2016. № 2. С. 91–106.
- Яблокова С.В., Самосоров Г.Г., Позднякова Н.Н.* Типоморфные особенности золота как критерии связи россыпей с коренными источниками золото-серебряного типа (на примере рудно-россыпного узла Многовершинное) // Отечественная геология. 2020. № 4–5. С. 24–38. DOI: 10.47765/0869–7175–2020–10021
- Chapman R.J., Allan M.M., Mortensen J.K., Wrighton T.M., Grimshaw M.R.* A new indicator mineral methodology based on a generic Bi–Pb–Te–S mineral inclusion signature in detrital gold from porphyry and low/intermediate sulfidation epithermal environments in Yukon Territory, Canada // Mineralium Deposita. 2018. V. 53. P. 815–834. DOI: 10.1007/s00126–017–0782–0
- Chapman R., Mortensen J.K., Murphy R.* Compositional Signatures of Gold from Different Deposit Types in British Columbia, Canada // Minerals. 2023. 13. 1072. URL: <https://doi.org/10.3390/min13081072>
- Morrison G.W., Rose W.J., Jaireth S.* Geological and geochemical controls on the silver content (finesness) of gold in gold-silver deposits. // Ore Geol. Rev. 1991. V. 6. № 4. P. 333–364.
- Townley B.K., Hérail G., Makshev V., Palacios C. et al.* Gold grain morphology and composition as an exploration tool: application to gold exploration in covered areas. // Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis. 2003. V. 3. № 1. P. 29–38.

MINERALOGY AND PRIMARY SOURCES OF GOLD IN DAVENDA-KLYUCHEVSKY ORE-PLACER CLUSTER (EASTERN TRANSBAIKALIA)

V. V. Kolpakov^a, P. A. Nevolko^a, P. A. Fominykh^a

^a V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS,
630090, Novosibirsk, Koptyug avenue, 3

The Davenda-Klyuchevsky ore cluster contains a large number of gold placers and ore occurrences, deposits of gold-sulfide-quartz and gold-bearing Mo-porphyry formations of stockwork and vein types. Judging by the morphology of gold, most placers are closely spatially related to ore sources, but data on the chemical composition of gold from placers and ores are very limited in the literature. A detailed mineralogical and geochemical study of placer gold, which is the subject of this work, provides important genetic information that can be used to predict and search for gold mineralization. It has been established that the fineness of placer gold is well comparable to the fineness of ore gold. In the autochthonous placers, that formed a distant aureole around the Klyuchevskoye deposit, are dominated by gold with a fineness of 900–950‰. Gold often contains inclusions of ore minerals and forms intergrowths with them. First of all, these are pyrite, galena and Bi minerals (tetradymite, Bi tellurides, Bi-containing sulfosalts, native Bi, bismuthine), less often – arsenopyrite, chalcopyrite, fahlores. In the autochthonous placers, located around the Davenda deposit, gold with a fineness of more than 950‰ predominates; inclusions of ore minerals (pyrite, galena, tetradymite, PbBiCuS mineral, arsenopyrite) in the gold of these placers are rare. The third type of gold (850–900‰) is less common in the above-mentioned placers, but predominates in the autochthonous placers of the Maly and Levy Amundzhikan rivers. In essentially allochthonous placers on the periphery of the Davenda-Klyuchevsky ore cluster and the Cherny Uryum River, lower grade gold is also common. In this group of placers, the mineral association of Au changes somewhat. Galena and Bi minerals are almost never found together in gold grains; hessite, acanthite, and petzite appear, associated with Bi minerals or pyrite. The heavy concentrates contain cinnabar. The fineness of placer gold and its associations with ore and nonmetallic minerals indicate telescoping mineralization in ore sources and the superimposed nature of placer-forming gold mineralization.

Keywords: gold, placers, gold mineralization, gold fineness, inclusion minerals in gold grains, mineral associations, Bi minerals, primary sources of gold.

The work is done out according to the State task of the IGM SB RAS № 122041400237–8