

ПЕТРОЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ

**МЕЛКОЕ И ТОНКОЕ ЗОЛОТО В АЛЛЮВИАЛЬНЫХ АВТОХТОННЫХ
РОССЫПЯХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Г.В. Нестеренко, В.В. Колпаков

Институт геологии и минералогии СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Коптюга, 3, Россия

Излагаются результаты изучения поведения мелкого (0.25—0.1 мм) и тонкого (<0.1 мм) золота в процессах формирования аллювиальных золотоносных россыпей областей денудации на юге Западной Сибири и его типоморфные свойства. В ходе эрозионно-аккумулятивной деятельности речного потока, приводящей к формированию золотоносных россыпей, характеризующихся грубообломочным (песчано-гравийно-галечным) составом, осуществляется вынос за пределы областей денудации частиц самородного золота низкой гидравлической крупности (менее 5—10 см/с). В эту группу попадают практически полностью тонкие (мельче 0.1 мм) и частично мелкие частицы, а именно уплощенные в разной степени, а также, вероятно, выделения, имеющие неровную („дефектную“) поверхность, налеты и включения более легких (чем золото) минералов и пород. Это легкомигрирующее золото участвует в формировании литохимических потоков, наличие которых является важным индикатором золоторудной минерализации. Оно приурочено к верхним (пустым) частям аллювиального разреза. „Задержавшееся“ в россыпи мелкое золото частично остается на месте попадания в действие речного потока, частично переотлагается в хвостовые части элементарных россыпей, сортируясь по гидравлической крупности, что устанавливается по появлению прямой зависимости между степенью уплощенности и размерами частиц. По масштабам концентрации в автохтонных (пластовых) россыпях областей денудации мелкое золото существенно уступает традиционному россыпеобразующему. Широкое развитие мелкого и тонкого золота в рудных источниках, близость его состава таковому более крупных фракций золота, а также повышенная его миграционная способность, расширяющая оцениваемую поисковую площадь, определяют важное типоморфное значение состава мелкого золота, главные особенности которого, в отличие от морфологических признаков, при аллювиальном переносе часто сохраняются.

Мелкое золото, аллювиальные россыпи, юг Западной Сибири.

**FINE GOLD PARTICLES AND GOLD DUST IN ALLUVIAL AUTOCHTHONOUS PLACERS
IN SOUTHERN WEST SIBERIA**

G.V. Nesterenko and V.V. Kolpakov

This paper deals with studying the behavior of fine gold particles (0.25–0.1 mm) and gold dust (<0.1 mm) during the formation of alluvial placers in denudation areas in southern West Siberia and their typomorphic features. Native gold particles with a low settling velocity, <5–10 cm/s, such as dust (<0.1 mm) and some fine flat particles, are removed with a river stream beyond denudation areas. This easily migrating gold participates in the formation of lithochemical flows, which are an important indicator of gold mineralization. It occurs in the upper beds of alluvial section. Heavier fine gold particles are partly retained at the site of river stream activity, and the rest are partly redeposited in cooler parts of placers, being graded according to their settling velocity, as evidenced from the direct relationship between the flatness and size of gold particles. Fine gold particles do not form large accumulations in alluvial autochthonous placers. The main typomorphic features of fine gold particles and gold dust are their abundance in ore sources, compositional similarity to larger gold fractions, and high migration ability. In contrast to morphological features of gold, these ones remain stable during the river drift.

Fine gold particles, alluvial placers, southern West Siberia

ВВЕДЕНИЕ

Проблема поведения мелкого (0.25—0.1 мм) и тонкого (<0.1 мм) золота (МТЗ) в процессе осадкообразования во многом остается неясной, несмотря на длительную историю ее решения [Флеров, 1937; Билибин, 1955; Осовецкий, 1980; Conwell, 1981; Минко, 1985; Giusti, 1986; Блинов, 1998; Амосов, Парий, 2000; и др.]. Минералого-геохимическая изученность такого золота несравненно ниже, чем более крупного „россыпеобразующего“. Чрезвычайно широк разброс взглядов на перспективы россыпных концент-

бежного концентратора системы „Knelson“. Ручная обработка шлиховых проб проводилась многостадийным способом, близким к предлагаемому В.Е. Бойцовым с соавторами [2005], который минимизирует потери благородного металла. В достаточно большом объеме проведено определение валового содержания золота в породах и гранулометрических фракциях (пробирный, атомно-абсорбционный и спектрохимический анализы). Существенное место в исследованиях отведено минералого-геохимическому изучению мелкого и тонкого золота. При этом наряду с традиционными использовались и оригинальные методики, такие как количественное микрорентгеноспектральное определение его макросостава (Au, Ag, Hg, Cu) в представительных выборках [Нестеренко и др., 1990] и изучение морфологии и микрорельефа золотин при больших увеличениях с помощью электронного сканирующего микроскопа. Особенностью проведенных минералого-геохимических исследований является получение количественных характеристик признаков, причем в достаточно большом объеме.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕЛКОГО И ТОНКОГО ЗОЛОТА В ЗОЛОТОНОСНЫХ ДОЛИНАХ

Одной из особенностей распределения в автохтонных россыпях региона мелкого и, частично, тонкого золота, извлекаемого в процессе производства геолого-разведочных и эксплуатационных работ, является, по данным этих работ, возрастание его содержания и доли в направлении снижения абсолютных высот и степени расчлененности, т. е. энергии рельефа. Так, по расчетам С.В. Колтунова [Нестеренко, 1991], доля золота мельче 0.25 мм в россыпях высоко- и среднегорья Кузнецкого Алатау составляет 1.2 и 4.5 % соответственно, а низкогорья и предгорья — 12.5 и 20.8 %, в то время как доля металла крупнее 1 мм в первом случае составляет 69.6 и 22.5 % и во втором — 6.4 и 0.8 %. Вместе с тем гранулометрическая характеристика металла из россыпей, расположенных в близких геоморфологических условиях, не всегда остается одинаковой (табл. 1), что свидетельствует о зависимости упомянутой характеристики и от других факторов. Во многих долинных россыпях наблюдается обратная корреляционная зависимость между общим содержанием благородного металла и доли в его составе золота мельче 0.25 мм. Подтверждением сказанному могут быть россыпи на реках Баранча и Светлая (рис. 2), расположенные в северной части Горного Алтая в зоне низко- и среднегорья (см. рис. 1). Поскольку россыпи, расположенные в выположенных районах низкогорья и предгорья, „а ргіогу“ наиболее благоприятны с точки зрения условий аккумуляции мелкого и тонкого золота, кратко рассмотрим его распределение в трех подобных объектах.

1. Долинная россыпь р. Бол. Тайлы расположена в Егорьевском золотоносном районе на северо-западе Салаирского кряжа. Река при течении на юго-юго-запад пересекает ряд кембрийских толщ, расчлененных многочисленными дайками основных пород (рис. 3). Золотоносные пески сложены песчано-гравийно-галечными отложениями с примесью алевритопелитового ила и валунов. Содержание мелких

Таблица 1. Гранулометрический состав (%) золота долинных россыпей

№ п/п	Россыпь	Класс крупности, мм				
		>1.0	1.0—0.5	0.5—0.3	0.3—0.1	<0.1
КУЗНЕЦКИЙ АЛАТАУ						
1	<i>Большой Тулуял</i>	12.50	15.40	66.70	4.98	0.28
2	Золотой Китат	5.83	71.40	6.59	15.17	1.01
3	Кельбес	3.7	28.9	26.6	22.3	0.2
САЛАИР						
4	<i>Кундустуял</i>	Класс крупности, мм				
		>0.8	0.8—0.4	0.4—0.2	<0.2	
		80	15	3.6	1.4	
ГОРНЫЙ АЛТАЙ						
5	Бол. Тайлы	Класс крупности, мм				
		>1.0	1.0—0.5	0.5—0.25	<0.25	
		37.3	31.0	20.2	11.5	
6	Дражные Тайлы	4.3	42.1	30.8	22.8	
7	Поперечные Тайлы	40.9	28.5	26.5	4.1	
8	Суенга (низовая)	44.1	11.2	23.7	21.0	
9	Мостовая	24.2	60.3		15.5	
10	Мал. Толмовая	29.5	5.1	40.3	25.0	
ГОРНЫЙ АЛТАЙ						
11	<i>Баранча</i>	39.1	20.6	36.1	4.4	
12	<i>Светлая</i>	80.2	4.8	11.8	3.2	

Примечание. Курсивом выделены россыпи, расположенные в зоне среднегорья, остальные — в зоне низкогорья.

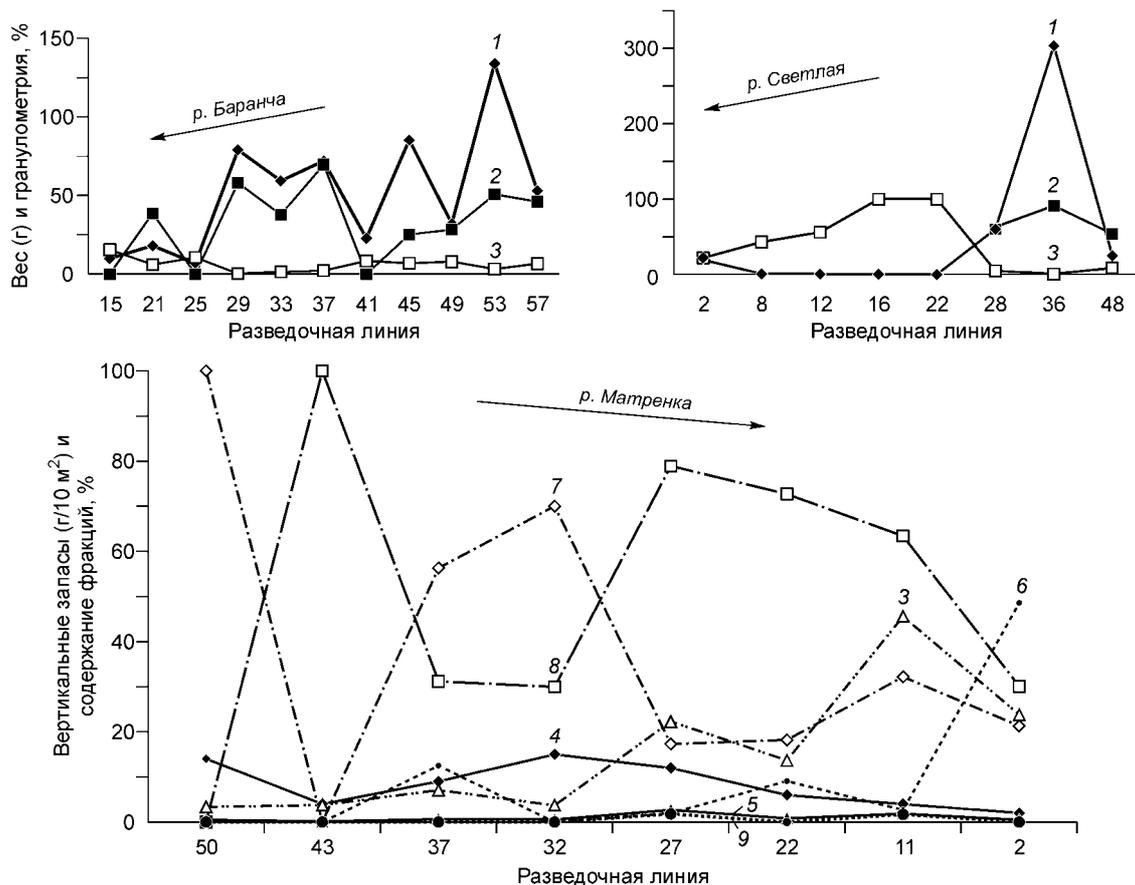


Рис. 2. Кривые распределения всего и мелкого золота, а также некоторых его фракций в продольном профиле трех россыпей.

1 — вес намытого золота; 2, 3 — доля (%) золота +1.0 мм (2) и –0.25 мм (3); 4, 5 — приведенные вертикальные запасы (г/10 м²) всего (4) и мелкого (5) золота; 6–9 — относительное (%) содержание гидрофракций (см/с): 6 — до 10; 7 — 10–20; 8 — 20–30 и 9 — 30–40.

валунов по данным двух анализов составляет 4.0 и 5.6 % и средних — 4.7 и 5.0 %. Доля мелкого и тонкого золота в россыпи по отношению к валовому, гравитационно извлекаемому, по данным разведки и эксплуатации, равна в среднем 11.5 %, изменяясь от 8–11 % в богатых песках до 31–36 % в бедных (рис. 4). Абсолютное среднее содержание золота мельче 0.25 мм в продуктивном пласте чаще остается на низком уровне — ниже 0.1 г/м³. Содержание золота во фракции <0,1 мм (илистом сливе шлиховых проб) составляет первые мг/т, не превышая 0.1–0.3 г/т (табл. 2). С учетом незначительного содержания илистой фракции (порядка 5 %), концентрация такого золота в эфелях не превышает 10–30 мг/м³.

Таблица 2. Результаты пробирного (г/т) и спектрохимического (10⁻⁷ %) опробования эфельных отвалов россыпи р. Бол. Тайлы

Номер пробы	Фракция, мм			
	–0.1		0.5–3.0	
	г/т	10 ⁻⁷ %	г/т	10 ⁻⁷ %
401	0.3	1.6	—	1.6
402	0.1	—	—	—
403	—	—	—	1.5
404	—	2.4	—	4.4; 5
405	Сл.	3.6	—	3.0
406	—	1.9; 2.6	0.1	—
407	0.2	2.7	—	4.5
408	0.1	2.2	0.1	—
409	Сл.	2.2	—	1.9

Примечание. Пробирные анализы выполнены в химической лаборатории Комсомольского рудника, спектрохимические — в Аналитическом центре ОИГМ СО РАН (г. Новосибирск), аналитик В.Г. Цимбалист. Прочерк — не обнаружено.

2. Долинная россыпь р. Мал. Крохалева и ее левого притока ключа Симоновский расположена на северо-западном фланге Егорьевского золотороссыпного района в правобережье р. Ик (см. рис. 3). Продуктивный пласт россыпи, строение и состав которой охарактеризованы ранее [Подлипский и др., 2007], представлен гравийно-галечными отложениями с глинистым заполнителем с примесью щебня и мелких и средних валунов

Таблица 3. Гранулометрический состав (%) самородного золота из россыпи: I — ключа Симоновский (0.8 км от устья), II — р. Мал. Крохалевка (в приустьевой ее части)

№ (навеска, г)	Класс крупности, мм							
	>7	7—5	5—3	3—2	2—1	1—0.5	0.5—0.25	<0.25
I (4265.8)	$\frac{2-6.2}{4.2}$	$\frac{1.7-2.6}{2.2}$	$\frac{1.9-7.7}{5.0}$	$\frac{6.5-11.2}{9.0}$	$\frac{49-53.4}{49.4}$	$\frac{13.8-15.1}{14.5}$	$\frac{9.6-17.9}{13.5}$	$\frac{1.7-2.8}{2.2}$
II (237)	0	1.3	2.2	4.5	25.3	18.9	41.5	6.3

Примечание. Над чертой — пределы колебания, под чертой — среднее по трем анализам.

(рис. 5). Самородное золото россыпи относительно крупное (табл. 3). Доля мелкого и тонкого (<0.25 мм) золота составляет 1.7—6.0 %. Основная его часть относится к мелкому, шириной 0.1—0.25 мм, и меньшая — к тонкому, шириной менее 0.1 мм (рис. 6). С целью определения возможных потерь мелкого и тонкого золота в процессе промывки песков на шлюзах глубокого наполнения было проведено контрольное опробование эфельных отвалов, а также илистых сливов промприборов. Основные результаты таковы.

Максимальные потери в эфелях, по данным шлихового „многостадийного“ опробования, составляют примерно 20 % от исходного количества. При этом большая часть „ушедшего“ в эфели металла представлена золотом размером 0.25—2.0 мм. Содержание золота мельче 0.25 мм в „богатой“ (170 мг/м³) пробе из эфелей — 30 мг/м³. Последнее значение и соответственно 3.5 % от исходного количества мы принимаем за верхний предел потерь такого золота. Таким образом, можно заключить, что доля мелкого и тонкого

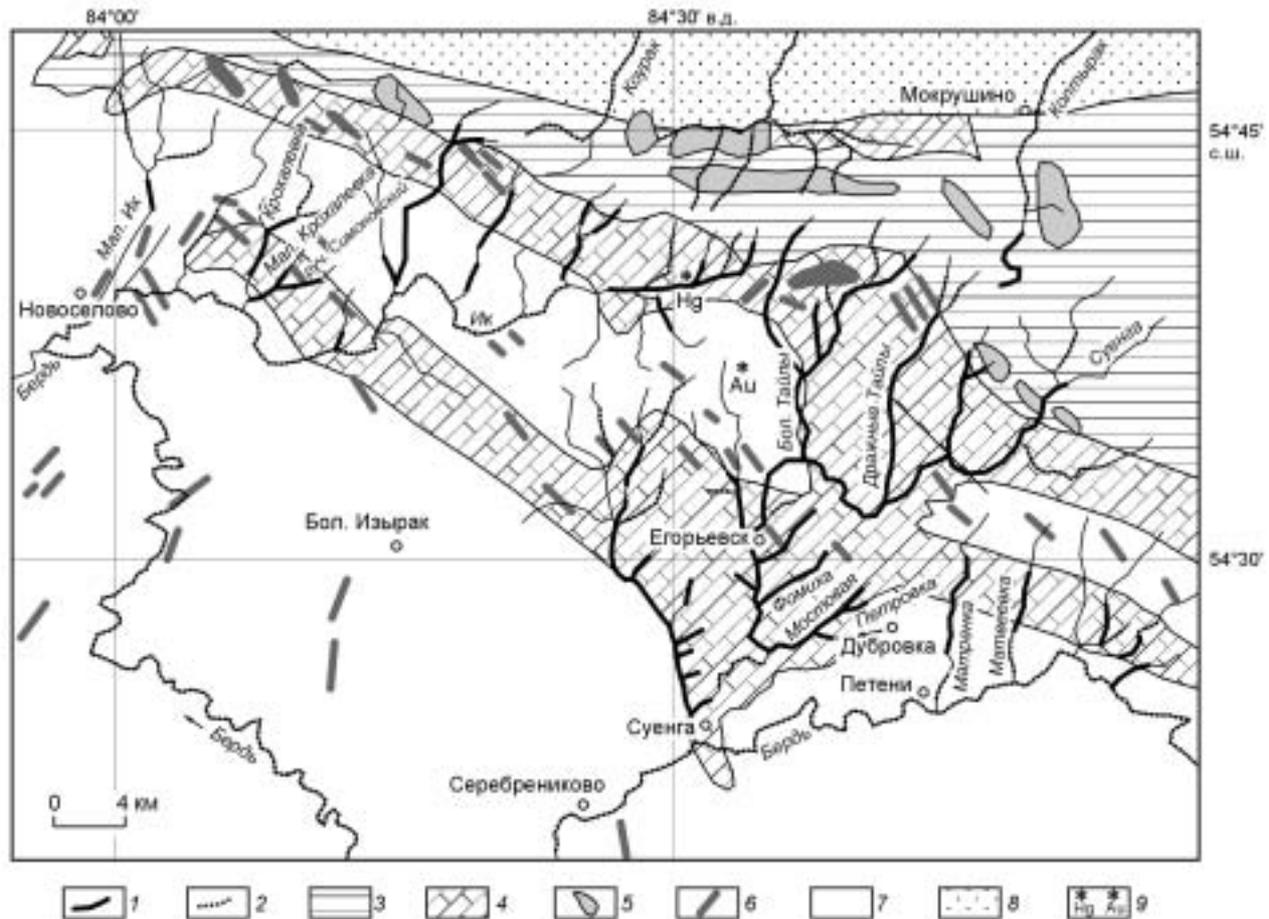


Рис. 3. Схема расположения золотоносных россыпей Егорьевского района.

1, 2 — речные долины, содержащие промышленные, в основном отработанные, россыпи (1) и слабозолотоносный аллювий (2); 3—7 — элементы геологического строения: 3 — нижнекембрийские существенно вулканогенные метаморфизованные образования печеркинской свиты, 4 — существенно карбонатные толщи нижнего кембрия, 5 — интрузивные тела преимущественно кислого состава, 6 — габбро-диорит-диабазовый дайковый комплекс, 7 — ниже-, среднепалеозойские толщи терригенных и терригенно-вулканогенных пород; 8 — мезозойско-кайнозойские терригенные толщи; 9 — рудопроявления: Новолушиковское Au, Мавринское Hg.

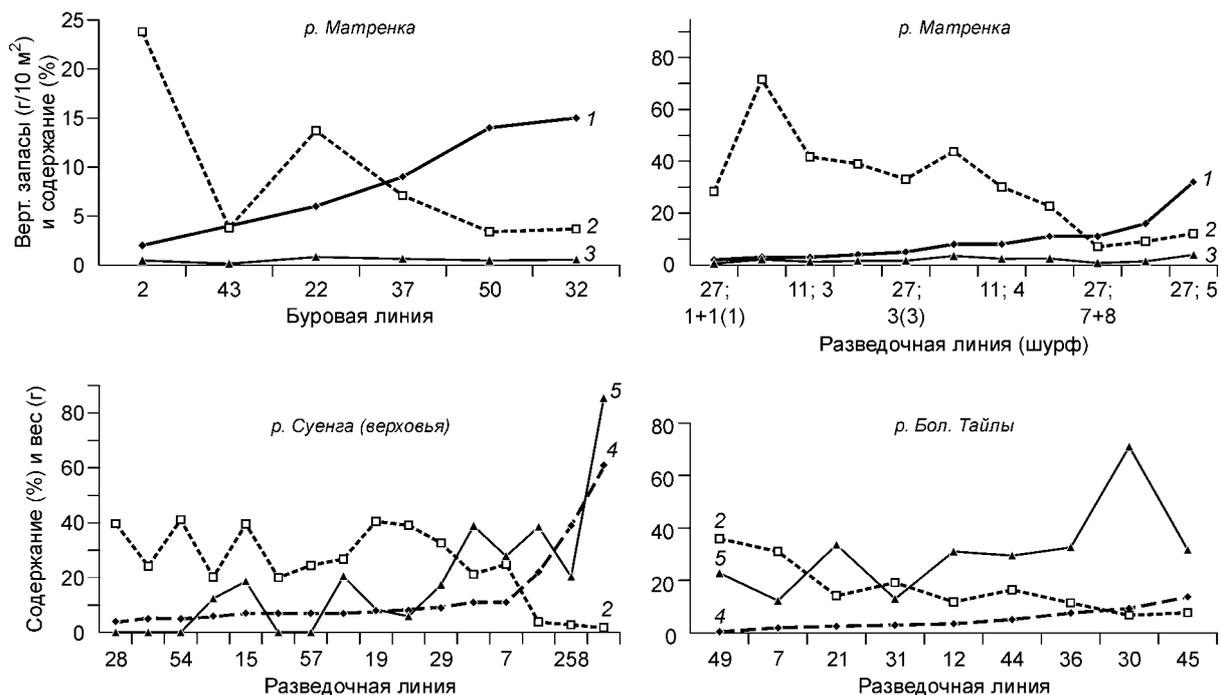


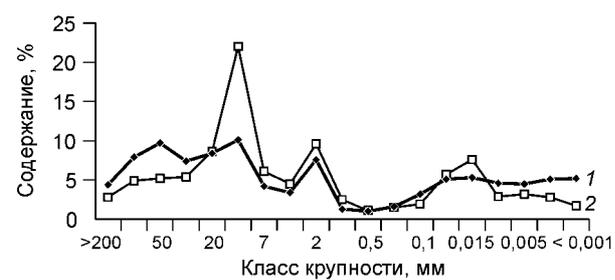
Рис. 4. Зависимость содержания мелкого (<0.25 мм) золота от богатства россыпей, выраженного через вес (г) намытого самородного золота (реки Суенга и Бол. Тайлы) и приведенные (г/10 м²) вертикальные запасы (р. Матренка).

1, 3 — ранжированные кривые приведенных запасов самородного золота: 1 — всего, 3 — мелкого (–0.25 мм); 2, 5 — относительное содержание (%) самородного золота разных классов: –0.25 мм (2) и +1.0 мм (5); 4 — ранжированные кривые намытого золота.

золота в песках Симоновской россыпи не превышает 10 %, а уровень его концентрации в россыпи колеблется в пределах десятков (до 50) мг/м³.

Результаты опробования сливов отражены в табл. 4. Из приведенных в ней данных следует, что полученные значения содержаний золота в гранулометрических фракциях сливов, включая фракции –0.1 и –0.001 мм, колеблются в основном в пределах 4–25 мг/т и в среднем равны 16.5 мг/т или, грубо, 33 мг/м³. Исходя из того, что опробованные фракции сливов — <1 мм (см. табл. 4) составляют примерно 1/3 часть исходных продуктивных отложений (см. рис. 5), содержание в последних тонкого, субмикроскопического и „невидимого“ металла, не извлекаемого гравитационными методами, находится на уровне, близком к 10 мг/м³.

3. Долинные четвертичные россыпи р. Кельбес и ее правого притока р. Селла располагаются на северо-северо-западной оконечности Кузнецкого Алатау (см. рис. 1) в пределах Кельбес-Золотокитатской металлогенической зоны, занимающей осевую часть одноименного рудно-россыпного района и достаточно детально охарактеризованной А.Н. Платоновым с соавторами [1998]. Рельеф района выположенный „законсервированный“. Абсолютные отметки его в основном лежат в интервале 200–300 м. Породы домезозойского фундамента, содержащие проявления золотого оруденения, в верхних частях преобразованы в кору химического выветривания раннемелового возраста, „инситу“ и переотложенную (кийская свита) и перекрыты рыхлыми образованиями мезозоя и кайнозоя мощностью до 80 м и более. Среди последних особый интерес представляют золотоносные позднемеловые песчано-гравийно-галечные аллювиальные отложения симоновской свиты.

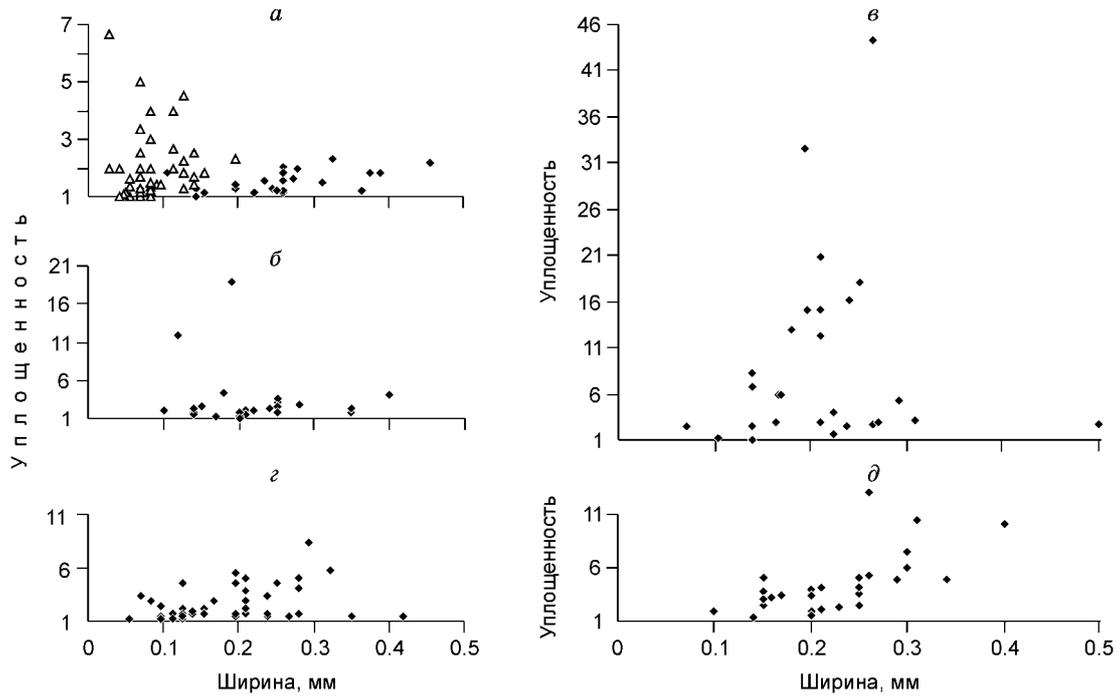


Продуктивный пласт в россыпях рек Кельбес и Селла сложен гравийно-песчано-галечными отложениями с существенной (30.2–33.7 %) примесью алевроглинистого материала и менее сущест-

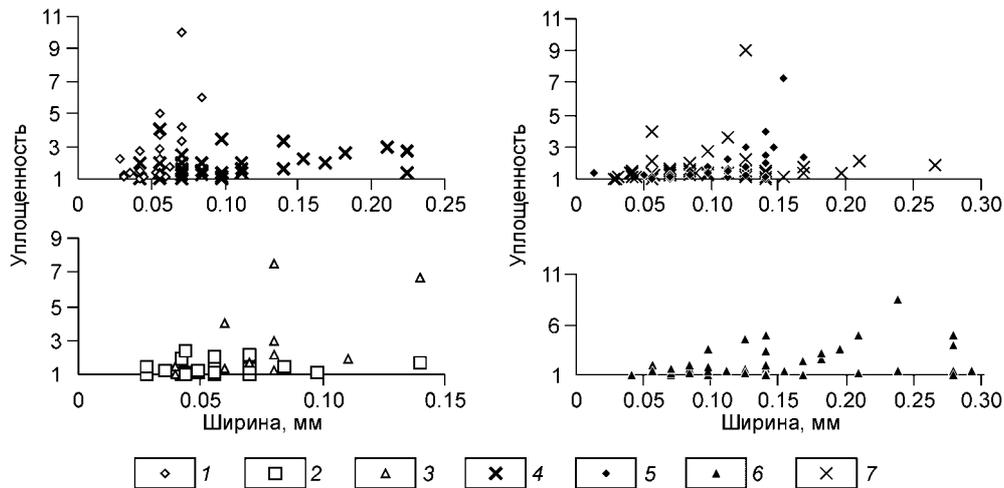
Рис. 5. Кривые гранулометрического состава золотоносного аллювия:

1 — ключа Симоновский, 2 — р. Мал. Крохалевка.

ИЗ РОССЫПЕЙ



ИЗ РУДНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ



◇ 1
 □ 2
 △ 3
 × 4
 • 5
 ▲ 6
 × 7

Рис. 6. Диаграммы зависимости уплотненности (*b/c*) от ширины (*b*) мелкого и тонкого самородного золота южного обрамления Западно-Сибирской равнины.

Привязка россыпных выборок: *a* — ключ Симоновский (залитые знаки — металл из продуктивного пласта, чистые — из „торфов“–речников), *б* — руч. Кундустуйол, *в* — руч. Кельбес, *г* — р. Суенга (низовья), *д* — р. Ур. Привязка рудных выборок: 1 — Егорьевское проявление (С-3 Салаир), метасоматиты; 2, 3 — Салаирский рудник, золото-кварцевый штокверк (2) и золотосодержащая полиметаллическая руда (3), 4 — Казский магнетитовый рудник (Горная Шория), золотосодержащая сульфидная минерализация, 5 — Салаирское рудное поле, Осиповская золото-кварцевая жила, 6 — Новолушиновское рудопроявление (С-3 Салаир), золото-кварцевая малосульфидная жила, 7 — Беркульское месторождение (Кузнецкий Алатау), золото-кварцевая жила 49а, горизонт 570 м.

венной (5.8—22.4 %) валунов. Средние „блоковые“ содержания золота в них чаще близки к 0.5—0.6 г/м³. Характерной особенностью, отличающей их от большинства россыпей других золотороссыпных районов юга Западной Сибири, служит относительно низкая крупность самородного золота (табл. 5). В них доминирует металл мельче 0.5 мм (71.5—93.95 %), а относительное содержание металла –0.25 мм варьирует в пределах 21.5—46.3 %. Абсолютное содержание последнего ориентировочно оценивается на уровне 100 — 250 мг/м³. Содержание золота мельче 0.25 мм в эфельных отвалах характеризуемых

Таблица 4. Гранулометрический состав илистых сливов шлюзов глубокого наполнения (%) и содержание золота в гранулометрических фракциях сливов (мг/т) по данным атомно-абсорбционного анализа

Класс крупности, мм	ключ Симоновский (пр. 1)		р. Мал. Крохалева (пр. 2)		ключ Симоновский (пр. 3)	
	%	мг/т	%	мг/т	%	мг/т
+1.1	4.7	—	—	—	—	—
–1.1+0.1	24.3	7.6; 12	7.7	62; 9	5.4	—
–0.1+0.01	75.5	5; 24; 39	74.7	9; 16; 11; 13	91.4	4; 5
–0.01+0.001	14.4	12; 12	19.4	10; 4	3.2	17; 17
–0.001	1.1	20	2.2	16	—	—
Сумма (среднее)	100	(16.5)	100	(16.7)	100	(10.8)
Вес пробы, г	942.9	—	1160	—	221.7	—

Примечание. Анализы выполнены в Аналитическом центре ОИГТМ СО РАН (г. Новосибирск), аналитик В.Г. Цимбалист.

Таблица 5. Результаты (мас.%) ситового анализа шлихового золота россыпей

Россыпь	Развед. линия	Навеска, мг	Класс крупности, мм				
			3—2	2—1	1—0.5	0.5—0.25	–0.25
р. Кельбес	278	40.21	—	10.1	18.4	40.4	31.1
	416	571.15	—	8.7	17.2	52.6	21.5
	336	615.62	—	3.4	7.1	45.6	43.9
р. Селла	524	47.56	—	—	6.1	47.6	46.3
	556	74.10	20.7	2.2	5.4	45.3	26.4

россыпей колеблется, по нашим данным, в пределах 10—40 мг/м³. Доля тонкого (–0.1 мм) металла весьма незначительна и составляет (по количеству частиц) около 10 % (см. рис. 6, в), а по весу — от долей (см. табл. 1) до первых процентов.

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МТЗ — МОРФОЛОГИЯ И РАЗМЕР

Морфология мелкого золота автохтонных россыпей рассматриваемого региона, так же как и более крупного, достаточно разнообразна (рис. 7), что в первую очередь отвечает многообразию подобных выделений самородного золота в рудных источниках (рис. 8, 9). Здесь отмечаются интерстиционные (трещинные и ксеноморфные) формы и формы свободного и метасоматического роста. Минералогические особенности развитого в эндогенных рудах самородного золота достаточно подробно освещены в литературе [Петровская, 1973; Савва, Прейс, 1990; Нестеренко, 1991; Николаева, 1997; и др.]. Не останавливаясь на их характеристике, отметим лишь, что густота окраски и цветовые оттенки „желтого“ металла из свежих руд не остаются постоянными, что связано с его составом, а поверхность интерстиционных выделений нередко гладкая „зеркальная“, со слепковыми отпечатками вмещающих минералов и стенок трещин.

Краткие замечания по некоторым морфологическим особенностям выделений мельче 0.25 мм из рудной минерализации сводятся к следующим. Важной особенностью такого золота является существенное „представительство“ в нем частиц мельче 0.1 мм (см. рис. 6). Минимальная их ширина в промытых нами протоочных пробах приближается к 0.02—0.03 мм и, по всей вероятности, определяется не отсутствием более мелких частиц в исходных золотосодержащих породах, а возможностями шлихового (даже многостадийного) метода. По количеству золотины класса –0.1 мм во многих выборках не уступают более крупным (0.1—0.25 мм), а в некоторых существенно преобладают (см. рис. 6, табл. 6). Среди мелких и „тонких“ частиц рудной минерализации преобладают слабоуплощенные разновидности, в которых коэффициент уплощенности ($K_y = b/c$) составляет 1—2 и 1—3 единицы, реже встречаются более уплощенные частицы, значение K_y которых не превышает 10 (см. рис. 6, табл. 7). Зависимость между K_y и размерами проявлена слабо. Возрастает, по сравнению с более крупными, доля монокристаллов, а также выделений относительно простых форм. Некоторые выделения имеют сглаженные очертания (см. рис. 8 и 9), т. е. подобны по форме окатанным частицам. Последнее обстоятельство побуждает нас более внимательно отнестись к установлению и использованию в качестве типоморфных таких „морфологических“ признаков мелкого и тонкого золота, как гидравлическая крупность и уплощенность частиц, а также характер зависимости названных признаков от размеров.

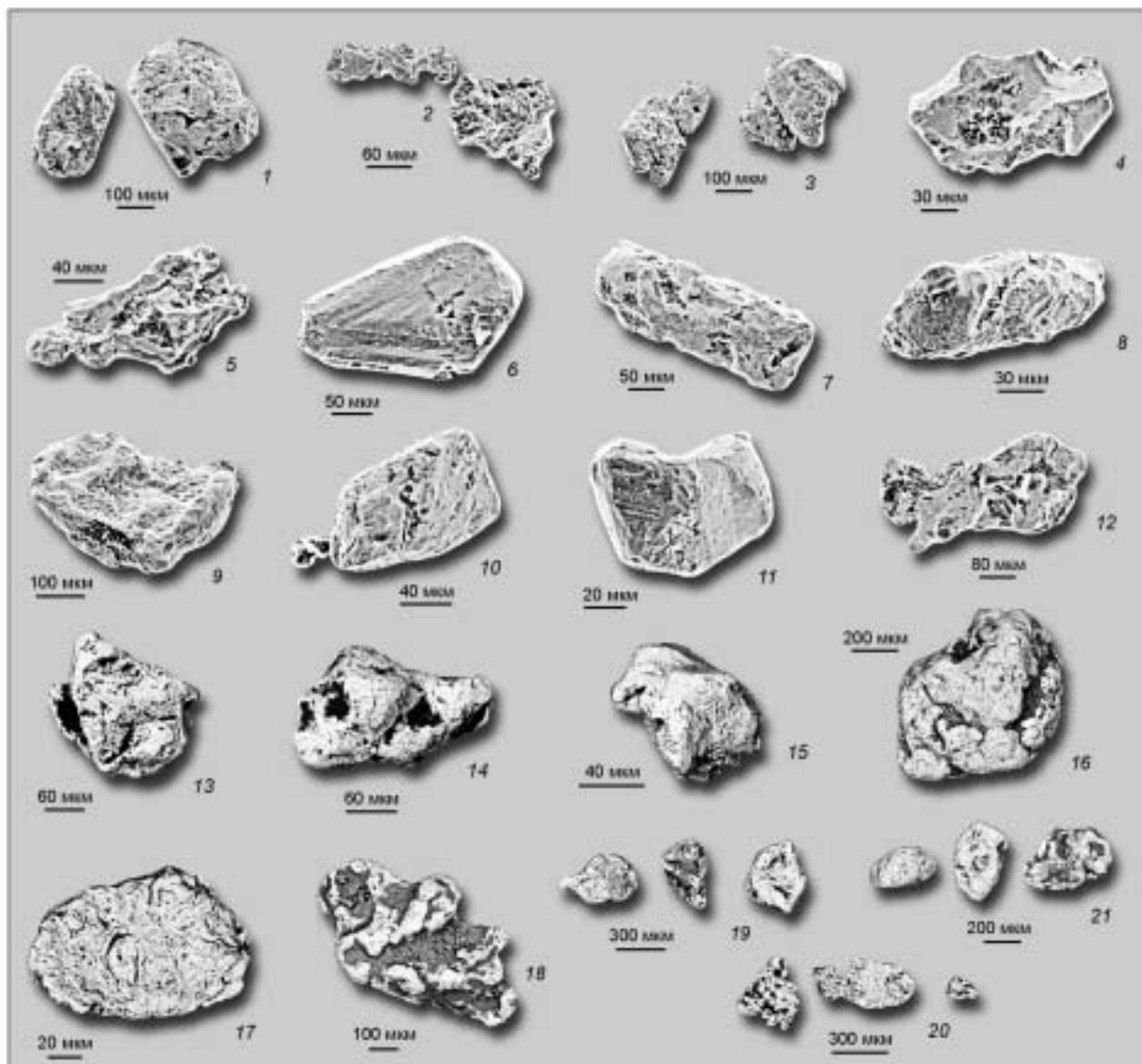


Рис. 7. Мелкое и тонкое золото автохтонных россыпей.

Электронно-микроскопические снимки. Привязка снимков: 1–3 — р. Бурлевка (Кузнецкий Алатау); 4–21 — Салаирский край; 4–12 — р. Бол. Тайлы; 13–21 — ключ Симоновский.

В гипергенной зоне самородное золото рудной минерализации несколько преобразуется вследствие развития высокопробных кайм: цвет его, как правило, ярко- и густо-желтый, иногда с красноватым оттенком (за счет тонких пленок гидратов Fe); поверхность — шагреневая и мелкозернистая. Доля мелких и тонких частиц высокая (см. табл. 6) — это следствие как высвобождения их из сульфидов, так и гипергенного новообразования [Амосов и др., 1988; Нестеренко, 1991]. Последние часто имеют формы свободного роста — монокристаллов, сростков кристаллов, веточкообразные, дендритовидные, а также губчатые, петельчатые и трещинные [Нестеренко, 1991; Щербов и др., 2005]. Землистыми агрегатами очень мелких, субмикроскопических частиц представлено горчичное золото (см. рис. 9, 18) — продукт гипергенного преобразования теллуридов золота.

Заметной особенностью МТЗ из продуктивных пластов, охваченных нашими исследованиями автохтонных россыпей, является очень слабое развитие золота мельче 0.1 мм и отсутствие — мельче 0.07–0.05 мм, а также в целом несколько большая уплощенность золотин (см. рис. 6). Значение K_y большей их части лежит в интервале 1.1–3.0 единиц для частиц мельче 0.1 мм и в интервале 1.1–6.0 единиц и выше для золотин класса 0.1–0.25 мм. Сказанное не касается „легкомигрирующего“ металла

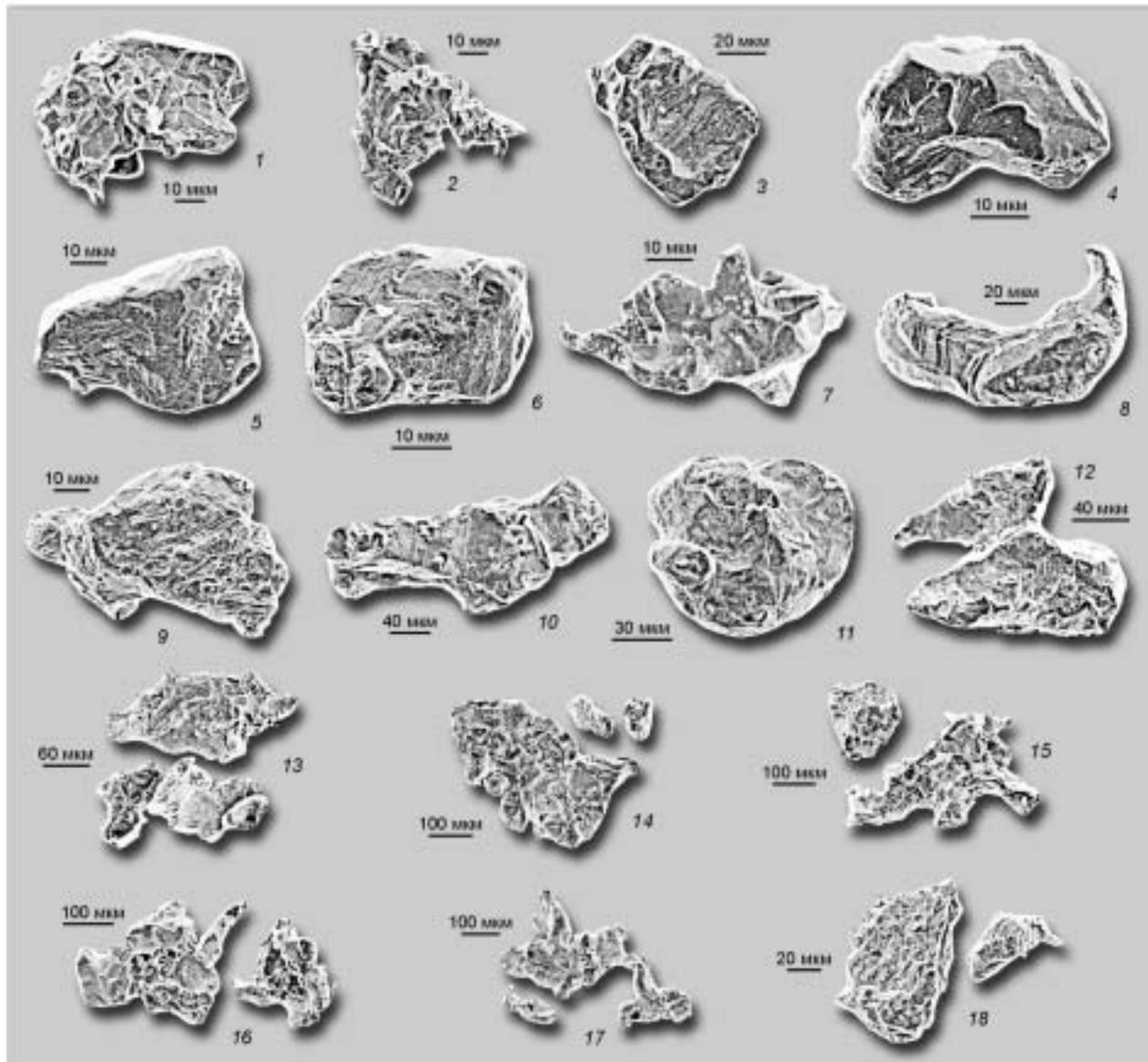


Рис. 8. Мелкое и тонкое золото золоторудной минерализации.

Электронно-микроскопические снимки. Привязка снимков (месторождения, проявления): 1, 2 — Синохинское (Горный Алтай); 3—7 — Комсомольское (Кузнецкий Алатау); 8—12 — Беркульское (Кузнецкий Алатау); 13—18 — Новолушниковское (Салаирский край).

из верхов аллювиального разреза — торфов (см. рис. 6, *a*). Из приведенных на рис. 6 диаграмм видим: в одних случаях наблюдается прямая зависимость между K_p и размерами золотин, в других — не устанавливается. Это связано в значительной мере с механизмом формирования конкретных концентраций. Снесенный и отсортированный по гидравлической крупности металл характеризуется большей уплотненностью и четкой прямой зависимостью между крупностью и степенью уплотненности частиц, что отличает его от металла остаточного типа концентраций. В вышеупомянутой россыпи р. Кельбес присутствует мелкий металл обоих типов (см. рис. 6, *b*).

Несколько упрощая проблему, можно сказать, что указанные два типа концентрации золота, так же как и степень его концентрации, отраженные в характере зависимости гидрокрупности, уплотненности и размера частиц, нередко проявляются в пределах одной россыпи. Проиллюстрируем данное положение на примере долинной россыпи р. Матренка — правого притока р. Бердь (см. рис. 3). Среднее содержание золота на горную массу по россыпи составило 168 мг/м^3 , а на продуктивный пласт по отдельным выработкам оно достигает 1.6 г/м^3 . Россыпь характеризуется крайне неравномерным распределением металла и большой изменчивостью его гранулометрии при заметном преобладании „некрупных“ (мельче

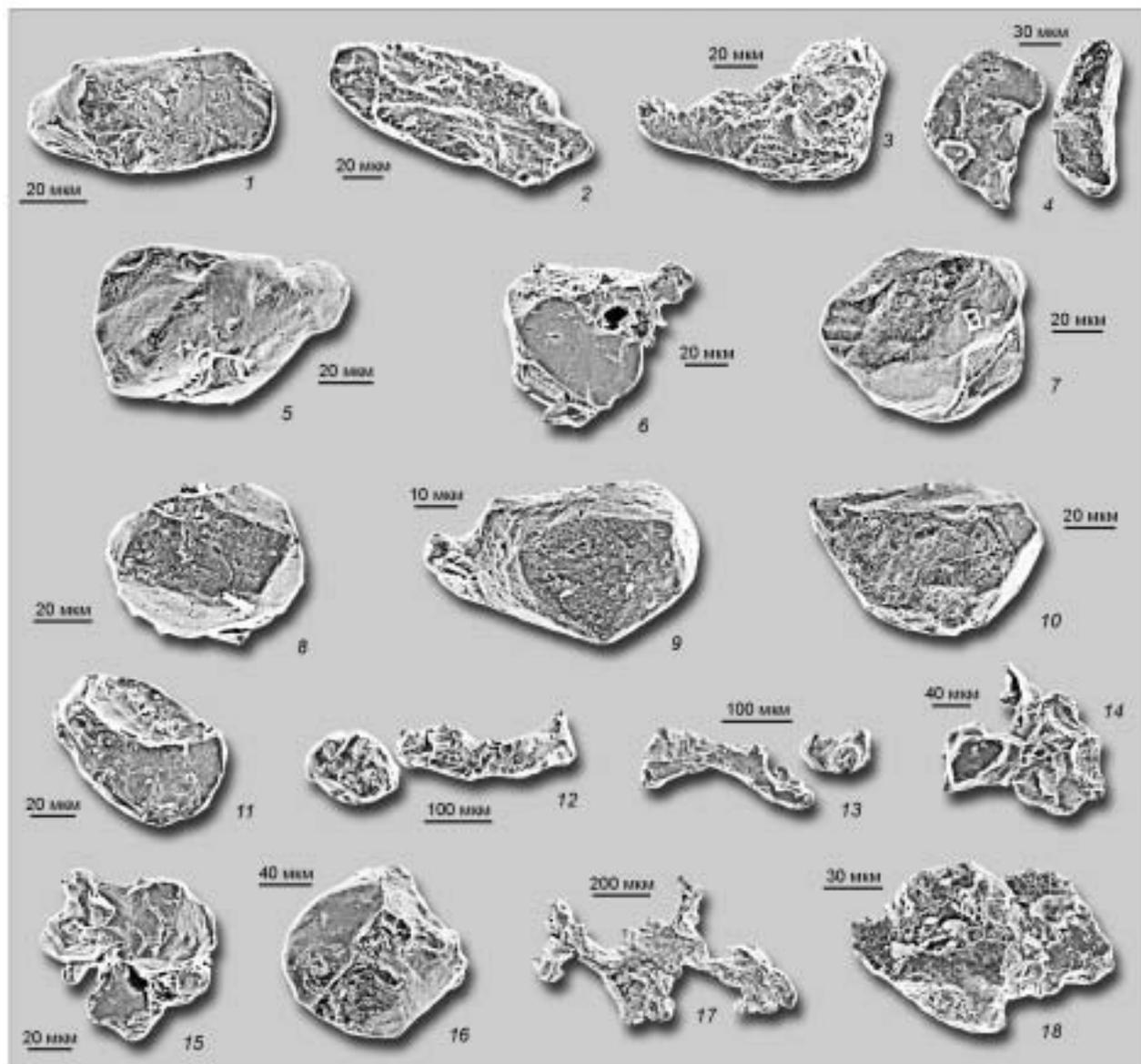


Рис. 9. Мелкое и тонкое золото золоторудной минерализации Салаирского кряжа.

Электронно-микроскопические снимки. Привязка снимков (месторождения, проявления): 1–5 — Егорьевское, метасоматиты; 6–13 — Салаирское: 6–10 — руда полиметаллическая, золотосодержащая, 11–13 — золото-кварцевый штокверк; 14, 15 — Осиповская жила (золото-кварцевая), Салаирское рудное поле; 16, 17 — кора выветривания, Егорьевское рудное поле, неоднородная по серебру „ртутистая“ золотина; видны (на 17) обедненные Ag фазы и кайма; 18 — зона гипергенеза месторождения Копна, Урское рудное поле, текстура „горчичного“ золота. 16–18 — аншлифы.

1.0 мм) фракций (табл. 8). Доля класса мельче 0.5 мм меняется по отдельным выработкам от 36.7 до 94.1 %, а класса мельче 0.25 мм — от 3.1 до 43.8 %. Абсолютное содержание мелкого (–0.25 мм) золота в среднем по россыпи составляет примерно 25 мг/м³, а максимальное значение вертикальных запасов такого металла не превышает 0.39 г/м². Основными гидравлическими фракциями проанализированного мелкого (–0.25 мм) золота россыпи являются фракции 10–20 и 20–30 см/с, суммарное содержание которых составляет 85–100 % (см. рис. 2). Интерпретируя гистограммы распределения гидравлических фракций золота россыпи р. Матренка по классам крупности (рис. 10), можно сделать следующие „генетические“ предположения: 1 — относительно бедные концентрации (см. рис. 10, б, в) характеризуются преимущественно мелким золотом близкой и невысокой (20–30 см/с) гидрокрупности разных гранулометрических классов; это позволяет считать, что сформированы они отсортированным по гидравлической крупности „снесенным“ металлом; 2 — золото умеренно богатой концентрации из головной части россыпи (см. рис. 10, г) отличается параллельным возрастанием гидравлической и гранулометрической крупности и при-

Таблица 6. Гранулометрический состав (мас.%) самородного золота Егорьевского рудного поля

Тип пород	n	Содержание Au, г/т	Класс крупности, мм				
			<0.1	0.1—0.25	0.25—0.5	0.5—1.0	1.0—2.0
Метасоматиты	13	0.1 – 0.75	(20.0)	(27.0)	(26.0)	(27.0)	—
		0.3	(76.8)*	(21.2)*	(1.7)*	(0.3)*	—
Коры выветривания	4	0.45 – 2.62	14.1 – 17.3	7.3 – 24.7	7.6 – 23.8	6.6 – 16.9	27.8 – 62.0
		0.96	16.1	16.1	17.0	11.0	39.8
	2	0.02 – 0.16	22.8 – 71.8	11.2 – 18.8	17.0 – 22.3	0.0 – 36.1	—
		0.09	47.2	15.0	19.8	18.0	

Примечание. n — количество проб. Над чертой — от—до, под чертой и в скобках — среднее.
*% по количеству золотин.

Таблица 7. Значение коэффициента уплотненности ($K_y = b/c$) мелких и тонких выделений самородного золота по выборкам из рудной минерализации

K_y	Рудная выборка						
	1	2	3	4	5	6	7
Максимальное	10.0	2.4	7.5	4.0	7.3	8.5	9.0
Среднее	2.5	1.9	2.8	1.8	1.7	2.1	1.7

Примечание. Минимальное значение коэффициента уплотненности по ширине (ширина, деленная на толщину) для всех выборок равно единице. Привязка выборок — см. подпись к рис. 6.

существом в классе 0.5—1.0 мм гидравлически максимально тяжелого металла (50—60 см/с), т. е. признаков, указывающих на остаточный тип концентрации и близость питающего рудного источника; 3 — в богатой выборке (см. рис. 10, а) из центральной части россыпи просматриваются оба типа характеризуемой зависимости и соответственно оба типа его концентрации.

На рис. 11 представлены две диаграммы зависимости $K_y (b/c)$ от ширины золотин гранулометрического класса <0.25 мм различных гидравлических фракций. Выборка рис. 11, а отобрана из богатой концентрации, рис. 11, б — из бедной. Из анализа диаграмм можно видеть, что в каждой гидрофракции

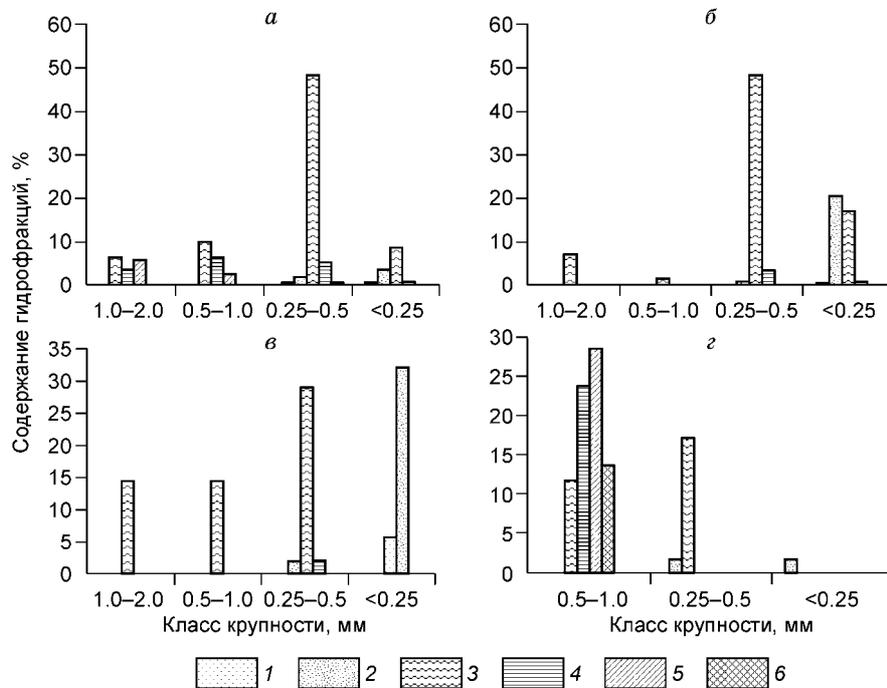


Рис. 10. Распределение гидрофракций золота россыпи р. Матренка по классам крупности.

Привязка выборок золота и вертикальные запасы ($г/м^2$): а — разведочная линия (р.л.) 27, шурф 5 (3.2); б — р.л. 11, шурф 2 (0.4); в — р.л. 11, шурф 3 (0.3); г — буровая линия 50 (1.4). Гидрофракции (см/с): 1 — до 10, 2 — 10—20, 3 — 20—30, 4 — 30—40, 5 — 40—50, 6 — 50—60.

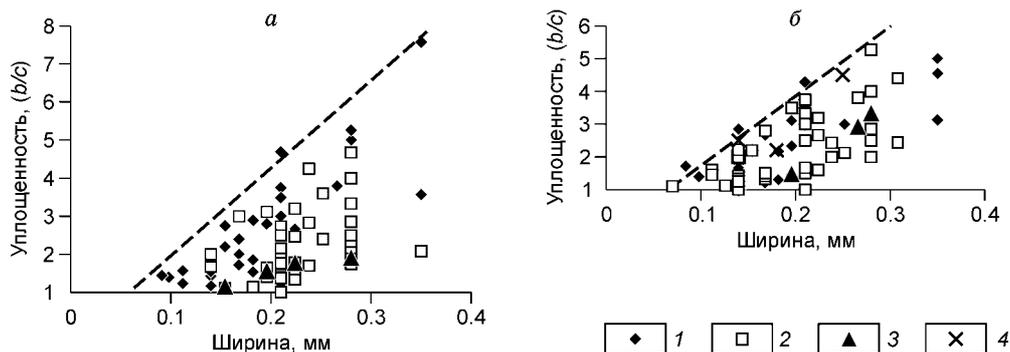


Рис. 11. Зависимость степени уплощенности (по ширине = b/c) мелких золотинок разной гидравлической крупности от их ширины.

Россыпь р. Матренка: *a* — р.л. 27, шурф 5; *b* — р.л. 11, шурф 2. 1—4 — гидравлические фракции (см/с): 1 — 10—20, 2 — 20—30, 3 — 30—40, 4 — до 10.

устанавливается прямая зависимость между степенью уплощенности и шириной частиц (максимальное значение K_y примерно равно 6 и минимальная ширина — 0.05—0.1 мм), что поле размещения частиц ограничивается сверху линией, имеющей следующие примерные соотношения b и b/c (K_y): 0.05 → 1.0; 0.1 → 2.0; 0.15 → 3.3; 0.20 → 4.4; 0.25 → 5.5; 0.30 → 6.8; 0.35 → 7.9, что уплощенные частицы, имеющие большие значения K_y при вышеприведенных значениях x , так же как и изометричные золотинок мельче 0.1—0.05 мм, вынесены за пределы рассматриваемой россыпи в процессе ее формирования. Приведенные результаты, в определенной мере, согласуются с литературными данными [Блинов, 1998; и др.].

Таблица 8. Гранулометрический состав золота средней части (р.л. № 27-24) россыпи р. Матренка

Класс крупности (мм)	5—3	3—2	2—1	1—0.5	0.5—0.25	—0.25
Выход классов (мас.%)	7.7	3.8	11.3	16.4	46.6	14.2

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МТЗ — МАКРОСОСТАВ

Высокое типоморфное значение макросостава самородного россыпеобразующего золота обусловлено, в значительной мере, возможностью получать (на основе рентгеноспектрального микроанализа) количественные значения его, причем в представительных выборках [Нестеренко и др., 1990]. При этом важен наряду со средними показателями характер изменчивости признака в выборках разного уровня [Нестеренко и др., 1982; Савва, Прейс, 1990; Николаева, 1997]. Основными макропримесями самородного золота рассматриваемого региона являются Ag, реже Hg и еще реже Cu [Петровская, 1973; Нестеренко, 1991; Самусиков, 2003]. Именно уровень содержания в золоте этих элементов, а в подавляющем большинстве первого из них, определяют пробу металла — главнейшую характеристику его макросостава.

По пробности — средним значениям пробы, величине и характеру разброса значений самородное золото рудных объектов рассматриваемой части АССО весьма разнообразно (рис. 12 и 13). Высокопробное и весьма высокопробное золото развито в малосульфидных кварцевых жилах и жильных зонах, относящихся к высокотемпературным образованиям средних и выше средних глубин, в скарновых месторождениях медно-золотого профиля и в некоторых метасоматитах. Такое высокопробное золото, в одних случаях, составляет одну из нескольких разновидностей, в других — слагает весь металл. Последние случаи более характерны для золото-кварцевого жильного оруденения, в котором разброс значений пробности преобладающей части металла не превышает 50 ‰ (см.рис. 12, объект 7 и рис. 13, объекты 5—13, 15—17). Более низкопробными и более разнопробными разностями представлено золото умеренно-сульфидного и умеренно-глубинного оруденения Мариинской тайги (см. рис. 12, 1—3, 5, 7 и 13, 1—4), жил северной части Центрального месторождения (см. рис. 12, 6 и рис. 13, 5—7) и ряда других подобного типа проявлений Кузнецкого Алатау. Средняя проба по жилам и группам жил колеблется от 700 до 800 ‰, а разброс значений по отдельным выборкам — в пределах 200—300 единиц. Подобное невысоко- и разнопробное золото развито, наряду с высокопробным, и в скарнах (см. рис. 12, 8, 10—14). В магнетитовых скарнах Казского месторождения в Горной Шории отмечается [Санин и др., 2000] еще более низкопробный металл порядка 330 ‰. Общей типоморфной особенностью состава золота отмеченных плутоногенных гидротермальных месторождений региона можно считать незначительный в целом разброс зна-

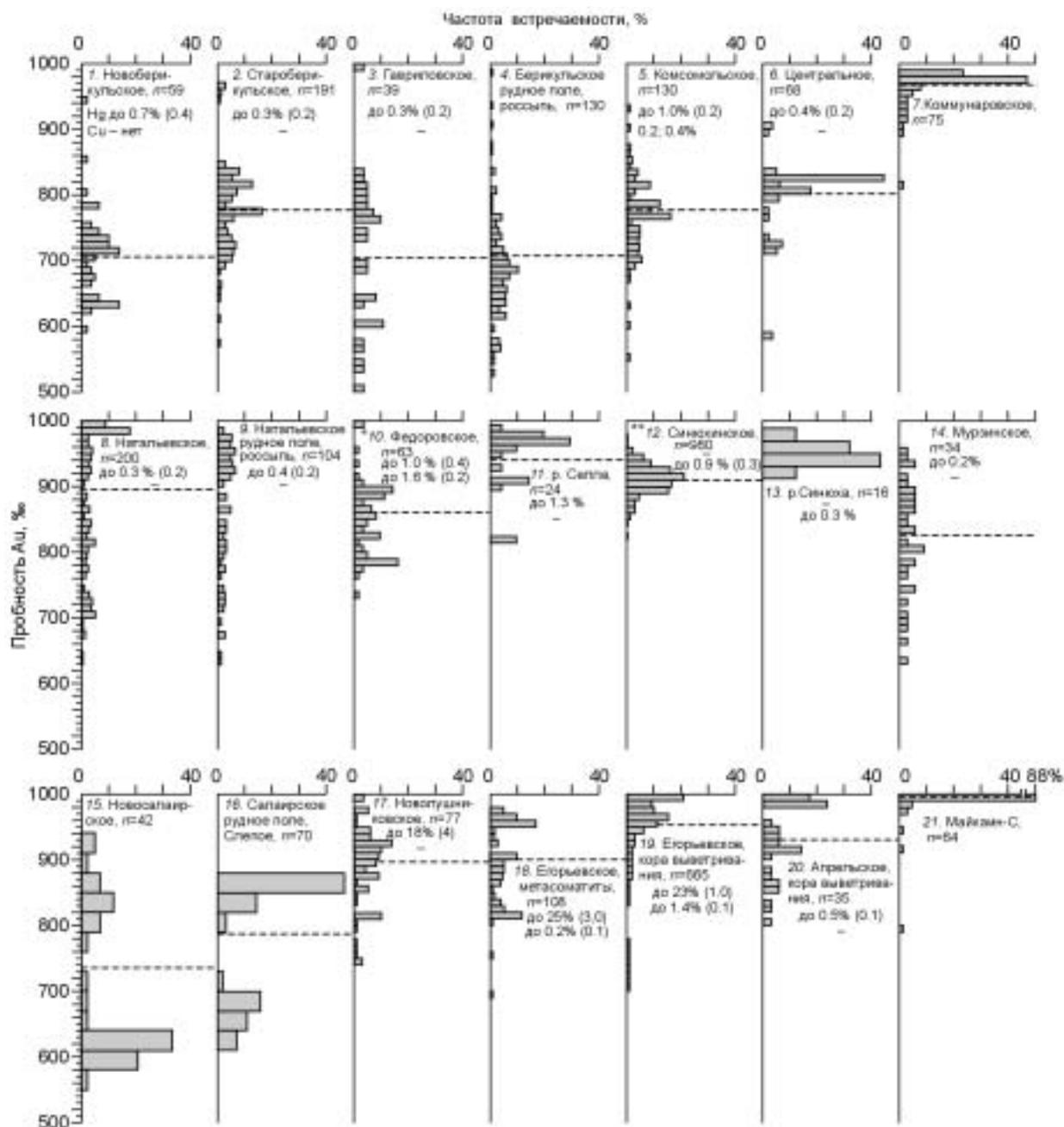


Рис. 12. Гистограммы пробности самородного золота из разнотипных золотосодержащих месторождений и проявлений юга Западной Сибири.

Привязка объектов: 1—11 — Кузнецкий Алатау, 12—14 — Алтай, 15—20 — Салаирский край, 21 — Казахстан. Типы объектов: 19—21 — элювиальные, 4, 9, 11, 13 — аллювиальные россыпи, остальные — эндогенные рудные; уточнения приведены в тексте.

* По данным [Нестеренко, 1991] и [Щербаков и др., 2003].

** По данным [Нестеренко, 1991] и [Рослякова, Щербаков, 1999].

чений пробности, не превышающий 100—200, реже 300 %. Второе отличие — гомогенность состава отдельных золотин, естественно относительная, допускающая вариации пробности внутри зерна до 30 % и несколько выше [Рослякова, Щербаков, 1999]. Для сравнения отметим, что подобные параметры для близповерхностных месторождений Бела Гора (Приамурье) и Бадран (Якутия) достигают 500 единиц [Нестеренко, 1991; Анисимова и др., 2006]. Низко- и среднепробными разностями с широким разбросом значений пробности (до 450 %) представлен благородный металл месторождений сульфидных барит-полиметаллических руд Салаирского края (см. рис. 12, 15, 16 и рис. 13, 17), относимых к вулкано-

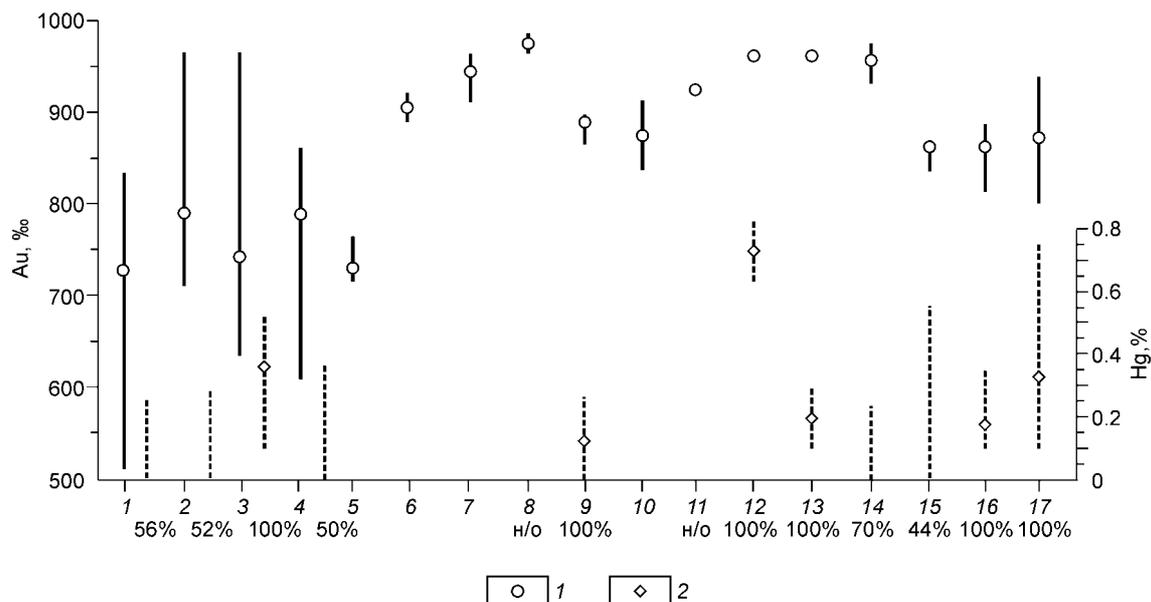


Рис. 13. Разброс и средние значения пробности самородного золота (1) из локальных рудных тел региона и содержание в нем Hg (2) по результатам рентгеноспектрального микроанализа; медь не обнаружена.

Нижняя строка под ось x (номера объектов): % встречаемости Hg, н/о — не определялась, пропуск — не обнаружена. Привязка выборок золота (наименование жилы, месторождение-проявление, рудное поле — р.п.; в скобках — количество замеров); 1–10 — **Кузнецкий Алатау**: 1 — ж. Геологическая, Гавриловское (9); 2 — ж. № 49, Старобериккульское (31); 3 — ж. Новогодняя, Новобериккульское (12); 4 — ж. № 35, Комсомольское (40); 5 — ж. Лермонтовская, Центральное (10); 6 — ж. Бурлевская, Центральное (16); 7 — ж. Оборонная, Центральное (20); 8 — ж. Чечкина (элювий жилы), Кундустульская рудная зона (7); 9, 10 — обломки жильного кварца, Кундустульская рудная зона (23, 27); 11 — **Кольвань-Томская складчатая зона**: 11 — обломок жильного кварца, Томский рудный район (14). 12–17 — **Салаирский кряж**: 12 — обломок жильного кварца, Бобровский лог, Егорьевское р.п. (11); 13 — обломок жильного кварца, Петровский разрез, Егорьевское р.п. (11); 14 — ж. Немецкая, Салаирское р.п. (20); 15 — ж. Осиповская, Салаирское р.п. (18); 16 — кварцевый штокверк, Слепое, Салаирское р.п. (30); 17 — сульфидно-барит-полиметаллическая руда, Александровское, Салаирское р.п. (22).

генному VMS-типу, близкому к куроко [Борисенко и др., 2001]. Примесь Cu микронзондированием установлена в золоте скарновых месторождений в количестве 1.6–2.7 мас.% и в золоте метасоматитов до 0.2 мас.% (см. рис. 12, 18). Прямая корреляционная связь Cu с пробностью и обратная с содержанием Ag, проявленная на характеризуемых объектах и отмечаемая по другим регионам [Мурзин, Малюгин, 1987а; Нестеренко, 1991; Самусиков, 2003], вероятно, может выступать в качестве типоморфного признака эндогенного золота. Повышено внимание в последнее время к примеси Hg в золоте, в том числе в связи с проблемой золото-ртутного оруденения [Борисенко и др., 2001]. Встречаемость ее в рудном золоте, по результатам микронзондирования, существенно выше, чем Cu, хотя содержание чаще не превышает 1 мас.%. В подобном золоте гидротермальных месторождений Мариинской тайги встречаемость Hg составляет 50–100 %, а уровень содержания — <0.5 мас.%; в нем отмечается прямая корреляция Hg с Ag [Нестеренко, 1991]. Более высокие содержания Hg (до 0.75 мас.%) устанавливаются в золоте из колчеданно-полиметаллических месторождений Салаирского кряжа (см. рис. 12, 17 и рис. 13, 15, 16) при 100 % встречаемости и еще более высокие (до 27 %) — из подобных образований Рудного Алтая [Ковалев и др., 2000]. Повышенным содержанием Hg отличается, как было установлено исследованиями Г.В. Нестеренко [Золотоносность..., 1995], золото из жильного кварца, околосильных березитов и метасоматитов Егорьевского рудно-россыпного района Северо-Западного Салаира (см. рис. 12, 18); содержание ее весьма непостоянное и колеблется соответственно в пределах 0.25–18.0; 0.1–23.5 и 0.28–24.6 мас.%. Для Ag подобные пределы составляют: 2.4–33.0; 0.8–12.5 и 0.7–12.0 мас.%. В объеме отдельных золотин эти элементы в одних случаях распределены равномерно, в других — неравномерно. Нередко краевые части золотин более ртутистые. В характеризуемом золоте корреляция между Hg и Ag отсутствует (рис. 14), как не отмечается она в подобном золоте Урала [Мурзин, Малюгин, 1987б]. Природа такого ртутистого золота, относимого к основным компонентам нетрадиционного золото-ртутного типа оруденения [Борисенко и др., 2001], требует специального рассмотрения. Здесь лишь отметим, что пункты его распространения тяготеют к Мавринско-Матвеевской ртутной зоне, на северном продолжении которой расположено Мавринское ртутное месторождение (см. рис. 3). Правомочность распространения вышеприведенной

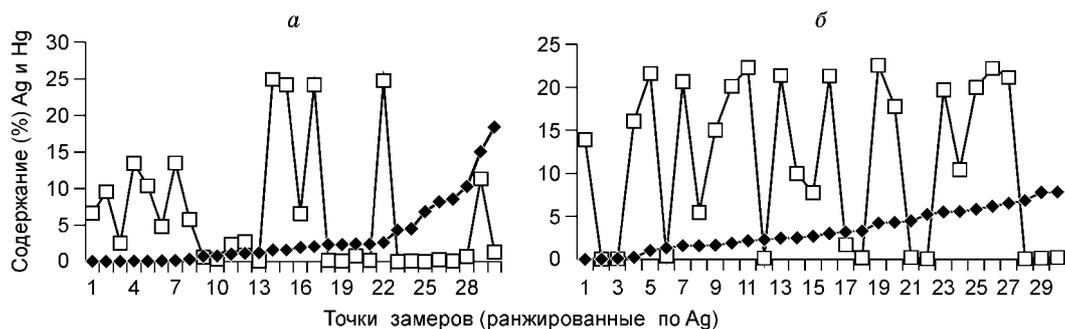


Рис. 14. Соотношение содержания Ag (залитые знаки) и Hg (светлые знаки) в самородном золоте:

а — из метасоматитов Егорьевского рудного поля, *б* — из их структурного элювия.

характеристики состава самородного золота на мелкие и тонкие его классы вытекает из сопоставления данных, отображенных на рис. 15. Они свидетельствуют о том, что проба золота разных классов крупности из одной выборки значимо не различается, как не различается золото разной крупности и по уровню содержания в нем примеси Hg и Cu. Это, естественно, не исключает того, что металл разных генераций и разных типов минерализации, отличающийся по крупности, может различаться и составом.

Наиболее характерной особенностью макросостава большей части новообразованного в гипергенной зоне самородного золота, которое в основном относится к мелким и тонким классам крупности [Нестеренко, 1991; Амосов, Парий, 2000], служит его очень высокая проба (см. рис. 12, 21), достигающая до 990—1000 % [Нестеренко и др., 1983; Mann, 1984; Nesterenko et al., 1993]. Более характерно такое золото для верхних и средних горизонтов зоны гипергенеза существенно сульфидного оруденения, особенно семиаридных областей (и палеообластей). Процесс гипергенного преобразования остаточного эндогенного золота, в результате которого формируются высокопробные каймы и межзерновые прожилки—фазы (см. рис. 9, 16, 17), также связан с выносом из золотин примеси Ag, Cu и Hg [Петровская, 1973]. Новообразованное золото нижних горизонтов зоны гипергенеза, сформированное в условиях восстановительной среды, может содержать повышенные количества Ag и Cu [Нестеренко и др., 1983; Мурзин, Малюгин, 1987а]. В коре выветривания Егорьевского рудного поля (Салаирский кряж) развито золото с высоким (до 24 мас.%) содержанием ртути (см. рис. 14); преимущественное обогащение ртутью краевых частей многих золотин позволяет высказать предположение, что оно может быть связано и с проявлением молодых, вплоть до кайнозойских, процессов природного амальгамирования, реальность чего уже отмечалась в литературе [Попенко, 1982; Мурзин, Малюгин, 1987а]. Возможность проявления подобных процессов подтверждается полученным при проведении поисково-разведочного бурения фактом обнаружения самородной ртути в рыхлых покровных отложениях Салаирского рудного поля (устное сообщение Д.И. Портянникова). С подобными же причинами может быть связан „устойчивый уровень содержания Hg (0.3—0.7 мас.%) ... при 100 % частоте встречаемости...“ в новообразованном (кристалломорфном, по Б.Л. Щербову и др. [2005, с. 186]) золоте Первомайского участка Центрального Казахстана.

Как показано в публикациях многих исследователей, включая авторов представляемой статьи, макросостав золота автохтонных россыпей в целом отражает состав металла из питающих данную россыпь источников (см. рис. 12). При этом состав самородного золота разной крупности чаще тождествен и реже указанное тождество может несколько нарушаться (см. рис. 15). Наиболее очевидными причинами последнего представляются две: 1 — в россыпи может содержаться золото из разных рудных источников, различающихся крупностью и составом благородного металла; 2 — различная дальность сноса от питающих источников относительно крупного пассивного металла и более подвижного в русловом потоке мелкого пластинчатого и тонкого золота.

МТЗ автохтонных аллювиальных россыпей в основном остаточное, эндогенное, в той или иной степени хемогенно преобразованное (облагороженное). Степень его преобразованности падает в направлении от более древних к более молодым и от менее расчлененного к более расчлененному рельефу, что характерно и для более крупного металла рассматриваемого и других регионов [Яблокова, Рыжов, 1972; Нестеренко, 1991, Knight et al., 1999; и др.]. При общем сходстве характера частотных кривых распределения пробности золота из конкретной россыпи и из питающего ее рудного источника нередко устанавливаются и некоторые различия (см. рис. 12, 1—4, 8, 9, 12, 13). Последнее обстоятельство представляется естественным и может объясняться как недостаточно представительным опробованием, так и естественными факторами: вертикальной зональностью рудной минерализации, неравномерностью и изменчивостью распределения золота в ней, эродированностью рудных тел и др. Важной в прогнозно-поисковом отношении причиной может выступать также развитие в пределах питающих россыпей пло-

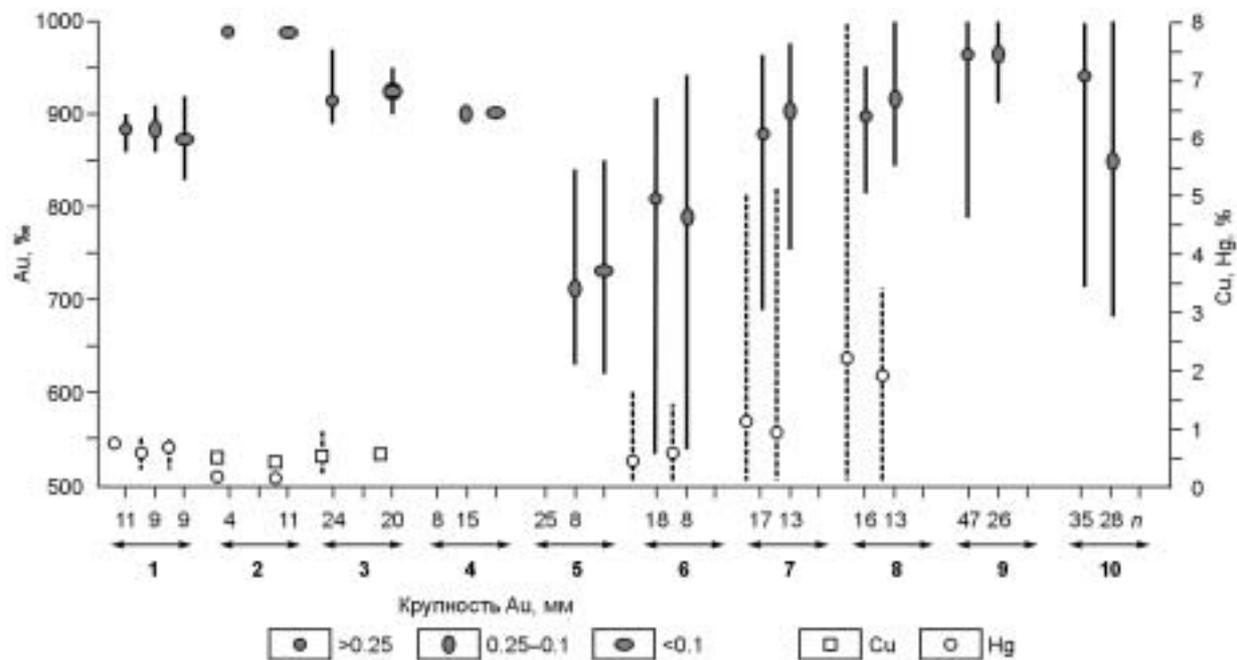


Рис. 15. Разброс и средние значения (Au) выделений самородного золота разной крупности и содержания в них примеси Cu и Hg.

n — количество промеренных частиц; 1—10 — проанализированные выборки и их привязка: 1—3 — золото-скарновая руда Федоровского (1), Натальевского (2) (Кузнецкий Алатау) и Синюхинского (3) (Горный Алтай) месторождений; 4 — жила Ленинградская (золото-кварцевая, малосульфидная) Центрального месторождения (Кузнецкий Алатау); 5 — свинцово-цинковая колчеданная золотосодержащая руда Салаирского месторождения; 6—10 — выборки из россыпей: 6 — Талановая (Кузнецкий Алатау), 7, 8 — реки Баранча, Светлая (Горный Алтай), 9, 10 — реки Кинтереп, Суенга (верховья), Салаир.

щадей еще невыявленного рудного источника (источников). Давно известно, что для многих россыпей, в том числе отработанных, питающие источники так и остались невыявленными. Определенное исключение из вышесказанного представляет МТЗ упомянутых выше россыпей северо-западной оконечности Кузнецкого Алатау. Оно в значительной части представлено здесь высокопробной гипергенной разновидностью (см. рис. 12, 11), подтверждающей участие в питании этих россыпей промежуточного коллектора — золотоносных верхнемеловых аллювиальных отложений симоновской свиты. Таким образом, представляется, что важное поисково-прогнозное значение макросостава мелкого и тонкого золота из автохтонных россыпей определяется в значительной мере относительной устойчивостью этого признака в аллювиальном процессе.

Основное типоморфное значение макросостава МТЗ как индикатора рудной минерализации имеет примесь Ag и меньшее, но в ряде случаев существенное — Cu и Hg. Примесь Cu характерна для золота из минерализации в родингитах [Мурзин, Малюгин, 1987а; и др.], а Hg, как отмечалось, — для золото-ртутного оруденения. Однако в связи с длительной обработкой аллювиальных россыпей с использованием металлической ртути, следует помнить о возможном искусственном заражении ею содержащегося в техногенных россыпях самородного золота [Мурзин, Малюгин, 1987б; Васильев, 1991; Нестеренко, 1991].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В качестве основных положений по характеристике мелкого и тонкого золота в автохтонных аллювиальных россыпях областей денудации предлагаются следующие.

1. В ходе достаточно активной эрозионно-аккумулятивной деятельности речного потока, приводящей к формированию золотоносных продуктивных отложений, характеризующихся грубообломочным (песчано-гравийно-галечным, часто с примесью валунов) составом, осуществляется вынос за пределы областей денудации частиц самородного золота низкой гидравлической крупности (менее 5—10 см/с). В эту группу попадают практически полностью тонкие (мельче 0.1 мм) частицы и частично мелкие, в разной степени уплощенные (см. рис. 11), а также, вероятно, выделения, имеющие неровную (дефектную) поверхность, налеты и включения более легких (чем золото) минералов и пород. Это гидравлически легкое и легкомигрирующее золото, по всей вероятности, переносится во взвешенном состоянии, а также волочением вместе с галечно-песчано-илистым материалом. Оно участвует в формировании литохимиче-

ских потоков, наличие которых является важным индикатором золоторудной минерализации. Эти потоки приурочены к верхним (пустым) частям аллювиального разреза. Задержавшаяся и аккумулирующаяся в россыпи часть мелкого золота частично остается на месте попадания в действие речного потока, частично перерабатывается и перемещается в хвостовые части элементарных россыпей. В последнем случае оно сортируется по гидравлической крупности, что выражается в появлении прямой зависимости между степенью уплощенности и размером (шириной) частиц.

2. Широкое развитие мелкого и тонкого золота в рудных источниках, близость его состава таковому более крупных фракций золота, а также повышенная миграционная способность, расширяющая оцениваемую поисковую площадь, определяют важное типоморфное значение состава мелкого и тонкого золота, главные особенности которого, в отличие от морфологических признаков, при аллювиальном переносе часто сохраняются.

3. Распределение мелкого и тонкого золота в золотоносной долине, соотношение с другими формами (россыпеобразующими фракциями, тонкодисперсным, невидимым и связанным золотом), типоморфные особенности формы, гранулометрии и состава его, а также степень и характер сортированности по гидравлической крупности отражают, с одной стороны, тип питающего рудного источника, в качестве которого могут выступать золотоносные коры выветривания, но с другой, как весьма подвижный компонент, это золото весьма чутко отзывается на гидродинамический режим формирующей россыпи потока, на длительность аллювиального перемыва и другие вторичные факторы.

4. По степени и масштабам концентрации в автохтонных (пластовых) россыпях областей денудации мелкое золото существенно уступает традиционному россыпеобразующему. Данный вывод созвучен с высказыванием Н.А. Шило [1981, с. 323]: „По неполным, но вполне репрезентативным данным, во многих золотоносных провинциях мира наиболее распространены месторождения (россыпные — *авторы*), в которых преобладают фракции самородного золота крупностью от 0.2 до 200 мм“.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 06-05-64697).

ЛИТЕРАТУРА

Амосов Р.А., Парий А.С. Мелкое и тонкое золото в россыпях и корах выветривания — прогресс за 15 лет // Природные и техногенные россыпи и месторождения кор выветривания на рубеже тысячелетий: Тез. докл. XII междунар. совещания 25—29 сентября 2000 г. М., ИГЕМ РАН, 2000, с. 17—18.

Амосов Р.А., Козырева Н.А., Дейнекина Л.М. Морфология „неизвлекаемого“ золота в корах выветривания // Докл. АН СССР, 1988, т. 303, № 3, с. 711—714.

Анисимова Г.С., Серкебаева Е.С., Кондратьева Л.А. Самородное золото месторождения Бадран // Отечественная геология, 2006, № 5, с. 38—47.

Билибин Ю.А. Основы геологии россыпей. М., Изд-во АН СССР, 1955, 471 с.

Блинов А.А. Модель образования золотоносных россыпей косового типа // Отечественная геология, 1998, № 6, с. 73—76.

Бойцов В.Е., Сурков А.В., Ахапкин А.А. Методика изучения самородного золота из отвалов гравитационного обогащения россыпей // Изв. вузов. Геология и разведка, 2005, № 2, с. 42—45.

Борисенко А.С., Наумов Е.А., Задорожный М.В., Бабич В.В., Гущина Л.В. Рудообразующие системы золото-ртутных месторождений // Геология, геохимия и геофизика на рубеже XX и XXI веков. Иркутск, 2001, с. 179—180.

Васильев В.И. Некоторые итоги изучения ртутистого золота // Геология и геофизика, 1991 (2), с. 66—74.

Золотоносность кор выветривания Салаира / Н.А. Росляков, Г.В. Нестеренко, Ю.А. Калинин, И.П. Васильев, А.И. Неволько, Н.В. Рослякова, С.Р. Осинцев, В.Г. Свиридов, В.В. Колпаков, Л.П. Бобовско. Новосибирск, НИЦ ОИГТМ СО РАН, 1995, 170 с.

Ковалев К.Р., Гаськов И.В., Акимцев В.А., Аношин Г.Н., Баулина М.В. Золото и серебро в месторождениях массивных сульфидных полиметаллических руд азиатской части России // Металлогения древних и современных океанов — 2000. Открытие, оценка, освоение месторождений. Миасс, ИМин УрО РАН, 2000, с. 117—124.

Литвиненко И.С. Геологические основы прогнозирования и поисков россыпей с мелким золотом на северо-востоке России // Природные и техногенные россыпи и месторождения кор выветривания на рубеже тысячелетий: Тез. докл. XII международного совещания 25—29 сентября 2000 г. М., ИГЕМ РАН, 2000, с. 218—220.

Лунев Б.С., Наумов В.А. Мелкое золото — основной источник золота нашей планеты // Там же, с. 220—222.

Минко О.О. Проблема поисков и оценки россыпей с мелким золотом // Геология, методы поисков и разведки месторождений металлических полезных ископаемых. Обзор ВИЭМС. М., 1985, 42 с.

Мурзин В.В., Малюгин А.А. Медь в самородном золоте и его типоморфное значение // Минералы месторождений Урала. Свердловск, 1987а, с. 36—41.

Мурзин В.В., Малюгин А.А. Типоморфизм золота зоны гипергенеза. Свердловск, УНЦ АН СССР, 1987, 79 с.

Нестеренко Г.В., Кузнецова А.И., Лаврентьев Ю.Г., Поспелова Л.Н. Вариации макросостава — важный типоморфный признак самородного золота // Геология и геофизика, 1982 (3), с. 57—65.

Нестеренко Г.В., Воротников Б.А., Николаева Н.М., Пещевский Б.И. Самородное золото в гипергенной зоне сульфидных месторождений Казахстана // Докл. АН СССР, 1983, т. 271, № 2, с. 438—443.

Нестеренко Г.В., Карманов Н.С., Кузнецова А.И., Лаврентьев Ю.Г., Портнягин С.И., Теплов С.Н. Комплексное изучение состава самородного золота // Геохимические критерии прогнозной оценки оруденения. Новосибирск, Наука, 1990, с. 57—64.

Николаева Л.А. Генетические особенности самородного золота как критерий при поисках и оценке руд и россыпей. М., Научный мир, 1997, 101 с.

Осовецкий Б.М. К вопросу о концентрации мелкого золота в аллювиальных россыпях // Геология рудных месторождений, 1980, № 1, с. 107—113.

Петровская Н.В. Самородное золото. М., Наука, 1973, 347 с.

Платонов А.Н., Санин В.Н., Аввакумов А.Е. Геологическое строение и золотоносность Кельбес-Золотокитатского района // Руды и металлы, 1998, № 2, с. 36—46.

Подлипский М.Ю., Нестеренко Г.В., Кривенко А.С. Изоферроплатиновая ассоциация минералов в золотоносной россыпи Северо-Западного Салаира // Геология и геофизика, 2007, т. 48 (3), с. 370—379.

Попенко Г.С. Минералогия золота четвертичных россыпей Узбекистана. Ташкент, Фан, 1982, 144 с.

Риндзюнская Н.М., Матвеева Е.В. Экзогенные месторождения с мелким и тонким золотом — перспективы XXI века // Важнейшие промышленные типы россыпей и месторождений кор выветривания, технология оценки и освоения: Тез. докл. XI международного совещания 16—19 сентября 1997 г. Москва—Дубна. М., ИГЕМ РАН, 1997, с. 211.

Рослякова Н.В., Щербаков Ю.Г. Состав золота в скарнах Синюхинского рудного поля, Алтай // Геохимия, 1999, № 1, с. 25—33.

Савва Н.Е., Прейс В.К. Атлас самородного золота северо-востока СССР. М., Наука, 1990, 292 с.

Самусиков В.П. Элементы-примеси в самородном золоте — критерий определения формационной принадлежности и уровня эрозионного среза золоторудных месторождений // Докл. РАН, 2003, т. 391, № 1, с. 99—103.

Санин В.Н., Платонов А.Н., Демидов И.В. Благороднометалльное оруденение скарново-магнетитовых месторождений Тельбесской группы (Горная Шория) // Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых Сибири. Томск, 2000, с. 182—185.

Флеров В.К. Современные аллювиальные россыпи на косах и намывных островах // Труды треста „Золоторазведка“ и „Нигризолото“. Вып. 5. М., 1937, с. 33—99.

Шило Н.А. Основы учения о россыпях. М., Наука, 1981, 383 с.

Щербаков Ю.Г., Рослякова Н.В., Колпаков В.В. Федоровское месторождение золота и перспективы золотоносности Южно-Сибирской рудной провинции (Горная Шория) // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (10), с. 979—992.

Щербов Б.Л., Страховенко В.Д., Жмодик С.М., Калинин Ю.А. Типоморфизм и условия образования золота в корах выветривания Первомайского участка (Центральный Казахстан) // Геология рудных месторождений, 2005, т. 47, № 2, с. 174—197.

Яблокова С.В., Рыжов Б.В. О роли „древнего“ золота в питании четвертичных россыпей Мариинской тайги // Изв. вузов. Геология и разведка, 1972, № 10, с. 60—65.

Conwell C.N. Recovery of fine gold in a placer operation // Western Miner., 1981, v. 54, № 9, p. 36—40.

Giusti L. The morphology, mineralogy, and behaviour of „fine-grained“ gold from placer deposits of Alberta: sampling and indications for mineral exploration // Canad. J. Earth Sci., 1986, v. 23, p. 1662—1672.

Knight J.B., Mortensen J.K., Morison S.R. Lode and placer gold composition in the Klondike District, Yukon Territory, Canada: implications for the nature and genesis of Klondike Placer and gold deposits // Econ. Geol., 1999, v. 94, p. 649—664.

Mann A.W. Mobility of gold and silver in lateritic weathering profiles: some observations from Western Australia // Econ. Geol., 1984, v. 79, № 1, p. 38—49.

Nesterenko G.V., Vorotnikov B.A., Kulikov A.A., Zhmodik S.M. Typomorphism and genesis of native gold of hypergenesis zone of Kazakhstan and the Enisey ridge gold deposits // Current research in geology applied to ore deposits (proceedings of the second biennial SGA meeting, Granada, 9—11 September, 1993). Granada, 1993, p. 191—195.

*Рекомендована к печати 30 января 2007 г.
А.С. Борисенко*

*Поступила в редакцию 10 июля 2006 г.,
после доработки — 17 января 2007 г.*