

Изучение самородного золота при геологоразведочных работах. Методические рекомендации

В обновлённом издании Методических рекомендаций показаны возможности использования количественно оценённых признаков самородного золота при прогнозно-поисковых работах. Описаны и проиллюстрированы основные признаки самородного золота, приведены сведения о традиционных и современных аналитических методах изучения золота в полевых и лабораторных условиях, включая многократное структурное травление. Рекомендована единая терминология для обеспечения преемственности изучения золота и сопоставления данных различных исследователей.

Ключевые слова: самородное золото, типоморфные признаки, внутреннее строение, элементы-примеси, рудно-формационные типы, методика, рекомендации, геологоразведочные работы.

ЯБЛОКОВА СВЕТЛАНА ВАСИЛЬЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, лауреат премии Правительства РФ

ПОЗДНЯКОВА НАТАЛЬЯ НИКОЛАЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, natali-silver@bk.ru

ШАТИЛОВА ЛЮДМИЛА ВИКТОРОВНА, старший научный сотрудник, shatilova@tsnigri.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»), г. Москва

Studying of native gold in the course of geological exploration: methodological recommendations

S. V. YABLOKOVA, N. N. POZDNYAKOVA, L. V. SHATILOVA

Federal State Budgetary Institution "Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals" (FSBI "TSNIGRI"), Moscow

The updated edition of the Methodological Recommendations shows the possibilities of application of quantitatively assessed features of native gold in the course of forecasting and prospecting work. The main characteristics of native gold are described and illustrated. Information is provided on traditional and modern analytical techniques for studying gold in field and laboratory conditions, including multiple structural etching. A uniform terminology is recommended to ensure continuity in the studying of gold and comparison of data from different researchers.

Key words: native gold, typomorphic features, internal structure, trace elements, ore formation types, methodology, recommendations, geological exploration.

Выявление признаков самородного золота и их применение при проведении разнообразных геологических исследований многие годы являются одним из приоритетных направлений работ «ЦНИГРИ».

Накопленный материал по минералогии золота был обобщён в Атласе «Самородное золото рудных и россыпных месторождений России» (2003, 2015), составленном Л. А. Николаевой с коллегами.

В работе нашло отражение становление нового научного направления – использование типоморфизма самородного золота при прогнозно-металлогенических исследованиях территорий на разных стадиях их изучения. Оно основано на анализе комплекса признаков, характерных для различных рудно-формационных типов месторождений с количественной оценкой каждого признака (признаковые модели золота) и их изменений под влиянием воздействия посткристалли-

зационных эндогенных процессов, а также преобразований в зоне гипергенеза и при формировании россыпей.

Методические рекомендации для геологоразведочных работ «Типоморфизм самородного золота», изданные в 2003 г., служат дальнейшим развитием направления изучения золота. В них подробно рассмотрены способы, методы исследований и интерпретации типоморфных признаков золота при оценке прогнозных ресурсов различных металлогенических объектов (рудных и россыпных районов, полей, месторождений), показаны детали и последовательность изучения золота этих таксонов.

Предложенная в методических рекомендациях систематизация признаков золота, выполненная с применением разработанной в ФГБУ «ЦНИГРИ» единой терминологии, обеспечивает преемственность изучения золота и сопоставление данных различных исследователей.

Опыт использования специалистами-недропользователями первого издания «Методических рекомендаций...» показал необходимость их дальнейшего совершенствования, детализации описания классических и новых методов исследований признаков золота как в полевых, так и лабораторных условиях, а также дополнения пояснительным иллюстративным материалом.

Переработанные и расширенные *методические рекомендации «Изучение самородного золота при геологоразведочных работах»*, изданные в 2023 г., основаны на обобщении на новом уровне обширного материала по изучению золота всех золотоносных провинций России за последние 20 лет (рис. 1).

Применение разнообразных аналитических методов создаёт возможность детализации и расширения признаков золота, оценки их информативности. Выявление геохимических особенностей золота повышает достоверность интерпретации результатов исследований.

Определение признаков золота, отражающих условия его формирования, имеет важное значение на ранних стадиях геологоразведочного процесса, когда проявления золоторудной минерализации недостаточно или плохо изучены и нередко единственным источником информации служит даже незначительное количество золота из рыхлых отложений.

Своеобразие самородного золота в различных типах месторождений и россыпях во многом за-



Рис. 1. Методические рекомендации «Изучение самородного золота при геологоразведочных работах», 2023 г.

висит от условий его кристаллизации на разных глубинах, вмещающей среды, последующих эпигенетических эндогенных и гипергенных воздействий. Геологическая интерпретация результатов минералогических исследований золота осложняется широкой изменчивостью его признаков и их конвергенцией. Соответственно, более эффективным является использование комплексов типоморфных признаков.

В *комплекс типоморфных признаков золота* входят размеры, формы, химический состав (пробность, элементы-примеси), характер поверхности, внутреннее строение, вторичные изменения, а в россыпях ещё окатанность, уплощённость, минералы-спутники, отражающие типы золоторудной минерализации (рис. 2).

Изучение этих признаков рассматривается для трёх этапов существования самородного золота: образование в первичных рудах и эндогенная перекристаллизация → период преобразования при формировании зоны гипергенеза (коры выветривания) → поступление в россыпи. Изменения золота в эндогенных и гипергенных условиях

Размеры
Форма
Поверхность
Пробность
Элементы-примеси
Внутреннее строение
Уплотённость
Окатанность
Минералы-спутники

Рис. 2. Основные признаки самородного золота

приводят к существенным трансформациям его отдельных признаков или всего комплекса в целом.

Основные черты самородного золота определяются особенностями формирования золотоносных рудных формаций, отражённых в составе и

последовательности рудообразующих **минеральных ассоциаций** (основных и второстепенных) (рис. 3).

Размеры золотин зависят от условий формирования руд, что позволяет использовать крупность частиц в качестве типоморфного признака для установления рудно-формационной принадлежности золотого оруденения. **Гранулометрический состав россыпного золота** зависит от типов коренных источников, гидродинамического режима формирования россыпей, ряда других факторов и широко варьирует в пределах золотоносных провинций, районов и по протяжению россыпей. В методике приводятся *классификации гранулометрии рудного и россыпного золота по данным разных источников* как в обобщённом виде, так и с учётом региональной принадлежности (рис. 4).

Формы и рельеф поверхности золотин служат показателями характера среды, в которой золото отлагалось, состава и фазового состояния растворов, условий кристаллизации и последующих преобразований (рис. 5).

Рудно-формационные типы месторождений	Минеральные ассоциации			Примеры месторождений
	Основные продуктивные	Второстепенные малопродуктивные	Редко встречающиеся	
Золото-кварцевые малосульфидные	Сульфидно-полиметаллическая, самородного золота с тонкозернистым кварцем	Ранняя пирит-арсенопиритовая с тонкодисперсным золотом, сульфоантимонитовая	С хрусталеносным (перекристаллизованным) кварцем	Советское, Наталкинское, Дуэт-Бриндакит, Токур, Каральвеем, Совиное
Золото-полисульфидно-кварцевые	Полисульфидная, сульфидно-полиметаллическая с минералами Bi и Te, теллуридно-висмутитовая, теллуридная	Пирит-арсенопиритовая с тонкодисперсным золотом	Халькопирит-висмутитовая, айкинит-блэкпородная, фрейбергит-сульфоантимонитовая, сульфидно-полиметаллическая с самородным Ag и баритом, гематитовая (халькозин-гематитовая), арсенопирит-кварцевая с минералами Bi	Берёзовское, Кочкарское, Дарасунское, Ключевское, Кировское, Зун-Холбинское, Коммунар, Центральнинское, Берикюльское, Школьное
Золото-серебряные	<i>Теллуридный подтип:</i> полисульфидная, теллуридная	Блэкпородная	Борнит-халькозиновая, теллур-висмутитовая	Балейское, Карамкен, Кубака, Многовершинное, Агинское, Озерновское
	<i>Серебро-сульфосольный подтип:</i> серебро-акантитовая, серебро-сульфосольная	Полисульфидная	Халькопирит-канфилдитовая, пирит-арсенопиритовая	

Рис. 3. Золотоносные минеральные ассоциации в месторождениях различных рудно-формационных типов (фрагмент)

А

Группы	Размер, мм	Классы
Субмикроскопическое	< 0,0005	Субмикроскопический
Микроскопическое	0,0005–0,001 > 0,01–0,05 > 0,05–0,1	Тонкодисперсный Пылевидный Тонкий
Видимое	> 0,1–0,25 > 0,25–1,00 > 1,00–2,00 > 2,0–5,0 > 5,0	Весьма мелкий Мелкий Средний Крупный Весьма крупный
Самородки (масса)	5–10 г Десятки г Сотни г Кг и десятки кг	Мелкие Средние Крупные Весьма крупные и гигантские

Б

Оценка крупности	Средняя крупность, мм	Среднее содержание класса -0,25 мм, %	Средняя крупность, мм	Среднее содержание класса -0,25 мм, %
	По данным ПГО «Севостгеология»		По данным ПГО «Уралгеология»	
Весьма мелкое	0,25–1,0	10–95	0,15–0,25	55
Мелкое	1,0–2,0	4–16	0,24–0,50	30
Среднее	2,0–4,0	1–6	0,5–1,0	20
Крупное	4,0–8,0	0,1–2	1,0–4,0	10
Весьма крупное	> 8	< 0,3	> 4,0	10

Рис. 4. Классификация самородного золота:

А – в рудах по размерам его выделения (по данным Н. В. Петровской, 1973, с рядом изменений); Б – в россыпях по средней его крупности (Методика разведки россыпей..., 1992)

В «Методических рекомендациях...» в виде таблиц и фотографий наглядно показаны разнообразие форм золотин и характер их поверхности, а также их вариации, отражающие дальнейшие изменения под влиянием гипергенных процессов и при транспортировке водным потоком.

Типоморфным признаком для решения целого ряда задач также является **пробность** самородного золота (рис. 6, А). Её изменчивость, помимо указаний на формационную принадлежность золоторудной минерализации, может быть использована и при установлении минеральной зональности, проявлений интра- и пострудных преобразований. В зоне гипергенеза остаточное золото в целом наследует состав первичного, а пробность вторичного золота зависит от состава руд. Пробность россыпного золота соответствует пробности

золота коренных источников или изменяется при формировании высокопробных новообразований.

Важным геохимическим индикатором условий образования золоторудных месторождений и их формационной принадлежности служат **элементы-примеси** в самородном золоте (см. рис. 6, Б). Установлено, что их максимальное число присутствует в золоте средне- и малоглубинных месторождений с многостадийным формированием оруденения или проявлениями гибрийдизма. Набор элементов-примесей в россыпном золоте соответствует примесям в золоте коренных источников и имеет то же типоморфное значение.

Впервые аналитиками ЦНИГРИ методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП МС) в золоте обнаружены редкоземельные, редкие щелочные и щёлочноземельные элементы.

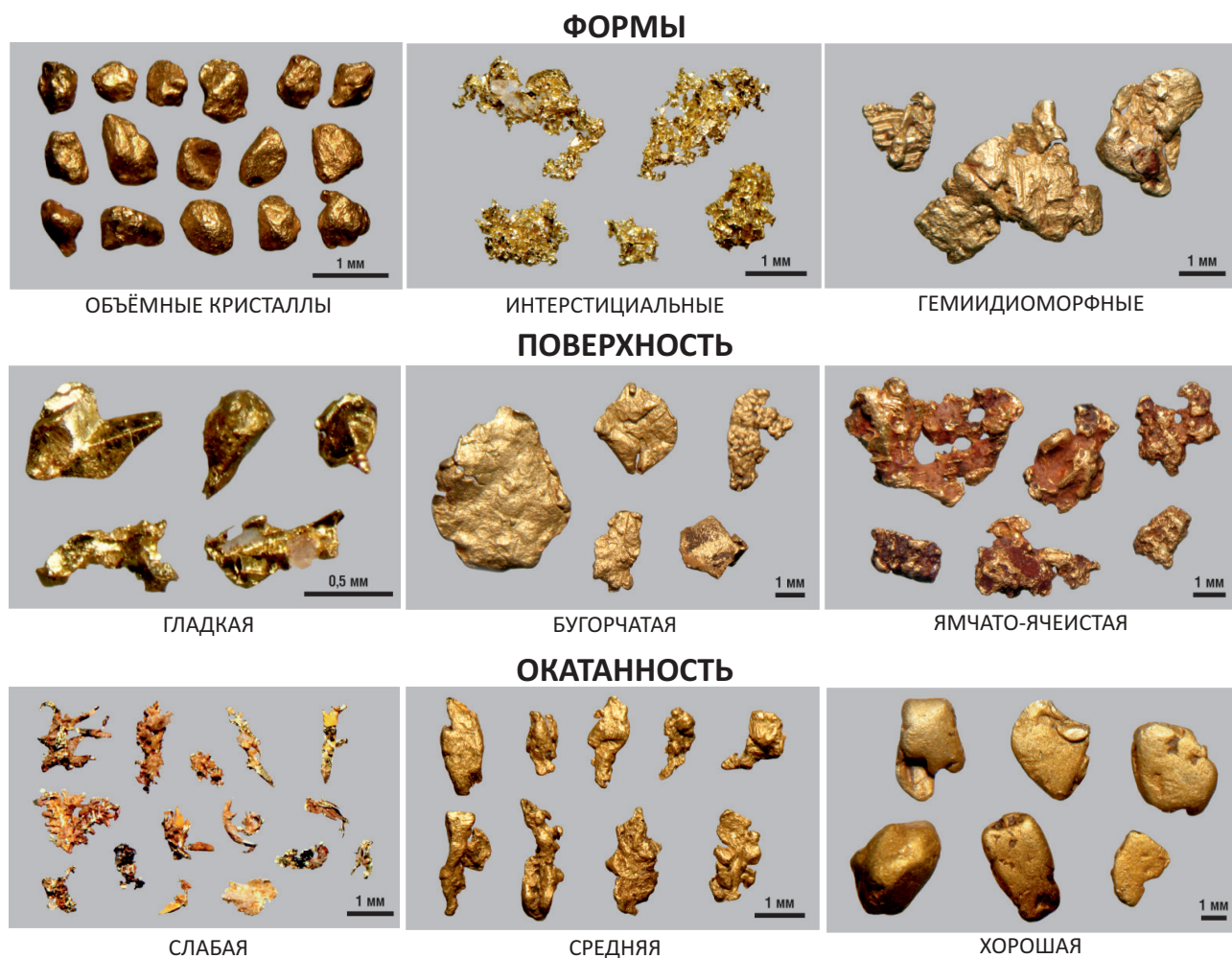


Рис. 5. Разнообразие самородного золота по форме, характеру поверхности и степени преобразования

Установлены группы элементов-примесей в самородном золоте трёх наиболее распространённых рудно-формационных типов золоторудных месторождений: золото-полисульфидно-кварцевых, золото-кварцевых малосульфидных и золото-серебряных. По этим данным, наличие Se, например, характерно для золото-серебряных месторождений, а частота встречаемости Te возрастает от золото-кварцевых к золото-серебряным месторождениям. Полученная информация позволяет более доказательно судить о рудно-формационной принадлежности проявлений коренного и россыпного золота на разных стадиях ГРП.

Одним из весьма информативных признаков золота является его **внутреннее строение**. Особенности структур зависят от исходных размеров, состава и морфологии золота, служат пока-

зателями многократности и последовательности его отложения, степени и типа метаморфизма (рис. 7).

При изучении внутреннего строения авторами применяется метод многократного последовательного (до 4–5 раз) структурного травления раствором $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$ полированных срезов золотин в искусственных шлифах. Благодаря этому методу *впервые разработаны критерии отличия структур эпикристаллизационного преобразования рудного золота от последующих гипергенных изменений* остаточного золота, сопровождающихся зарождением высокопробных новообразований.

Для россыпного золота подробно рассмотрены характерные признаки изменений его структур, которые в значительной мере определяются

А Пробность (%) = Au / (Au+Ag)

весьма высокопробное	999–951
высокопробное	950–900
средней пробности	899–800
относительно низкопробное	799–700
низкопробное или высокосеребристое (электрум)	699–400
кюстелит	399–100
самородное серебро	< 100

Б Классификация элементов-примесей в самородном золоте

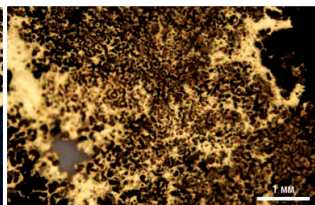
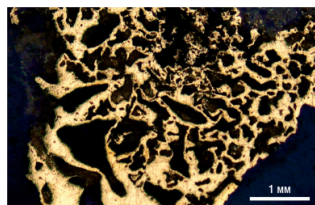
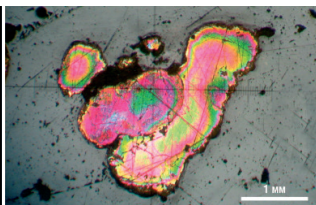
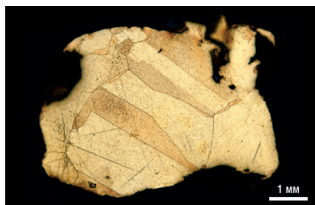
Распространённость и степень концентрации (по Н. В. Петровской, 1973)			
Главные, %	Второстепенные постоянные, %	Третьестепенные, зависящие от состава руд, %	Локально распространённые (регионально-типичные)
Ag (0,5–55)	Cu (0,001–23), Fe (0,001–0,9), Возможно, Pb (0,01–0,1)	Sb, As, Hg, Zn, Bi, Te, Se, Mn (0,000 <i>n</i> –0, <i>n</i>)	Sn, Ti, Cr, Mo, W, редкие малоизученные – Pt, МПГ, Co, Ni, V
Частота встречаемости (по Л.А. Николаевой, 1978)			
Основные (50–100%)	Второстепенные (10–50%)	Спорадические (< 10%)	
Fe, Cu, Pb, Sb	Hg, As, Zn, Bi, Te, Ti	Cr, Ni, Co, Pt, Pd, Mn, W, Sn, Mo, V, Se, S и др.	

Рис. 6. Классификация: А – самородного золота по пробности, Б – элементов-примесей в самородном золоте

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЗОЛОТА

ПЕРВИЧНОГО

АУТИГЕННОГО «НОВОГО»



ЗЕРНИСТОЕ ДВОЙНИКОВОЕ

КОНТРАСТНО-ЗОНАЛЬНОЕ

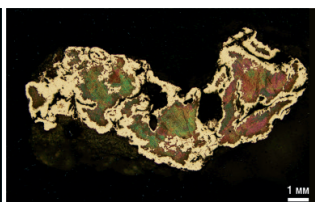
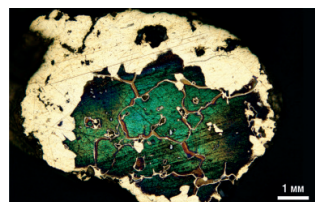
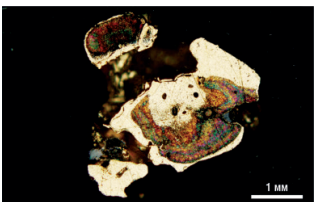
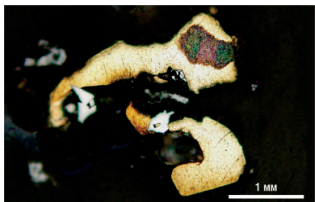
ГУБЧАТО-ПЕТЕЛЬЧАТОЕ

ЭМУЛЬСИОННО-ГУБЧАТОЕ

ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЗОЛОТА

ЭНДОГЕННЫЕ

ГИПЕРГЕННЫЕ



РЕЛИКТ НИЗКОПРОБНОГО ЗОЛОТА
В ВЫСОКОПРОБНОМ РУДНОМ ЗОЛОТЕ

ВЫСОКОПРОБНАЯ КОРРОЗИОННАЯ КАЙМА И
МЕЖЗЕРНОВЫЕ ПРОЖИЛКИ
НА РОССЫПНОМ ЗОЛОТЕ НИЗКОЙ И СРЕДНЕЙ ПРОБНОСТИ

Рис. 7. Внутреннее строение самородного золота и его преобразование. Монтир. полир. шлиф, травление CrO₃ + HCl

механическими деформациями, возникающими при транспортировке золота. Пребывание золота в россыпях сопровождается разрастанием высокопробных межзерновых прожилков и коррозионной оболочки. Признаки перекристаллизации вновь образованной коррозионной оболочки свидетельствуют о чередовании периодов перемещения золота и длительного «пребывания в покое», что позволяет реконструировать историю формирования россыпей, оценить время их образования, дальность переноса золота, а также роль промежуточных коллекторов в питании россыпи.

Учитывая пожелания геологов-практиков, изданное пособие дополнено разделом «**Методы изучения самородного золота**». В нём последовательно и по единому плану изложены традиционные и современные аналитические методы изучения золота в полевых и лабораторных услови-

ях. Для определения химического состава золота использованы следующие виды анализов: пробирный, атомно-абсорбционный, количественный спектральный, рентгеноспектральный микроанализ, Оже-спектроскопия, масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, в том числе в сочетании с лазерной абляцией, и др. Для аналитических методов указаны их точность, наборы исследуемых элементов, количество и качество необходимого материала. *Впервые детально описана методика многократного структурно-го травления золота для изучения его внутренне-го строения.*

В конце раздела предложена примерная форма таблицы для отражения полученных данных и их систематизации (рис. 8).

В разделе «**Использование типоморфных признаков самородного золота при геологоразведоч-**

				Класс крупности						
				Самородки, шт/г	+5	+1	+0,25	-0,25	Σ	
				г						
				%						100
Морфогенетические типы и виды	Сохранившиеся первичные формы	Правильные	кристаллы							
			сростки кристаллов							
			дендриты и дендритоиды							
		Неправильные	трещинно-прожилковые							
			цементационные							
	Утратившие первичные формы	Смешанные	интерстициальные							
			лепешковидные							
			чешуйчатые							
			тороидальные							
			шаровидные							
палочковидные										
Пояснения										
Типы поверхности	гладкая									
	губчатая и ячеистая									
	ямчато-бугорчатая									
	ступенчатая									
	шагреновая									
	уплотнённая									
Коррозия	отсутствует и зародышевая									
	умеренная									
	интенсивная									
Окатанность	неокатанное и слабо окатанное									
	полуокатанное									
	среднеокатанное									
	хорошо и идеально окатанное									
Уплотнённость	слабая (KV < 5)									
	средняя (KV 5–9)									
	значительная (KV > 9)									
Сростки и плёнки	без сростков и плёнок									
	кварц сливной									
	кварц кристаллический									
	окисленные рудные минералы									
	порода, глинистые минералы									
	плёнки железистые									
	плёнки вторичных сульфидов									
	плёнки аутигенного золота									
амальгамированное золото										

Рис. 8. Примерная форма таблицы с данными об особенностях самородного золота (фрагмент)

ных работах» рассмотрены направления и пути практического применения типоморфизма золота в сочетании с геологическими, геоморфологическими и минералогическими критериями прогнозирования и поисков золоторудных и золотороссыпных районов, полей и месторождений для решения различных прикладных задач.

Трудности получения материала и высокая информативность особенностей золота при анализе любого количества золотин, вплоть до единич-

ных зёрен, независимо от их массы, делают такие исследования целесообразными. По мере увеличения количества изученных частиц на разных стадиях работ повышается достоверность выявленных признаков.

Для удобства пользователей комплексы признаков самородного золота, использованные для решения разнообразных геологоразведочных задач, обобщены и собраны в отдельные таблицы. Пример показан на рис. 9.

Рудно-формационные типы месторождений	Признаки самородного золота*					
	Золотоносные минеральные ассоциации	Размеры	Пробность (‰)	Элементы-примеси	Формы	Внутреннее строение
Золото-кварцевый малосульфидный	Золото-кварцевая Сульфидно-полиметаллическая Пирит-арсениопиритовая с т/д** Au	Мелкое Тонкое Среднее <i>Пылевидное</i> <i>Самородки</i>	860-940 750-850 > 950 и < 700	Cu, Pb (0,000л-0,л%) Fe (0,000л-л%) As, Te, Hg (0,00л-0,л%) As > 1% Sb до 1% <i>Примеси Se, Pt, Ni, Sn, Mo, Mn</i>	Трещинные Гемидиоморфные Цементационные Искаженные кристаллы <i>Правильные кристаллы</i> <i>Двумерные дендриты</i> <i>Дендритоиды</i>	Разнозернистая среднезернистая структура агрегатов Однородное строение зёрен Пятнистая неоднородность Структура рекристаллизации агрегатов и зёрен <i>Диффузионные зоны</i> <i>Структуры грануляции, дезинтеграции, регенерации</i> <i>Неяснозональное строение</i> <i>Зоны трансляции</i>
Золото-полисульфидно-кварцевый	Полисульфидная Сульфидно-полиметаллическая с минералами Bi и Te Теллуридно-висмутовая Теллуридная Пирит-арсениопиритовая с т/д Au <i>Ассоциации со сложными сульфидами, сульфанти-монитами, сульфовисмутитами Pb, Si и др.</i> <i>Гематитовая Арсениопирит-кварцевая с минералами Bi</i>	Тонкое Мелкое <i>Пылевидное</i> <i>Самородки</i>	850-950 750-970 600-700	Cu (0,0л-л%) Fe (до 0,л%) Pb, Bi, As, Te, Co, Ni, Zn Bi > 1% <i>Cr, Mn, Hg, W, Ge, Pt</i>	Жилковидно-пластинчатые Гемидиоморфные Интерстициальные Комковидные <i>Проволоковидные кристаллы</i> <i>Дендриты</i> <i>Дендритоиды</i> <i>Хорошо ограниченные кристаллы</i>	Монозернистые индивиды Зернистые агрегаты Двойники Неясная зональность. <i>Интенсивные структуры перекристаллизации (грануляция и дезинтеграция, диффузионные зоны, регенерационные каймы, рекристаллизация, деформации зон)</i>
Золото-серебряный: А) теллуридный подтип: Б) серебро-сульфосольный подтип:	Полисульфидная Теллуридная Блеклорудная <i>Борнит-халькозиновая</i> <i>Теллур-висмутовая</i> Серебро-акантитовая Серебро-сульфосольная (с селенидами) Полисульфидная <i>Халькопирит-канфилдитовая</i> <i>Пирит-арсениопиритовая</i>	Тонкое <i>Пылевидное</i> Мелкое	800-900 700-800 400-700 < 400	Cu, Fe, Pb, Sb (0,00л-0,л%) Te <i>Pt, Ni, W, Mo, Bi, Cr</i> Se Hg <i>Cu (до 1%)</i> <i>Hg (> 1%)</i>	Жилковидно-пластинчатые Гемидиоморфные Каркасно-пластинчатые Искаженные кристаллы Ячеистые Губчатые <i>Проволоковидные кристаллы</i> <i>Дендриты</i> <i>Дендритоиды</i>	Монокристаллические индивиды Зернистые агрегаты Однородная структура Неясная зональность <i>Двойники</i> Гетерофазное строение Концентрическая зональность Фрагменты зональности <i>Структуры рекристаллизации, дезинтеграции, распада твёрдого раствора</i>

Примечание: * жирным шрифтом выделены главные, простым – второстепенные, курсивом – редко встречающиеся признаки;
** т/д Au – тонкодисперсное золото

Рис. 9. Комплексы типоморфных признаков самородного золота в золоторудных месторождениях основных рудно-формационных типов (фрагмент)

В сводной таблице показан круг основных вопросов, при изучении которых могут быть использованы признаки самородного золота.

В частности, прослеживание изменений таких характеристик золота, как минеральные ассоциации, средняя пробыность, элементы-примеси, вну-

треннее строение (срастания фаз, диффузионные зоны и др.), в вертикальном разрезе и по исследуемой площади позволяет решать вопросы зональности месторождений и оконтуривания обогащённых участков. Местоположение коренных источников и относительная дальность переноса

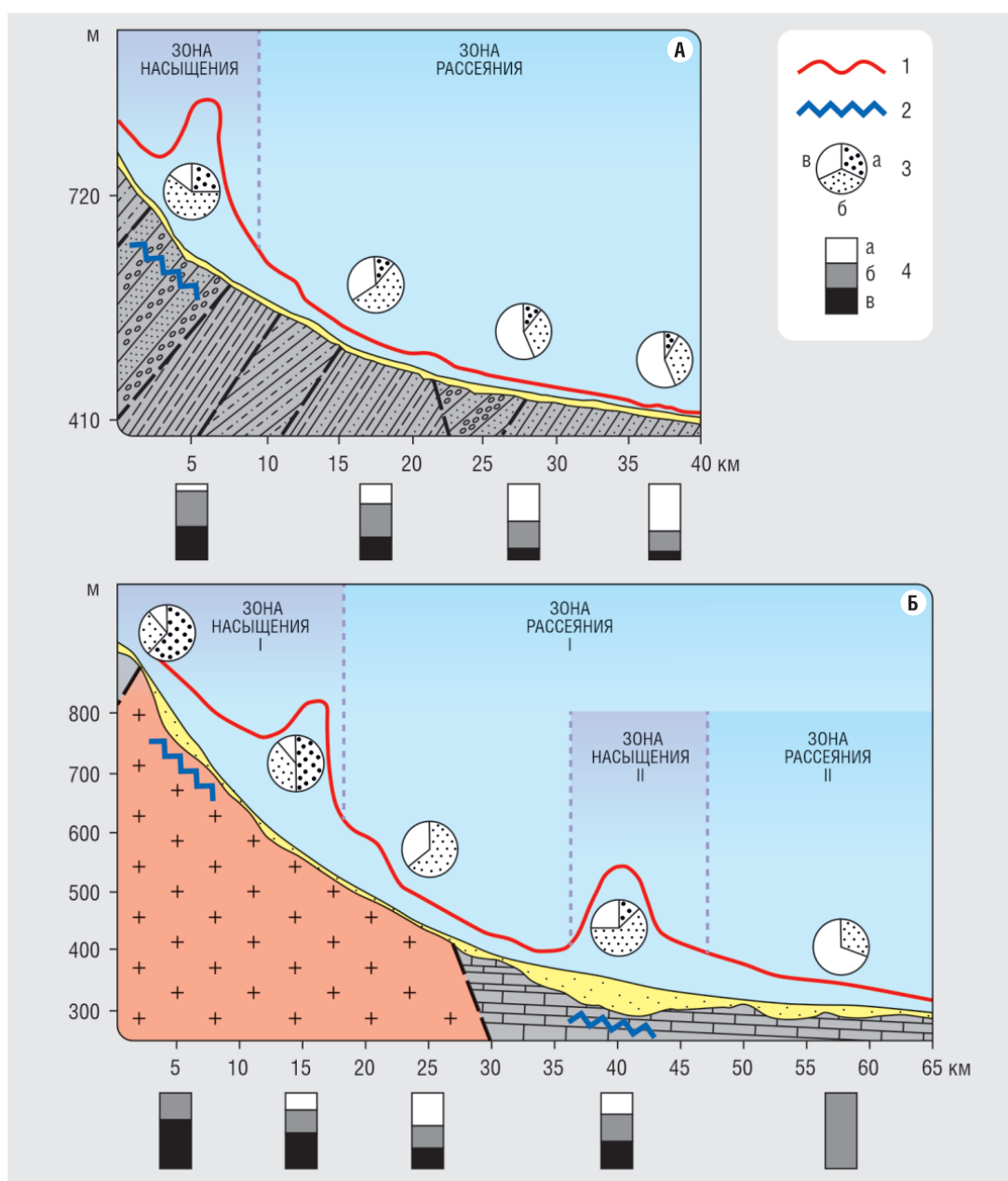


Рис. 10. Изменение типоморфных признаков золота по протяжению россыпи. А – с одним источником питания, Б – с двумя источниками питания:

1 – кривая насыщенности россыпи золотом; 2 – коренные источники; 3 – гранулометрия золота: а – > 1 мм, б – 0,25–1 мм, в – < 0,25 мм; 4 – преобладающая окатанность золота: хорошая (а), средняя (б), слабая (в)

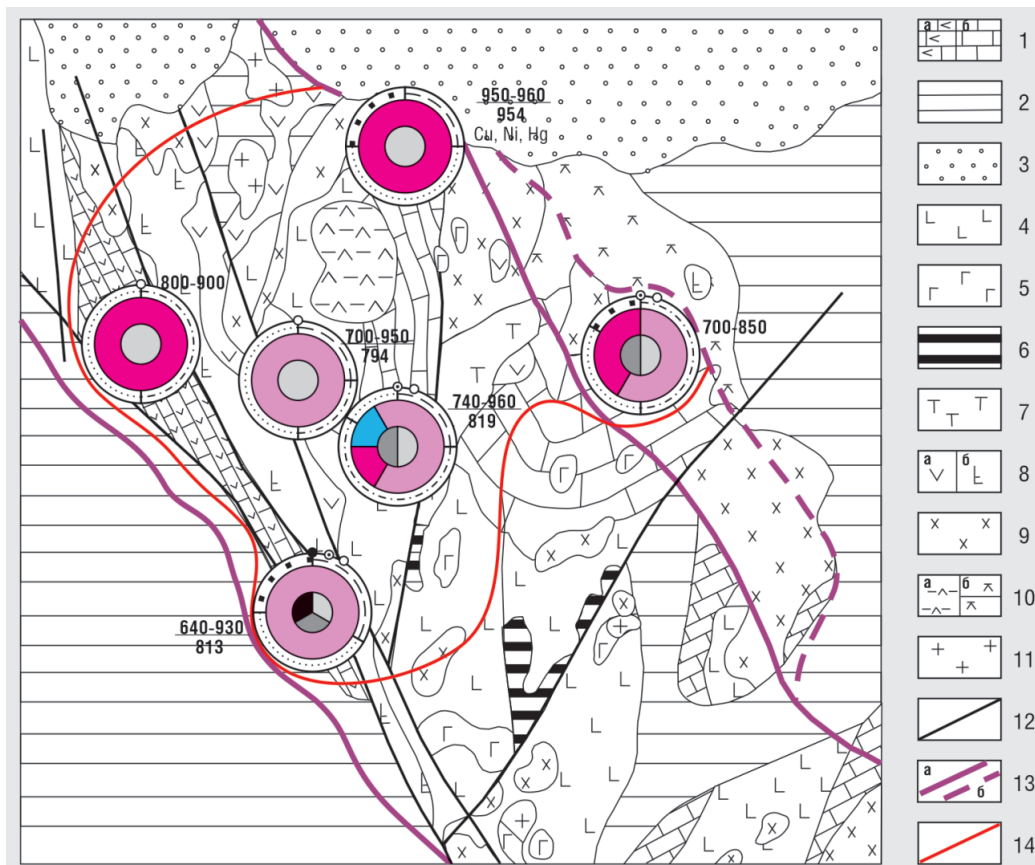


Рис. 11. Схематическая геологическая карта с данными по типоморфизму золота масштаба 1 : 500 000

1 – известняки (R_3 – E_1) доломитизированные (а), мраморизованные (б); 2 – песчаники, алевролиты, аргиллиты, каменные угли (D_{1-2} – C_{1-2}); 3 – конгломераты пески, глины, бурые угли (J–K); 4 – базальтовые порфириды (R_3 – E_1); 5 – диабазы (R_3 – E_1); 6 – серпентиниты (V– E_1); 7 – граносиениты (E_2); 8 – андезитовые (а), трахириолитовые (б) порфириды (E_2 –S); 9 – гранодиориты (O–S); 10 – базальтовые порфириды (а), трахиты (б) (D_{1-2}); 11 – граниты (P–T); 12 – глубинные разломы; 13 – границы металлогенической зоны: установленные (а), прогнозируемые (б); 14 – рудно-россыпной район с преобладающим развитием золота, связанного с источниками золото-полисульфидно-кварцевой формации, и присутствием золота, связанного с прогнозируемым источником золото-серебряной формации; условные обозначения к диаграммам см. рис. 12

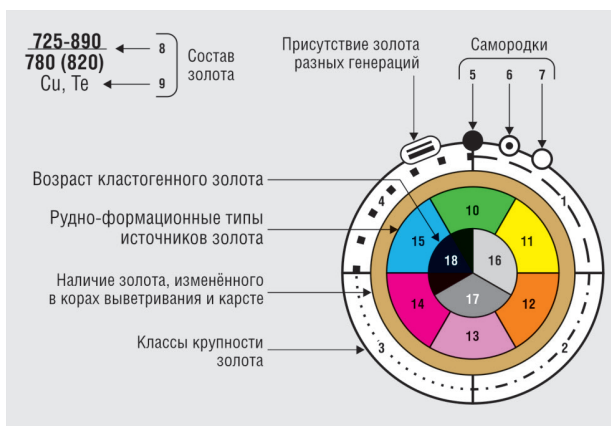


Рис. 12. Характеристика золота для специализированных на золото прогнозно-металлогенических карт масштаба 1 : 500 000–1 : 200 000:

Классы крупности кластогенного золота: 1 – < 0,25 мм, 2 – 0,25–1 мм, 3 – 1–5 мм, 4 – > 5 мм; **Самородки:** 5 – > 1 кг, 6 – 100–1000 г, 7 – 5–10 г; **Состав золота:** 8 – пробность золота, %, в числителе – вариации, в знаменателе – средняя, в скобках – преобладающая, 9 – региональные элементы-примеси в золоте; **Рудно-формационные типы источников золота:** 10 – золото-кварцевый малосульфидный, 11 – золото-мышьяковисто-сульфидный, 12 – золото-антимонит-кварцевый, 13 – золото-полисульфидно-кварцевый, 14 – золото-скарновый, 15 – золото-серебряный; **Возраст кластогенного золота:** 16 – среднеплейстоцен-голоценовый, 17 – плиоцен-нижнеплейстоценовый, 18 – доплиоценовый

россыпного золота устанавливаются по комплексу признаков преобразований формы, поверхности и структуры остаточного золота.

Наличие в шлиховых пробах гипергенного (вторичного) золота свидетельствует о значительной

роли (на изучаемой площади) золотого оруденения с тонкодисперсным золотом.

Присутствие в россыпях золота, различающегося по таким признакам, как гранулометрия, окатанность, уплощённость и т.д., позволяет пред-

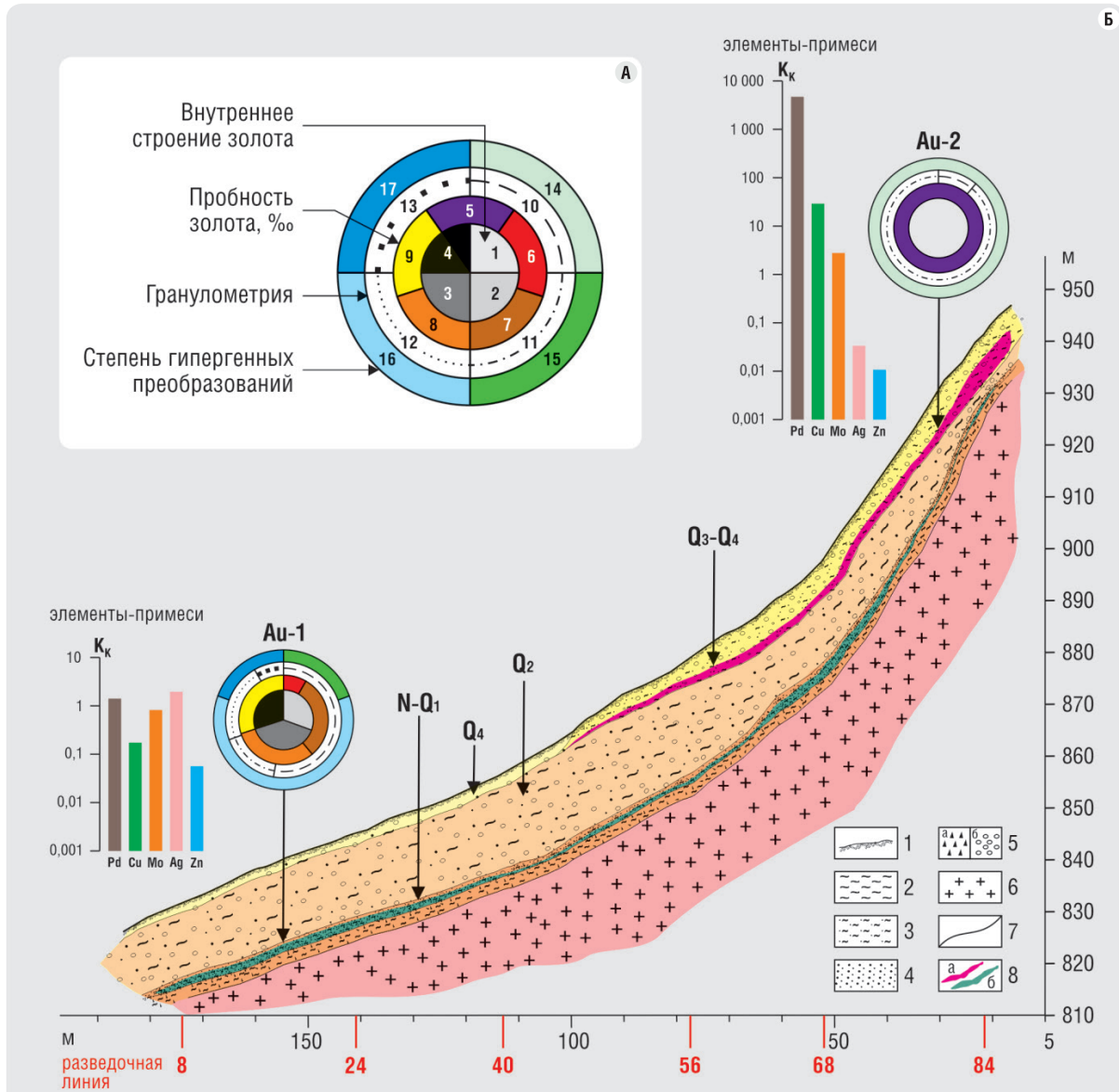


Рис. 13. Типоморфные признаки самородного золота на схематическом разрезе двухъярусной россыпи:

А – Типоморфизм золота. Внутреннее строение золота: 1 – зернистое двойниковое метаморфизованное, 2 – рекристаллизованное, неоднородное, крупнозернистое, 3 – многофазное зернисто-зональное, 4 – зональное; Пробность золота (‰): > 950 (5), 901–950 (6), 851–900 (7), 801–850 (8), < 800 (9); Гранулометрия: < 0,25 мм (10), 0,25–0,5 мм (11), 0,5–1 мм (12), > 1 мм (13); Степень гипергенных преобразований: 14 – отсутствует, 15 – слабая, 16 – умеренная, 17 – интенсивная. Б – Разрез двухъярусной россыпи. 1 – почвенно-растительный слой; 2–5 – песчано-гравийно-галечные отложения: 2 – глина, 3 – супесь и суглинок; 4 – песок и гравий, 5 – дресва (а), галька (б); б – гранитоиды шахтаминского комплекса (J_2); 7 – границы литологических разностей; 8 – контуры пласта: голоцен-позднечетвертичного (Q_3-Q_4) возраста (а), плиоцен-раннечетвертичного ($N-Q_1$) возраста (б)

полагать поступление части его из дополнительных источников и является благоприятным фактором для расширения площади поисковых работ (рис. 10).

Данные по типоморфизму золота, вынесенные на геолого-геоморфологические карты различного масштаба, уточняют направления геологоразведочных работ, позволяют выявить закономерности распространения золота различных рудно-формационных типов и способствуют расширению площадей их прогнозирования и поисков.

В «Методических рекомендациях...» представлены блоки легенд, показаны примеры карт и разрезов. Совокупность признаков самородного золота на них изображена в виде круговых диаграмм, содержащих как **конкретные** характеристики размеров, пробности, региональных примесей, так и **полученные выводы** о типах коренных источников и присутствии в россыпях разновозрастного кластогенного золота. Круговые диаграммы были использованы при составлении «Карты экзогенной золото- и платиноносности России» (1999), удостоенной в 2000 г. премии Правительства РФ.

В работе приведён фрагмент карты золотоносности с данными изучения самородного золота, анализ которой показывает, что в пределах известной металлогенической зоны с золото-полисульфидно-кварцевым оруденением установлено присутствие золота, связанного с источником золото-серебряного типа (рисунки 11, 12). Золото-

полисульфидно-кварцевое оруденение, судя по признакам самородного золота, распространено и за контурами этой зоны. Следовательно, металлогеническую специализацию территории следует уточнить, а площадь рудного района может быть увеличена за счёт корректировки контуров зоны.

Другой пример использования признаков золота продемонстрирован при анализе золотоносности многоярусной россыпи. В ней выявлены два резко различающихся типа россыпного золота, приуроченные к отложениям плиоцен-нижнечетвертичного и голоцен-верхнечетвертичного возраста, что отражает вертикальную рудную зональность коренного источника и позволяет предположить существование золотосодержащего медно-молибден-порфирирового оруденения в верховьях россыпи, подвергшегося длительной денудации (рис. 13).

«**Изучение самородного золота при геологоразведочных работах**» – это методические рекомендации исследования особенностей золота и их применения при обосновании, стандартизации и совершенствовании методов и технологий прогноза и поисков коренных и экзогенных месторождений на разных стадиях ГРР.

Книга согласована Роснедрами и предназначена служить справочным пособием при изучении типоморфизма золота и использовании комплекса его признаков для решения научно-прикладных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Атлас самородного золота рудных и россыпных месторождений России* / Под ред. А. И. Кривцова 1-е изд. – М. : ЦНИГРИ, 2003; под ред. Михайлова Б. К. – 2-е изд. – М. : Акварель, 2015. – 200 с.
2. *Миляев С. А., Самосоров Г. Г., Яблокова С. В.* [и др.] Геохимические особенности самородного золота как прямые признаки рудно-формационной принадлежности проявлений рудного и россыпного золота // *Руды и металлы*. – 2020. – № 3. – С. 22–31.
3. *Некрасова А. Н., Николаева Л. А., Миляев С. А.* [и др.] Первые данные о распределении РЗЭ, Li, Rb, Cs, Sr, Ba в самородном золоте месторождений основных золотоносных провинций России // *Доклады РАН*. – 2010. – Т. 432, № 5. – С. 660–663.
4. *Николаева Л. А.* Методическое руководство по изучению самородного золота при геологоразведочных работах. – М. : ЦНИГРИ, 1985. – 24 с.
5. *Николаева Л. А., Гаврилов А. М., Некрасова А. Н.* [и др.] Минералогические поисково-оценочные критерии и признаки золотых руд и россыпей на разных стадиях геологоразведочного процесса. – М. : ЦНИГРИ, 1990. – 24 с.
6. *Николаева Л. А., Гаврилов А. М., Некрасова А. Н.* [и др.] Типоморфизм самородного золота : методические рекомендации для геологоразведочных работ / под ред. А. И. Кривцова, С. С. Вартамяна. – М. : ЦНИГРИ, 2003. – 70 с.

7. Николаева Л. А., Некрасова А. Н., Милыев С. А. [и др.] Геохимические особенности самородного золота месторождений различных рудно-формационных типов // Геология рудных месторождений. – 2013. – Т. 55, № 3. – С. 203–213.
8. Николаева Л. А., Яблокова С. В., Шатилова Л. В. [и др.] Изучение самородного золота при экспертно-криминалистических исследованиях : методическое руководство. – М. : ЦНИГРИ, 2002. – 34 с.
9. Петровская Н. В. Самородное золото. – М. : Наука, 1973. – 347 с.
10. Позднякова Н. Н. Типоморфизм золота россыпей Шахтаминского рудного района Восточного Забайкалья // Руды и металлы. – 2010. – № 4. – С. 20–26.
11. Экзогенная золотоносность и платиноносность Российской Федерации : объяснительная записка к комплекту карт / Под ред. А. И. Кривцова. – М. : ЦНИГРИ, 1997. – 72 с.
12. Nikolaeva L. A. [et al.] Type chemistries of native gold from deposits of various styles // 34th international geological congress, Brisbane, 2012, Australia. – V. 4. – P. 105–109.

REFERENCES

1. Atlas samorodnogo zolota rudnykh i rossypnykh mestorozhdeniy Rossii [Atlas of native gold of ore and placer deposits in Russia], ed. A. I. Krivtsov 1st izd, Moscow, TSNIGRI publ., 2003; ed. Mikhaylov B. K., 2nd, Moscow, Akvarel' publ., 2015, 200 p. (In Russ.)
2. Milyayev S. A., Samosorov G. G., Yablokova S. V. [et al.] Geokhimicheskiye osobennosti samorodnogo zolota kak pryamyye priznaki rudno-formatsionnoy prinadlezhnosti proyavleniy rudnogo i rossypnogo zolota [Geochemical features of native gold as direct signs of the ore formation of occurrences of ore and placer gold], Rudy i metally [Ores and Metals], 2020, No. 3, pp. 22–31. (In Russ.)
3. Nekrasova A. N., Nikolayeva L. A., Milyayev S. A. [et al.] Pervyye dannyye o raspredelenii RZE, Li, Rb, Ce, Sr, Ba v samorodnom zolote mestorozhdeniy osnovnykh zolotonosnykh provintsiy Rossii [First data on the distribution of rare earth elements, Li, Rb, Ce, Sr, Ba in native gold deposits of the main gold-bearing provinces of Russia], Doklady RAN, 2010, V. 432, No. 5, pp. 660–663. (In Russ.)
4. Nikolayeva L. A. Metodicheskoye rukovodstvo po izucheniyu samorodnogo zolota pri geologorazvedochnykh rabotakh [Methodological guide to the study of native gold during geological exploration], Moscow, TSNIGRI publ., 1985, 24 p. (In Russ.)
5. Nikolayeva L. A., Gavrilov A. M., Nekrasova A. N. [et al.] Mineralogicheskiye poiskovo-otsenochnyye kriterii i priznaki zolotykh rud i rossypey na raznykh stadiyakh geologorazvedochnogo protsessa [Mineralogical prospecting and evaluation criteria and signs of gold ores and placers at different stages of the geological exploration process], Moscow, TSNIGRI publ., 1990, 24 p. (In Russ.)
6. Nikolayeva L. A., Gavrilov A. M., Nekrasova A. N. [et al.] Tipomorfizm samorodnogo zolota: metodicheskiye rekomendatsii dlya geologorazvedochnykh rabot [Typomorphism of native gold: methodological recommendations for geological exploration], ed. A. I. Krivtsov, S. S. Vartanyan, Moscow, TSNIGRI publ., 2003, 70 p. (In Russ.)
7. Nikolayeva L. A., Nekrasova A. N., Milyayev S. A. [et al.] Geokhimicheskiye osobennosti samorodnogo zolota mestorozhdeniy razlichnykh rudno-formatsionnykh tipov [Geochemical features of native gold deposits of various ore formation types], Geologiya rudnykh mestorozhdeniy [Geology of ore deposits], 2013, V. 55, No. 3, pp. 203–213. (In Russ.)
8. Nikolayeva L. A., Yablokova S. V., Shatilova L. V. [et al.] Izucheniye samorodnogo zolota pri ekspertno-kriminalisticheskikh issledovaniyakh: metodicheskoye rukovodstvo [Study of native gold in forensic research: methodological guide], Moscow, TSNIGRI publ., 2002, 34 p. (In Russ.)
9. Petrovskaya N. V. Samorodnoye zoloto [Native gold], Moscow, Nauka publ., 1973, 347 p. (In Russ.)
10. Pozdnyakova N. N. Tipomorfizm zolota rossypey Shakhтаминского рудного rayona Vostochnogo Zabaykal'ya [Typomorphism of placer gold in the Shakh-taminskogo rудного rayona Vostochnogo Zabaykal'ya district of Eastern Transbaikalia], Rudy i metally [Ores and Metals], 2010, No. 4, pp. 20–26. (In Russ.)
11. Ekzogennaya zolotonosnost' i platinonosnost' Rossiyskoy Federatsii: ob»yasnitel'naya zapiska k komplektu kart [Exogenous gold and platinum content of the Russian Federation. Explanatory note to the set of maps], ed. A. I. Krivtsov, Moscow, TSNIGRI publ., 1997, 72 p. (In Russ.)
12. Nikolaeva L. A. [et al.] Type chemistries of native gold from deposits of various styles. 34th international geological congress, Brisbane, 2012, Australia, V. 4, pp. 105–109.

Статья поступила в редакцию 26.02.24; одобрена после рецензирования 05.03.24; принята к публикации 05.03.24.
The article was submitted 26.02.24; approved after reviewing 05.03.24; accepted for publication 05.03.24.