

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА ЮГЛЕРОВСКОГО  
РУДНО-РОССЫПНОГО ПОЛЯ (СЕВЕРО-ВОСТОК РОССИИ)***И.С. Литвиненко**ФГБУН Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило ДВО РАН,  
ул. Портовая 16, г. Магадан, 685000; e-mail: [litvinenko@neisri.ru](mailto:litvinenko@neisri.ru)*

Поступила в редакцию 23 октября 2018 г.

С использованием программ «Leader» и «PROFILE» проведена обработка результатов спектрального анализа 242 образцов самородного золота из рудного материала коренного и реликтов россыпных месторождений Юглеровского рудно-россыпного поля. Развитое в черносланцевых толщах Юглеровского рудно-россыпного поля оруденение в целом характеризуется преимущественно свинцово-медистой геохимической специализацией самородного золота. Это сближает его с оруденением Дегдеканского месторождения и отличает от большинства аналогичных месторождений России и мира. По геохимической характеристике самородного золота в рудных телах и россыпях устанавливается достаточно определенная их специализация. Самородное золото из рудных тел отличается повышенным содержанием As, Bi и Pb, золото россыпи руч. Юглер – Cu, Pb, Fe и Mn, россыпей руч. Спокойный и Матросова – Sb и Ag. В целом вертикальная зональность оруденения проявлена в развитии в сэродированных частях преимущественно низкопробных сурьмянистых выделений самородного золота, в сохранившихся – более высокопробных висмут-свинец-мышьяковистых. Общая минералого-геохимическая модель формирования золотого оруденения Юглеровского рудно-россыпного поля выражается в пространственно-временной смене медно-полиметаллических минеральных ассоциаций мышьяк-висмут-полиметаллическими и далее серебряно-сурьмяно-полиметаллическими. Максимальное проявление сурьмянистые минеральные ассоциации имели в юго-западной части рудного поля.

**Ключевые слова:** черносланцевые толщи, золоторудные месторождения и проявления, самородное золото, «скрытая» минералого-геохимическая зональность, Северо-Восток России.

**ВВЕДЕНИЕ**

Исследования по выявлению типоморфных особенностей самородного золота в различных формационных и минеральных типах золотого оруденения, имеющие важное теоретическое и практическое значение, получили широкое распространение (работы Н.В. Петровской [13]; Л.А. Николаевой с соавторами [10]; В.Г. Моисеенко [7]; Г.С. Попенко с соавторами [1]; В.В. Мурзина, А.А. Малюгина [8]; Г.И. Неронского [9]; Н.Е. Саввы, В.К. Прейса [16]; В.А. Амузинского с соавторами [17]; Р. Бойля [25]; Х. Лакина с соавторами [30]; Дж. Найта с соавторами [29], М. Хиггинса [28], Н. Гэя [27] и других геологов). Среди типоморфных признаков самородного золота, наряду с пробностью и крупностью его выделений, большое внимание уделяется анализу состава и содержания в нем элементов-примесей. Однако оценка индикаторной роли элементов-примесей в самородном золоте различных формационных и минеральных типов зо-

лотого оруденения зачастую выполняется лишь на качественном уровне. При этом детальному сравнительному анализу геохимической специализации золота в рудных месторождениях и связанных с ними россыпях, позволяющему составить представление о зональности рудных колонн и уровне их эрозионного среза, в большинстве случаев не уделяется достаточного внимания.

Использование статистических методов обработки результатов анализов позволяет более определенно выявить особенности геохимического состава самородного золота в золоторудных проявлениях различных формационных и минеральных типов, более строго определить элементы-индикаторы разных типов оруденения, установить показатели зональности, а на их основе оценить уровень эрозионного среза рудных систем. На эти вопросы обрацали внимание Н.В. Петровская [13], Л.А. Николаева [10], В.П. Самусиков [18, 19], И.В. Гаськов [3] и другие исследователи.

В работе с использованием программ «Leader» и «PROFILE» (Аналитический центр СВКНИИ ДВО РАН, оператор – ведущий инженер С.Г. Морозова) обработаны результаты спектральных анализов 242 проб самородного золота из коренного и россыпных месторождений Юглеровского рудно-россыпного поля (Северо-Восток России). Исследования проводились с целью уточнения геохимических особенностей самородного золота в относительно новом для Северо-Востока России «черносланцевом» типе золоторудных объектов. В результате статистической обработки полученных аналитических данных установлены типоморфные признаки состава самородного золота коренного и россыпных месторождений Юглеровского рудно-россыпного поля. Выявлена зональность его геохимической специализации в пределах рудного поля, отражающая пространственно-временную последовательность развития оруденения.

#### **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ КОРЕННЫХ И РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ПРОЯВЛЕНИЙ ЮГЛЕРОВСКОГО РУДНО-РОССЫПНОГО ПОЛЯ**

Юглеровское рудно-россыпное поле входит в состав одноименного золотоносного узла, расположенного на левобережье р. Колыма между устьями р. Бахапча и Дебин, на восточном фланге Яно-Колымской складчатой системы мезозойд, в пограничной зоне Иньяли-Дебинского синклиория, Балыгычанского поднятия и Бахапчинского синклиория (рис. 1). На территории узла распространены осадочные и туфогенно-осадочные отложения триаса северо-западного фланга Балыгычанского поднятия (Спокойнинская блок-антиклиналь) и осадочные толщи нижней и средней юры Иньяли-Дебинского синклиория (рис. 1). Спокойнинская блок-антиклиналь ограничена с юго-запада Умарским, а с севера – сочленяющимся с ним Паутовским глубинными разломами. К осевой части зоны Паутовского глубинного разлома приурочены рудное и россыпные месторождения и проявления Юглеровского рудно-россыпного поля (рис. 1).

В Юглеровском рудно-россыпном поле, кроме золоторудного месторождения Юглер, установлено около 30 рудных проявлений с содержаниями золота 0.4–3.8 (до 23.5) г/т. Промышленные рудные тела, выявленные в пределах поля, по материалам геологоразведочных и поисковых-оценочных работ представлены кварцевыми жилами, непромышленные – помимо слабозолотоносных кварцевых жил, зонами прожилково-вкрапленной минерализации («минерализованные зоны дробления», «зоны прожилкования»), «оруденелыми дайками» и зонами сульфидизации.

Они составляют единую рудоносную зону северо-западного простирания, совпадающую с простиранием разрывных нарушений зоны проявления Паутовского глубинного разлома (рис. 1).

Юглеровское золоторудное месторождение представлено кварцевыми жилами № 1-2, № 4 и № 6 на междуречье Юглер-Спокойный (рис. 1). Жилы располагаются в осадочных породах (жила № 6) и в зоне контакта осадочных пород с дайками (жилы № 1-2 и № 4). Они имеют северо-западное простирание и северо-восточное падение под углами от 30 до 80°, с поверхности прослежены на 100–250 м, по падению – на 40–60 м. Мощность жил изменчива и колеблется от 0.05 до 3.8 м. Они осложнены многочисленными апофизами, часто разбиты тектоническими нарушениями со смещением на 1–2 м. Кроме кварца в них установлены альбит, анкерит, хлорит, мусковит. Из рудных минералов выявлены арсенопирит, пирит, пирротин, сфалерит, галенит, буланжерит. Самородное золото представлено зернами средней (1.0–2.0 мм) и крупной (более 2 мм) размерности, при подчиненной роли (в мас. %) мелких (0.25–1.0 мм) и весьма мелких (менее 0.25 мм) фракций. Пробность золота, по данным микросондовых анализов, в жиле № 1-2 – 870–905 ‰, в жиле № 4 – 826–877 ‰. Среднее его содержание в отработанных частях рудных тел (добыто 1098 кг) – 12.2 г/т.

Зоны прожилково-вкрапленной минерализации (итокверки), установленные в ходе проведения в 2004–2006 гг. ООО «Станнолит» поисково-оценочных работ с целью выявления в пределах Юглеровского рудно-россыпного поля большеобъемного месторождения в черносланцевых толщах, представляют собой тектонические зоны с прожилковым или прожилково-вкрапленным оруденением. Располагаются они в осадочных породах и в зоне контакта осадочных пород и даек, по отношению к складчатым структурам занимают согласное или секущее положение.

Ширина минерализованных зон дробления составляет от первых метров до первых десятков, иногда до первых сотен метров, протяженность – от десятков метров до нескольких километров. Мощность содержащихся в них кварцевых прожилков обычно не превышает 5 см, реже до 10 см. Иногда руды имеют вид брекчий, в которых обломки пород сцементированы светло-серым скрытокристаллическим кварцем. Помимо кварца, в прожилках отмечаются анкерит, пирит, хлорит, слюды, пирротин, местами арсенопирит, сфалерит, галенит и буланжерит. Содержания золота не превышают 4.0 г/т. В шлихах, намытых автором из выветрелого рудного материала, преобладают (в мас. %) мелкие (0.25–1.0 мм) выделения самородного



золота. Пробность его, по данным микрозондовых исследований, колеблется от 743 до 929 ‰.

«*Оруденелые дайки*» распространены в пределах всего рудного поля. Наиболее золотоносны дайки «Западная», «Магистральная» и «Центральная». Оруденение в них представлено кварцевыми прожилками мощностью до 5–10 см с вкраплениями сульфидов. Вкрапленность сульфидов (иногда интенсивная) отмечается и в самой дайке. Среди рудных минералов и в кварцевых прожилках, и в дайке преобладает пирит, реже арсенопирит. Спорадически в кварцевых прожилках отмечаются галенит, сфалерит, халькопирит, пирротин. По данным поисковых работ, концентрации золота в дайках обычно не превышают 0.2 г/т и лишь на отдельных участках они достигают 0.8 г/т. Золото, обнаруженное при промывке шлиховых проб из элювиальных развалов дайки «Западная», имеет вид «мельчайших крючковатой формы зерен» (А.М. Якут, 1947 г.).

*Зоны сульфидизации* выявлены главным образом в днищах речных долин. Они располагаются вдоль основной рудоносной полосы и имеют ширину до несколько десятков и протяженность до несколько сотен метров. В них выделяются два вида сульфидной минерализации. Первый представлен тонкозернистыми пиритовыми агрегатами бледно-желтого (до стального-серого) цвета, слагающими линзы и прожилки в интенсивно ороговикованных углистых аргиллитах и сланцах. Вторая разновидность – это относительно равномерная вкрапленность крупных идиоморфных выделений пирита соломенно-желтого цвета на участках ороговикования, метасоматического окварцевания и березитизации осадочных пород. Доля пирита достигает 50–60 % от общего объема породы. Содержания золота в зонах сульфидизации по результатам поисковых работ не превышают 1.4 г/т. В отобранных автором штучных пробах атомно-абсорбционным анализом установлены концентрации золота до 2.5 г/т. Типоморфные признаки самородного золота не исследованы. Аналогичное оруденение в Дегдеканском рудном поле характеризуется преобладанием мелких и весьма мелких фракций умеренно низкопробного самородного золота [6].

Вопросы формационной принадлежности и генезиса золотого оруденения Юглеровского рудно-россыпного поля остаются слабо исследованными. П.И. Скорняков, описавший в 1947 г. минералогию золотоносных кварцевых жил № 1-2, № 4 и № 6 Юглеровского месторождения, относит его к гидротермальному альбит-анкеритовому типу золото-кварцевой формации. По результатам упомянутых поисково-оценочных работ по выявлению в пределах Юглеровского рудно-россыпного поля большеобъемного месторождения в черносланцевых толщах, главными потенциальными рудными телами являются зоны прожилково-вкрапленной минерализации (штокверки) со средними содержаниями золота до 2.6 г/т. Оруденение в них образовалось либо в ходе золото-полиметаллической стадии развития гидротермальных процессов [12] с одновременным выпадением золота в кварцевых жилах, прожилках и сульфидах, либо по динамической многофакторной метаморфогенно-гидротермальной модели, разработанной на примере Наталкинского месторождения [22]. По аналогии с Наталкинским месторождением развитое в пределах Юглеровского рудно-россыпного поля оруденение, очевидно, в целом можно отнести к полиформационному типу [4], сочетающему в себе признаки золото-кварцевого (в кварцевых жилах), золото-сульфидно-кварцевого (в зонах прожилково-вкрапленной минерализации) и золото-кварц-сульфидного (в зонах сульфидизации) оруденения.

*Россыпные месторождения*, выявленные в пределах Юглеровского рудно-россыпного поля, располагаются в долинах руч. Спокойный, Юглер и Матросова (рис. 1). В общей совокупности из них добыто около 15 т золота (соответственно, около 7, 6 и 2 т). Анализ закономерностей распределения золота (линейных запасов, среднего содержания и т. д.), характера строения пласта в россыпных месторождениях показал, что они представляют собой серии составляющих их более мелких (по Н.А. Шилю [24] – элементарных) россыпей, формировавшихся за счет своих коренных источников. В россыпном месторождении руч. Юглер таких элементарных россыпей 6, а на отрезках россыпных месторождений руч. Спокойный и

**Рис. 1.** Геологическая схема Юглеровского рудно-россыпного поля (по материалам ООО «Станнолит», 2007 г., с дополнениями автора).

1 – аллювиальные четвертичные отложения; 2 – терригенные отложения нижней и средней юры; 3 – вулканогенно-терригенные отложения триаса; 4 – дайки среднего и кислого состава, их название; 5, 6 – осевое (5) и оперяющие (6) тектонические нарушения зоны Паутовского глубинного разлома: установленные (а), предполагаемые (б), скрытые под четвертичными отложениями (в); 7 – кварцевые жилы, их название; 8 – зоны прожилково-вкрапленной минерализации; 9 – зоны сульфидизации; 10 – россыпи золота; 11–15 – обозначения на врезке: 11, 12 – Бахапчинский (11) и Иньяли-Дебинский (12) синклинали; 13 – Балыгычанское поднятие; 14 – гранитная интрузия; 15 – зоны глубинных разломов; 16 – контур Юглеровского рудно-россыпного поля.

Матросова, расположенных в пределах Юглеровского рудно-россыпного поля, соответственно, 5 и 3. Центры максимального накопления золота в элементарных россыпях соседних месторождений приурочены к линиям меридионального простирания. Это указывает на то, что местоположения коренных источников элементарных россыпей определяются узлами пересечения разнонаправленных зон разломов.

Продуктивные пласты на участках максимального накопления золота располагаются главным образом в глинисто-щебневом горизонте коренного основания речных долин (реликтах дочетвертичной коры химического выветривания). Зачастую золотины покрыты корками и пленками оксидов, гидроксидов, в отдельных случаях – гипергенных сульфидов железа. В шлиховом комплексе резко преобладают оксиды и гидроксиды железа.

В *россыпи руч. Юглер* в целом по всем исследованным шлиховым пробам средний диаметр золотинок составляет 1.25 мм. Преобладающей в большинстве проб является фракция 1.0–2.0 мм. Среди золота крупнее 0.25 мм распространены в основном таблитчатые разновидности при подчиненной роли комковидных зерен; среди более мелких золотинок доминируют комковидные выделения. Степень окатанности золота во всех классах крупности низкая (до средней). Даже среди крупных выделений в среднем около 10 % золотинок не несут следов обработки. Пробность присутствующих в россыпи золотинок, по данным микросондового анализа, колеблется от 539 до 987 ‰, средняя по точкам опробования – от 818 до 899 ‰, средняя по всем точкам опробования – 864 ‰.

*Россыпь руч. Спокойный* отличается несколько большей крупностью золота, чем россыпь руч. Юглер (средний диаметр его в целом по всем исследованным пробам составляет 1.5 мм) и резким преобладанием таблитчатых выделений (особенно во фракциях крупнее 1 мм) при очень незначительном количестве комковидных разновидностей. Степень обработки металла очень слабая – до средней. Количество плохо окатанных зерен даже среди золота крупнее 1 мм составляет в среднем более 50 %, достигая на отдельных участках 100 %. Пробность золотинок колеблется от 551 до 978 ‰, по точкам опробования – от 764 (в верхней части россыпи) до 852 ‰ (в средней ее части), средняя по всем исследованным точкам – 797 ‰.

В *россыпи руч. Матросова* средний диаметр золота в целом по всем исследованным пробам – 1.4 мм. Резко преобладают таблитчатые выделения при подчиненной роли комковидных зерен. Роль последних существенно возрастает (до преобладающей) среди мелких и весьма мелких золотинок. Окатанность золота слабая. Она несколько возрастает в нижней части рос-

сыпи, но и здесь количество плохо окатанных зерен составляет до 63 %. Пробность золотинок колеблется от 555 до 997 ‰, по точкам опробования – от 813 до 853 ‰, средняя по всем точкам – 830 ‰.

Залегание в элементарных россыпях продуктивных пластов главным образом в глинисто-щебневом горизонте коренного основания речных долин, очень слабая степень обработки металла и его сортировки по крупности и морфологии свидетельствуют, что они представляют собой слабо преобразованные аллювиальными процессами остаточные россыпи. Особенности геохимического состава распространенного в них золота вполне определено могут быть использованы для установления геохимической специализации самородного золота эродированных частей рудных проявлений Юглеровского рудно-россыпного поля.

#### ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА КОРЕННОГО И РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮГЛЕРОВСКОГО РУДНО-РОССЫПНОГО ПОЛЯ

Исследованное самородное золото извлечено из шлиховых проб, отобранных в 2005 г. из реликтов россыпных месторождений (45 точек с шагом 0.1–0.5 км) и отвалов горных выработок, пройденных по минерализованным зонам дробления в районе жил № 4 (2 точки) и № 6 (1 точка) Юглеровского золоторудного месторождения. Часть металла получена из штуфных проб по жиле № 1-2 (3 точки), растворенных в плавиковой кислоте. Из извлеченного золота в зависимости от его типового разнообразия (фракционного состава, морфологии, окатанности, цвета) по точкам опробования было взято на спектральный анализ от 2 до 14 навесок (проб) массой от 10 до 15 мг каждая. Их общее количество составило 242 шт.

Пробы самородного золота анализировались в 2007 г. в лаборатории методов спектрального анализа СВКНИИ ДВО РАН (г. Магадан, аналитик Оверченко Н.П.), в которой на основе методик И.П. Ланцева [21] и Т.В. Сверкуновой [20] и методологии экспрессного количественного спектрального анализа (ЭКСА) [14] был разработан новый способ аналитического исследования специфического материала (природных золотинок) – ЭКСА-Au [11]. Анализ выполняли на Ag, Cu, Bi, Co, Pb, Ni, Mn, Sb, Te, Pd, Fe, Zn, Sn, As.

По результатам выполненного анализа в самородном золоте, помимо Ag, установлено 11 примесных элементов, из которых наиболее распространена Cu. Она обнаружена в 67 % проб. Относительно часто отмечаются Sb (в 30 %), Fe (в 24 %) и Pb (в 16 % проб). Реже встречаются Bi (в 8 %), As (в 7 %), Mn (в 2 %) и Ni (в 2 % проб); спорадически – Pd (в 0.8 %) и Te (в 0.8 % проб). Кобальт, цинк и олово не обнаружены ни

в одной из проб. Из-за низкой представительности Pd и Te в статистическую обработку не включались и в геохимических характеристиках самородного золота не рассматриваются.

Для большинства обнаруженных в золотилах элементов распределение их содержаний лучше аппроксимируется логнормальным законом, хотя существенны отклонения по эксцессу у элементов с пониженной встречаемостью. Наибольшими вариациями содержаний характеризуются Sb, Cu, Fe, наименьшими – Ni, As. Дисперсии натуральных логарифмов содержаний всех элементов меньше 1. Это свидетельствует о том, что они входят в состав самородного золота преимущественно на геохимическом, а не на минеральном (в виде микровключений минералов) уровне [23].

Уже качественный анализ валового состава, частоты встречаемости и уровня содержания элементов-примесей в самородном золоте показывает его определенную геохимическую специализацию для рассматриваемых коренного и россыпных месторождений Юглеровского рудно-россыпного поля (табл. 1). Для самородного золота из рудного месторождения Юглер присущи примеси Cu, Fe, As, Bi и Pb, в меньшей степени Sb и совершенно не типичны примеси Mn и Ni. Золото россыпи руч. Юглер характеризуется повышенной встречаемостью в нем Cu и Fe, относительно редким присутствием Pb и Sb и низким – Bi, Mn, As и Ni. Золото из россыпей руч. Спокойный и Матросова отличается повышенным содержанием Ag, относительно широкой распространенностью Sb, редкой встречаемостью Pb, Bi и Mn, отсутствием – Ni и As.

Расчет «геохимических паспортов» золота позволил более строго выявить геохимическую специализацию самородного золота для рассматриваемых месторождений. В основу расчетов «геохимических паспортов» положено определение показателя «нормированное отклонение содержания элементов в данной выборке» ( $\Delta$ ). Он рассчитывался по формуле  $\Delta = (X_i - X_{\text{средн.}}) / D$ , где  $X_i$  – среднее значение логарифмов концентраций элемента в данной выборке,  $X_{\text{средн.}}$  и  $D$  – соответственно среднее значение и дисперсия логарифмов концентраций элемента во всей совокупности проб. По этому показателю оценивается индикаторная роль элементов в рассматриваемых выборках геохимических характеристик. Если среднее содержание элемента в выборке превышает его среднее содержание во всей совокупности проб, то показатель нормированного отклонения имеет положительное значение и чем он больше, тем более высокую индикаторную роль играет элемент в данной выборке. Диаграмма нормированных отклонений содержаний элементов в

выборке является для нее своеобразным «геохимическим паспортом», определяющим ее геохимическую индивидуальность.

Проведенные расчеты «геохимических паспортов» показали, что примесные элементы в самородном золоте коренного месторождения Юглер в порядке убывания их индикаторной роли образуют следующий ряд: As (2.55), Bi (1.88), Pb (0.97), Fe (0.31), Cu (0.15), Ni (-0.10), Mn (-0.13), Ag (-0.48), Sb (-0.49)\*. Как видно из приведенных данных, самородное золото из коренного месторождения Юглер значительно обогащено As, Bi и Pb, а золотины из россыпей, составляющие остальную часть всей совокупности проб, – Sb и Ag.

В отношении выборок самородного золота различно по исследованным месторождениям по распределению индикаторной роли всего рассматриваемого комплекса элементов наиболее контрастно золото рудного месторождения Юглер и россыпей руч. Спокойный и Матросова (рис. 2). Именно золото из россыпей руч. Спокойный и Матросова обусловило отмечаемое различие в геохимической специализации металла рудного и россыпных месторождений. Золото в россыпи руч. Юглер отличается и от золота в коренном месторождении, и от золота в россыпях руч. Спокойный и Матросова. Для него характерна более высокая пробность, а в качестве примесей – Cu, Fe, Pb, Mn (рис. 2).

Индикаторная роль элементов-примесей в самородном золоте рассматриваемых месторождений отчетливо отражена и на диаграмме отношения нормированных отклонений содержаний примесных элементов для самородного золота коренного месторождения Юглер и россыпи руч. Юглер (рис. 3). На ней примесные элементы разбиваются на 3 группы (рис. 3). К *первой* относятся Bi и As, которые являются элементами-индикаторами для золота рудного месторождения Юглер. По силе индикаторной роли первый из них является прямым элементом-индикатором редкометалльной минерализации (обусловленной тесной связью кварцевожильных образований Юглеровского золоторудного месторождения с дайками), а второй – мышьяковистой. Во *вторую* группу входят Cu, Pb, Fe, Mn, которые являются элементами-индикаторами золота россыпи руч. Юглер. По силе индикаторной роли медь в данном случае является индикатором медной минерализации нижнерудных горизонтов рудных систем, свинец – полиметаллической, Fe и Mn – колчеданной и, возможно, гипергенной природы

\* В скобках – значения нормированного отклонения содержания примесных элементов в самородном золоте из руд.

Таблица 1. Геохимическая характеристика самородного золота в коренном и россыпных месторождениях Юглеровского рудно-россыпного поля.

Элемент	Рудное месторождение Юглер (11)		Россыпь руч. Юглер (102)		Россыпь руч. Спокойный (70)		Россыпь руч. Матросова (59)	
	Среднее содержание, мас. %	Частота встречаемости, %	Среднее содержание, мас. %	Частота встречаемости, %	Среднее содержание, мас. %	Частота встречаемости, %	Среднее содержание, мас. %	Частота встречаемости, %
Ag	13.14205	100.0	13.24274	100.0	16.35583	100.0	16.2574	100.0
Sb	0.00063	9.1	0.00072	16.7	0.00135	41.4	0.00131	33.9
Pb	0.01073	54.5	0.00760	18.6	0.00616	2.9	0.00611	3.4
Cu	0.01173	90.9	0.01406	77.4	0.00616	34.3	0.01081	61.0
Bi	0.00049	54.5	0.00022	4.9	0.00021	2.9	0.00021	1.7
Fe	0.00161	72.7	0.00151	31.4	0.00108	10.0	0.00104	8.5
As	0.00665	63.6	0.00395	1.0	–	–	–	–
Mn	–	–	0.03043	4.9	–	–	0.02803	1.7
Ni	–	–	0.00041	2.0	0.00041	1.4	–	–
Te	0.00205	18.2	–	–	–	–	–	–
Pd	–	–	–	–	–	–	0.00045	3.4

Примечание. Прочерк – элемент не обнаружен, в скобках – количество анализов.

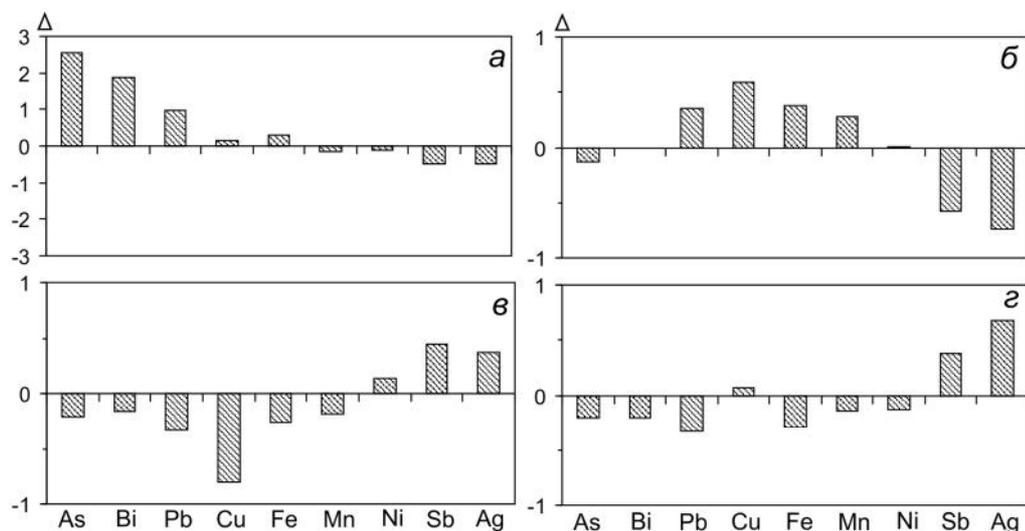


Рис. 2. «Геохимические паспорта» самородного золота рудного месторождения Юглер (а) и россыпей руч. Юглер (б), Спокойный (в), Матросова (з).

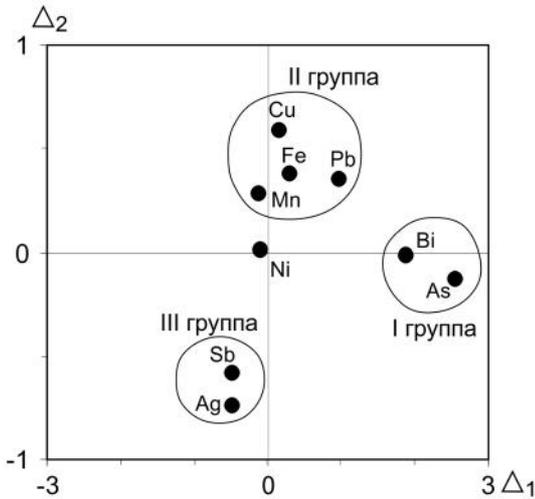
$\Delta$  – нормированное отклонение содержания примесных элементов в самородном золоте.

части золота. Третью группу составляют Ag и Sb, которые играют определяющую индикаторную роль для самородного золота россыпных месторождений руч. Спокойный и Матросова. Никель, который может указывать на глубинность источников рудного вещества в рудных проявлениях Юглеровского рудно-россыпного поля, явственной индикаторной роли не играет. Таким образом, главное геохимическое отличие самородного золота в рассматриваемых месторождениях определяется редкометалльно-мышьяковистой его специализацией в рудах месторождения Юглер, халькофильно-полиметаллической в россыпи руч. Юглер и серебристо-сурьмяной в россыпях ручьев Спокойный и Матросова.

Различается самородное золото коренного месторождения Юглер и россыпных месторождений и по

характеру корреляционных связей элементов-примесей, выявленных комбинированными методами корреляционного и факторного анализов [2]. Особенности корреляционных связей комплекса элементов-примесей в самородном золоте рассматриваемого рудного и россыпных месторождений отражены на рис. 4\*\*.

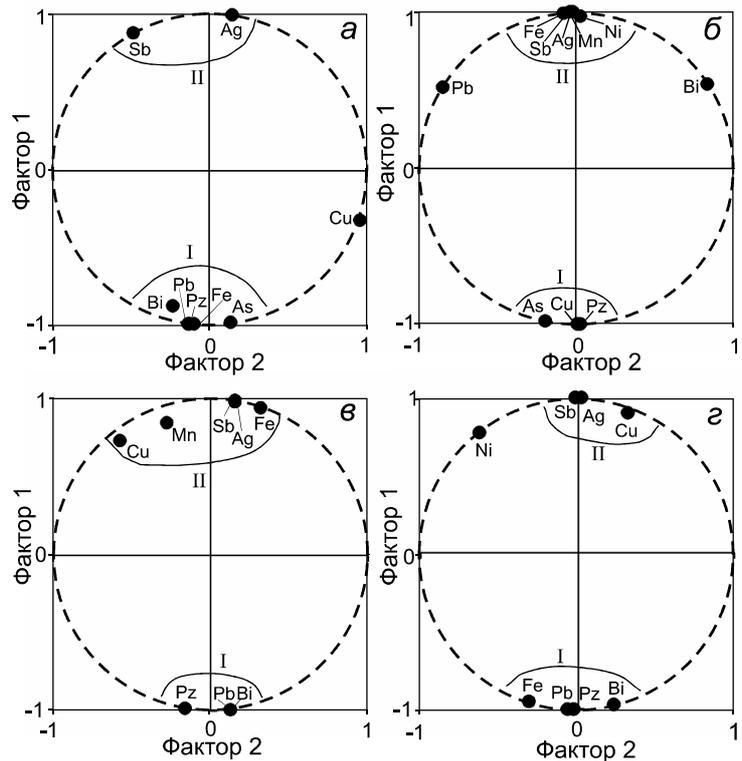
Для самородного золота рудного месторождения Юглер в комплексе примесных элементов присутствуют две антогонистические геохимические ассоциации. Первая из них представлена Bi, Pb, Fe, As, которые тесно коррелируются с пробностью золота, и отражает пирит-арсенопиритовый, полиметаллический и редкометалльный типы рудной минерализации. Во вторую ассоциацию входят Sb и Ag. Они имеют между собою сильную положительную связь, что свидетельствует о более низкопробном составе само-



**Рис. 3.** Индикаторная роль элементов-примесей по отношению к самородному золоту рудного месторождения Юглер и россыпи руч. Юглер.  $\Delta_1$  – нормированное отклонение содержания элементов-примесей для самородного золота рудного месторождения Юглер;  $\Delta_2$  – то же для самородного золота россыпи руч. Юглер.

родного золота в нехарактерной для данного типа руд сурьмяной минерализации. Независимое (ортогональное) положение меди указывает на ее присутствие как в относительно низкопробном сурьмянистом золоте, так и в высокопробном железо-мышьяковистом и висмутисто-свинцовистом. Хотя и очень слабая, но положительная связь  $Cu$  с элементами первой ассоциации свидетельствует о ее характерности для более глубокого оруденения.

В самородном золоте россыпного месторождения Юглер в первую ассоциацию элементов-примесей, тесно коррелирующихся с пробностью золота, входят  $Cu$  и  $As$ . Антагонистическую ей группу примесных элементов составляют  $Ag$ ,  $Sb$ ,  $Fe$ ,  $Mn$ ,  $Ni$ . Независимые между собой (ортогональны) свинец и висмут с ядром второй ассоциации имеют слабую положительную связь. В целом структура корреляционных связей элементов-примесей в самородном золоте россыпи руч. Юглер указывает на участие в ее формировании минеральных типов золотого оруденения, не характерных для кварцево-жильных рудных тел месторождения Юглер.

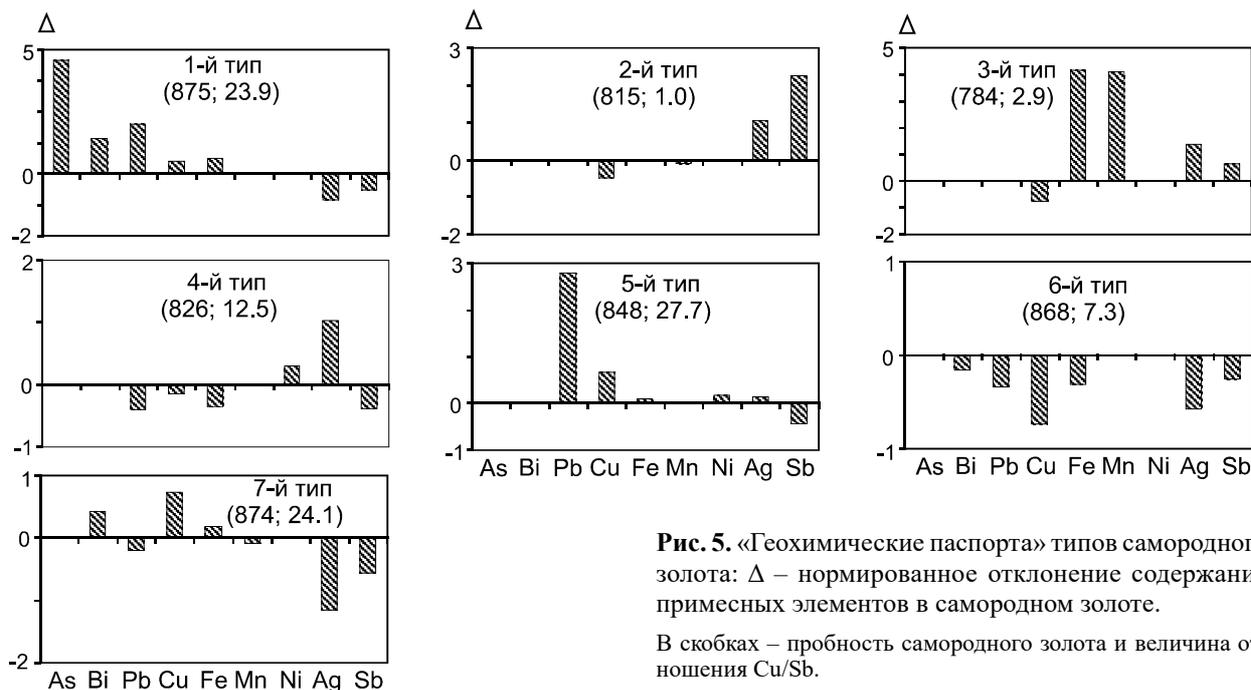


**Рис. 4.** Структура комплекса элементов-примесей в самородном золоте рудного месторождения Юглер (а) и россыпей руч. Юглер (б), Спокойный (в), Матросова (г) в координатах главных факторов.

Pz – пробность золота.

Самородное золото россыпей руч. Спокойный и Матросова имеет схожую структуру корреляционных связей распространенных в нем элементов-примесей. В группу элементов, тесно коррелирующихся с пробностью золота, входят  $Bi$  и  $Pb$ , а в антагонистическую ей ассоциацию: в золоте россыпи руч. Спокойный –  $Ag$ ,  $Sb$ ,  $Fe$ , в россыпи руч. Матросова –  $Ag$ ,  $Sb$ ,  $Cu$ , при этом между  $Ag$  и  $Sb$  устанавливается очень тесная положительная связь. С отмеченными «сурьмянисто-серебряными» ассоциациями в золоте россыпи руч. Спокойный в достаточно устойчивой связи находятся  $Cu$  и  $Mn$ , в золоте россыпи руч. Матросова –  $Ni$  (рис. 4). По структуре корреляционных связей элементов-примесей золото из россыпных месторождений руч. Спокойный и Матросова более близко к золоту рудного месторождения Юглер, нежели к золоту россыпи руч. Юглер.

\*\* На полученных графиках близость фигуративных точек к окружности определяет величину общности, т.е. сумму квадратов факторных нагрузок по 1 и 2 факторам (когда эта сумма равна единице, то фигуративная точка элемента лежит точно на окружности). Мерой связи между элементами служит коэффициент корреляции, который численно равен косинусу угла между радиусами, проведенными из центра круга к соответствующим фигуративным точкам элементов [15].



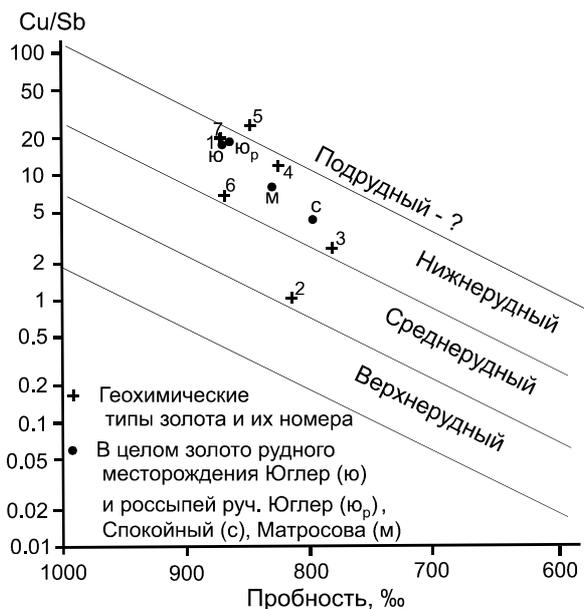
**Рис. 5.** «Геохимические паспорта» типов самородного золота:  $\Delta$  – нормированное отклонение содержания примесных элементов в самородном золоте.

В скобках – пробаность самородного золота и величина отношения Cu/Sb.

Результаты проведенного анализа геохимической специализации самородного золота и корреляционных связей элементов-примесей указывают на присутствие в коренном и россыпных месторождениях Юглеровского рудно-россыпного поля различных геохимических типов самородного золота. Для их выявления комбинированными методами кластер-анализа по комплексу элементов-примесей с учетом их индикаторной роли выполнена типизация самородного золота. В результате выделено 7 его геохимических типов. Их характеристика по индикаторной роли элементов-примесей приведена на рис. 5.

Кроме шестого геохимического типа самородного золота, характеризующегося пониженным содержанием всех элементов-примесей, в остальных типах определяющую положительную индикаторную роль играют следующие группы элементов. В самородном золоте первого геохимического типа – As, Pb и Bi, второго – Sb и Ag, третьего – Fe и Mn, четвертого – Ag и Ni, пятого – Pb и Cu, седьмого – Cu и Bi.

Для выяснения, не являются ли выделенные геохимические типы самородного золота отражением вертикальной зональности оруденения, была использована диаграмма зависимости величины отношения содержания меди и сурьмы в самородном золоте и его пробаности на различных уровнях оруденения (рис. 6), разработанная В.П. Самусиковым [18, 19]. В начале 70-х годов прошлого века И.П. Ланцевым с соавторами [5], а позднее Н.В. Петровской [13] и другими исследователями на большом количестве объектов было отмечено уменьшение содержания меди в само-



**Рис. 6.** Оценка положения самородного золота исследованных месторождений относительно вертикальных уровней развития оруденения

родном золоте с уменьшением глубины формирования оруденения от палеоповерхности (глубинные → малоглубинные) и возрастание в нем концентраций сурьмы. Такая же зависимость устанавливается и в вертикальных разрезах отдельных месторождений (снизу вверх), и по стадиям и генерациям минералообразования (от ранних к поздним), и в кристаллах самородного золота с зональным строением (от цен-

Таблица 2. Распределение геохимических типов самородного золота по месторождениям, %.

Месторождение	Геохимический тип самородного золота							пм
	1-й	7-й	5-й	3-й	6-й	4-й	2-й	
Рудное месторождение Юглер	<u>63.6</u> 2.73	<u>36.4</u> 0.17	–	–	–	–	–	11
Россыпь руч. Юглер	<u>2.9</u> -0.34	<u>52.9</u> 0.55	<u>11.8</u> 0.71	<u>4.9</u> 0.68	<u>13.7</u> -0.23	<u>12.7</u> -0.73	<u>1.0</u> -2.60	102
Россыпь руч. Спокойный	–	<u>10.0</u> -1.12	<u>1.4</u> -1.40	–	<u>22.9</u> 0.28	<u>40.0</u> 0.41	<u>25.7</u> 0.67	70
Россыпь руч. Матросова	–	<u>15.3</u> -0.70	<u>1.7</u> -1.23	<u>1.7</u> -0.38	<u>17.1</u> 0.16	<u>32.9</u> 0.39	<u>22.0</u> 0.51	59
пг	10	74	14	6	42	64	32	242

Примечание. Под чертой указан показатель средневзвешенной доли проб данного геохимического типа по геохимическим типам и месторождениям (К), рассчитанный по формуле  $K = \ln[(\text{пм}, \text{г} \cdot N) / (\text{пм} \cdot \text{пг})]$ , где N – общее количество проб (шт.), пм, г – количество проб (шт.) данного геохимического типа в месторождении, пг – количество проб (шт.) в целом по геохимическим типам, пм – то же по месторождениям. Положительные значения (К) ограничены двойной рамкой.

тральных зон к внешним). Природа этой закономерности освещается в работах В.П. Самусикова [18, 19]. Для большей контрастности в выявлении такой «скрытой» минералого-геохимической зональности оруденения им предложено использовать показатель отношения содержания в самородном золоте меди и сурьмы (Cu/Sb).

Оценка положения самородного золота исследованных месторождений относительно вертикальных уровней оруденения на диаграмме В.П. Самусикова показала следующее. Самородное золото в коренном месторождении Юглер и основная его масса в исследованных россыпях связаны с нижнерудным уровнем развития оруденения (рис. 6). Большинство выделенных геохимических типов самородного золота, вероятно, отражают различные минеральные ассоциации (генерации), отлагавшиеся на одном уровне развития рудных систем. Лишь интенсивно сурьмянистое золото второго типа характеризует среднерудный уровень развития оруденения (рис. 6).

Характер распределения геохимических типов самородного золота по рассматриваемым месторождениям отражен в таблице 2. Для руд коренного месторождения Юглер присуще среднепробное висмутисто-свинцово-мышьяковистое золото первого типа из кварцево-жильных рудных тел и относительно высокопробное висмутисто-медистое золото седьмого типа из минерализованных зон дробления. Они, очевидно, характеризуют ранние золото-медистую и золото-арсенидную генерации развития минералообразования. Возможное присутствие в них висмутовой минерализации, как уже отмечалось, определяется тесной связью оруденения с дайковыми комплексами.

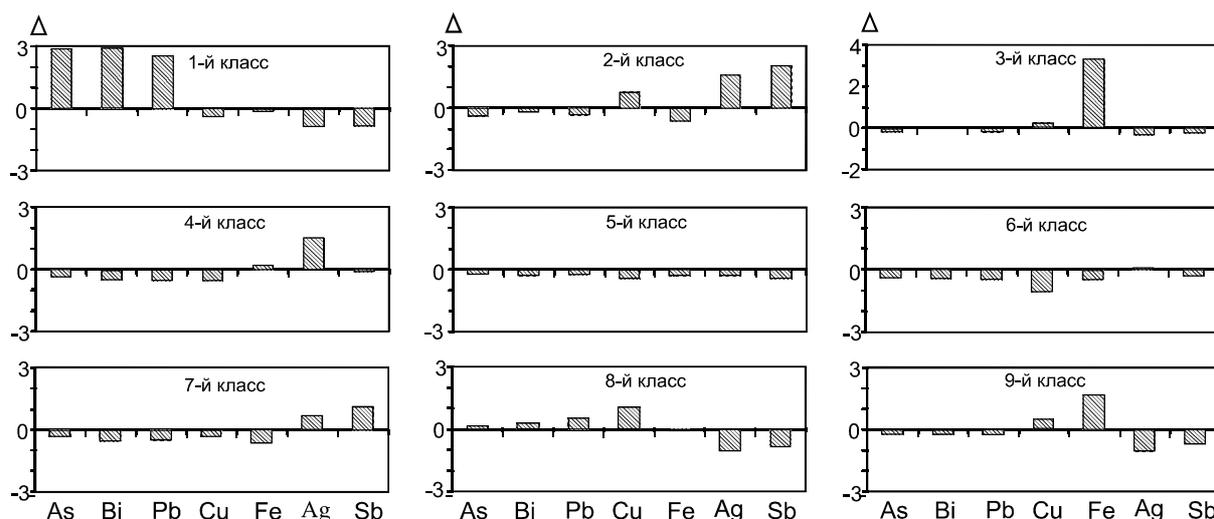
В россыпи руч. Юглер присутствует самородное золото всех геохимических типов. По показателю

(К) типоморфным является золото седьмого, пятого и третьего типов (табл. 2). Наибольшую распространенность имеет висмутисто-медистое золото седьмого типа, которое и определяет геохимическую специализацию самородного золота россыпи. Наиболее же присущим (характерным преимущественно только для этой россыпи) является медисто-свинцовистое золото пятого типа, поступившее, очевидно, из прожилково-вкрапленных зон с полисульфидной минерализацией, и относительно низкопробное марганцево-железистое золото третьего типа, локализовавшееся, вероятно, в зонах сульфидизации. А вот относительно чистое золото шестого и более серебристое четвертого, а особенно интенсивно сурьмянистое золото второго типа не является характерным.

Россыпи руч. Спокойный и Матросова имеют очень схожий состав по геохимическим типам самородного золота. При относительно широком их разнообразии типоморфным для этих россыпей является золото шестого, четвертого и особенно относительно низкопробное сурьмянистое золото второго типа. Закономерности корреляционных связей элементов в самородном золоте этих россыпных месторождений указывают на то, что сурьмяная минерализация в рудах, послуживших источниками россыпей, не являлась наложенной, а характеризует завершающую минеральную генерацию золото-полиметаллической стадии развития единой рудной системы.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА РАЗЛИЧНОЙ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ПО ПЛОЩАДИ ЮГЛЕРОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ**

Проведенный анализ геохимического состава самородного золота в коренном и россыпных место-



**Рис. 7.** «Геохимические паспорта» классов самородного золота, выделенных для картирования площади Юглеровского рудно-россыпного поля по геохимической специализации самородного золота в рудах и россыпях.

$\Delta$  – нормированное отклонение содержания примесных элементов в самородном золоте.

рождениях Юглеровского рудно-россыпного поля показал, что выявленные различия в его геохимической специализации в различных месторождениях определяются не столько вертикальной зональностью оруденения, сколько неравномерностью развития его различных минеральных типов в пределах рудного поля. Поскольку подавляющая масса проанализированных образцов самородного золота отобрана по простиранию россыпных месторождений, т. е. по линиям, пересекающим рудно-россыпное поле, то это позволяет провести картирование геохимической специализации самородного золота по его площади.

Для выявления закономерностей распределения самородного золота с различной геохимической специализацией по площади Юглеровского рудного поля использовалась программа построения моделей пространственного распределения непрерывных и дискретных геолого-геофизических переменных «PROFILE». Разбивка проб самородного золота на классы по его геохимической специализации произведена методом динамических групп [26]. Геохимическая характеристика классов проб самородного золота, применявшихся при картировании Юглеровского рудно-россыпного поля по геохимической специализации самородного золота, приведена на рис. 7, а их пространственное распределение по площади поля, смоделированное с помощью программы «PROFILE», на рис. 8.

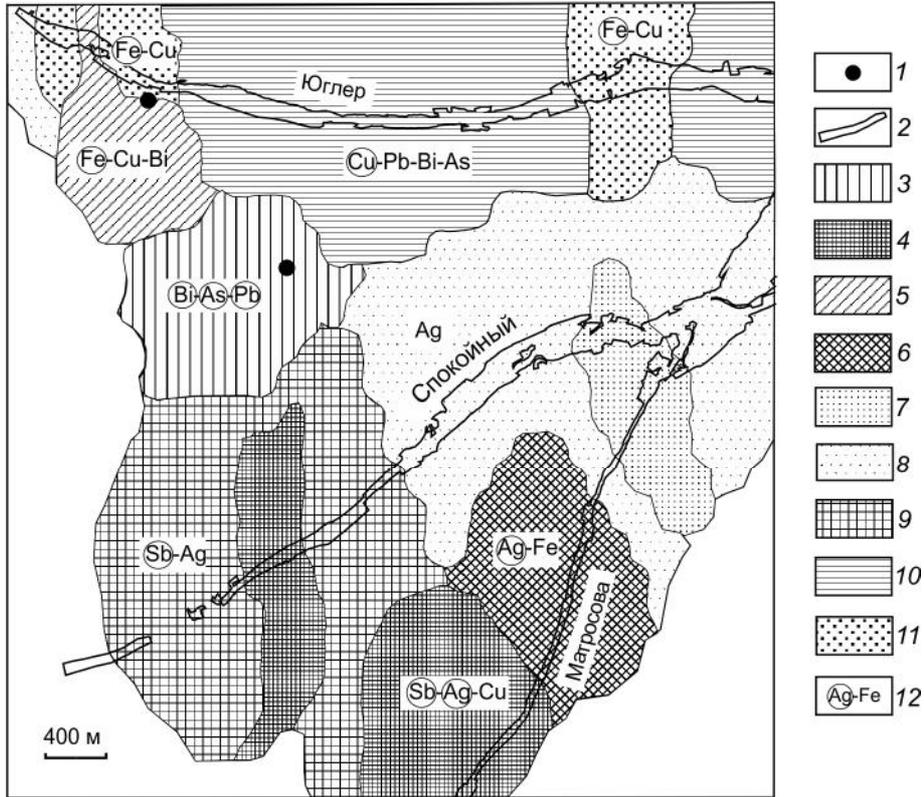
Выявленный характер распределения геохимических классов самородного золота по простиранию россыпей, проэкстраполированный на междуручные пространства (рис. 8), позволил выявить следующие закономерности изменения геохимической специ-

ализации самородного золота в россыпях по площади Юглеровского рудно-россыпного поля. Преобладающее в россыпи руч. Юглер медистое золото распространено на всем ее протяжении, и лишь на отдельных участках, совпадающих с зонами сульфидизации, доминирующими являются его железистые разновидности. Присутствие в самородном золоте висмута отмечается в средней и верхней частях россыпи. Присущее для россыпей руч. Спокойный и Матросова относительно низкопробное сурьмянистое золото распространено преимущественно в их средней и верхней частях. Самородное золото в их нижних частях характеризуется пониженным содержанием всех примесных элементов. В рудных проявлениях отмечается тенденция возрастания в самородном золоте к северо-западному флангу рудоносной зоны содержания Fe и Cu.

В целом можно отметить, что при относительно сложном характере распределения геохимических классов самородного золота в пределах Юглеровского рудно-россыпного поля достаточно определенно выявляется его серебряно-сурьмяная специализация в южной и юго-западной частях поля и свинцово-висмута-мышьяковисто-железо-медная в его северо-западной и северной частях. В центральной и восточной частях поля распространено относительно чистое самородное золото.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По уровню концентрации элементов-примесей можно говорить о преимущественно свинцово-медистой специализации самородного золота для ору-



**Рис. 8.** Схема распределения геохимических классов самородного золота в пределах Юглеровского рудно-россыпного поля.

1 – местоположение промышленных рудных тел месторождения Юглер; 2 – промышленный контур россыпей; 3–11 – площади распространения первого (3), второго (4), третьего (5), четвертого (6), пятого (7), шестого (8), седьмого (9), восьмого (10) и девятого (11) геохимических классов самородного золота; 12 – геохимическая специализация классов самородного золота по результатам оценки индикаторной роли элементов (указаны элементы, показатель ( $\Delta$ ) которых более нуля, расположенные в порядке снижения их индикаторной роли; в окружность заключены элементы, показатель ( $\Delta$ ) которых более 1)

денения, развитого в черносланцевых толщах Юглеровского рудно-россыпного поля. Это сближает его с оруденением Дегдеканского месторождения [6] и отличает от большинства аналогичных месторождений России и мира, для которых при широком разнообразии состава распространенного в них металла, наряду с медистой, в большей степени присущи его мышьяковистая и ртутистая специализации.

По геохимической характеристике самородного золота в рудных телах и россыпях Юглеровского рудно-россыпного поля устанавливается достаточно определенная их специализация. Самородное золото из рудных тел характеризуется повышенным содержанием As, Bi и Pb. В золоте россыпи руч. Юглер в повышенном количестве содержатся Cu, Pb, Fe и Mn. Россыпи руч. Спокойный и Матросова отличаются более высоким содержанием в золоте Sb и Ag.

В целом вертикальная зональность рудных систем Юглеровского рудно-россыпного поля по самородному золоту определяется развитием в их эроди-

рованных частях его более низкопробных сурьмянистых выделений, в сохранившихся – более высокопробных свинцовисто-висмутисто-мышьяковистых.

Общая минералого-геохимическая модель формирования золотого оруденения Юглеровского рудно-россыпного поля выражалась в пространственно-временной смене медно-полиметаллических минеральных ассоциаций мышьяк-висмут-полиметаллическими и далее серебряно-сурьяно-полиметаллическими. Максимальное проявление сурьмянистые минеральные ассоциации имели в юго-западной части рудного поля.

Кварцево-жильные образования с золото-кварцевым оруденением существенной роли в формировании россыпных месторождений Юглеровского рудно-россыпного поля не играли. Основная масса золота в россыпи поступила не из кварцевых жил (как считалось ранее), а из рудных зон с прожилково-вкрапленным золото-сульфидно-кварцевым оруденением. Наиболее перспективные участки для выявления их

сохранившихся частей приурочены к бассейнам руч. Спокойный и Матросова (средние и верхние части располагающихся в них россыпных месторождений). Максимальный эрозионный срез рудные системы претерпели в долине руч. Юглер.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас самородного золота из россыпей Узбекистана / Гл. ред. Н.Г. Мавлянов. Ташкент: ИЦ «Янги аср авлоди», 2007. 342 с.
2. Боровиков Л.И., Бурков Ю.К. Корреляционный анализ закономерностей распределения малых элементов для решения вопросов седиментогенеза // Генезис и классификация осадочных пород. М.: Наука, 1968. С. 128–135.
3. Гаськов И.В. Главные элементы-примеси самородного золота и связь их с условиями его образования на примере месторождений складчатых поясов Азии // Геология и геофизика. 2017. Т. 58, № 9. С. 1359–1376.
4. Константинов М.М., Косовец Т.Н. Изотопно-геохимический ряд золоторудных месторождений в терригенных толщах // Геохимия. 2008. № 5. С. 546–554.
5. Ланцев И.П., Николаева Л.А., Бодалова Р.П., Денисова Л.К. К вопросу о распределении элементов-примесей в самородном золоте из различных месторождений // Труды ЦНИГРИ. 1971. Ч. 1. Вып. 96. С. 130–137.
6. Литвиненко И.С. Условия нахождения и типоморфизм самородного золота в рудах Дегдеканского (Северо-Восток России) месторождения в черносланцевых толщах // Геология и геофизика. 2009. Т. 50, № 6. С. 691–697.
7. Моисеенко В.Г. Геохимия и минералогия золота рудных районов Дальнего Востока. М.: Наука, 1977. 304 с.
8. Мурзин В.В., Малюгин А.А. Типоморфизм золота зоны гипергенеза (на примере Урала). Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. 96 с.
9. Неронский Г.И. Типоморфизм золота месторождений Приамурья. Благовещенск: АмурНЦ ДВО РАН, 1998. 320 с.
10. Николаева Л.А., Гаврилов А.М., Некрасова А.Н., Яблокова С.В., Шатилова Л.В. Атлас самородного золота рудных и россыпных месторождений России / Под ред. А.И. Кривцова. М.: ЦНИГРИ, 2003. 184 с.
11. Оверченко Н.П., Приставко В.А., Есипенко А.Г., Козырева Т.П. Определение примесей в природных золотилах «ЭКСА-Аи» // Геология, география, биологическое разнообразие и ресурсы Северо-Востока России: Материалы Дальневосточной региональной конференции, посвященной памяти А. П. Васильевского и в честь его 100-летия (Магадан, 22–24 ноября 2011 г.). Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2011. С. 45–46.
12. Остапенко Л.А. Условия формирования золотых руд в терригенно-сланцевых толщах Центральной Колымы: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. М., 2008. 25 с.
13. Петровская Н.В. Самородное золото. М.: Наука, 1973. 347 с.
14. Приставко В.А., Устюжин П.В., Сафронов Д.Н., Попова Л.А. Экспрессный количественный спектральный анализ геохимических проб на широкий круг элементов // Методы прикладной геохимии: Тезисы докладов II Междунар. симпозиума. Иркутск: ИГ СО АН СССР, 1981. Ч. 2. С. 231.
15. Приставко В.А., Пляшкевич А.А., Трушнин А.В., Морозова С.Г. Распределение ареалов комплексного оруденения по геохимическим данным (Омсукчанский район) // Проблемы металлогении рудных районов Северо-Востока России / Науч. тр. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2005. С. 220–233.
16. Савва Н.Е., Прейс В.К. Атлас самородного золота Северо-Востока СССР. М.: Наука, 1990. 292 с.
17. Самородное золото Якутии (Верхне-Индигирский район) / В.А. Амузинский, Г.С. Анисимова, Ю.Я. Жданов. Новосибирск: ВО «Наука», Сибирская издат. фирма, 1992. 184 с.
18. Самусиков В.П. Элементы-примеси в самородном золоте – критерии определения формационной принадлежности и уровня эрозионного среза золоторудных месторождений // Докл. АН. 2003. Т. 391, № 1. С. 99–103.
19. Самусиков В.П. Закономерности концентрации изоморфно-примесных элементов в минералах при гидротермальном рудообразовании // Геология и геофизика. 2010. Т. 51, № 3. С. 338–352.
20. Сверкунова Т.В. Спектральное определение элементов-примесей в самородном золоте // Атомная спектроскопия и спектральный анализ: Тезисы докладов VIII Сибирского совещания по спектроскопии. Иркутск: Ин-т геохимии СО АН СССР, 1972. С. 195–197.
21. Спектрографическое определение элементов примесей в самородном золоте. Инструкция № 141-С. М.: ВИМС, 1976. 41 с.
22. Стружков С.Ф., Наталенко М.В., Чекваидзе В.Б., Исакович И.З., Голубев С.Ю., Данильченко В.А., Обушков А.В., Зайцева М.А., Кряжев С.Г. Многофакторная модель золоторудного месторождения Наталка // Руды и металлы. 2006. № 3. С. 34–44.
23. Таусон Л.В., Дубов Р.И., Козлов В.Д., Кузьмин М.И. Геохимические значения дисперсии концентраций редких элементов в гранитах // Вопросы геохимии изверженных горных пород и рудных месторождений Восточной Сибири. М.: Наука, 1965. С. 12–22.
24. Шило Н.А. Учение о россыпях. М.: Изд-во Академии горных наук, 2000. 632 с.
25. Boyle R.M. The geochemistry of gold and its deposits (together with a chapter on geochemical prospecting for the element) // Bull. Geol. Surv. Canada. 1979. N 280. 584 p.
26. Dinay E. The dynamic clusters method in nonhierarchical clustering // Intern. J. Computer and Inform. Sci. 1973. V. 2, N 1. P. 61–88.
27. Gay N.C. The composition of gold from the Barbeton mountain land // Witwatersrand Univ. Econ. Geol. Res. Unit. Inform. Circ. 19. 1964. 53 p.
28. Higgins M. Placer gold provenance in the Black Hills Creek, West-central Yukon: insight from grain morphology and geochemistry: Unpublished BSc thesis, Department of Earth Sci., Dalhousie Univ., Halifax, Nova Scotia, 2012. 102 p.
29. Knight J.B., Mortensen J.K. and Morison S.R. Shape and composition of lode and placer gold from the Klondike district, Yukon, Kanada // Exploitation and Geol. Serv. Division, Yukon, Indian and Northern Affairs Canada, 1994. Bull. 3. 142 p.
30. Lakin H.W., Curtin G.C., Hubert A.E. Geochemistry of gold in the weathering cycle // U.S. Geol. Surv. 1974. Bull. 1330. 80 p.

Рекомендована к печати Г.Л. Кирилловой

после доработки 2.10.2019 г.  
принята к печати 26.09.2021 г.

*I.S. Litvinenko*

### **Geochemical features of native gold from the Yugler mineral district (North-East Russia)**

We have used the “Leader” and “PROFILE” software programs to analyze spectral study results for 242 native gold samples from lode deposits and placer relics of the Yugler mineral district. The Yugler black shales host gold mineralization characterized by the geochemical specialization in lead and copper, which assigns it to the style of gold mineralization at the Degdekan deposit but distinguishes it from the majority of similar deposits in Russia and abroad. Native gold in ore bodies and placers displays a distinct geochemical specialization. Native gold from ore bodies is high in As, Bi and Pb, from the Yugler placer in Cu, Pb, Fe and Mn, and Spokoiny and Matrosov’s placers in Sb and Ag. Vertical zoning of mineralization manifests itself as low-grade antimonious grains of native gold in eroded parts of the sequence and high-grade bismuth-lead-arsenious grains in its preserved parts. The mineral-geochemical formation model of the Yugler lode-placer district is a space-time succession of copper-polymetallic mineral assemblages replaced by arsenic-bismuth-polymetallic and then by silver-antimony-polymetallic assemblages. Antimonious mineral assemblages were most abundant in the southwest of the ore field.

**Key words: black shales, gold deposits and occurrences, native gold, “hidden” mineral-geochemical zoning, North-East Russia.**