

ВЕСЬМА МЕЛКОЕ И ТОНКОЕ ЗОЛОТО В РОССЫПЯХ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ

И.С. Литвиненко

Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН, г. Магадан

Поступила в редакцию 18 июня 2006 г.

На основе данных по опробованию с помощью винтового сепаратора и шлюза золотоносных рыхлых отложений (более 2000 проб) и материалов других исследователей рассмотрены основные закономерности миграции и концентрации весьма мелкого и тонкого золота в ходе общего развития россыпеобразовательных процессов на Северо-Востоке России. Оценены уровень концентраций и масштабы проявления такого металла в различных генетических типах россыпей. Наиболее оптимальные условия для высвобождения и концентрации весьма мелкого и тонкого золота в россыпях на Северо-Востоке России существовали при формировании иллювиально- и аллювиально-остаточных россыпей в палеоген-миоценовый период развития орогенных морфоструктур региона. Их преобразование в ходе склоновых и аллювиальных процессов в плиоцен-четвертичную стадию тектонической активизации с формированием склоновых и аллювиальных россыпей в современных речных долинах сопровождалось преимущественно рассеиванием мелких фракций металла. Собственно же процесс образования россыпей с весьма мелким и тонким золотом в условиях перигляциального литогенеза плиоцен-четвертичной стадии тектонической активизации (в результате вскрытия и разрушения в этот период коренных источников), в силу ничтожной степени высвобождения такого металла под действием физического выветривания, имеет весьма ограниченное проявление и масштабы. Практический интерес с позиции весьма мелкого и тонкого золота на Северо-Востоке России представляют остаточные, элювиально-склоновые и пластовые аллювиальные россыпи долин низких (и отчасти средних) порядков с коренными источниками золотосодержащей медно-порфировой, золото-кварц-сульфидной и сходных с ними по россыпеобразующим свойствам формаций, а также участков развития прожилково-штокверкового оруденения золото-кварцевой формации. Содержание весьма мелкого и тонкого золота в таких россыпях составляет до нескольких г/м³. Как перспективные объекты могут рассматриваться россыпи констративных толщ грабен-долин (долин-впадин), а также пойменные и косовые россыпи на участках развития оруденения площадного характера с высоким содержанием в рудах зерен золота размером менее 0.25 мм.

Ключевые слова: весьма мелкое, тонкое золото, россыпи, россыпеобразовательные процессы, Северо-Восток России.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с отработкой традиционных типов россыпных месторождений в последнее время все большее внимание привлекают природные скопления весьма мелких (0.1–0.25 мм) и тонких (менее 0.1 мм) частиц золота в рыхлых отложениях различного генезиса. При этом речь идет как о выявлении самостоятельных типов россыпей с преимущественно мелким (менее 0.25 мм) размером зерен полезного компонента, так и об оценке этих фракций металла в уже известных, активно эксплуатируемых россыпях и продуктах их отработки.

На Северо-Востоке России наибольший интерес вызывает вопрос о возможности присутствия повышенных концентраций весьма мелкого и тонкого золота в аллювиальных пластовых россыпях, играющих ведущую роль во всех россыпных районах и узлах. Выполненные автором на протяжении многих лет работы по опробованию с помощью винтового сепаратора и шлюза золотоносных рыхлых отложений (более 2000 проб) в совокупности с материалами других исследователей позволяют высказать представления об основных закономерностях миграции и концентрации весьма мелкого и тонкого золота в ходе общего развития россыпеобразовательных про-

цессов в рассматриваемом регионе и оценить уровень концентраций и масштабы проявления такого металла в различных генетических типах россыпей. Исходя из выявленных запасов золота в пластовых россыпях и доли золотин размером менее 0.25 мм в рудах коренных источников, проведена также оценка общего количества весьма мелкого и тонкого золота в рыхлых отложениях по золотоносным районам и узлам (рис. 1).

ОСТАТОЧНЫЕ РОССЫПИ

Работами автора [7, 9 и др.] на примере россыпных месторождений Олойской складчатой зоны, Приколымского поднятия, Яно-Колымской складчатой системы установлено, что формирование россыпей на Северо-Востоке России происходило непрерывно в течение единой кайнозойской эпохи россыпеобразования, в которой выделяются два основных этапа, резко различающихся по условиям высвобождения, миграции и концентрации золота в сфере континентального литогенеза.

Ведущую роль в формировании россыпных концентраций играл этап, связанный с палеоген-миоценовыми стадиями тектонической активизации орогенных морфоструктур (развивавшихся в этот период в режиме денудационных поднятий [7]), который выражался в образовании на междуречных пространствах иллювиально-остаточных, а в днищах долин аллювиально-остаточных россыпей (рис. 2). Они формировались в обстановке длительных медленных дифференцированных тектонических движений в условиях теплового влажного климата и унаследованного развития гидросети в результате активного химического выветривания коренных источников, развивавшегося синхронно с эрозионными и денудационными процессами. Это определяло, в условиях свободной циркуляции грунтовых вод вниз по направлению погружения рудных тел и плавного прогрессивного развития зоны окисления за счет понижения уровня эрозии, высокую степень гипергенной переработки руд и высвобождения всех форм и типов золота. Перераспределение высвобождающегося золота в нижние горизонты формирующейся зоны окисления (в связи с чем оно практически исключалось из прямого воздействия аллювиальных и склоновых процессов, в ходе которых удалялся незолотоносный материал), вынос значительной части продуктов выветривания золотомещающих пород в виде растворов и суспензий являлись главными факторами литогенетического механизма образования россыпных концентраций.

Сравнительный анализ типоморфных свойств самородного золота (морфометрических характерис-

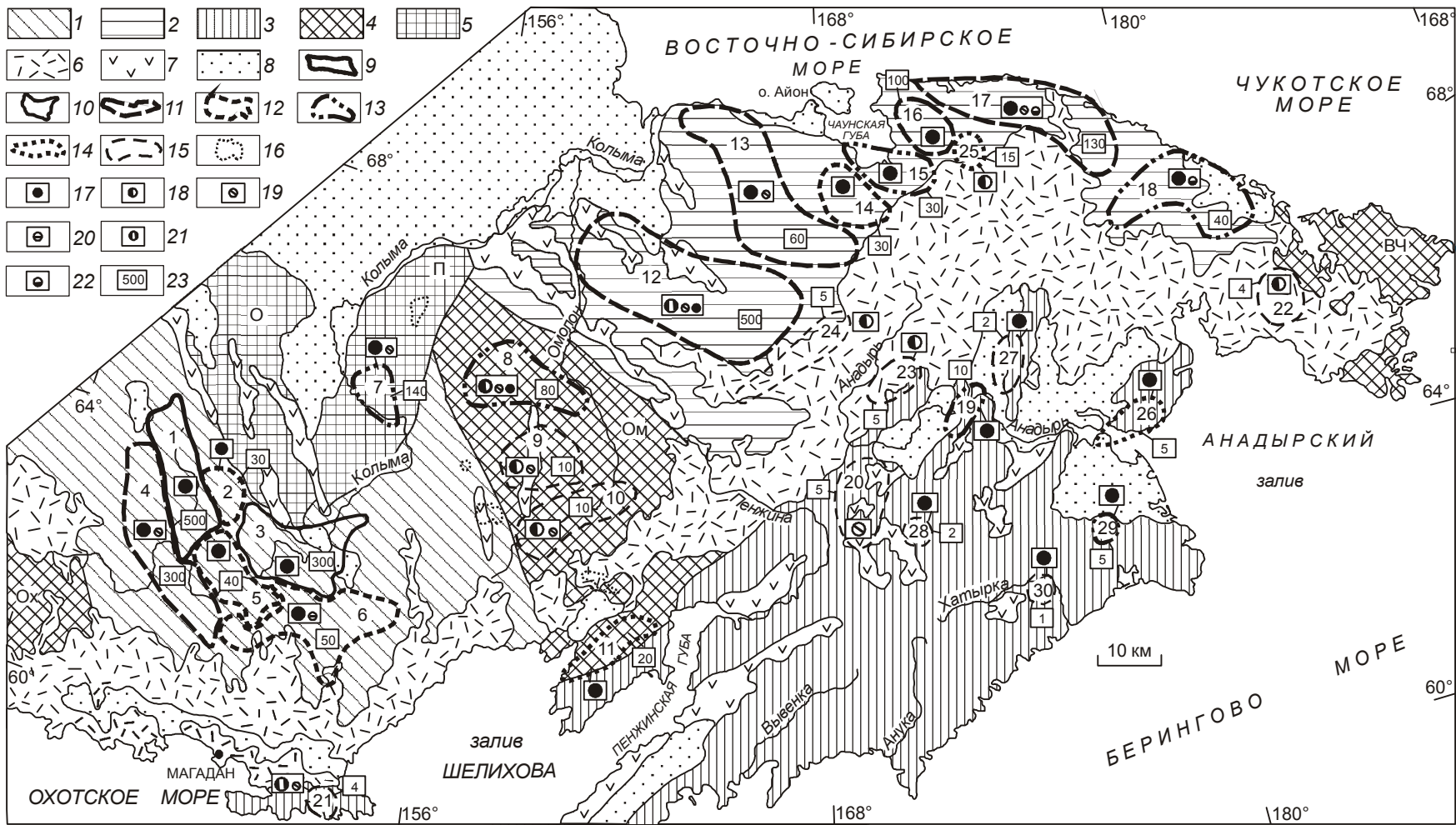
тик, внутреннего строения и состава золотин) рудных проявлений центральной Колымы, Чукотки и Приколымского поднятия и реликтовых частей связанных с ними иллювиально-остаточных концентраций показывает, что в иллювиально- и аллювиально-остаточных россыпях, связанных с малосульфидными преимущественно кварцевыми рудными телами, основным являлся механический тип концентрации золота: за счет проседания вниз и переноса грунтовыми водами. При формировании иллювиально- и аллювиально-остаточных россыпей, связанных с проявлениями золото-кварцевой формации со сложным составом руд (минерализованные дайки, жильные зоны), а также с рудными телами золото-кварц-сульфидной, медно-порфировой и других сходных с ними по россыпеобразующим свойствам формаций процесс высвобождения золота сопровождался переводом части его в раствор, а механизм концентрации золота носил не только механический, но и хемогенный характер.

Длительный характер проявления дифференцированных тектонических движений в палеоген-миоценовые стадии развития орогенных морфоструктур (десятки миллионов лет) определил значительную величину денудационного среза рудных систем, а связанное с ними постоянное понижение уровня эрозии обусловило многоактность процесса концентрирования золота в постоянно и прогрессивно развивавшихся зонах окисления с формированием в них достаточно локализованных золотоносных пластов иллювиально- и аллювиально-остаточных россыпей.

Механизм формирования иллювиально- и аллювиально-остаточных россыпей предопределял накопление наряду с крупными мелкими фракциями золота. При этом в подзоне гипергенного золотого обогащения происходило не только накопление первичного (гипогенного) весьма мелкого и тонкого золота, но и осаждение преимущественно в виде субмикроскопических частиц вторичного (гипергенного) золота [13, 14].

В последующую плиоцен-четвертичную стадию тектонической активизации орогенных морфоструктур, в связи с возросшей интенсивностью тектонических движений, произошло преобразование в ходе склоновых и аллювиальных процессов иллювиально- и аллювиально-остаточных концентраций золота с формированием склоновых и аллювиальных пластовых россыпей в современных речных долинах.

В морфоструктурах, развивавшихся в плиоцен-четвертичный период тектонической активизации как интенсивные устойчивые поднятия, иллювиаль-



но- и аллювиально-остаточные россыпи были практически полностью денудированы. В морфоструктурах слабых и умеренных прерывистых поднятий и инверсионного развития сохранились их незначительные реликты в виде “карманов” и западин, выполненных дресвяно-песчаным или мелкощебнисто-дресвяным материалом рудных тел с охристо-глинистым заполнителем.

Наиболее высокие содержания весьма мелкого и тонкого золота в сохранившихся реликтах иллювиально- и аллювиально-остаточных россыпей отмечаются на участках распространения богатого золотого оруденения со сложным составом руд и высокой долей в них мелких фракций металла. Так, в реликтах иллювиально-остаточной россыпи на золотосодержащем молибден-медно-порфировом рудопроявлении Дальний (Больше-Ануйский рудно-россыпной район) содержания весьма мелкого и тонкого золота достигают 8.7 г/м^3 при его доли в общем балансе металла 87.4 %. В глинистом материале коры выветривания рудных тел с золото-серебряным оруденением месторождения Сопка Рудная (Паляваамский рудно-россыпной узел), по данным лоткового опробования, содержания металла менее 0.25 мм составляли до 6 г/м^3 при его выходе 50.2 %, а с учетом данных пробирного анализа хвостов промывки достигали 24 г/м^3 (при его доле 80.1 %) [17]. В реликтах остаточных россыпей, формировавшихся за счет месторождений золото-кварцевой формации, наибольшие концентрации весьма мелкого и тонкого золота отмечаются над рудными телами с прожилково-вкрапленным оруденением (жильные зоны). В релик-

тах иллювиально-остаточной россыпи над рудным телом № 1 месторождения Павлик (Кулино-Тенькинский район) содержание зерен менее 0.25 мм составляет до 4.5 г/м^3 при их выходе 46.2 %, а в аллювиально-остаточной россыпи в днище долины руч. Глухариный (Шаманиха-Столбовской район) – 6.8 г/м^3 при их доле 97.7 %. Над кварцевыми жилами количество весьма мелкого и тонкого золота в остаточных россыпях не превышает 10.5 %, а его содержание – 1.4 г/м^3 .

В среднем количество весьма мелкого и тонкого золота в реликтах остаточных россыпей, характеризующихся, как правило, небольшим объемом рудной массы, составляет от первых процентов (над рудными телами золото-кварцевой формации) до 90 % при содержаниях в сотни г/м^3 и первые г/м^3 (таблица). Количество весьма мелкого и тонкого золота в отдельных объектах определяется килограммами – первыми десятками килограммов.

ЭЛЛЮВИАЛЬНО-СКЛОНОВЫЕ РОССЫПИ

В плиоцен-четвертичный период тектонической активизации в районах развития среднегорного и высокогорного рельефа на междуречных пространствах иллювиально-остаточные россыпи были практически полностью денудированы. Развитие процессов россыпеобразования на вершинных поверхностях и склонах выражается здесь во вскрытии и разрушении коренных источников в условиях перигляциального литогенеза, с накоплением высвободившихся частиц самородного золота преимущественно в щебневом элювиально-склоновом материале. Частицы золота, просеиваясь между обломками, сосредоточи-

Рис. 1. Схема россыпной золотоносности Северо-Востока России (использованы материалы тематических работ [1, 2, 6, 11, П.О. Генкин и др., 1973 г.]).

1–3 – Верхояно-Чукотская (Яно-Колымская (1), Чукотская (2) системы) и Корякско-Камчатская (3) складчатые области; 4 – Охотский (Ох), Омолонский (Ом), Восточно-Чукотский (ВЧ) срединные массивы; 5 – Омулеское (О) и Приколымское (П) поднятия; 6, 7 – Охотско-Чукотский вулканогенный пояс (6), прочие вулканогенные пояса и зоны (7); 8 – наложенные кайнозойские впадины; 9–15 – золотоносные районы и узлы, ранжированные по запасам (включая добытые) золота в пластовых россыпях (в т): более 1000 (9), 500–1000 (10), 100–500 (11), 50–100 (12), 10–50 (13), 5–10 (14) и менее 5 (15); 16 – золотоносные узлы с непромышленными пластовыми россыпями; 17–23 – формационные типы основных (крупный знак) и второстепенных (мелкий знак) коренных источников: 17 – золото-кварцевый, 18 – золото-серебряный, 19 – золото-кварц-сульфидный, 20 – золото-редкометалльный, 21–22 – золотоносные молибден-медно-порфировый (21) и вольфрам-оловорудный кварцево-грейзеновый (22); 23 – минимальная оценка количества весьма мелкого и тонкого золота, поступившего в рыхлые отложения при формировании пластовых аллювиальных россыпей (в тоннах).

Цифрами обозначены золотоносные районы: Берелехский (1), Мылгино-Дебинский (2), Таскано-Среднеканский (3), Кулино-Тенькинский (4), Бохапчино-Тыэллахский (5), Нерего-Буондинский (6), Шаманиха-Столбовской (7), Северо-Омолонский (8), Кедоно-Коркодонский (9), Южно-Омолонский (10), Тайгоносский (11), Больше-Ануйский (12), Мало-Ануйский (13), Раучуанский (14), Нетлин-Наглейнинский (15), Ичувеемский (16), Прибрежный (17), Восточно-Чукотский (18), Отроженский (19), Орловско-Куйбивеемский (20), Кони-Пьягинский (21) Эргувиемский (22), Мургальский (23), Верхнеяблонский (24) и золотоносные узлы: Паляваамский (25), Золотогорский (26), Пекульнейский (27), Ваежский (28), Кэнкэрэнский (29), Четкинваамский (30).



- 1 1
- 2 2
- 3 3
- 4 4
- 5 5
- 6 6
- 7 7
- 8 8
- 9 9

ваются в нижней, малоподвижной части разреза элювиально-склоновых отложений. Вследствие этого по мере денудации междуречных пространств в нижних частях разрезов элювиально-склоновых отложений идет накопление свободного золота. Хотя, как правило, в связи с очень незначительной степенью его высвобождения из руд и “растягиванием” формирующегося ореола вниз по склону, высоких содержаний металла в таких россыпях не отмечается.

Четкой дифференциации золота по крупности в этих условиях не происходит. Весьма мелкие и тонкие золотины, как и крупные, мигрируют в нижние горизонты. Ничтожная степень высвобождения золота [3, 4] является малоблагоприятным фактором для формирования в элювиально-склоновых отложениях значимых россыпных концентраций металла, особенно мелкой размерности. Содержания весьма мелкого и тонкого золота в таких россыпях очень низкие и не превышают первых мг/м^3 .

В районах низкогорного рельефа в ходе развития эрозионно-денудационных процессов в плиоцен-четвертичную стадию тектонической активизации орогенных морфоструктур на междуречных пространствах могли сохраниться нижние части иллювиально-остаточных россыпей. Некоторая часть из них располагается в реликтах зон окисления под элювиально-склоновыми образованиями (рассмотрены выше как остаточные россыпи), в большинстве же случаев они перешли в современные элювиальные и склоновые отложения. Сохранение в районах низкогорного рельефа нижних частей иллювиально-остаточных концентраций, относительно высокая степень высвобождения в условиях физического выветривания золота из руд, уже претерпевших до этого химическое воздействие, определили нахождение здесь наиболее богатых элювиально-склоновых россыпей [8, 10, 18].

Для гранулометрического состава элювиальных и склоновых отложений в таких районах характерно повышенное количество алеврито-глинистой фракции (менее 0.1 мм). Так, в элювиально-склоновой россыпи Дальняя (Больше-Ануйский район) ее содержание в рыхлых образованиях на вершинной поверхности составляет около 10–20 %. На склоновых частях доля алеврито-глинистой фракции в мелко-

щебневом горизонте достигает 60 %, составляя в среднем около 30 %. Повышенным содержанием тонкого материала характеризуются здесь и подстилающие его крупнощебневые образования (3.0–55.6 %), а также отложения дерново-почвенного горизонта (до 53.6 %).

В целом можно отметить, что особенности строения и состава элювиальных и склоновых отложений, развитых в районах низкогорного рельефа, свидетельствуют о значительном содержании в них реликтового материала кор химического выветривания и локальном сохранении на междуречных пространствах их корневых частей. Ведущую роль в формировании чехла рыхлых образований играют элювиальные процессы. Развитие склонов происходит главным образом за счет подповерхностного плоскостного смыва [8]. Денудация междуречных пространств осуществляется в результате выноса материала подповерхностными водами, стекающими на границе зоны талых и мерзлых пород, во взвешенном и растворенном состоянии. В отдельных случаях отмечается очень медленное массовое движение рыхлого материала в вязко-текучей консистенции [19]. Все это определяет особенности формирования россыпных концентраций в ходе развития элювиально-склоновых процессов.

Определенных закономерностей распределения свободного золота в пределах как элювиальных развалов рудных тел, так и склоновых отложений не устанавливается: повышенные содержания золота могут быть приурочены к любой части разреза как элювиальных, так и склоновых отложений. Это свидетельствует о том, что активной вертикальной миграции золота в разрезах элювиальных и склоновых отложений не происходит. Особенности распределения золота в разрезах определяются участием в элювиальных и склоновых образованиях золотоносного реликтового материала кор химического выветривания, а также процессами пучения и трещинообразования. Свободному перемещению зерен золота в нижние части разреза элювиальных и склоновых отложений препятствует присутствие заполнителя, особенно суглинистого состава. Поступившие с реликтовым материалом кор химического выветривания и высвобожденные в ходе современных элювиально-склоно-

Рис. 2. Принципиальная схема развития россыпеобразовательных процессов в речных долинах на Северо-Востоке России в кайнозойскую эпоху россыпеобразования.

1 – коллювий; 2, 3 – перстративный аллювий стадии равновесия (2), инстративный и субстративный аллювий стадий врезания и накопления аллювия (3) плиоцен-четвертичного периода тектонической активизации; 4 – аллювиальные образования доплиоценовых водотоков; 5 – кора выветривания; 6 – коренные породы; 7 – рудные зоны; 8 – зона окисления; 9 – россыпные концентрации золота.

Таблица. Количество весьма мелкого и тонкого золота в россыпях на Северо-Востоке России.

Геолого-геоморфологическая обстановка	Формационный тип коренного источника	Типы россыпей	Содержание весьма мелкого и тонкого золота	Ресурсы весьма мелкого и тонкого золота в отдельных проявлениях
Складчатые области	Золото-кварцевая формация, кварцево-жильный и дайковый типы	Остаточные (реликты зон окисления) Элювиально-склоновые	100n мг/м ³ – первые 1n г/м ³ 1n – первые 10n мг/м ³	1n – первые 10n кг 1n – 10n кг
		Аллювиальные: пластовые косовые пойменные констративных толщ наложенных впадин	1n – первые 10n мг/м ³ 1n мг/м ³ 1n мг/м ³ 1n мг/м ³	1n% от известных запасов 10n – 100n кг 1n – первые 10n кг 10n – 100n т
	Золото-кварцевая формация, прожилково-штоковерковый тип	Остаточные (реликты зон окисления) Элювиально-склоновые	100n мг/м ³ – первые 1n г/м ³ 100n мг/м ³	1n – 10n кг 1n – 10n кг
		Аллювиальные: пластовые косовые пойменные констративных толщ наложенных впадин	100n мг/м ³ 10n мг/м ³ 10n мг/м ³ 1n мг/м ³	15–35 % от известных запасов 10n – 100n кг 10n кг 10n – 100n т
	Золотоносная медно-порфировая, золото-кварц-сульфидная и др. формации	Остаточные (реликты зон окисления) Элювиально-склоновые	100n мг/м ³ 10n – первые 100n мг/м ³	1n – 10n кг 10n – 100n кг
Аллювиальные: пластовые косовые пойменные констративных толщ грабен-долин констративных толщ наложенных впадин		100n мг/м ³ – первые 1n г/м ³ 1n – 10n мг/м ³ 1n – 10n(первые 100n) мг/м ³ 10n – первые 100n мг/м ³ 1n мг/м ³	10–50 % от известных запасов 1n – первые 100n кг 1n – 10n кг 100n кг – первые 1n т 10n – 100n т	
Зоны тектономагматической активизации жестких структур	Золото-кварцевая формация, прожилково-штоковерковый тип	Остаточные (реликты зон окисления) Элювиально-склоновые	100n мг/м ³ 10n – первые 100n мг/м ³	1n – 10n кг 1n – 10n кг
		Аллювиальные: пластовые косовые пойменные констративных толщ грабен-долин констративных толщ наложенных впадин	10n – 100n мг/м ³ 1n – 10n мг/м ³ 1n – первые 10n мг/м ³ 100n мг/м ³ 1n мг/м ³	10–25 % от известных запасов 10n – 100n кг 1n – 10n кг 1n – 10n т 10n – 100n т
	Золото-серебряная, золото-кварц-сульфидная формации	Остаточные (реликты зон окисления) Элювиально-склоновые	100n мг/м ³ 10n – первые 100n мг/м ³	1n – 10n кг 1n – 10n кг
Аллювиальные: пластовые косовые пойменные		100n мг/м ³ – первые 1 г/м ³ 1n – 10n мг/м ³ 1n – 10n мг/м ³	30–50 % от известных запасов 10n – первые 100n кг 1n – 10n кг	
Вулкано-генные пояса	Золото-серебряная формация	Остаточные (реликты зон окисления) Элювиально-склоновые	100n мг/м ³ – первые 1 г/м ³ 10n мг/м ³ – первые 1 г/м ³	1n – 10n кг 10n кг
		Аллювиальные: пластовые косовые пойменные констративных толщ наложенных впадин	100n мг/м ³ 1n – 10n мг/м ³ 1n – 10n мг/м ³ 1n – 10n мг/м ³	5–20 % от известных запасов 10n – первые 100n кг 1n – 10n кг 10n – 100n т

Примечание. n – числа от 1 до 9. Таблица составлена с использованием данных Н.А. Шилов (1961 г.), В.И. Крутоуса (1976 г., 1987 г.), В.Л. Сухорослова и др. (1979 г., 1986 г.), И.Б. Флерова и др. (1980 г.), В.К. Прейса (1989 г.).

вых процессов из обломков руды частицы золота оказываются связанными в общей массе рыхлого материала. Эффекты концентрации золота в таких образованиях проявляются только для самородков [16]. В целом же можно отметить, что уровень содержания металла в элювиально-склоновых россыпях в районах развития низкорного рельефа определяется главным образом богатством перешедших в современные элювиально-склоновые отложения реликтов иллювиально-остаточных россыпей.

О поведении весьма мелкого и тонкого золота в ходе элювиально-склоновых процессов в рассматриваемых районах можно судить по тому факту, что, как правило, горизонты с повышенным содержанием золота характеризуются повышенным содержанием всех фракций (рис. 3). В коллювиальных отложениях, в которых все составные части оказываются связанными алеврито-глинистым заполнителем, четкая дифференциация частиц золота по крупности маловероятна.

Доля весьма мелкого и тонкого золота в наиболее богатых элювиально-склоновых россыпях на Северо-Востоке России составляет от первых процентов (на участках развития оруденения золото-кварцевой формации кварцево-жильного и дайкового типов) до 80–90 % (в россыпях, формирующихся за счет разрушения зон окисления месторождений золото-кварц-сульфидной, золото-серебряной и других сходных с ними по россыпеобразующим свойствам формаций). Содержания его при этом достигают первых г/м³, составляя обычно десятки и сотни мг/м³. Запасы весьма мелкого и тонкого золота в отдельных объектах определяются килограммами и десятками килограммов (таблица).

АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ РОССЫПИ

Формирование аллювиальных россыпей осуществлялось в речных долинах в ходе их развития в плиоцен-четвертичную стадию тектонической активизации орогенных морфоструктур, а также на участках аккумуляции аллювиальных отложений в пределах грабен-долин, наложенных предгорных и межгорных впадин.

Россыпи речных долин

Развитие водотоков и россыпеобразовательных процессов в речных долинах в плиоцен-четвертичный период тектонической активизации прошло три стадии (рис. 2). В начале этого периода в ходе активизации эрозионных процессов (стадия врезания) за счет преобразования аллювиально- и иллювиально-остаточных концентраций зо-

лота идет формирование аллювиальных террасовых и долинных приплотиковых (инстративных) пластовых россыпей. Они оказались заключенными в трещиноватых породах плотика, сохранившихся реликтах инстративного и, в нижних частях аккумулятивных толщ, субстративного аллювия, формировавшихся в последовавшую за стадией врезания стадию накопления аллювия. В средних и верхних частях субстративного аллювия с поступающим со склонов материалом коры выветривания могли переотлагаться не затронутые денудационными процессами в стадию врезания иллювиально-остаточные концентрации золота с образованием подвесных (субстративных) пластов [22]. В период равновесной стадии в результате перемива верхнего горизонта субстративного аллювия, в случае его повышенной золотоносности, на границе перстративного и субстративного аллювия формировался надплотиковый (перстративный) пласт.

Приплотиковые (инстративные) пласты

Преобразование в стадию врезания аллювиально- и иллювиально-остаточных концентраций в плотиковые пластовые россыпи сопровождалось рассеиванием весьма мелких и тонких фракций металла, так как в стадию врезания и равновесия при гетерогенном составе вовлекаемого в поток золотосодержащего рыхлого материала в зоне наиболее сильных струевых течений стрежневой части плесов такие частицы золота, имеющие гидравлическую крупность меньше, нежели вертикальная составляющая турбулентного руслового потока, в отличие от более крупных частиц, вымываются вместе с мелким материалом из пространств между крупными обломками [20, 21]. Интенсивность выноса определялась активностью тектонических движений на конкретных участках и “водностью” водотоков (рис. 4).

Уровень содержания и количество весьма мелкого и тонкого золота в приплотиковых пластовых россыпях в современных речных долинах определяются масштабами его проявления в преобразованных иллювиально- и аллювиально-остаточных россыпях (зависящими, как уже отмечалось, прежде всего от типа коренного источника), активностью тектонических движений и порядком водотока (таблица).

Максимальное количество весьма мелкого и тонкого золота в приплотиковых пластовых россыпях отмечается в долинах низких порядков, развивающихся в пределах относительно “опущенных” блоков. Приплотиковые пластовые россыпи здесь представляют собой слабопреобразованные аллювиально-остаточные концентрации палеоген-миоце-

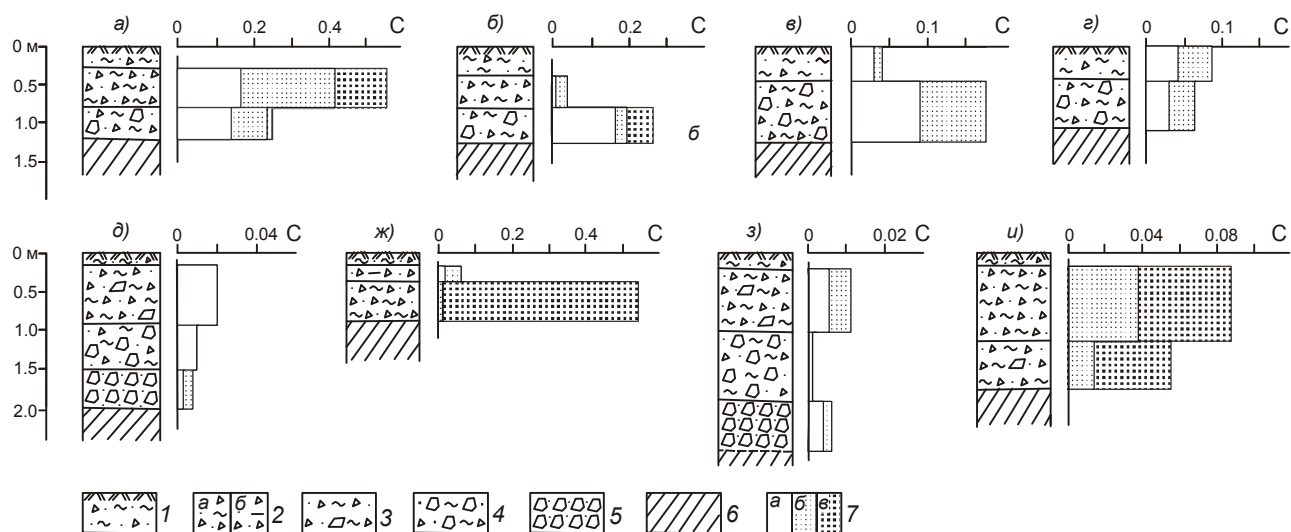


Рис. 3. Распределение золота в элювиально-склоновых образованиях на рудопроявлениях Больше-Анжуйско-го (а-г) и Шаманиха-Столбовского (д-и) рудно-россыпных районов (расчистки в бортах поисковых канав).

1 – почвенно-растительный слой: дресва, мелкий щебень с суглинком; 2 – мелкий и средний щебень с суглинком (а) и супесью (б); 3 – мелкий и средний, редко крупный щебень с суглинком; 4 – средний и крупный щебень с суглинком; 5 – средний и крупный щебень с супесчаной примазкой; 6 – трещиноватые коренные породы; 7 – содержание золота фракций менее 0.1 (а), 0.1–0.25 (б) и более 0.25 мм (в). С – содержание золота ($\text{г}/\text{м}^3$).

новых стадий тектонической активизации. Количество весьма мелкого и тонкого золота в таких россыпях в районах с коренными источниками золото-содержащей медно-порфировой, золото-кварц-сульфидной и сходных с ними по россыпеобразующим свойствам формаций составляет до 50 %, а его содержания – первые $\text{г}/\text{м}^3$. На участках развития прожилково-штокверкового оруденения золото-кварцевой формации количество весьма мелкого и тонкого золота в них составляет до 25–35 % при содержаниях в сотни $\text{мг}/\text{м}^3$. Наименьшая доля весьма мелкого и тонкого золота в рассматриваемых образованиях характерна для районов с коренными источниками золото-кварцевой формации кварцево-жильного и дайкового типов (таблица).

Приплотиковые пластовые россыпи долин средних, а особенно высоких порядков, сформированные в результате интенсивного преобразования иллювиально- и аллювиально-остаточных россыпей, во всех геолого-геоморфологических обстановках отличаются резко подчиненным количеством весьма мелкого и тонкого золота. Его количество в таких россыпях составляет единичные проценты при содержаниях, не превышающих первые сотни $\text{мг}/\text{м}^3$ (обычно единицы и десятки $\text{мг}/\text{м}^3$). Исключение составляют участки, где в состав приплотиковых золотоносных пластов включаются реликтовые части иллювиально-остаточных россыпей.

Подвесные (субстративные) пласты

Образование подвесных золотоносных пластов в аккумулятивных толщах субстративного аллювия происходило в обстановке активного поступления со склонов материала коры выветривания. “Перегруженность” водотоков рыхлым обломочным материалом вызвала формирование внутренних конусов выноса и дельт, в которых поступающие с продуктами коры выветривания иллювиально-остаточные концентрации золота откладывались без четкой дифференциации золотин по классам крупности. Количество весьма мелкого и тонкого золота в таких подвесных пластах отражает уровень его присутствия в переоткладываемых иллювиально-остаточных концентрациях, определяющийся, прежде всего, характером коренного источника. Его доля в общем балансе металла в этих пластах может достигать 60 % при содержании в сотни $\text{мг}/\text{м}^3$. Так как основная масса иллювиально-остаточных концентраций была преобразована в приплотиковые пластовые россыпи в стадию врезания, то подвесные пласты с промышленным содержанием золота и существенными запасами в речных долинах на Северо-Востоке России имеют крайне ограниченное распространение.

Надплотиковые (перстративные) пласты

Формирование (в результате перемыва в равновесную стадию верхних горизонтов золотоносного

субстративного аллювия) в нижней части перстративного аллювия надплотиковых пластовых россыпей сопровождалось активным выносом мелких фракций металла, так как в зоне наиболее сильных струевых течений стрежневой части плесов шло их активное вымывание из пространств между крупными обломками. Уровень содержания весьма мелкого и тонкого золота в таких россыпях сопоставим с уровнем его концентраций в располагающихся в этих же долинах приплотиковых пластовых россыпях или несколько ниже. Как и подвесные, надплотиковые пласты с промышленным содержанием золота и существенными запасами в речных долинах на Северо-Востоке России имеют крайне ограниченное распространение.

Косовые и пойменные россыпи

Вымываемые при формировании надплотиковых (перстративных) пластов в стрежневой части плесов мелкие частицы золота откладывались в зоне более спокойного течения водотоков в пределах прирусловых отмелей и кос, а в период паводков – и пойм.

На русловых отмелях и косах механизм образования концентраций мелкого золота состоит в том, что при остановке на них движущегося аллювиального материала вначале останавливаются более тяжелые частицы, а при вовлечении в движение отложений кос и отмелей с их поверхности смываются в первую очередь наиболее легкие зерна [5]. Фациальная обстановка прирусловых отмелей и кос в связи с постоянной сменой их положения малоблагоприятна для образования выдержанных россыпных струй с высокими содержаниями золота. Верхние перемываемые в равновесную стадию развития водотоков горизонты субстративного аллювия обычно не обогащены золотом. В связи с этим концентрации весьма мелкого и тонкого металла в отложениях прирусловых отмелей и кос, как правило, невысоки, составляют первые десятки мг/м³ и уступают его содержаниям в приплотиковых пластовых россыпях (рис. 5).

Повышение содержания золота, в том числе и мелкого, в косовых и прирусловых образованиях, как и в других регионах [12, 15], отмечается с увеличением порядка долин и ширины пояса меандр (рис. 6). Запасы весьма мелкого и тонкого золота в перстративных галечниках, обусловленные косовым механизмом концентрации, по отдельным объектам составляют десятки–сотни килограммов (таблица).

Образование повышенных концентраций мелкого золота в песчано-илистых осадках пойменной фации обуславливается миграционно-остаточным механизмом концентрации, выражающемся в более быстром выпадении частиц золота из медленно теку-

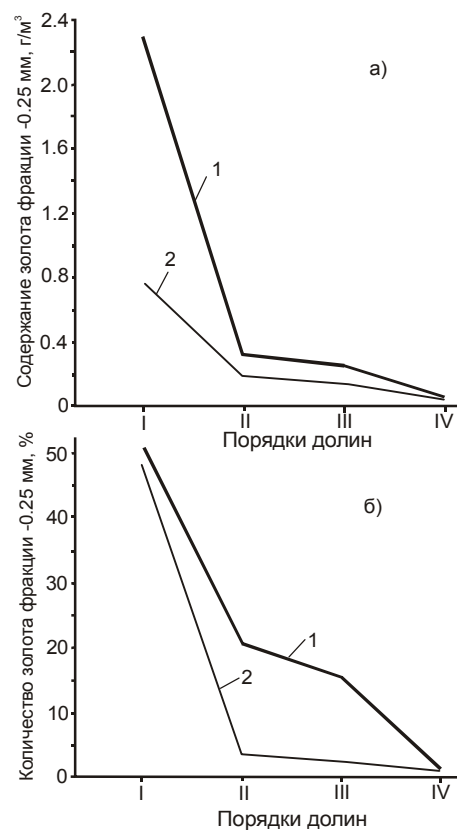


Рис. 4. Содержание (а) и количество (б) весьма мелкого и тонкого золота в приплотиковых пластовых россыпях долин различных порядков Больше-Ануйского района на “опущенных” (1) и “приподнятых” (2) блоках.

щих полых вод, заливающих пойму, тогда как равновеликие обломки пород испытывают более активное перемещение.

Концентрации весьма мелкого и тонкого золота в песчано-илистых осадках пойменной фации сопоставимы с его концентрациями в косовых россыпях. Особенностью пойменных россыпей является преимущественно тонкий (менее 0.1 мм) состав металла, присутствие значительной части золота в связанном состоянии (рис. 7). Запасы весьма мелкого и тонкого золота в отдельных объектах оцениваются в килограммы–десятки килограммов.

РОССЫПИ КОНСТРАТИВНЫХ ТОЛЩ ГРАБЕН-ДОЛИН И НАЛОЖЕННЫХ ВПАДИН

Гидродинамический режим формирования констративных толщ, выполнявших долины на участках линейных блоковых опусканий (грабен-долин), характеризовался резким падением скорости потока и активной разгрузкой влекомого материала в виде ко-

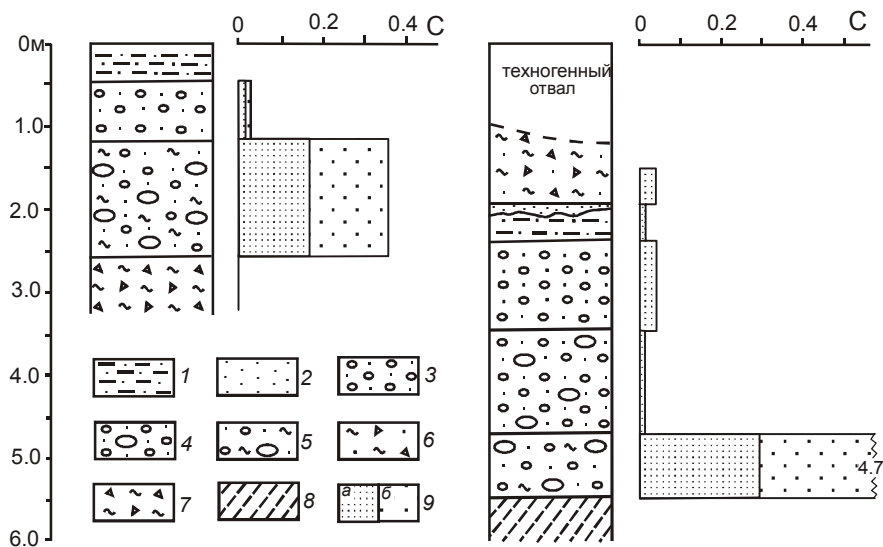


Рис. 5. Распределение золота в рыхлых отложениях долины руч. Тимша Шаманиха-Столбовского района (расчистки в бортах полигонов).

1 – ил с песком; 2 – песок; 3 – галечно-гравийные отложения с песчаным заполнителем; 4 – то же с редкими валунами; 5 – галечно-гравийные отложения с редкими валунами и суглинком; 6 – щебень, дресва с суглинком; 7 – то же с глиной; 8 – разрушенные коренные породы; 9 – содержание золота фракций менее 0.25 (а) и более 0.25 мм (б). С – содержание золота ($г/м^3$).

нусов выноса и дельт. Такая литогенетическая обстановка не способствовала значительному концентрированию весьма мелкого и тонкого золота. Однако в случае перетолжения в них с вышележащих участков и бортовых частей долин золотоносного материала кор химического выветривания (иллювиально-остаточных россыпей) в целом здесь существовали благоприятные условия для сохранения поступающих с продуктами коры химического выветривания накоплений металла мелкой размерности. Они совместно с концентрациями более крупного золота (рис. 8) распределяются либо по всему разрезу констративных толщ (в виде сложно чередующихся линз и гнезд), либо образуют в них обогащенные горизонты.

Количество весьма мелкого и тонкого золота в россыпях грабен-долин составляет до 80–90 % при содержаниях в десятки и сотни $мг/м^3$ (таблица). Повышенные содержания в них весьма мелкого и тонкого золота наиболее характерны для районов с коренными источниками площадного (штокверкового) типа и высоким содержанием мелких фракций золота (золото-кварц-сульфидной, медно-порфировой и др. формаций). Запасы весьма мелкого и тонкого золота в таких россыпях оцениваются тоннами и десятками тонн (таблица).

Характер формирования россыпной золотоносности в предгорных и межгорных наложенных впадинах определяется этапностью развития россыпеобразовательных процессов в их горном обрамлении.

В палеоген-миоценовые стадии тектонической активизации в развивавшиеся предгорные и межгорные впадины поступали частично выносившиеся из формирующихся в речных долинах иллювиально-остаточных россыпей мелкие зерна золота. Здесь они отлагались в накапливающихся толщах иллювиаль-

ного и озерно-аллювиального генезиса. Наибольшая степень золотоносности характерна для грубозернистых осадков, тогда как в илистых озерно-болотной пойменных образованиях свободное золото практически отсутствует.

Повышенное количество в грубообломочных аккумулятивных толщах палеоген-миоценовых этапов осадконакопления илисто-глинистых частиц, характер распределения тяжелой фракции и самого золота по разрезам рыхлых отложений свидетельствуют, что их накопление осуществлялось без достаточной дифференциации поступающего во впадину материала. Постоянно действующих барьеров, на которых бы происходило выпадение из потока влекомого золота и его концентрация в каких-то горизонтах, по всей видимости, не существовало. Это относится как к “свободным” частицам золота, так и, очевидно, к переносимым в составе комплексных соединений или связанным с гидроксидами железа и глинистыми минералами, так как аналитическими методами (атомно-абсорбционный, химико-спектральный и пробирный анализы) повышенных концентраций золота в рассматриваемых аккумулятивных толщах не выявлено.

Уровень содержаний кластогенного золота в палеоген-миоценовых толщах крупных наложенных впадин не превышает первых десятков $мг/м^3$ (на зерна весьма мелкой и тонкой размерности приходится до 100 %). Лишь в отложениях долин-впадин (грабен-долин), формирующихся из материала коры химического выветривания (в том числе зоны окисления рудных залежей со свободным золотом), уровень концентрации весьма мелкого и тонкого золота, как уже отмечалось, может достигать первых сотен $мг/м^3$, при его доле в общем балансе металла до 60–75 %.

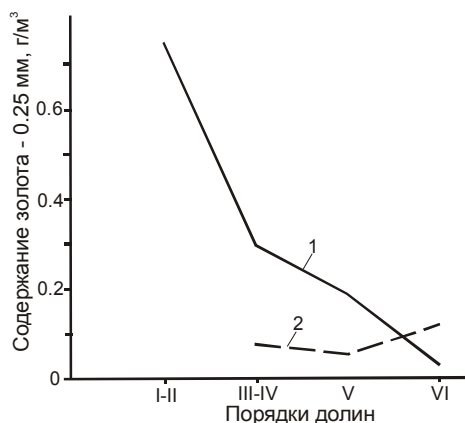


Рис. 6. Содержание весьма мелкого и тонкого золота в приплотиковом горизонте (1) и отложениях прирусловой отмели (2) в долинах разных порядков Омчакского рудно-россыпного узла (использованы данные И.Б. Флерова и др., 1980 г., В.И. Крутоуса, 1976 г.).

Констративные толщи, выполнявшие крупные наложенные депрессии в плиоцен-четвертичную стадию тектонической активизации, также характеризуются лишь рассеянной знаковой золотоносностью. Выносимое (в процессе преобразования аллювиально- и аллювиально-остаточных концентраций в пластовые аллювиальные россыпи) из долин горного обрамления тонкое, пылевидное и весьма мелкое (главным образом уплощенное) золото рассеяно по всей толще крупнообломочных осадков. Содержание его по отдельным пробам не превышает 100 мг/м³, составляя в среднем первые мг/м³. Аналитическими методами существенных содержаний “связанного” металла в каких-либо выдержанных горизонтах или слоях также не выявлено. В отложениях впадин интерес могут представлять лишь локальные (по площади и мощности) горизонты, представляющие переотложенный материал золотоносных зон окисления (особенно в районах с распространением месторождений золото-кварц-сульфидной, золото-серебряной и других сходных с ними по россыпеобразующим свойствам формаций), но выявление таких горизонтов без постановки детальных разведочных работ весьма затруднительно. Запасы весьма мелкого и тонкого золота в отложениях межгорных и предгорных наложенных впадин оцениваются по объектам десятками–первыми сотнями тонн (таблица).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее оптимальные условия для высвобождения и концентрации весьма мелкого и тонкого золота в россыпях на Северо-Востоке России существовали при формировании иллювиально- и аллю-

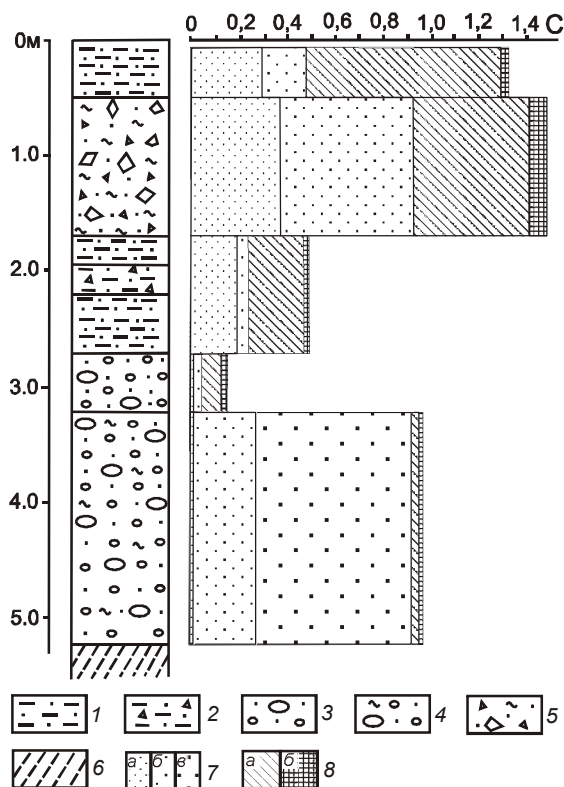


Рис. 7. Распределение золота в рыхлых отложениях долины р. Баимка (расчистка в борту полигона).

1–2 – пойменные отложения: 1 – песчаные илы, 2 – то же со щебнем; 3–4 – русловые отложения: 3 – галечники с гравийно-песчаным заполнителем и отдельными валунами, 4 – галечники с гравийно-песчаным заполнителем и небольшим количеством глины; 5 – коллювиальные отложения: щебень с супесью; 6 – разрушенные коренные породы; 7 – содержание свободного золота фракций менее 0.1 (а), 0.1–0.25 (б) и более 0.25 мм (в); 8 – содержание “связанного” золота в легкой (а) и тяжелой (б) фракциях. С – содержание золота (г/т).

виально-остаточных россыпей в палеоген-миоценовый период развития оргенных морфоструктур региона. Их преобразование в ходе склоновых и аллювиальных процессов в плиоцен-четвертичную стадию тектонической активизации с формированием склоновых и аллювиальных россыпей в современных речных долинах сопровождалось преимущественно рассеиванием мелких фракций металла. Собственно же процесс образования россыпей с весьма мелким и тонким золотом в условиях перигляциального литогенеза плиоцен-четвертичной стадии тектонической активизации (в результате вскрытия и разрушения в этот период коренных источников), в силу ничтожной степени высвобождения такого металла под действием физического выветривания, имеет весьма ограниченное проявление и масштабы.

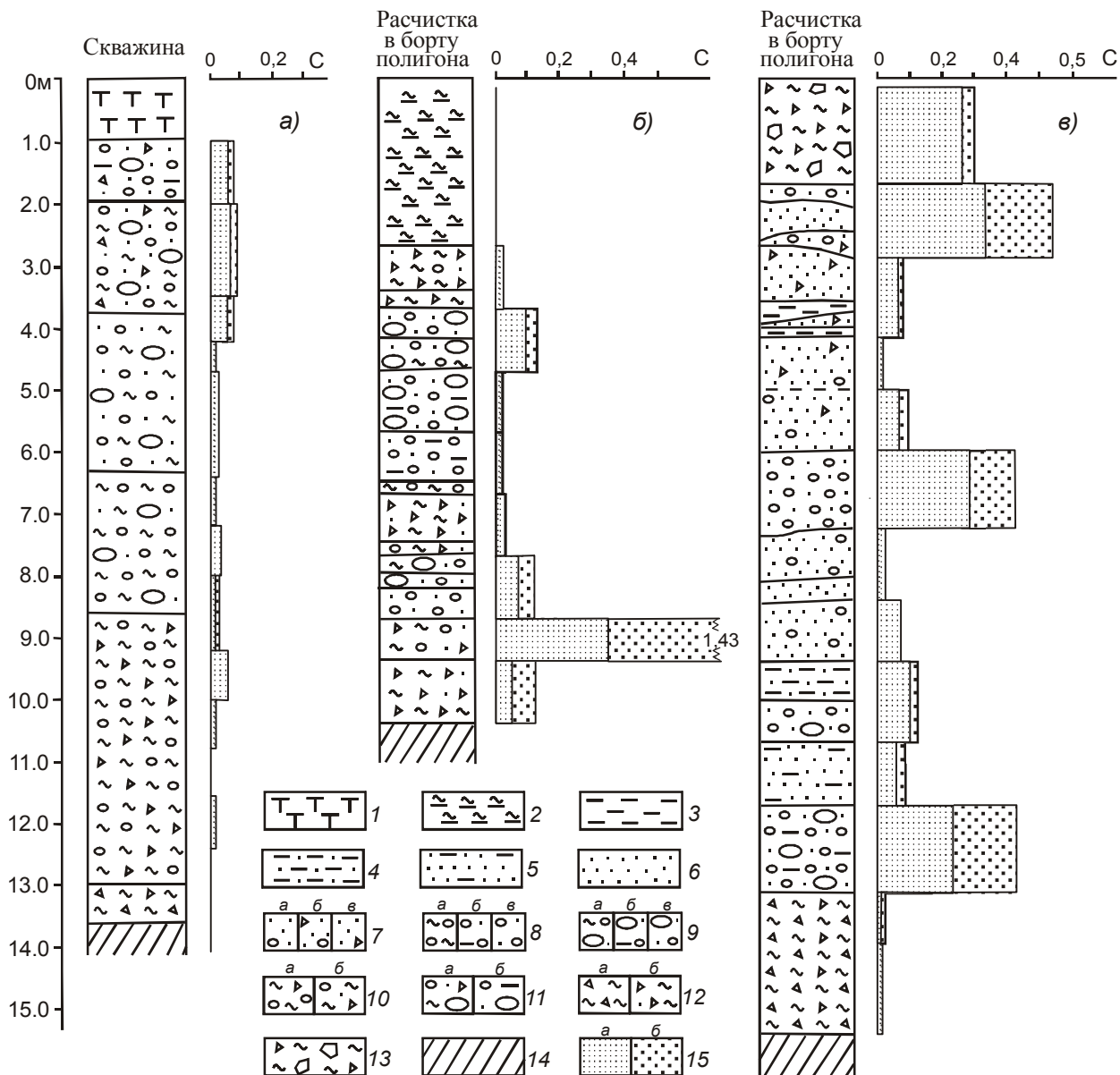


Рис. 8. Распределение золота в рыхлых отложениях Мало-Столбовской (а), Нижне- (б) и Верхне-Глухаринской (в) впадин.

1 – торф; 2 – суглинок; 3 – ил; 4 – супесь; 5 – илистый песок; 6 – песок; 7 – песок с гравием и галькой (а), гравием, галькой, дресвой и щебнем (б), дресвой и щебнем (в); 8 – галька, гравий с суглинком (а), супесью (б) и песком (в); 9 – то же с валунами; 10 – галька, гравий, щебень, дресва с глиной (а) и суглинком (б); 11 – галька, гравий с валунами, дресвой, щебнем, суглинком (а) и супесью (б); 12 – щебень, дресва с глиной (а) и суглинком (б); 13 – щебень с глиной и отдельными мелкими глыбами; 14 – трещиноватые коренные породы; 15 – содержание золота фракций менее 0.25 (а) и более 0.25 мм (б). С – содержание золота (г/м^3).

Практический интерес с позиции весьма мелко- и тонкого золота при современном уровне развития золотодобывающих технологий на Северо-Востоке России представляют пластовые аллювиальные россыпи долин низких (и отчасти средних) порядков с коренными источниками золотосодержащей медно-порфировой, золото-кварц-сульфидной и сходных с ними по россыпеобразующим свойствам формаций,

а также участков развития прожилково-штокверкового оруденения золото-кварцевой формации. Количество весьма мелкого и тонкого золота в таких россыпях составляет до 50 %, а содержания – до 1–2 г/м^3 . Эти представления приобретают особую важность при ориентировке переноса поисково-разведочных работ на Северо-Востоке России на новые прогнозные площади, приуроченные, главным образом, к

вулканогенным поясам или зонам их влияния. Рассматриваемый тип россыпных месторождений здесь будет являться ведущим, а учет в них весьма мелкого и тонкого золота – решающим при определении промышленной значимости. Продукты ранее выполненных отработок подобных месторождений должны рассматриваться как наиболее перспективные техногенные россыпи. В пластовых россыпях, связанных с кварцево-жильным и дайковым типами руд золото-кварцевой формации, повышенное содержание весьма мелкого и тонкого золота может отмечаться лишь в случае включения в них реликтов аллювиально-остаточных россыпей.

Учет весьма мелкого и тонкого золота в остаточных и элювиально-склоновых россыпях в районах с коренными источниками золотосодержащей медно-порфировой, золото-кварц-сульфидной и сходных с ними по россыпеобразующим свойствам формаций, а также участков развития прожилково-штокверкового оруденения золото-кварцевой формации существенно повышает их промышленную ценность. При использовании специального обогатительного оборудования они могут стать основой минерально-сырьевой базы мелких золотодобывающих предприятий.

Как перспективные объекты могут рассматриваться россыпи констративных толщ грабен-долин (долин впадин). В качестве их примера может быть названа Верхне-Глухаринская впадина. Результаты опробования залегающих в ней толщ рыхлых отложений, представляющих переотложенный материал коры химического выветривания, с применением винтового сепаратора и шлюза показали повсеместное присутствие в них золота при среднем содержании на массу около 0.3 г/м^3 (без учета отработанных пластов). В пределах наиболее обогащенных горизонтов они могут достигать нескольких г/м^3 . Основная масса золота (70–80 %) представлена зернами менее 0.25 м. По возможным запасам сосредоточенного в этой россыпи металла она может быть отнесена к суперкрупным.

В остальных типах россыпей (косовые перстративных галечников, пойменные, констративных толщ наложенных впадин), несмотря на огромные ресурсы сосредоточенного в них весьма мелкого и тонкого золота (тысячи тонн), в связи с его очень низкими содержаниями в целом серьезную основу минерально-сырьевой базы оно может составить лишь при более совершенном технико-экономическом уровне развития золотодобычи. Вместе с тем, на участках развития оруденения площадного характера с высоким содержанием в рудах золотин размером

менее 0.25 мм и в настоящее время можно ожидать выявление промышленных пойменных и косовых россыпей с весьма мелким и тонким золотом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геологическая карта и Карта полезных ископаемых Колымо-Омолонского региона. 1:500 000 / Отв. исп. В.М. Кузнецов. Ком. природ. ресурсов по Магадан. обл. Магадан: СевВостНИЦМИС, 1998.
2. Геологическая карта и Карта полезных ископаемых Охотско-Колымского региона. 1:500000 / Отв. исп. Н.Г.Маннафов. Ком. природ. ресурсов по Магадан. обл. Магадан: ГП “Магадангеология”, 1999.
3. Давиденко Н.М. Связь россыпей и коренной золотоносности криолитозоны. Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1987. 172 с.
4. Желнин С.Г. Условия образования аллювиальных россыпей на Северо-Востоке Азии. М.: Наука, 1979. 120 с.
5. Карташов И.П. Основные закономерности геологической деятельности рек горных стран. М.: Наука, 1972. 200 с.
6. Киселев А.К., Огородников А.В. Минерально-сырьевая база золота Чукотского АО. Перспективы освоения и развития // Минер. ресурсы России. Экономика и управление. 2001. № 1. С. 9–12.
7. Литвиненко И.С. Морфолитогенетические условия образования россыпей золота в северо-западной части Олойской складчатой зоны: Автореф. дис.... канд. геол.-минер. наук. Магадан, 1995. 20 с.
8. Литвиненко И.С. Особенности формирования элювиально-склоновых россыпей в районах низкогорного рельефа. // Комплексные исследования Чукотки (проблемы геологии и биостратиграфии). Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1999. С. 77–95.
9. Литвиненко И.С. Россыпные месторождения золота Омчакского узла. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН. 2002. 92 с.
10. Мельников М.С., Яблокова С.В., Минко О.О., Флеров И.Б. О формах нахождения и условиях накопления весьма мелкого и тонкого золота в россыпях // Проблемы континентального россыпеобразования: Материалы VI Всесоюз. совещ. по геологии россыпей. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984. С. 38–44.
11. Металлогеническая карта Магаданской области и сопредельных территорий. 1: 1500000 / Гл. ред. О.Х.Цопанов. Магадан: Северо-Восточ. ком. по геологии и использованию недр, 1994.
12. Нестеренко Г.В., Воротников Б.А. Золото в аллювиальном процессе // Аллювий: Межвуз. сб. науч. тр. Пермь: Пермский ун-т, 1983. С. 116–126.
13. Нестеров Н.В. Вторичная зональность золоторудных месторождений Якутии. М.: Недра, 1973. 200 с.
14. Нестеров Н.В. Гипергенное обогащение золоторудных месторождений Северо-Востока Азии. М.: Наука, 1985. 200 с.
15. Осовецкий Б.М. Формирование косовых россыпей металла равнинных рек // Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях: Тез. докл. М.: Изд-во МГУ, 1981. С. 407–408.
16. Ройхваргер З.Б. Формирование россыпи и продуктивного

- горизонта на дефлюкционных склонах // Докл. АН СССР. 1983. Т. 271, № 2. С. 411–414.
17. Сидоров А.А. Золото-серебряное оруденение Центральной Чукотки. М.: Наука, 1966. 146 с. (Тр. СВКНИИ СО АН СССР. Вып. 14.).
18. Сухорослов В.Л. Некоторые вопросы формирования и поисков склоновых россыпей золота на Северо-Востоке // Колыма. 1990. № 2. С. 4–7.
19. Титов Э.Э. Экзогенный морфолитогенез в условиях Верхне-Колымского нагорья: Автореф. дис... д-ра геогр. наук. Магадан, 1993. 48 с.
20. Шило Н.А. Основы учения о россыпях. М.: Наука, 1985. 400 с.
21. Шумилов Ю.В. Физико-химические и литологические факторы россыпеобразования. М.: Наука, 1981. 270 с.
22. Litvinenko I.S. Genesis of bedrock and bedrock-related gold-bearing beds in river valleys throughout Northeastern Russia // Metallogeny of the Pacific Northwest: tectonics, magmatism and metallogeny of active continental margins. Proceedings of the interim IAGOD conference. Vladivostok, Russia: 1-20 September 2004. Vladivostok: Dalnauka, 2004. P. 694–697.

Рекомендована к печати Н.А. Горячевым

I.S. Litvinenko

Essentially small and thin gold in placers of Northeast Russia

On the basis of the data on testing of loose sediments (more than 2000 samples) with the help of screw separator and locks, and the material of other investigators, major peculiarities of migration and concentration of the essentially small and thin gold were analyzed. It was done in the course of the general development of placer-forming processes in Northeast Russia. The level of concentration and the scale of such metal occurrence in various genetic placer types were estimated. The most favorable environments for the release and concentration of the essentially small and thin gold in placers in Northeast Russia existed during the formation of illuvial- and alluvial-remnant placers in the Paleogene-Miocene period of development of orogenic morphostructures of the region. Their transformation into the Pliocene-Quaternary stage of tectonic activity attended by the formation of the slope and alluvial placers in the modern river valleys took place during the slope and alluvial processes activity. This was mainly accompanied with dissemination of small fractions of metals. The process of essentially small and thin gold placer formation itself in conditions of peri-glacial lithogenesis of the Pliocene- Quaternary stage of tectonic activity as a result of outcrop and destruction of native sources in this period is of rather limited occurrence and scale. It was due to an insignificant degree of release of such metal under the influence of physical weathering. Remnant, elluvial-slope and sheet alluvial placers of lower- (and partly medium-) level valleys with native sources of gold-bearing copper-porphyry, gold-quartz-sulfide, and formations similar in placer-forming features, and also of areas of development of veinlet-stockwork mineralization of the gold-quartz association, are of actual interest. The content of essentially small and thin gold in such placers is up to several g/m³. Placers of constrative series of graben-valleys (valleys-basins), wood plain and spit placers at the sites of development of mineralization with a high content of gold grains in ores (less than 0.25mm) could be analyzed as promising objects

Key words: essentially small gold, thin gold, placers, placer formation processes, Northeast Russia.