

ПЕТРОЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ

УДК 553.411(571.54)

НЕТРАДИЦИОННЫЕ РОССЫПИ ЗОЛОТА ЧИНИНСКОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ВПАДИНЫ  
(Витимское плоскогорье, Восточная Сибирь)

Н.А. Росляков<sup>1</sup>, М.В. Кириллов<sup>1</sup>, Н.С. Морозова<sup>1</sup>, С.М. Жмодик<sup>1</sup>, Ю.А. Калинин<sup>1,2</sup>,  
Г.В. Нестеренко<sup>1</sup>, Н.В. Рослякова<sup>1</sup>, Д.К. Белянин<sup>1</sup>, В.В. Колпаков<sup>1</sup>

*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,  
630090, Новосибирск, просп. Академика Котляго, 3, Россия*

*Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия*

В пределах Чининской тектонической впадины развиты голоценовые мелкозалегающие (0.5—4.5 м, редко более) и плиоцен-плейстоценовые глубокозалегающие (более 25 м) россыпи. Мелкозалегающие россыпи связаны с формированием в криогенных условиях долин современной гидросети р. Чина, глубокозалегающие — законсервированы в доледниковых палеодолинах ее бассейна. Проведено комплексное геолого-геохимическое исследование на десяти промышленных мелкозалегающих россыпях, среди которых восемь относятся к малоизученным, «нетрадиционным». Россыпи нетрадиционны по технологическим характеристикам (содержат в промышленных количествах мелкое (–0.25...+0.1 мм), тонкое (–0.1 мм) и микронное, или «связанное» (invisible) золото), геоморфологическим условиям образования, приуроченности к зоне пластового окисления активного слоя вечной мерзлоты, присутствию значительной доли высокопробного гидрогенного золота и ряду других второстепенных признаков.

Образование мелкозалегающих нетрадиционных россыпей контролируется условиями активного слоя многолетней мерзлоты. В аэробной обстановке надмерзлотные воды формируют зону пластового окисления, гидроксиды железа которой придают водоносным породам желтовато-красноватую окраску. В концентрировании тонкого и мелкого золота важную роль играют долгоживущие геохимические барьеры: биогенный, восстановительный, электрохимический, сорбционный и другие, включая гравитационную дифференциацию.

Перспективными в отношении нетрадиционных россыпей выглядят отложения аллювия тектонических мезозойско-кайнозойских впадин, подобных Чининской. Среди благоприятных факторов формирования и критериев оценки таких объектов важнейшими являются: объемные питающие источники золоторудной, преимущественно углерод- и сульфидсодержащей минерализации, эндогенные и экзогенные ореолы рассеяния с тонким и невидимым золотом; повышенная мощность активного надмерзлотного слоя и выдержанность его во времени и в пространстве, способствующая образованию и функционированию горизонтов пластового окисления с накоплением гидроксидов трехвалентного железа и гидрогенного золота; наличие специфических морфологических разновидностей гидрогенного золота, являющегося критерием коренной золоторудной минерализации с миграционноспособным металлом; мелкообломочный, высокоглинистый состав толщ аллювиальных или аллювиально-делювиальных современных отложений, являющихся продуктом перемыва древних золотоносных кор выветривания; развитие широких пойм, заполненных голоценовыми осадками, и линии их сочленения с делювиально-солифлюкционными эрозионными склонами.

*Россыпи золота, микрочастицы гидрогенного золота, палеодолины, многолетняя мерзлота, активный слой.*

UNCONVENTIONAL GOLD PLACERS OF THE CHINA TECTONIC DEPRESSION  
(Vitim Plateau, East Siberia)

N.A. Roslyakov, M.V. Kirillov, N.S. Morozova, S.M. Zhmodik, Yu.A. Kalinin, G.V. Nesterenko,  
N.V. Roslyakova, D.K. Belyanin, and V.V. Kolpakov

Holocene shallow (0.5–4.5 m, rarely more) and Pliocene–Pleistocene deep (>25 m) placers occur within the China tectonic depression. The shallow placers are associated with the formation of the present-day drainage valleys of the China River under permafrost conditions, and the deep ones are localized within the preglacial paleovalleys of the river basin. An integrated geological and geochemical study was carried out at ten shallow

commercial placers, eight of which are classified as poorly studied and “unconventional.” Placers are considered “unconventional” based on their technological characteristics (commercial gold is small (–0.25 to +0.1 mm), thin (–0.1 mm), and micron-sized or “bound” (invisible)), geomorphologic conditions of formation, confinement to the oxidized zone of active permafrost, significant portion of fine hydrogenic gold, and several other minor features.

The formation of shallow “unconventional” placers is controlled by the conditions of active permafrost. Under aerobic conditions, suprapermafrost waters form an oxidized zone, in which iron hydroxides impart a yellowish reddish color to water-bearing rocks. Long-lived geochemical barriers (biogenic, reduction, electrochemical, sorption, and others), including gravitational differentiation, play an important role in the concentration of small and thin gold.

Alluvial deposits in Meso-Cenozoic tectonic depressions, such as the China basin, are the most promising in terms of “unconventional” placers. The main factors favoring the formation of these localities and the criteria for their assessment are large feeding sources of gold (mainly carbonaceous and sulfide) mineralization, endogenic and exogenic dispersion aureoles with thin and invisible gold; increased thickness of the suprapermafrost active layer and its temporal and spatial stability, contributing to the formation and functioning of oxidized horizons with the accumulation of ferric hydroxide and hydrogenic gold; specific morphologic varieties of hydrogenic gold, which are the fundamental criterion for primary gold mineralization with migratable metal; fine-clastic clay-rich composition of recent alluvial or alluvial-talus sediments, produced by water reworking of ancient gold-bearing weathering crusts; and development of broad floodplains filled with Holocene sediments and their junction with talus-solifluction erosional slopes.

*Gold placers, hydrogenic-gold microparticles, paleovalleys, permafrost, active layer*

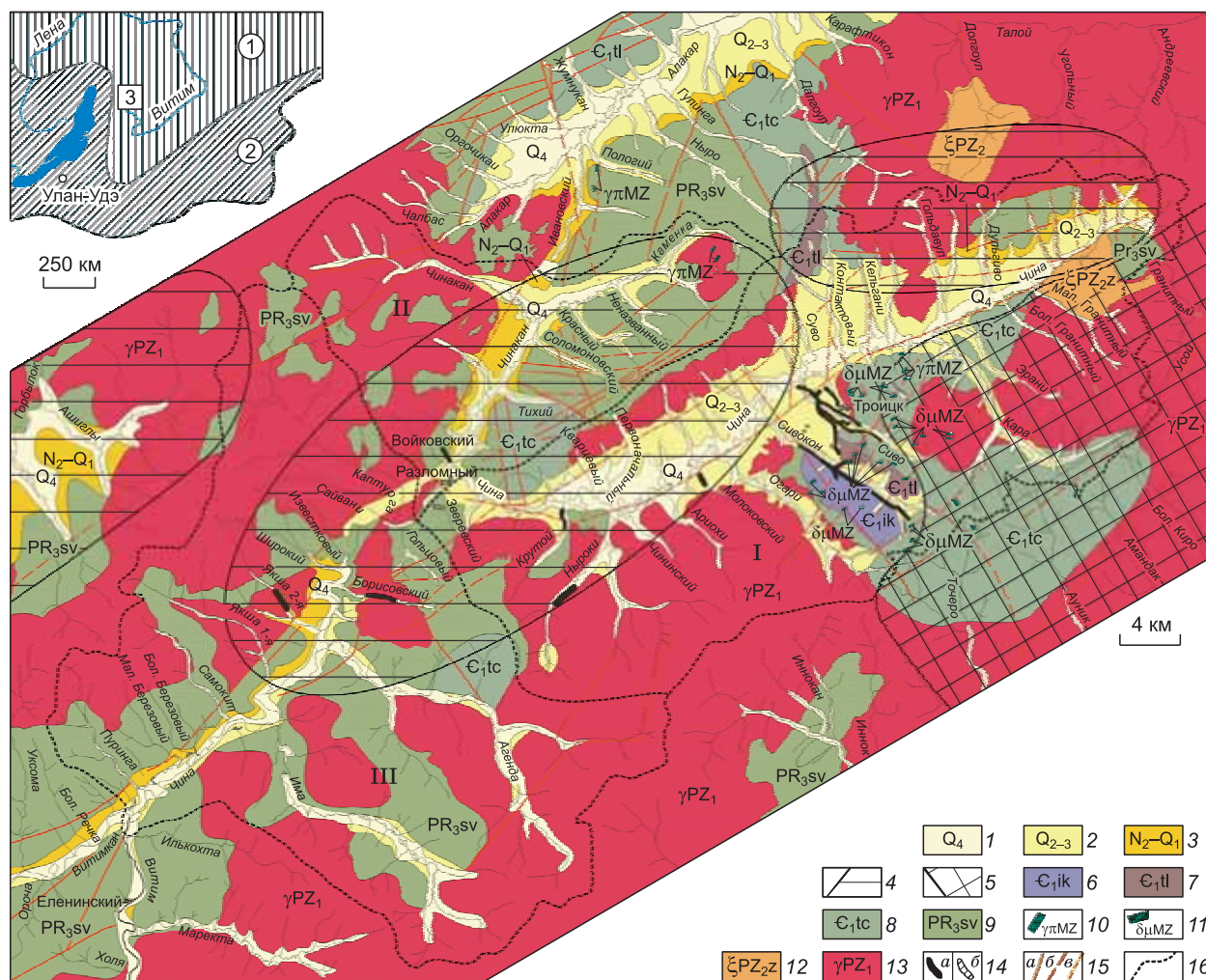
## ВВЕДЕНИЕ

Добыча россыпного золота в Баунтовском золотоносном районе, расположенном на Витимском плоскогорье, ведется непрерывно уже более 160 лет. Крупные россыпи приурочены к основным и боковым долинам Алакарской, Амалатской, Горбылокской, Талойской, Чининской и других мезозойско-кайнозойских тектонических впадин. В литературе по россыпной золотоносности Бурятии [Шелковников, Дорошкевич, 2004] россыпи по гранулометрическому составу подразделяются на традиционные со стандартным золотом размерностью крупнее 0.25 мм и нетрадиционные с тонким и сорбированным золотом. Для извлечения из россыпи стандартного золота используется гравитационная схема обогащения, тогда как для эффективной добычи золота из нетрадиционных россыпей необходимо применять более сложные и разнообразные схемы обогащения. В нашем случае изученные россыпи нетрадиционны в первую очередь по технологическим характеристикам (тонкое и дисперсное золото), а также по геоморфологическим условиям образования (наложение мелкозалегающих голоценовых россыпей современной гидросети на глубокозалегающие неоген-четвертичные россыпи палеодолин); по приуроченности к зоне пластового окисления активного слоя вечной мерзлоты; по присутствию значительной доли высокопробного гидрогенного золота и ряду других специфических признаков. Согласно инструкции по разведке россыпей золота и платины [Методика..., 1992], объекты, в которых золото размером < 0.25 мм составляет более 20 %, принято относить к россыпям с мелким и тонким золотом (МТЗ).

Комплексной характеристике нетрадиционных россыпей (МТЗ) посвящена настоящая статья.

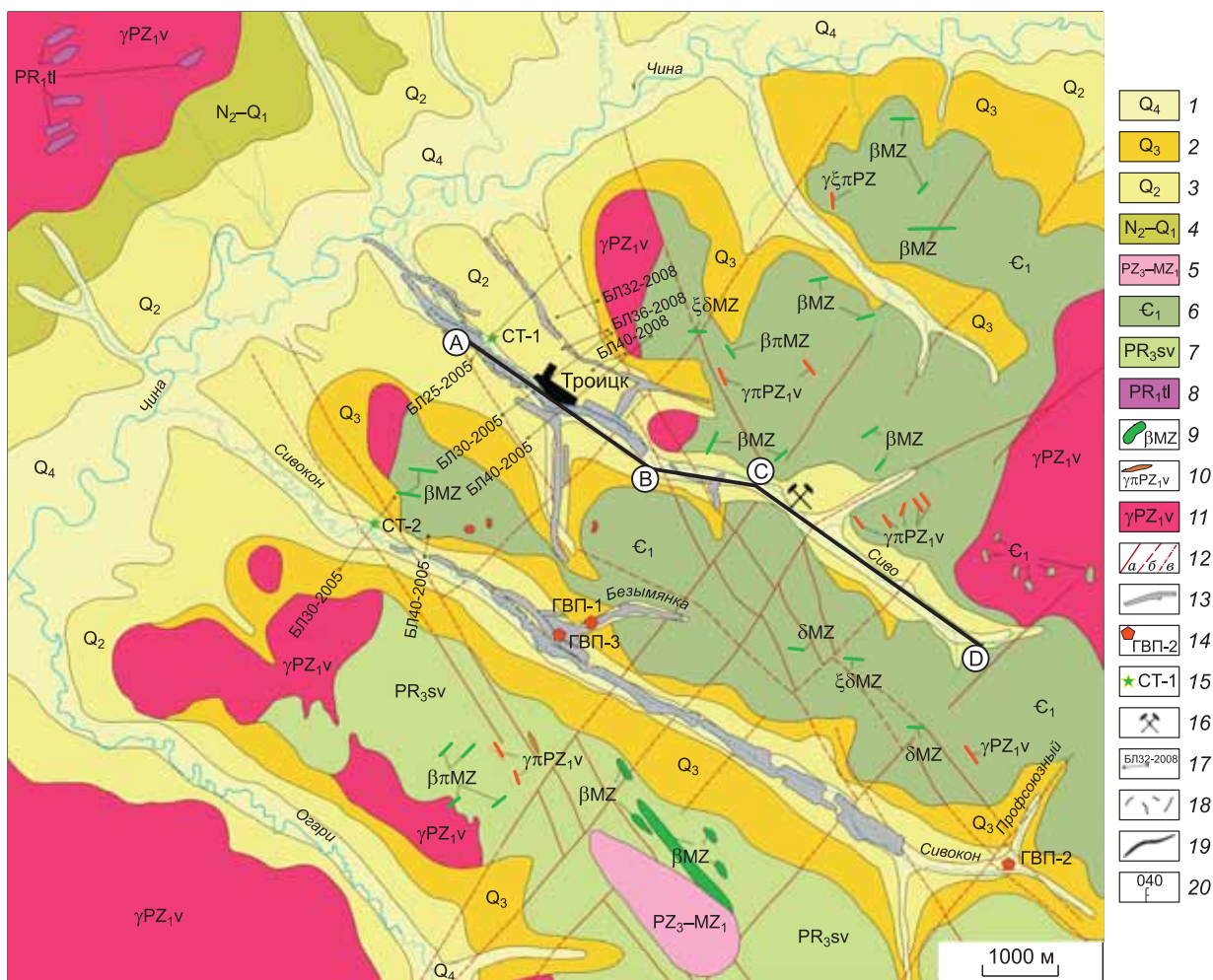
## ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ ЧИНИНСКОЙ ВПАДИНЫ

Чининская тектоническая впадина — одна из наиболее крупных в районе — вытянута в широтном направлении почти на 120 км и по геолого-геоморфологическим признакам расчленяется на три участка: I — Верхнечининский, протягивающийся от верховья р. Чина до правого ее притока Чинакан; II — Чинаканский, включающий речной бассейн этого водотока; III — Нижнечининский, охватывающий долину Чины между реками Чинакан и Витимкан, который при слиянии с Чиной образует р. Витим (рис. 1). Преобладающая часть Чининской впадины сложена протерозойскими метаморфическими и кембрийскими осадочными комплексами пород, дислоцированными в крупные складки северо-восточного простирания и прорванными разновозрастными интрузивными и дайковыми образованиями, среди которых доминируют гранитоиды витимканского комплекса ( $\gamma\delta PZ_1$ , см. рис. 1) [Ярмолюк и др., 2003] или чивыркуйского (305—285 млн лет) и баргузинского (330—310 млн лет), по данным А.А. Цыганкова с соавторами [2010]. Формирование современного морфоструктурного облика поверхности и россыпей в Чининской и в смежных с ней впадинах происходило на мел-палеогеновой поверхности выравнивания в условиях неоднократного неотектонического омоложения рельефа в неоген-голоценовый период при влиянии процессов доледникового корообразования и постледникового криогенеза [Флоренсов, 1960; Поверхности..., 1970; Логачев и др., 1974; Базаров, 1986].



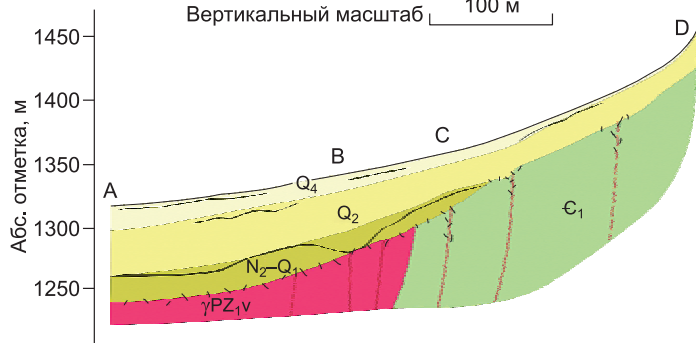
**Рис. 1. Геологическое строение и размещение золотоносных россыпей Чининской впадины (составлено с использованием литературных и фондовых материалов).**

1 — современные, голоценовые аллювиальные галечники, пески и глины русловой, пойменной и плотиковой фаций; 2 — нерасчлененные среднепозднеплейстоценовые аллювиальные, аллювиально-озерные песчано-галечные отложения с незначительным (до 15 %) количеством валунов, глинистость цемента составляет не более 30—40 %; 3 — нерасчлененные плиоцен-раннеплейстоценовые аллювиальные песчано-гравийно-галечно-валунные отложения, плотносцементированные песчано-алевритовыми красноватыми глинами, среднетоннозернистые пески, галька местами превращена в щебнисто-глинистые агрегаты, погруженные в каолиновую глину, что представляют собой продукты коры выветривания по неогеновым галечникам; 4, 5 — внемасштабно поля развития базальтов: 4 — позднеплиоценовые базальты, 5 — олигоценые крупнозернистые пески с горизонтами галечников и базальтов; 6—8 — кембрийские стратифицированные образования: 6 — икатская свита: карбонатизированные кварц-хлорит-серицитовые сланцы, гравелиты, конгломераты; 7 — тилимская свита: доломиты, известняки с прослоями филлитовидных сланцев и карбонатных конгломератов; 8 — точерская свита: базальные полимиктовые конгломераты, туфоконгломераты, конглобрекчии, гравелиты, песчаники, алевролиты, сланцы; 9 — стратифицированные образования неопротерозоя, суванхинская свита: сланцы кварц-серицитовые, кварц-хлоритовые, серицит-карбонатные, углеродистые, метапесчаники с прослоями известняков, метаэффузивов, кварцитов и кварцевых песчаников; 10, 11 — мезозойский дайковый комплекс: 10 — гранит-порфиры, 11 — диабазы; 12, 13 — палеозойские интрузивные комплексы: 12 — зазинский: кварцевые сиениты, сиениты, монцониты, граносиениты, граниты; 13 — витимканский: граниты, гранодиориты, порфиroidные граниты, гранит-порфиры, диориты, монцодиориты; 14 — золотоносные россыпи: а — с дисперсным, тонким и мелким золотом; б — с мелким и крупным золотом; 15 — тектонические разломы: а — установленные геолого-разведочными работами, б — по геофизическим данным, в — предполагаемые; 16 — контуры речных бассейнов: I — Верхнечининский, II — Чинаканский, III — Нижнечининский. В левом верхнем углу — схема районирования вечной мерзлоты, по [Колдышева, 1966]: 1 — зона вечной мерзлоты мощностью до 200 м с редкими таликами; 2 — зона вечной мерзлоты с широким развитием таликов; 3 — район работ.



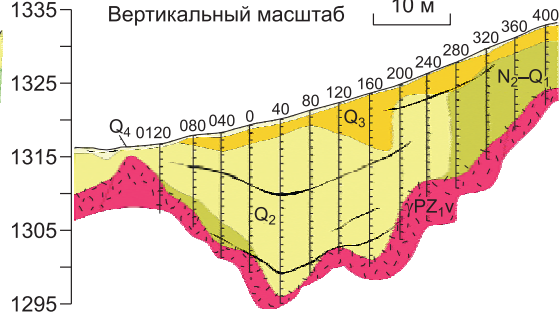
Разрез по линии А-В-С-Д  
руч. Сиво

Горизонтальный масштаб 1000 м  
Вертикальный масштаб 100 м



Разрез по линии БЛ-36  
руч. Сиво

Горизонтальный масштаб 200 м  
Вертикальный масштаб 10 м



**Рис. 2. Геологическое строение золотоносных россыпей участка Сиво—Сивокон Чининской впадины.**

1 — голоценовые аллювиальные отложения: галечники, щебень, валуны, пески, глины, илы русловой, пойменной и плотиковой фаций; 2 — позднплейстоценовые аллювиальные, аллювиально-озерные песчано-галечные отложения с незначительным (до 15 %) количеством валунов, глинистость цемента составляет не более 30—40 %; 3 — среднплейстоценовые аллювиальные отложения: галечники, пески, глины; 4 — нерасчлененные плиоцен-раннплейстоценовые аллювиальные песчано-гравийно-галечно-валунные отложения, довольно плотно сцементированные песчано-алевритовыми красноцветными глинами, среднекрупнозернистые пески, галька местами превращена в щебнисто-глинистые агрегаты, погруженные в каолиновую глину, что являет собой продукт коры выветривания по неогеновым галечникам; 5 — нерасчлененные верхнепалеозойские-нижнемезозойские кислые эффузивы и их туфы; 6 — нерасчлененные кембрийские отложения яшинской и точерской свит: сланцы серицитовые, серицит-хлоритовые углисто-глинистые, песчаники, алевролиты, конгломераты, гравелиты; 7 — неопротерозой, сивоконская свита:

биотит-хлоритовые и амфиболовые сланцы; 8 — палеопротерозой, талсинская свита: эпидот-хлорит-актинолитовые ортогнейсы, парасланцы, метаморфизованные песчаники и алевриты; 9 — мезозойские интрузивные образования: дайковый комплекс: микродиориты и диориты ( $\delta$ ), сиенит-диориты ( $\xi\delta$ ), диабазы, сиениты ( $\xi$ ), диабазовые порфириды ( $\nu\lambda$ ), кварцевые микросиениты ( $\zeta$ ); 10, 11 — нижнепалеозойские интрузии витимканского [Ярмолюк и др., 2003] или чивыркуйского и баргузинского [Цыганков и др., 2010] комплексов: 10 — дайковый комплекс: граниты, микрограниты ( $\gamma PZ_1\nu$ ), диориты и микродиориты ( $\delta PZ_1\nu$ ), гранит-порфиры ( $\nu\lambda PZ_1\nu$ ), граносиенит-порфиры ( $\gamma\xi\lambda PZ_1\nu$ ), сиениты ( $\xi PZ_1\nu$ ); 11 — граниты биотитовые, биотит-роговообманковые порфиридные, реже гнейсовидные; 12 — разрывные нарушения: *a* — достоверные, *b* — предполагаемые, *v* — погребенные под молодыми рыхлыми отложениями; 13 — аллювиальные россыпи; 14 — места стоянок гидравлических установок в 2006 г. и их номера; 15 — места отбора и номера технологических проб; 16 — месторождение Рудная Горка; 17 — буровые линии, их номера и год проходки; 18—20 — только на разрезах: 18 — выветрелые породы плотика, кора выветривания по ним; 19 — золотоносные пласты; 20 — скважины колонкового бурения и их номера.

Проявившиеся в среднем плейстоцене покровное зырянское и горно-долинное сартанское оледенения [Еникеев, Старышко, 2009] сменились многолетней мерзлотой, сохранившейся в описываемой впадине до наших дней. По Р.Я. Колдышевой [1966], в Багдаринском районе многолетнемерзлые породы распространены сплошным покровом мощностью 100—200 м. Они служат региональным водоупором надмерзлотных и таликовых вод, что наложило свой отпечаток на характеристики поверхностного стока и гидрогеологического режима [Максимова и др., 1966; Шварцев, 1988; Плюснин, Гунин, 2001]. Мощность активного (деятельного) слоя колеблется в пределах 0.5—4.5 м, редко более. В рыхлых отложениях по всему деятельному слою наблюдаются «проледки» и трещинно-жильный лед, составляющие 20—40 % от объема талой породы. Среди подземных вод в максимальной степени распространены надмерзлотные, представленные водами активного слоя склонов, активного слоя надпойменных террас и пойм.

Пойма р. Чина выражена слабо. Перепад ее водной поверхности составляет 223 м: от абсолютной отметки 1395 м в верховье до 1172 м в месте слияния с р. Витимкан. Средний уклон зеркала водной поверхности р. Чина в Верхнечининской части впадины составляет 6—8 м/км. По характеру транзита рыхлого материала склоны водоразделов, обращенные в сторону Чининской впадины, подразделяются на зону гравитационно-солифлюкционного транспорта в верхней и средней частях и зону аккумуляции в нижней части.

Весьма типичным для описываемой территории является наличие многочисленных погребенных палеодолин неоген-плейстоценового возраста. Они известны как в основной долине р. Чина, так и у ее притоков первого и второго порядков: в долинах ручьев Агенда, Има, Кара, Ныроки, Огари, Сиво, Сивокон, Чинакан, Якша-1 и др. (см. рис. 1). Древние палеодолины интересны тем, что, во-первых, в них сохранились погребенные глубокозалегающие неоген-четвертичные золотоносные россыпи, эффективно разведывавшиеся в советские годы, во-вторых, их золотоносный материал служит плотиком для голоценовых мелкозалегающих россыпей, имеющих в настоящее время важное экономическое значение [Дорошкевич, Кирсанова, 2004].

## МЕТОДИКА РАБОТ

Методы, использованные в работе, основаны, с одной стороны, на комплексном геологическом, геохимическом и минералогическом изучении типовых геологических объектов, а с другой, — на детальном исследовании собственно самородного золота в шлиховых пробах и аншлифах с помощью как обычных бинокулярного и рудного микроскопов, так и методами сканирующей электронной микроскопии и лазерного микрозондового анализа.

С целью разработки методики выделения микронно-размерных и дисперсных форм золота и изучения их типоморфных особенностей в 2008 г. под руководством Н.С. Морозовой было проведено специализированное колонковое бурение на участке Сиво—Сивокон Чининской впадины (рис. 2, БЛ 32-2008, БЛ 36-2008, БЛ 49-2008), где в ранее установленных желтых разрезах [Шелковников, Дорошкевич, 2004] из заглинизированных аллювиальных осадков локально добывалось гравитационно извлекаемое золото среднего и крупного классов. Опробованию подвергался керн колонковых скважин, пройденных диаметром 132 мм, который делился по оси на две половины. Из одной половины готовились пробы и образцы на ситовой, атомно-абсорбционный, пробирный и другие виды анализов. Вторая часть обрабатывалась сначала на концентрационном столе СКО-1, после чего полученные хвосты пропускал через центробежный концентратор Итомак. На выходе получали два шлиха: черный после обработки пробы на СКО-1 и золотой концентрат Итомака.

Для оценки золотоносности пласта из черных шлихов с помощью отдувки и бинокулярного микроскопа МБС-10 извлекалось золото. Замер величины золотин производили по шкале окуляра 8<sup>x</sup>. Оценка доли дисперсного золота производилась общеизвестными способами отмучивания пелитовой фракции, изучением в ней состава глинистых минералов и содержаний золота. Используются данные сливов шлиховых и технологических проб, а также массовых ситовых анализов гидравлических приборов (см. рис. 2).

## ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОЛОТОНОСНЫХ РОССЫПЕЙ ЧИНИНСКОГО РЕЧНОГО БАССЕЙНА

В соответствии с геолого-промышленной классификацией россыпей золота в Чининской впадине абсолютно преобладают аллювиальные россыпи, разделяющиеся на мелкозалегающие (на глубинах до 5—6 м) и глубокозалегающие (более 25 м) [Третьяков, Гутермахер, 2008]. Доминируют мелкозалегающие преимущественно русловые россыпи, связываемые большинством современных исследователей с голоценовым ( $Q_4$ ) этапом россыпеобразования (см. рис. 2, разрез А—В—С—D — продольный, БЛ-36 — поперечный). Возраст глубокозалегающих россыпей оценивается по возрасту вмещающих аллювиальных отложений, определенному палинологическим методом, данные которого свидетельствуют о плиоценовом ( $N_2$ ), ранне-, средне- и позднеплейстоценовом ( $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$  соответственно) времени их формирования.

В пределах Чининского бассейна нами изучено десять промышленных мелкозалегающих россыпей, включающих россыпи левых и правых притоков р. Чина: ручьи Зверевский, Разломный, Сиво, Сивокон, Молоковский, Ныроки, Крутой, Борисовский, Войковский, Якша-2 (см. рис. 1).

По гранулометрическому критерию в Чининской впадине отчетливо выделяются две группы мелкозалегающих россыпей.

Первая группа — россыпи с крупным и средним золотом, извлекаемым из аллювиальных отложений традиционными гравитационными методами обогащения.

Вторая группа — россыпи МТЗ с мелким (0.10—0.25 мм) и тонким (< 0.1 мм) золотом, для эффективной добычи которого необходимо применение нетрадиционных технологических схем, в частности, использование центробежных концентраторов [Морозова и др., 2010].

Из десяти изученных россыпей восемь принадлежит к россыпям МТЗ, что побудило нас обратить на них особое внимание. Характеристика золота из традиционных россыпей первой группы дается кратко в следующем разделе лишь для сравнения.

В границах участка Сиво—Сивокон находится коренное месторождение Рудная Горка (см. рис. 2), представленное кварцевым штокверком с халькопиритом, пиритом, галенитом и блеклыми рудами, секущим горизонты кварцитов и кварцевых конгломератов в кембрийских метаморфизованных сланцах, песчаниках и доломитах. Содержания самородного золота в рудах составляет 0.5—70 г/т. По данным М.Ф. Шелковникова [2004], золото в кварц-сульфидном штокверке имеет среднюю пробность 880 ‰ (вариации от 870 до 906 ‰) и наблюдается в форме изометричных пластинок и жилковидно-пластинчатых частиц размерностью от 0.1 до 4.5 мм. Средний размер золотинок составляет 0.26 мм, т.е. большинство зерен относится к классу мелкого и тонкого золота. Специфической чертой состава самородного золота является наличие примеси ртути, установленной, хотя и в малых количествах, практически во всех проанализированных зернах [Кириллов, 2009].

Кроме того, на территории Чининской тектонической впадины и ее обрамления в процессе многолетних поисковых работ выявлено значительное число мелких рудопроявлений золота, связанных с кварцевыми, сульфидно-кварцевыми и кварц-сульфидными жилами (пирит-халькопиритовый, пирит-сфалерит-галенитовый с блеклыми рудами минеральные типы), сульфидизированными и прокварцованными углеродистыми отложениями (пирит-арсенопиритовый), гематит-магнетитовыми линзами, прожилками и горизонтами, телами сульфидизированных кварцевых порфиров (касситерит-полисульфидный). Руды большинства перечисленных проявлений (за исключением малосульфидных кварцевых жил) характеризуются наличием мелкого, микронного или связанного золота.

### ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТА

**Первая группа россыпей** содержит менее 20 % МТЗ (< 0.25 мм), что позволяет по технологическому критерию относить их к традиционным россыпям (россыпи ручьев Зверевский и Разломный). Россыпь руч. Зверевский представлена двумя золотоносными горизонтами. Верхний находится в активном слое на глубине 0.5—3.5 м и залегает на ложном плотике руслового аллювия. Нижний глубокозалегающий горизонт приурочен к палеодолине р. Чина. Его истинный плотик представлен верхнепротерозойскими кварц-серицит-хлоритовыми и углеродистыми сланцами суванихинской свиты.

Россыпь руч. Разломный в своей верхней части залегает на коренном плотике аналогичного состава, а в нижней части ее ложным плотиком служат нерасчлененные среднепозднеплейстоценовые ( $Q_{2-3}$ ) аллювиальные и аллювиально-озерные песчано-галечные отложения палеодолины р. Чина (см. рис. 1).

Традиционные россыпи ручьев Зверевский и Разломный характеризуются распределением гранулометрических классов золота с модами 0.5 или 1 мм соответственно. Пробность золота варьирует в широких пределах при слабовыраженных максимумах 900—950 и 960—965 ‰ (рис. 3). В составе примесных элементов доминирует Ag, в незначительных количествах присутствуют Cu и Hg (табл. 1). Золото обладает не только повышенной крупностью зерен, но и более выраженной их уплощенностью и окатанностью. В этих россыпях преобладает золото таблитчато-пластинчатой, комковидной, реже

Таблица 1. Содержание микропримесей (г/т) в самородном золоте россыпей бассейна р. Чина

Объект	Cu			Hg			Ag		
	Мин.	Среднее	Макс.	Мин.	Среднее	Макс.	Мин.	Среднее	Макс.
Войковский	0	0.03	0.1	0	0.02	0.15	3.42	9.89	18.6
Крутой	0	0.02	0.13	0	0.04	0.13	0.32	10.2	43.65
Молоковский	0	0.01	0.07	0	0.02	0.15	0.45	9.1	21.81
Ныроки	0	0.05	1.01	0	0.04	0.77	0	14.72	31.03
Борисовский	0	0.01	0.02	0	0.06	0.14	0.62	9.68	21.14
Якша-2	0	0.02	0.17	0	0.03	0.14	3.73	9.77	19.03
Сиво	0	0.01	0.04	0.01	0.12	0.24	2.15	13.64	30.05
Рудная Горка	0	0	0	0	0.05	0.29	4.45	15.55	34.94
Разломный	0	0.01	0.08	0	0.02	0.33	1.14	13.07	45.06
Зверевский	0	0.13	0.59	0	0.01	0.03	2.86	11.72	29.89

уплощенно-комковидной форм (рис. 4). Поверхность золотин шероховатая, скульптура поверхности бугорчатая и кавернозная. Края зерен часто загнуты или утолщены, что наряду с хорошей окатанностью свидетельствует об интенсивных механических изменениях. Для золота характерна пятнистая окраска — чередование участков желтого и серебристого цветов.

Анализ размещения других традиционных россыпей Чининской впадины показывает, что они почти все тоже имеют два и более золотоносных пласта с истинным и ложным плотиками. В истинном плотике наряду с гранитоидами витимканского комплекса важную роль играют минерализованные породы суванихинской, точерской, давыкшинской, икатской, бурундинской свит и коры выветривания по ним. Наибольшей крупностью золота и максимальной продуктивностью характеризуются россыпи, имеющие в плотике сульфидизированные метавулканы среднего состава, высокоуглеродистые сульфидизированные известняки, доломиты, углеродистые сланцы, алевросланцы и алевропесчаники. В глубокозалегающих россыпях обычно преобладает среднее и крупное золото. В россыпях, залегающих на образованиях коры выветривания по сульфидизированным породам, нередко встречаются самородки.

**Вторая группа россыпей** (россыпи МТЗ) содержит мелкое (0.1—0.25 мм) и тонкое (< 0.1 мм) золото в количестве 40—80 % и более. Залегают они на ложном плотике, представленном нерасчлененными среднепозднеплейстоценовыми ( $Q_{2-3}$ ) аллювиальными, аллювиально-озерными песчано-галечными отложениями. Реже встречаются нерасчлененные плиоцен-раннеплейстоценовые ( $N_2—Q_1$ ) аллювиальные песчано-гравийно-галечно-валунные отложения, довольно плотносцементированные песчано-алев-

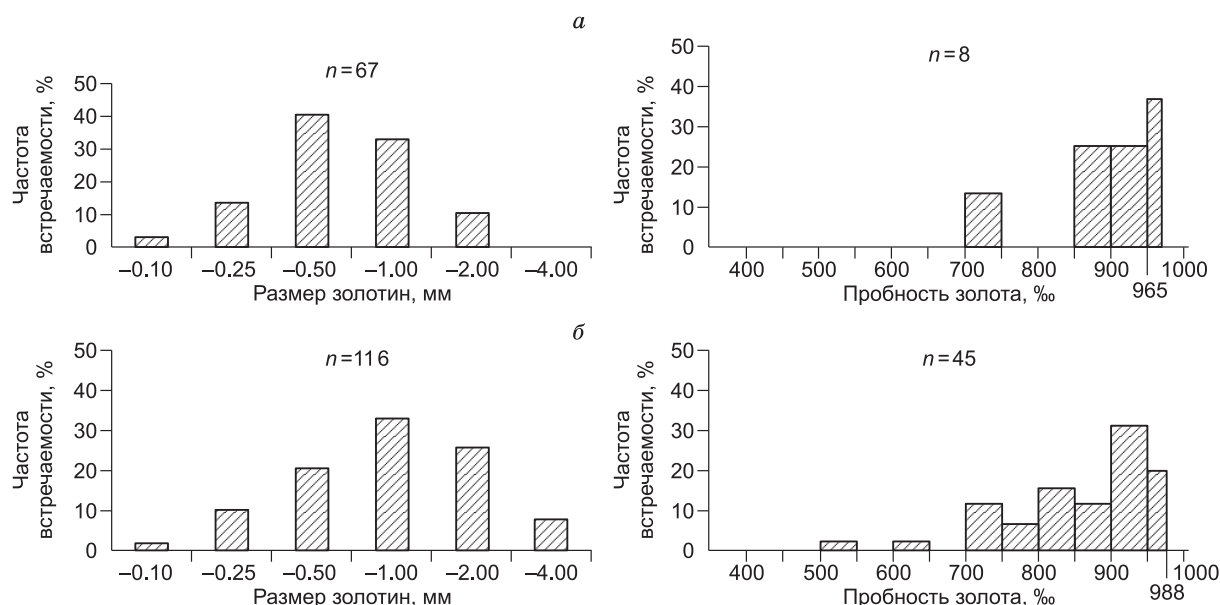


Рис. 3. Гистограммы распределения granulометрического состава и пробыности золота в мелкозалегающих традиционных россыпях ручьев Зверевский (а) и Разломный (б).

Здесь и далее  $n$  — количество золотин, включенных в подсчет.

Таблица 2. Ситовой анализ золота гидравшгертовых съеомок участка Сиво—Сивокон с мая по август 2006 г.

Фракция золота, мм	ГВП-1		ГВП-2		ГВП-3		Всего	
	г	мас. %	г	мас. %	г	мас. %	г	мас. %
+4	0.25	1.83	0.42	4.97	0.69	2.93	1.36	2.98
-4...+2	0.34	2.50	0.75	8.86	0.75	3.18	1.84	4.03
-2...+1	0.72	5.28	1.45	17.14	1.44	6.11	3.61	7.91
-1...+0.5	1.78	13.06	2.09	24.70	2.77	11.76	6.64	14.54
-0.5...+0.25	4.70	34.48	2.70	31.92	8.13	34.51	15.53	34.02
-0.25...+0.125	4.46	32.72	0.93	10.99	7.87	33.40	13.26	29.05
-0.125	1.38	10.13	0.12	1.42	1.91	8.11	3.41	7.47
Всего	13.63	100.0	8.46	100.0	23.56	100.0	45.65	100.0
Доля МТЗ	5.84	42.85	1.05	12.41	9.78	41.51	16.67	36.52
Количество съеомок	33		30		20		83	

Примечание. ГВП-1 — терраса, нижний участок руч. Безымянка; ГВП-2 — в устье руч. Профсоюзный; ГВП-3 — в устье руч. Безымянка (см. рис. 2).

ритовыми красноцветными глинами; среднекрупнозернистые пески; галька местами превращена в щебнисто-глинистые агрегаты, погруженные в каолиновую глину, представляющую собой продукт коры выветривания по неогеновым галечникам.

По преобладанию классов крупности золота россыпи МТЗ можно подразделить на три подгруппы: 0.25—0.50, 0.10—0.25 и < 0.1 мм.

Эталонном россыпей МТЗ с максимумом встречи золотинок размерностью 0.25—0.5 мм служат россыпи ручьев Войковский и Крутой. Более распространены россыпи второй подгруппы (с золотом размерностью 0.1—0.25 мм). К ним относятся россыпи ручьев Борисовский, Сиво, Сивокон, Ныроки и Якша-2. В россыпях руч. Молоковский и участка Рудная Горка заметно преобладает тонкое золото размерностью < 0.1 мм (см. рис. 1, 2). Совместно с классом 0.1—0.25 мм доля мелкого и тонкого золота в этих россыпях составляет около 90 % от выборки (рис. 5).

Наиболее разведаны и изучены россыпи участка Сиво—Сивокон, отражающие в целом гранулометрический состав золота бассейна р. Чина. По данным нашего лоткового опробования, основная часть золота (60 %) попадает в классы 0.1—0.25 и -0.1 мм, а остальные золотины распределены по убывающей в более крупных классах (рис. 6). Ситовой анализ золота на участке Сивокон показал, что доля

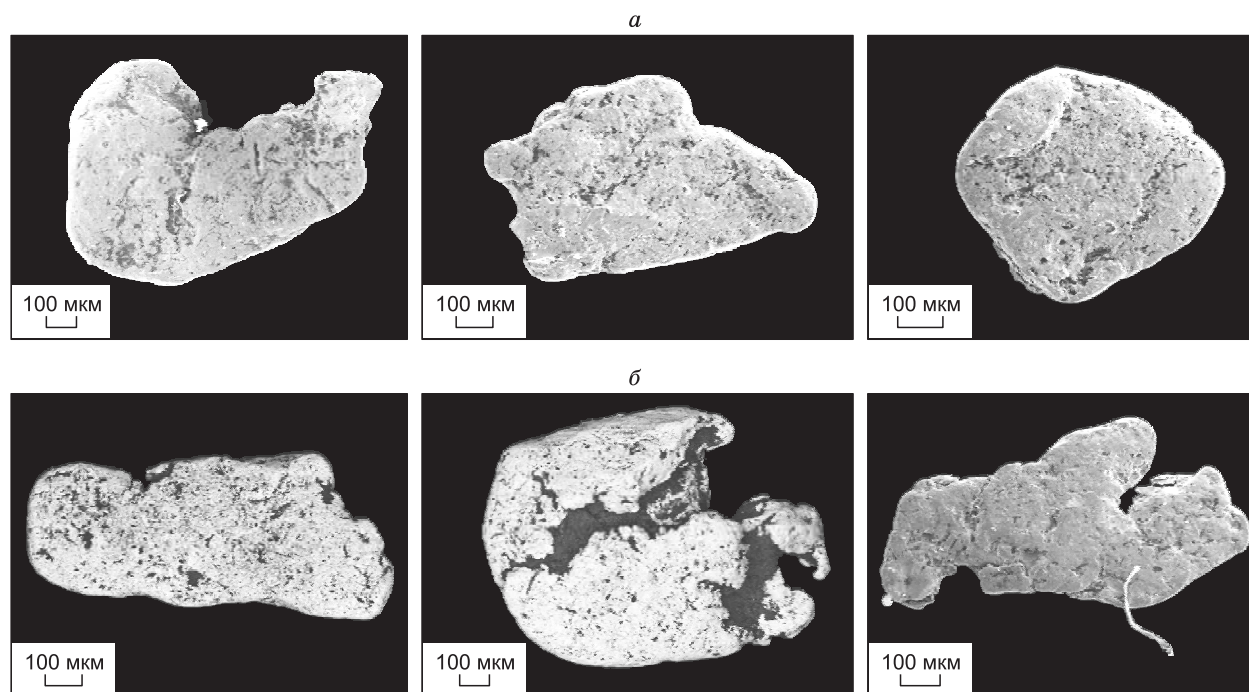
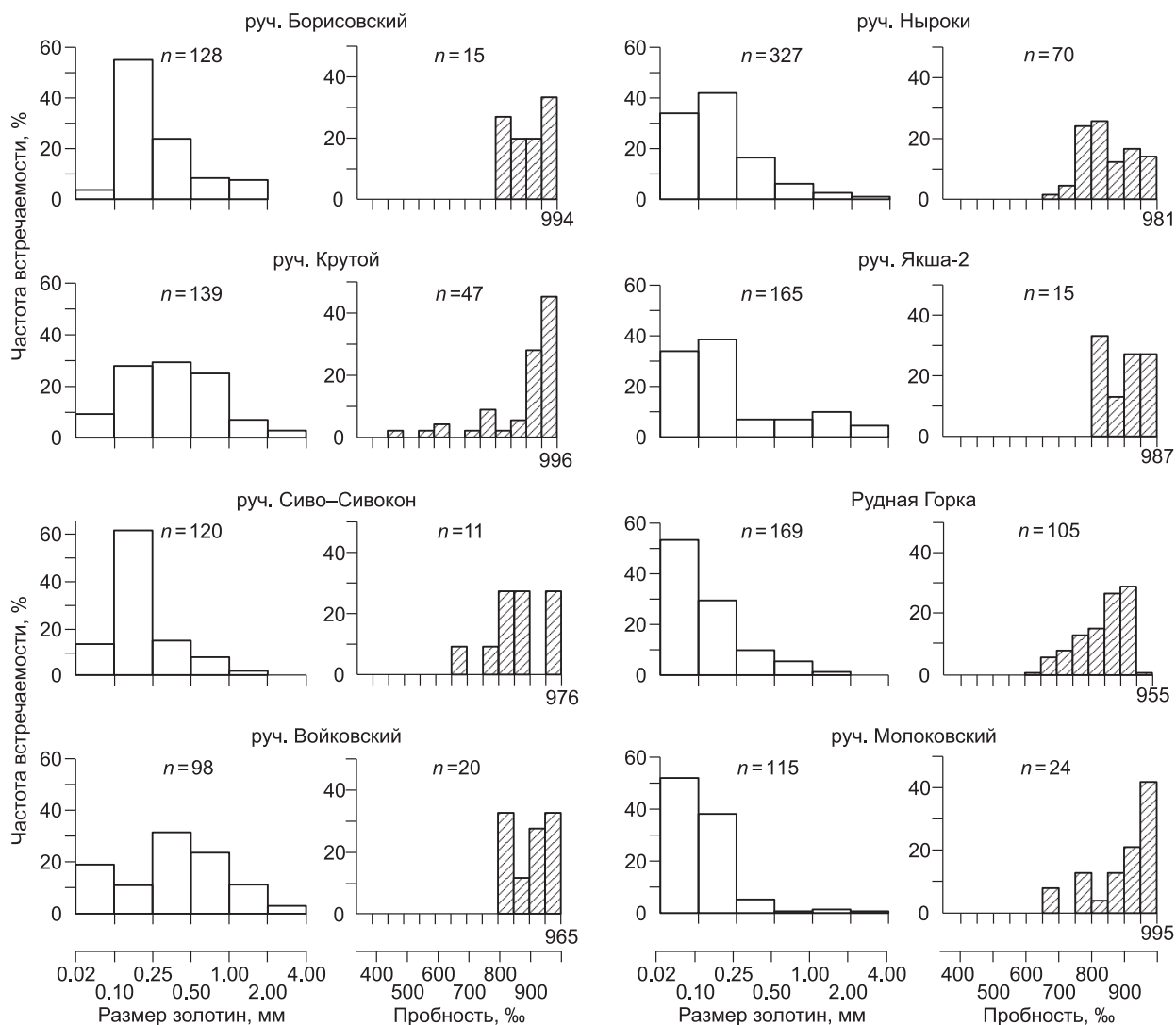


Рис. 4. Морфология золота россыпей ручьев Зверевский (а) и Разломный (б).



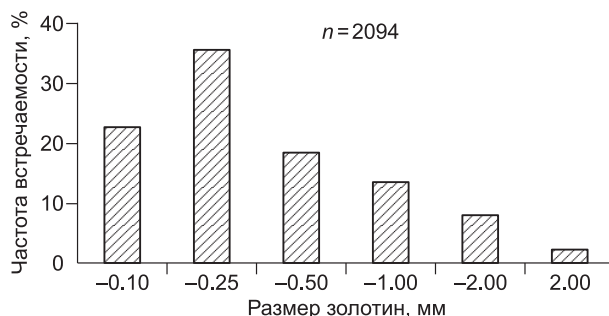


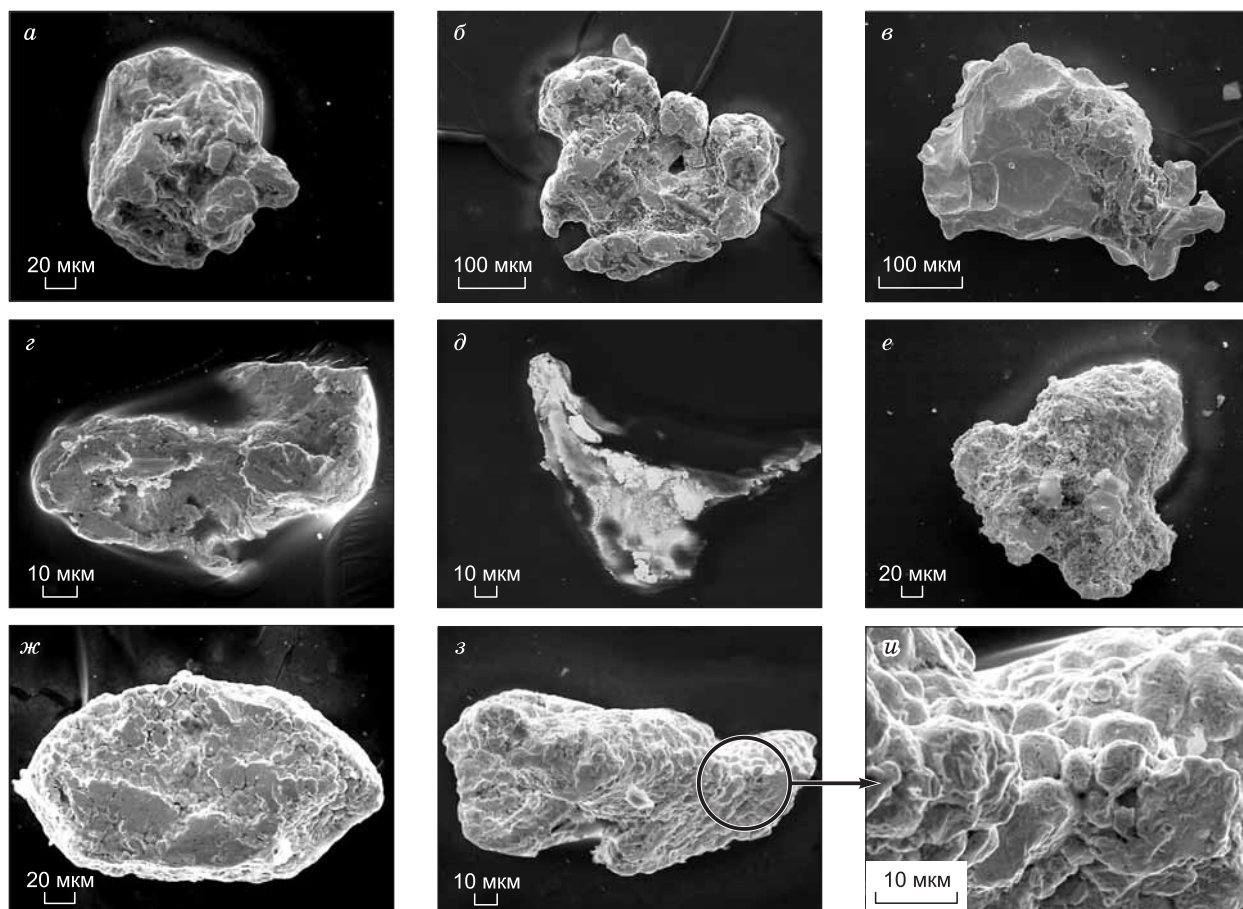
**Рис. 5. Гистограммы распределения гранулометрического состава и пробы золота в мелкозалегающих россыпях МТЗ.**

тонкого и мелкого золота фракций 0.125—0.250 мм возрастает от 12.41 мас. % в верхней части россыпи до 41.51—42.85 мас. % — в ее центральной части (ср. ГВП-2 с ГВП-3 и ГВП-1, табл. 2).

Тонкое золото характеризуется высокой пробностью — 900—996 ‰ (см. рис. 5), чего не наблюдается на месторождении Рудная Горка. В качестве основного примесного компонента в золоте выступает серебро, причем его содержания достигают 34 мас. %, при среднем 9.7 мас. % (см. табл. 1). В краевой части единичных золотинок отмечено снижение пробы за счет примеси ртути, содержания которой достигают 6—10 мас. % (в центральных частях зерен ртути нет). Для выяснения причин накопления ртути в краевых частях этих зерен необходимы дополнительные исследования. Достоверной корреляции между содержаниями элементов-примесей не установлено.

**Рис. 6. Гистограмма распределения гранулометрического состава золота всех мелкозалегающих россыпей МТЗ Чининской впадины.**





**Рис. 7. Морфология золота в мелкозалегающих россыпях МТЗ.**

*a* — руч. Ныроки, *б* — руч. Якша-2, *в* — руч. Борисовский, *г* — междуречье Сиво—Сивокон, *д* — руч. Крутой, *е* — Рудная Горка, *ж*—*и* — руч. Молоковский.

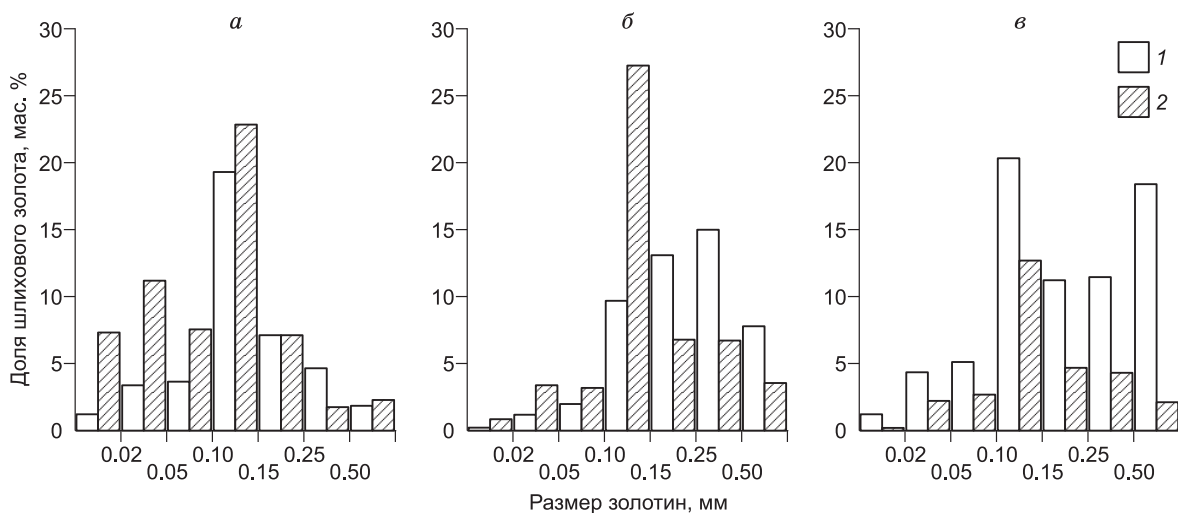
Мелкое и тонкое золото россыпей МТЗ представлено по большей части зернами комковидной морфологии, реже округлыми, чешуйчатыми или кристаллическими формами (рис. 7).

Характер поверхности золотинок — от гладкой до шероховатой. Зачастую на поверхности можно наблюдать ажурные новообразования золота (см. рис. 7, *д*), для которых в отличие от основного объема зерен типична очень высокая прощность. Часто такие зерна золота представлены сростками с гипергенными минералами (гидроксидами железа, глинистыми минералами и/или кварцем) и характеризуются очень высокой пробностью и наличием кристаллических форм.

Золотины микронной размерности имеют губчатую морфологию и микробугорчатую, оолитоподобную и микроботторoidalную скульптуру поверхности (см. рис. 7, *з*, *и*). Такие образования являются собой полусферические пористые формы, располагающиеся на поверхности золотинок. Подобные поверхности, скорее всего, представляют собой структуры роста новообразованного золота в россыпях [Жмодик и др., 2012]. В некоторых случаях эти полусферы деформированы в результате механической обработки в аллювиальных условиях. Золотины с микробугорчатой поверхностью, иногда с пластинками нарощего высокопробного золота, наблюдаются практически во всех рассматриваемых мелкозалегающих россыпях МТЗ. При этом прослеживается тенденция к увеличению доли такого гипергенного золота с ростом количества его тонкой фракции.

#### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОЛОТА В ВЕРТИКАЛЬНОМ РАЗРЕЗЕ

Геохимической особенностью изученных эталонных разрезов с тонким и мелким золотом является повышенная фоновая золотоносность вмещающих пород при вариациях содержаний от 1 до 140 мг/т и более. Результаты более чем тысячи атомно-абсорбционных анализов свидетельствуют, что аномальные содержания (10 и более мг/т при фоне 2—3 мг/т) и их максимальные значения тяготеют к нижнему



**Рис. 8. Количество шлихового золота, извлеченного с помощью СКО-1 (1) и концентратора Итомак (2), по золотоносным горизонтам:**

*а* — глубина 0.2—6.5 м, *б* — от 5.5 до 12.0 м, *в* — более 15.0 м.

уровню надмерзлотных вод многолетнего сезонного активного горизонта. В глинистом заполнителе аллювия максимальные содержания золота приурочены к классу крупности 10—50 мкм.

По глубине залегания продуктивного пласта по данным пробирного и шлихового анализов довольно четко выделяются три-четыре горизонта с кондиционными содержаниями золота. Мелкозалегающие первый и второй горизонты находятся в деятельном слое на глубине 0.2—6.5 м. Третий горизонт — на глубинах от 5.5 до 12.0 м — совмещен с зоной таликовых вод, а четвертый законсервирован многолетней мерзлотой на глубине более 15 м в тальвеге палеодолины р. Чина и ее притоков.

Первый приповерхностный золотоносный горизонт со значительным количеством гумуса распространен ограниченно на плотике, представленном уплотненной желтой глиной, играющей роль водоупора под торфяником или почвенно-растительным слоем на глубине 0.2—0.5 м.

Неоднократно описаны находки крупных золотинок и самородков сразу же под растительным слоем или на небольшой глубине. К примеру, в записке М.Д. Урусова и А.С. Халтанова по обоснованию добычи золота в 2005 г. на участке Сивокон приведены данные о том, что при проходке водосливной канавы с правого борта полигона торфяную жижу пропускали через промприбор. Над «речником» обнаружился ложный плотик с лежащим на нем золотоносным пропластком (50 см), при промывке которого было встречено три самородка весом 194, 120 и 93 г. Там же присутствовало мелкое и тонкое золото. Геологом Б.И. Хлебниковым было проведено бортовое опробование разреза следующего вида: торфяник — 1 м, золотоносный горизонт — 0.5 м, ложный плотик — 1 м, основной пласт — 1.5 м. Результат опробования показал, что в торфянике присутствует крупное золото, а в основном пласте — и крупное, и мелкое.

Второй мелкозалегающий наиболее продуктивный горизонт МТЗ приурочен к нижней границе надмерзлотных вод палеодолин. Вмещающие его голоценовые гравийно-галечные отложения с глинистым заполнителем обогащены гидроксидами железа, что придает им вид желтых разрезов [Шелковников, Дорошкевич, 2004]. Желтизна разрезов является следствием окисления главным образом пирита, тонкая вкрапленность которого наблюдается в рассланцованных породах плотика (черные сланцы, углеродсодержащие карбонатные породы, гранитоиды).

В этом горизонте на долю золота фракции  $-0.15$  мм приходится более 75 мас. %. Меньшая часть золота извлекается на концентрационном столе СКО-1, большая — только с помощью центробежного концентратора Итомак (рис. 8, *а*).

Третий и четвертый (глубокозалегающие) горизонты в большинстве случаев локализованы в палеодолинах и характеризуются высокими содержаниями золота среднего и крупного гранулометрических классов. Но и в этом случае без применения в технологической схеме концентратора Итомак потери золота могут составить около 50 мас. % в третьем горизонте и почти 20 мас. % в четвертом (см. рис. 8, *б*, *в*).

В общем в россыпях палеодолин с глубиной наблюдается увеличение доли средних и крупных классов золота от 3.9 до 20.4 мас. %, а мелкозалегающие нетрадиционные россыпи категории МТЗ сменяются глубокозалегающими традиционными россыпями (см. рис. 2, разрезы).

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Приведенный выше фактический материал свидетельствует о том, что формирование россыпей Чининской впадины протекало по двум взаимосвязанным геолого-генетическим моделям: гипергенного рудообразования [Калинин, Росляков, 2004] и россыпеобразования [Нестеренко, 1977; Шило, 2000]. Представляется целесообразным обсудить следующие вопросы: 1) источники мелкого и тонкого золота россыпей; 2) механизм высвобождения золота из источника; 3) механизм, пути и формы миграции; 4) концентрирование тонкого и мелкого золота в россыпях Чининской впадины.

**Источники мелкого и тонкого золота россыпей.** Известно, что в формировании россыпей любого генетического и промышленного типов в качестве источников могут быть: эндогенные месторождения и ореолы; развитые по ним коры выветривания; разнообразные промежуточные коллекторы. Все они участвуют в образовании нетрадиционных россыпей Чининской впадины.

В качестве эндогенных источников можно допускать и широко распространенные во впадине золотосодержащие минерализованные зоны, где золото находится в виде тонкодисперсных включений в сульфидах, чаще всего в пирите и арсенопирите [Ковалев и др., 2011]. По левобережью р. Ципикан, на склонах долин Якша-2, Ныроки, в верховье р. Чина развиты площадные коры выветривания, трассируемые вторичными ореолами рассеяния, оконтуренные по изоконцентрации золота 0.01 г/т. Они при благоприятных условиях тоже могут быть источником питания для голоценовых близповерхностных россыпей. В этих ореолах золоту сопутствуют Mo, W и повышенная до 210 мкР/ч радиоактивность. В то же время развитые в Чининской впадине жильная золотокварцевая и золотоскарновая минерализации являются источником металла традиционных аллювиальных россыпей.

**Механизм высвобождения золота.** Голоценовые россыпи нетрадиционного типа развивались и продолжают формироваться в регионально-устойчивой криогенной обстановке, где, по Н.А. Шило [2000], в высвобождении самородного золота в наибольшей степени играет роль морозное выветривание. В качестве главного экзогенного фактора в преобразовании пород и руд выступают процессы, связанные с сезонным оттаиванием активного слоя, характеризующегося следующими особенностями [Птицын и др., 2009]: активное выщелачивание сульфидов, способствующее хемогенному высвобождению из них золота; механическое дробление пород и минералов в надмерзлотной зоне колебаний температуры вследствие морозного растрескивания; механическое дробление пород и минералов при гравитационно-солифлюкционном транспорте склоновых отложений и их накоплении в активном слое области аккумуляции; повышенная физико-химическая активность надмерзлотных вод, способствующая увеличению в них растворимых концентраций золота и других рудообразующих микрокомпонентов [Летников и др., 1976; Плюснин и др., 1979]. В итоге, несмотря на то, что в криогенной обстановке Чининской впадины голоценовая кора химического выветривания отсутствует, надмерзлотные воды служат сезонным коллектором для растворенных металлов, в том числе высвобожденных за счет десорбции из рыхлых склоновых и пойменных отложений [Погребняк..., 1989].

**Механизм, пути и формы миграции золота.** Формирование голоценовых нетрадиционных россыпей совместно с традиционными неоген-плейстоценовыми происходило с участием, по меньшей мере, пяти осадочных циклов: неогеновый, ниже-, средне-, верхнечетвертичный и голоценовый. В начальную стадию каждого доголоценового цикла на поверхностях выравнивания развивалась кора выветривания, а в области континентальной аккумуляции отлагались осадочные толщи озерно-болотных и аллювиальных фаций, в которые поступало золото, выносимое из образующегося профиля коры выветривания на глинистых частицах или в водно-растворимой форме [Росляков, 1981, 1984]. При благоприятных условиях это золото способно концентрироваться в нижних слоях осадочной толщи данного эрозионного цикла и формировать обогащенные горизонты с водородным металлом. В завершающий этап осадочного цикла происходила денудация горизонтов вторичного золотого обогащения кор выветривания, где золото находилось как в глинистой фракции, так и в более крупных фракциях элювия, с которыми транспортировалось в область аккумуляции осадков. Оно вместе с кластогенным материалом накапливалось в верхней стратиграфической части осадочного цикла и формировало россыпи. В этот эрозионный этап обнажаются эндогенные золотосодержащие источники, также поставляющие в осадочную толщу кластогенное и хемогенное золото. Анализ опубликованных материалов [Древние..., 1977; Савва, Прейс, 1990] дает основание полагать, что по такому сценарию развивались, если не все, то большинство россыпей, коренные источники которых прошли стадию длительного преобразования в условиях кор химического выветривания.

В криогенных голоценовых условиях доминирует гравитационный транзит частиц золота вместе со склоновыми осадками из эрозионной зоны в зону аккумуляции. В механическом концентрировании этих частиц ведущее место занимает гравитационная дифференциация, особенно в местах сочленения пойм со склонами. В надмерзлотных водах активного слоя золото, рассеянное в породообразующих минералах и остаточных сульфидах, переходит в водный раствор одновременно с их конгруэнтным

(кальцит, доломит, сульфиды) или инконгруэнтным (полевои шпат, плагиоклазы, роговая обманка) растворением и перераспределяется между жидкой и новообразующейся твердой фазами в пропорциях, определяемых характером геохимической среды [Дутова и др., 2006]. Формы миграции истинно растворенного золота, фоновое содержание которого в речных водах Витимского плоскогорья близко к 4.3—5.5 нг/л [Погребняк, 1983], контролируются характеристиками вод и водоносного субстрата.

На основе новых экспериментально полученных констант устойчивости комплексов  $AuL_{2aq}^- = 15.1$  лог. ед. и  $Au(OH)_{2aq}^- = 13.7 \pm 0.5$  лог. ед. при 25 °С и 1 атм. [Мионов, Белеванцев, 2005], с учетом локальности и частичности соответствующих наборов значимых химических равновесий [Росляков и др., 2005], проанализированы ситуации типовых вероятных форм миграции истинно растворенного золота в зависимости от характеристики вод золоторудных полей Забайкалья [Плюснин, Гунин, 2001]. Расчеты показали, что подвижность золота значительно более высокая, чем Al, Ti, Mn, Fe, K, ближе к Si, но существенно ниже Na, Mg и Ca. В наиболее распространенных слабощелочных и нейтральных гидрокарбонат-кальциевых и сульфатно-кальциевых водах зоны аэрации главная форма миграции золота представлена комплексом  $AuOHCl^-$ . С понижением pH и Eh качественный состав комплексов золота более разнообразный. В восстановительных условиях, в кислых средах сульфатных растворов преобладающими являются серосодержащие комплексы золота. При смене восстановительных условий на окислительные комплексы золота, содержащие серу, переходят в гидроксокомплексы, растворимость золота падает и происходит почти полное его выделение в форме  $Au^0$  [Пальянова и др., 2012].

Крупное золото, обладающее химической инертностью и попавшее в россыпи при разрушении гипогенных источников, в большинстве случаев не является существенным источником растворенной составляющей, однако в среде рыхлых отложений оно становится центром минералообразования для гидрогенного золота. В этом процессе между новообразованным и гипогенным золотом, в силу тесного химического сродства, формируются прочнейшие связи, каких золото не образует с другими минералами.

**Концентрирование тонкого и мелкого золота.** Воды с концентрацией золота в 3—4 нг/л уже способны к его выведению из раствора и новообразованию твердой металлической формы. Осаждение благородного металла происходит одновременно с общей гидрогенно формирующейся массой вторичных минеральных образований, характерных для той или иной стадии взаимодействия воды с породами. От истока к устью водотока интенсивность этого процесса возрастает, что повышает роль тонкого и дисперсного золота в мелкозалегающей россыпи и косвенно свидетельствует об увеличении в этом направлении роли сорбции золота над его десорбцией. Присутствие в золоте разностадийных включений глинистых и вторичных рудных минералов служит надежным критерием его концентрирования в процессе голоценового россыпеобразования. Механизм осаждения золота в криогенных условиях проявлялся в виде интерстиционного заполнения межобломочного микропространства в аллювии [Наумов и др., 2010]. Проникая в глубь деятельного слоя и осаждаясь на геохимических барьерах, золото повышает продуктивность торфов глубокозалегающей россыпи, одновременно играющих роль ложного плотика у мелкозалегающей молодой россыпи МТЗ.

Для реализации процессов гидрогенного концентрирования золота в мелкозалегающих россыпях должны быть хорошо выраженные геохимические барьеры, способствующие протеканию реакций разложения растворенных комплексных соединений золота и осаждения его новых гидрогенных форм. Изучение реальных природных объектов показывает, что накопление тонкого золота в деятельном слое вечной мерзлоты, скорее всего, связано с гидрогенным рудообразующим процессом зоны пластового и грунтового окисления, как это имеет место на урановых месторождениях Витимского плоскогорья [Машковцев и др., 2008]. В частности, в современных гидроксидах железа, выпавших при отстаивании карьерной воды Талойской россыпи, установлено 0.01 г/т золота и 0.3 г/т серебра.

Важное значение имеет совокупность долгоживущих геохимических барьеров: биогенного и восстановительного в основании торфяника и почвенно-растительного слоя; электрохимического — в участках инфильтрации надмерзлотных вод в золотоносном аллювии; щелочного, кислого, сорбционного — в горизонте смешивания надмерзлотных вод пойм с менее минерализованными и более активными в физико-химическом отношении надмерзлотными водами склонов, как и нисходящих вод деятельного слоя с восходящими таликовыми водами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В широко распространенных нетрадиционных мелкозалегающих россыпях Чининского бассейна на долю мелкого, тонкого и дисперсного золота приходится 30—90 %. В его составе существенная роль принадлежит гидрогенному золоту, образованному в надмерзлотной зоне пластового окисления, тяготеющего к нижней границе сезонного оттаивания многолетней мерзлоты. В палеодолинах р. Чина и ее крупных притоков с глубиной наблюдается увеличение содержания средних и крупных классов золота

от 3.9 до 20.4 мас. %, и мелкозалегающие нетрадиционные россыпи МТЗ сменяются глубокозалегающими традиционными россыпями.

Образование нетрадиционных россыпей определено постледниковым голоценовым этапом геолого-геоморфологического развития территории и контролируется условиями активного слоя многолетней мерзлоты. В аэробной обстановке надмерзлотные воды формируют зону пластового окисления, гидроксиды железа которой придают водоносным породам красноцветные тона. В палеодолинах бассейна р. Чина такие золотоносные горизонты нередко залегают на ложном доледниковом плотике и совместно с традиционными россыпями относятся к желтым разрезам.

В концентрировании тонкого и мелкого золота с образованием россыпей МТЗ важную роль играют долгоживущие геохимические барьеры: биогенный, восстановительный, электрохимический, сорбционный и др. Их воздействие контролирует накопление золота непосредственно под торфяниками и почвенно-растительным слоем. Плотиком для приповерхностных россыпей МТЗ служат локально распространенные глинистые и глинисто-илистые горизонты в верхней части активного слоя.

Смешивание надмерзлотных склоновых вод с надмерзлотными водами пойм служит благоприятным фактором образования по периферии пойм, линейно ориентированных по направлению истечения вод струйчатых залежей. Вероятно, в случае, когда солифлюкционные осадки спускаются из эрозионной зоны в зону аккумуляции по склону, определенную роль играет гравитационный барьер. На стыке такого склона с выровненной поймой транзит осадков затормаживается, и при их отложении начинают действовать законы гравитационной дифференциации. Особую роль в них мы отводим свободному легкоподвижному тонкому, а также мелкому уплощенному золоту, имеющему низкую (< 10 см/с) гидравлическую крупность.

Перспективными в отношении нетрадиционных россыпей выглядят отложения аллювия тектонических мезозойско-кайнозойских впадин, подобных Чининской. Среди благоприятных факторов формирования и критериев оценки таких объектов мы выделяем:

— развитие объемных питающих источников: золоторудной, преимущественно углерод- и сульфидсодержащей минерализации, эндогенных и экзогенных ореолов рассеяния с тонким и невидимым золотом;

— мелкообломочный, высокоглинистый состав толщ аллювиальных или аллювиально-делювиальных отложений; развитие широких пойм и склонов, перекрытых слабозолотоносными современными рыхлыми отложениями; линии сочленения пойм с делювиально-солифлюкционными склонами;

— повышенную мощность активного надмерзлотного слоя и выдержанность его во времени и в пространстве на фоне вечномерзлых пород;

— наличие в низах надмерзлотных вод и в криогенно законсервированных в палеодолинах горизонтов пластового окисления с накоплением гидроксидов трехвалентного железа, придающего современным россыпемещающим рыхлым отложениям желтую и красноцветную окраску.

Поисковая важность находок специфических морфологических разновидностей гидрогенного золота заключается в том, что перераспределение и новообразование золота могут быть только там, где есть чему перераспределяться, т.е. вторичное золото является критерием нахождения на поверхности коренной золоторудной минерализации с потенциально миграционноспособным металлом.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 10-05-01021, 10-05-00677, 12-05-01164).

#### ЛИТЕРАТУРА

**Базаров Д.-Д.Б.** Кайнозой Прибайкалья и Западного Забайкалья. Новосибирск, Наука, 1986, 182 с.

**Дорошевич Г.И., Кирсанова Н.И.** Общая характеристика золотоносных россыпей // Золото Бурятии. Кн. 1. Улан-Удэ, Изд-во БНЦ СО РАН, 2004, с. 428—434.

**Древние** и погребенные россыпи СССР / Ред. Н.П. Семенов. Ч. 2. Киев, Наук. думка, 1977, 201 с.

**Дутова Е.М., Букаты М.Б., Неволько А.И., Покровский Д.С., Шварцев С.Л.** Гидрогенное золото в аллювиальных россыпях Егорьевского района (Салаир) // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (3), с. 364—376.

**Еникеев Ф.И., Старышко В.Е.** Гляциальный морфогенез и россыпеобразование Восточного Забайкалья. Чита, ЧитГУ, 2009, 370 с.

**Жмодик С.М., Миронов А.Г., Михлин Ю.Л., Таусон В.Л., Спиридонов А.М., Аношин Г.Н., Белянин Д.К., Митькин В.Н., Титов А.Т., Росляков Н.А., Нестеренко Г.В., Калинин Ю.А., Немировская Н.А., Зайковский В.И., Мороз Т.Н., Заякина С.Б., Карманов Н.С., Айриянц Е.В.** Наночастицы благородных металлов в зоне гипергенеза // Геология рудных месторождений, 2012, т. 54, № 2, с. 168—183.

- Калинин Ю.А., Росляков Н.А.** Модель гипергенного переноса и концентрирования тяжелых металлов // Сибирский экологический журнал, 2004, № 6, с. 803—813.
- Кириллов М.В.** Типоморфные особенности самородного золота Баунтовского рудно-россыпного района (Республика Бурятия): Автореф. дис. ... к.г.-м.н. Новосибирск, ИГМ СО РАН, 2009, 16 с.
- Ковалев К.Р., Калинин Ю.А., Наумов Е.А., Колесникова М.К., Королюк В.Н.** Золотоносность арсенопирита золото-сульфидных месторождений Восточного Казахстана // Геология и геофизика, 2011, т. 52 (2), с. 225—242.
- Колдышева Р.Я.** Типы многолетнемерзлых пород на территории Бурятской АССР // Методика гидрогеологических исследований и ресурсы подземных вод Сибири и Дальнего Востока. М., Наука, 1966, с. 88—98.
- Летников Ф.А., Кашеева Т.В., Минцис А.Ш.** Активизированная вода. Новосибирск, Наука, 1976, 136 с.
- Логачев Н.А., Антошенко-Оленев И.В., Базаров Д.Б., Галкин В.И., Голдырев Г.С., Ендрихинский А.С., Золотарев А.Г., Сизиков А.И., Уфимцев Г.Ф.** Нагорья Прибайкалья и Забайкалья. М., Наука, 1974, 360 с.
- Максимова Л.Н., Перльштейн Г.З., Романовский Н.Н.** О влиянии надмерзлотных вод на сезонное оттаивание отложений // Методика гидрогеологических исследований и ресурсы подземных вод Сибири и Дальнего Востока. М., Наука, 1966, с. 61—69.
- Машковцев Г.А., Мигуда А.К., Щеточкин В.Н.** Минерально-сырьевая база и производство урана в Восточной Сибири и Дальнем Востоке // Минеральные ресурсы. Экономика и управление, 2008, № 1, с. 45—52.
- Методика разведки россыпей золота и платиноидов /** Под ред. И.Б. Флерова, В.И. Куторгина. М., Изд-во ЦНИГРИ, 1992, 288 с.
- Миронов И.В., Белванцев В.И.** О гидроксокомплексах золота (I) в водных средах // ЖХН, 2005, т. 50, № 7, с. 1210—1216.
- Морозова Н.С., Росляков Н.А., Кириллов М.В.** Новые данные о золоте в «желтых разрезах» Витимского плоскогорья // Россыпи и месторождения кор выветривания: современные проблемы исследования и освоения. Новосибирск, Апельсин, 2010, с. 464—468.
- Наумов В.А., Казымов К.П., Осовецкий Б.М., LeBarge W.** Кристалломорфология и химический состав золота ледниковой области развития россыпей территории Юкон (Канада) // Вестн. Перм. ун-та, 2010, вып. 1(9), с. 24—32.
- Нестеренко Г.В.** Происхождение россыпных месторождений. Новосибирск, Наука, 1977, 312 с.
- Пальянова Г.А., Кох К.А., Сереткин Ю.В.** Сульфидные и самородные формы золота и серебра в системе Fe—Au—Ag—S // Геология и геофизика, 2012, т. 53 (4), с. 450—460.
- Плюснин А.М., Гунин В.И.** Природные гидрогеологические системы формирования химического состава и реакция на техногенное воздействие (на примере Забайкалья). Улан-Удэ, Изд-во БНЦ СО РАН, 2001, 138 с.
- Плюснин А.М., Погребняк Ю.Ф., Татьянакина Э.М.** Влияние криогенных процессов на формирование водных потоков рассеяния золота // Докл. АН СССР, 1979, т. 247, № 3, с. 700—703.
- Поверхности выравнивания.** Материалы к IX Пленуму Геоморфологической комиссии АН СССР / Ред. Д.А. Тимофеев. Иркутск, 1970, вып. 1, 110 с; вып. 2, 136 с.
- Погребняк Ю.Ф.** Золото в природных водах Забайкалья. М., Наука, 1983, 54 с.
- Погребняк Ю.Ф., Кондратенко Л.А., Лапердина Т.Г., Чащина Н.М.** Рудные элементы в водах зоны гипергенеза месторождений Забайкалья. Новосибирск, Наука, 1989, 203 с.
- Птицын А.Б., Абрамова В.А., Маркович Т.И., Эпова Э.С.** Геохимия криогенных зон окисления. Новосибирск, Наука, 2009, 88 с.
- Росляков Н.А.** Геохимия золота в зоне гипергенеза. Новосибирск, Наука, 1981, 239 с.
- Росляков Н.А.** Поведение золота при корообразовании и осадконакоплении // Эволюция осадочного рудообразования в истории Земли. М., Наука, 1984, с. 142—149.
- Росляков Н.А., Белванцев В.И., Калинин Ю.А.** Гипергенное золото в марганцевоносных корах выветривания // Геохимия, 2005, № 9, с. 1015—1018.
- Савва Н.Е., Прейс В.К.** Атлас самородного золота Северо-Востока СССР. М., Наука, 1990, 293 с.
- Третьяков А.В., Гутермахер Д.М.** Особенности россыпных месторождений золота Баунтовского района Республики Бурятия // Геология и охрана недр, 2008, № 3, с. 49—54.
- Флоренсов Н.А.** Мезозойские и кайнозойские впадины Прибайкалья. М., Л., Изд-во АН СССР, 1960, 259 с.

**Цыганков А.А., Литвиновский Б.А., Джань Б.М., Рейков М., Лю Д.И., Ларионов А.Н., Пресняков С.Л., Лепехина Е.Н., Сергеев С.А.** Последовательность магматических событий на позднепалеозойском этапе магматизма Забайкалья (результаты U-Pb изотопного датирования) // Геология и геофизика, 2010, т. 51 (9), с. 1249—1276.

**Шварцев С.Л.** Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М., Недра, 1998, 366 с.

**Шелковников М.Ф.** Месторождение Рудная Горка // Золото Бурятии. Кн. 1. Улан-Удэ, Изд-во БНЦ СО РАН, 2004, с. 267—274.

**Шелковников М.Ф., Дорошкевич Г.И.** Проблемы «тонкого» золота в кайнозойских рыхлых отложениях. Золотоносность «желтых» разрезов // Золото Бурятии. Кн. 1. Улан-Удэ, Изд-во БНЦ СО РАН, 2004, с. 451—464.

**Шило Н.А.** Учение о россыпях. М., Изд-во «Академия горных наук», 2000, 632 с.

**Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Ковач В.П., Козаков И.К., Сальникова Е.Б.** Геодинамика формирования каледонид Центрально-Азиатского складчатого пояса // ДАН, 2003, т. 389, № 3, с. 354—359.

*Рекомендована к печати 23 ноября 2012 г.  
А.С. Борисенко*

*Поступила в редакцию 14 марта 2012 г.,  
после доработки — 4 сентября 2012 г.*