

## «РАССЕЯННЫЙ РУДОГЕНЕЗ» — ВКЛАД В МЕТАЛЛОНОСНОСТЬ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ, ВОЗМОЖНЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ

А. Д. Савко, Л. Т. Шевырёв

*Воронежский государственный университет*

Стратиформные скопления ультратонкого золота эксгальационно-осадочного типа генерируются восходящими потоками флюидов, среди которых непременно присутствуют летучие Hg, Tl, Te, Se, I, Br и др. Одним из важных условий, влияющих на масштабы возникающих аккумуляций металла, является присутствие в приповерхностной части разреза протяженных и мощных экранов. В случае их отсутствия концентрированных месторождений встретить не удастся. Многочисленные небольшие по ресурсам проявления ультратонкого золота оказываются привязанными к частным менее проницаемым элементам разреза, обогащенным глинистыми минералами, оксидами железа и др. Проявления «безэкранного» типа распространены на Воронежской антеклизе, в Пермском крае и других районах Русской платформы. Однако на Земле имеются примеры, когда восходящие золотоносные флюиды такие экраны встречают. Эталон «экранированного» рудогенеза может быть выбран рудный район Carlin, округ Линн, штат Невада. Там скопления ультратонкого металла с ресурсами более 110 тонн оказались сконцентрированными в тектоническом окне Lunn, образовавшемся в мощной аллахтонной пластине надвига Roberts Mountains. Приводятся аргументы в пользу того, что это крупнейшее месторождение является генетическим аналогом золотопроявлений Воронежской антеклизы.

Наблюдаемые высокие концентрации ультратонкого самородного золота и некоторых тяжелых металлов в осадочных толщах далеко не всегда связаны с их механическим перераспределением при размыве коренных источников или промежуточных коллекторов. Об этом говорят исследования разрезов не только Воронежской антеклизы, о которых ранее сообщалось [19], но также данные по Верхнекамской впадине [11–13], Промысловско-Кушвинской группе золотоносных россыпей Среднего Урала [14], уральским корам выветривания [7], крупнейшим скоплениями ультратонкого металла в осадочных толщах Южных Кордильер (штаты Невада и Юта [15]), кайнозойским россыпям Северной Гвинеи [4]. Общей особенностью ультратонких (десятки мкм, в среднем, и менее) золотин этих регионов являются их неокатанность (рудный облик), высокое содержание летучих (Hg, Tl, Te, As, Sb, Se, I, Br), ассоциация с интерметаллидами — природными сплавами на основе меди, олова, железа, серебра. Несомненный всплеск интереса к геохимическим и минералогическим характеристикам ультратонкого металла позволяет говорить о появлении и быстром развитии нового научного направле-

ния, для которого ранее предлагалось название «микроаурология». Направление это не вполне только минералого-геохимическое, но практическая отдача от него ожидается лишь при увязке аналитических данных с региональными геологическими обстоятельствами. Примеси в ультратонком золоте (в каждом регионе их комплекс специфичен) содержат информацию о глубинных коренных источниках металлов, их типах, возможно, масштабах. Это важно разоб- рать на конкретных примерах.

### 1. СОСТАВ И АССОЦИИ УЛЬТРАТОНКИХ ЗОЛОТИН — ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ. РЕГИОНЫ-АНАЛОГИ

**Воронежская антеклиза.** При рентгеновском микронзондировании шестидесяти золотин из воронежских проявлений [16–18] в них, помимо золота, наблюдалось до 72,028 весовых процентов иных элементов. Так очень важной для генетических реконструкций ртути не встречено лишь в 16 зернах (27 % случаев). Остальные золотины оказались твердыми амальгамами, содержащими Hg от десятых долей % до 13,098 %. Другой летучий элемент золотин — таллий, имеющий свойство соединяться с кислородом уже при комнатной температуре, был

обнаружен в 11 случаях (17 % зерен) в количествах от долей % до 18,914 %, обычное содержание первые проценты. Мышьяк присутствовал чаще — 48 зерен (77 %), в значениях от 0,025 до 1,764 %. Сурьмы (24 случая, 38 %) содержалось в тех же пределах — 0,01—1,335 %. В зерне из проявления Нижний Бык (базальный горизонт палеоцена) встречен наряду с теллуrom (0,459 %) и селен — 0,354 %. Это проявление было одним из немногих, в которых изучалось распределение Se, поэтому можно предположить более широкое распространение элемента в воронежских золотилах.

Типоморфными для Воронежской антеклизы оказались высокие содержания платиноидов, олова, гафния. Лишь в 3 случаях из 60 металлы платиновой группы в золотилах отсутствовали. Они установлены (в скобках указана доля случаев), в количествах: до 1 % в 12 зернах (20); 1—5 % — в 23 (40), 5—10 % — в 15 (25); 10—15 % — в 5 (8,2); более 15 % — в 2 (3). Такое широкое их распространение понятно — фундамент антеклизы вмещает многочисленные проявления платинометального оруденения [21]. Объяснима и повышенная оловоносность золотин, не повсеместная, но тяготеющая к определенным площадям: давно известна специализация на олово отдельных комплексов нижнепротерозойских гранитоидов региона. Sn обнаружено в 31 зерне из 60 (52 % случаев) в значениях от 0,014 до 2,178 %. В четырех золотилах металла было более 1 вес. %. Наиболее оловянистые знаки золота характерны для кайнозойских разрезов южного (проявление “Данильское”) и северного (липецкая балка Репец) флангов Павловско-Липецкой металлогенической зоны, в противоположность ее центральным частям (проявления вокруг г. Воронежа). В золотине из плиоценовых красноцветов липецкой балки Репец, левого притока Дона, олова, например, 1,306 %. Таким образом, кларк элемента (0,00025%) в воронежских золотилах превзойден от двухсот до нескольких тысяч раз.

В архейских и нижнепротерозойских породах Воронежского кристаллического массива проявлений рудного олова не известны. Иное дело, осадочный чехол. Его четвертичные толщи содержат единичные знаки самородного Sn [18], а из верхнеплейстоценовых аллювиальных псаммитов Павловского карьера В. В. Ильях выделил зерно касситерита [16]. Менее понятно частое присутствие в воронежском ультратон-

ком золоте гафния. Этот элемент Н. А. Шило [22, с. 334—335] относил к редко встречающимся примесям в классическом кластогенном золоте россыпей, наряду с хромом и ванадием. Исследователь предполагал, что названная триада могла входить в состав минералов, находящихся в парагенезисе с золотом. Однако в воронежском золоте гафний не редок. Он открыт в 19 золотилах из 59 (35 %) в концентрациях от 0,068 до 0,771 %. Необычность поведения элемента в воронежских россыпных проявлениях заключается в том, что он в 10 зернах вовсе не сопровождается сродственным цирконием, а в одном случае (проявление в четвертичных песках Кривоборья) гафния больше чем циркония, 0,216 % против 0,012 %. Последнее тем более интересно, что на Земле не известны минералы Hf. Следовательно, изучение Hf-содержащих золотин могло бы привести к открытию нового минерального вида. Существуют наблюдения и за пространственным распространением элемента. Hf-содержащее ультратонкое золото нетипично для северо-востока Воронежской провинции: оно отсутствует в псаммитах квартала Липецкого городища. Лишь из плиоцена балки Репец отмыто зерно, в котором встречено немного Hf (0,068 %). Однако эта разновидность ультратонкого металла очень характерна для юго-востока региона.

В распределении повышенных концентраций ультратонкого золота наблюдаются две тенденции. Одна выражена в их тяготении к интервалам разреза с явными признаками вторичных изменений — ожелезнения, омарганцевания. Таковы базальные конгломераты каневской серии х. Данильского (12 км к востоку от Павловска, до 1,5 г/м<sup>3</sup> золота), охры киевской свиты с. Сергеевка (Белгородская область, 3,8 г/м<sup>3</sup> золота), аптская лимонитовая плита на границе Колпнянского и Ливенского районов (Орловская область, 0,8 г/м<sup>3</sup> золота) и т.д. Все эти проявления явно тяготеют к геохимическим барьерам, породы которых обладали определенными сорбционными свойствами.

Однако известны и иные примеры. В некоторых разрезах прибрежно- и мелководно-морских меловых псаммитов признаки поздних преобразований не обнаруживаются, но золотоносность существенна. Таковы выходы *не измененных* альб-сеноманских глауконитовых алевритов, содержащих рассеянную фосфоритовую гальку, у с. Полевого Курской области. Из

навески объемом один литр извлечена 121 золотина размерностью 25—75 мкм. Зерна металла не окатанные и значит не были снесены в морской бассейн с примыкающей суши. Заметны повышенные содержания металла и в *не измененных поздними процессами* зеленовато-серых песках альба-сеномана, вскрытых скважиной 5 у с. Нижнего-Большого Воловского района Липецкой области. Опробованная толща глауконитовых псаммитов мощностью более восьми метров (подошва не вскрыта) содержит три золотиносных горизонта. Содержания металла в них возрастают от 35—80 мг/м<sup>3</sup> у дневной поверхности до 120 мг/м<sup>3</sup> у забоя скважины.

В золотиносных верхнепалеоценовых морских отложениях известной россыпи Русская Журавка Воронежской области 79—93 % металла находилось как раз в зернах глауконита и карбонатах. Эту конседиментационную часть следует отличать от существенно меньшей части более позднего золота, возникшего в процессе постседиментационных преобразований. Таковой являются 25 % обнаруженных золотинок размерностью 130—160 мкм, представленные октаэдрами, изредка ромбододекаэдрами [10].

Конседиментационное свободное золото распространено в фосфоритах, но, что важно для дискуссии о его генезисе, не всегда и не везде. Его зеленоватые не окатанные тонкие пластинки 200—300 мкм размерностью обнаружены в желваках Уколовского месторождения на востоке Курской области. Содержания на массу желваков оценены в 109 мг/м<sup>3</sup>. Подобные же золотины встречены и в фосфоритовых плитах Егорьевского месторождения Московской области, где разрабатывают залежи фосфатов двух уровней —  $J_3v_3$  и  $K_1b_1$  [20]. То, что зерна золота заключены в плотные фосфоритовые стяжения, важно — это доказывает конседиментационное их появление в еще рыхлом осадке и, как показал Г. Н. Батулин [2], на некотором удалении от дна, в зоне влияния поровых вод. Причина подобного значительного (в десятки раз по сравнению с кларковыми содержаниями, если говорить о золоте) обогащения рудными элементами отлагающихся осадков видится в поступлении к придонному геохимическому барьеру глубинных металлоносных флюидов по субмаринным разрывам. Подтверждением этому является то, что конседиментационное обогащение металлами фосфоритов не повсеместно. Известны многие площади в Смоленской,

Воронежской, Брянской областях, где золота в фосфоритах не содержится вовсе [23], но оно не встречено там и в породах докембрия.

Подобное локальное конседиментационное обогащение рудными элементами отлагающихся осадков и есть начальная («конседиментационная») стадия «рассеянного рудогенеза». Этимологическая сущность термина понятна — он характеризует появление в осадках на приразломных площадях металлов, поступивших с флюидами из глубин и определяющих геохимическую специализацию региона. Для Воронежской антеклизы, в фундаменте которой известны крупные проявления золота, претендующие на ранг месторождений (Кшенская и Безьянская рудопродуктивные структуры Тим-Щигровского рудного района КМА), локальное обогащение отложений именно этим элементом закономерно. Но в иных районах Мира предпочтение может отдаваться: германию (нижнепалеозойский цумбский ярус, Намибия), бериллию (бертрандитовые залежи в плиоценовых осадочных туффитах Спёр Маунтин, штат Юта), меди (верхнерифейский-вендский Медный пояс Замбии) и другим элементам.

Здесь уместно упомянуть недавнюю работу, касающуюся золотиносности фосфоритов пакерортского горизонта (базальный уровень тремадокского яруса ордовика) Кингисеппского месторождения [5]. Выделенные из них комковато-угловатые золотины имеют размерность от 50 мкм до 2 мм, обычно же 100—300 мкм по разным направлениям. При пробности 780—910 (в среднем, 850), зерна содержат 10—16 % серебра, не более 5,2 % меди и некоторое количество селена (0,6—1,2 %). Цитируемые авторы справедливо посчитали эти частицы снесенными с прилегающих территорий Балтийского щита, тем более что в составе аксессуариев фосфоритов отмечены типичные минералы щелочных массивов — лопарит, апатит, гранат, а летучих в химическом составе золота нет. Отличия в геологической ситуации для временных интервалов фосфоритообразования ордовика Ленинградской области и поздне меловой эпохи Воронежской антеклизы, как видим, принципиальное. Металл в меловых фосфат-содержащих осадках мог появиться только снизу, из глубинных источников, так как золотиносные породы докембрийского фундамента повсеместно были перекрыты палеозойскими и юрско-нижнемеловыми толщами.

Рассеянный рудогенез в условиях Воронежской антеклизы имел ограниченные возможности для формирования значительных по ресурсам, хотя и многочисленных перспективных залежей (перечисленные выше примеры Нижнего-Большого, Русской Журавки, Сергеевки, Евланово). Он оказывался необходимым этапом предрудной подготовки, первичного формирования повышенных содержаний, которые впоследствии мобилизовывались, перераспределялись и локально аккумулировались. В том, что подобные процессы в платформенных условиях действительно имели место, убеждают исследования на геохимическом полигоне Кудияровка (Измалковский район, Липецкая область) [9]. Там в карьере выходят на поверхность белые, разнородные пески мощностью около 10 м латненской свиты нижнего апта, отложившиеся в пределах прибрежно-морской фациальной зоны. В протяженном обнажении Восточном они практически лишены каких-либо изменений. В обнажении Западном, на расстоянии первых десятков метров от Восточного, первично белые аптские псаммиты превращены в красные бесструктурные породы, реликты слоистости в которых угадывались лишь на некоторых участках. Интенсивность наложенных изменений примерно одинакова по всей вскрытой мощности (более 9 м). В Кудияровке сохранился эталон — объект с первичными геохимическими особенностями аптских прибрежно-морских отложений, с которым можно сравнить продукты вторичных изменений, определить вклад гипергенных процессов в наблюдаемый состав первично осадочных пород. Разрезы изучены полуколичественным спектральным анализом. Из 19 элементов, что распространены в разрезах повсеместно, шесть — сидерофилы (Mn, Cr, Ti, V, Ni, Co), четыре — халькофилы (Cu, Pb, Zn, Mo), шесть — редкие и рассеянные (Zr, Y, Yb, Sc, Be, Ga). Присутствуют щелочноземельный Ba, благородные — Au и Ag. Сопоставление геохимических диаграмм приведено в работе [9], поэтому здесь лишь отметим, что представления о существовании двух самостоятельных фаз рассеянного рудогенеза явно подтвердилось. В самом деле, нетронутые гипергенными процессами белые аптские пески уже оказались в некоторых частях разреза обогащенными ультратонким золотом, в содержаниях до  $0,1 \text{ г/м}^3$ , при том, что между ними были обширные «пустые» интервалы. Такое распределение

можно считать весьма неравномерным. Дальнейшее перераспределение этих элементов в раннем миоцене при мощном корообразовании проходило с сохранением реликтовых связей, возникших в конседиментационную фазу. В ожелезненных толщах перераспределение золота привело к возникновению двух примерно равных по мощности горизонтов. Верхний оказался лишенным золота, во всяком случае, его содержания оказались менее чувствительности спектрозолотометрического метода. Нижний горизонт с видимой мощностью четыре метра отличался исключительно монотонным содержанием Au —  $35 \text{ мг/м}^3$ .

Очевидно, не будь конседиментационного обогащения осадков рудным веществом, не чему было бы перераспределяться впоследствии.

**Верхнекамская впадина.** Ультратонкое золото этой тектонической структуры, занимающей часть Кировской области и Пермского края, исследовано В. А. Наумовым с соавторами [12, 13]. Интересны обнаруживающиеся аналогии тектонической предопределенности повышенных скоплений ультратонкого металла с минеральными ассоциациями Воронежской антеклизы. Так, по данным изучения речного аллювия, названными авторами выделена Лолог-Янчерская золоторудная зона. Глины из керна в ее пределах (бассейн р. Лолог) содержат до сотни знаков золота на пробу, множество знаков киновари размером менее 100 мкм и самородную медь (долина р. Лолог). Глины междуречья Янчер и Силайка из этой же зоны включают комковидные или кристаллические (один хорошо сформированный кристалл) знаки золота размером менее 100 мкм (60 золотин в 15 литрах), киноварь (250—100 мкм, 20 знаков, сотни знаков менее 100 мкм), интерметаллиды.

В современном аллювии преобладает размерность золотин 80—100 мкм. Как и в осадочном чехле Воронежской антеклизы, различают частицы классического россыпного и рудного облика. Россыпные зерна имеют лепешковидную форму и характерную поверхность, выработанную при воздействии водных струй. Иногда они тороидального облика. В. А. Наумов и др. [12, с. 185] образования последнего типа считают характерными для зон тектоно-магматической активизации платформ. Рудные золотины — комковидны, состоят из ажурных либо плотных агрегатов, частицы которых имеют размерность 1—5 мкм. Еще больше сходство с

Воронежской провинцией усиливает преобладание минералогических разностей металла, содержащих летучие. Помимо высокопробного и серебристого, здесь распространены зерна тонкого золота: ртутистого, палладиево-ртутистого, палладиево-серебристо-ртутистого, медисто-палладиево-серебристо-ртутистого. Отмечено, что строение ртутистых золотин сложное. В них выделяется высокортутистая зона, цементирующая отдельные глобулы. Выделены также интерметаллиды, состоящие из золота и олова в различных пропорциях.

Ажурные золотины рудного облика не способны переносить даже небольших гидродинамических воздействий. Это позволяет связать их появление с активностью разломов, перекрытых аллювиальными толщами. Они составляют основной ресурс россыпного золота региона. Для шести участков кайнозойских россыпей (рр. Коса, Кодзь, Березовка, Янчер, Лолог) ресурсы оценены в 10 т золота, для «Камского участка комплексной разработки» (Верхнекамская площадь песков для силикатных изделий, Коми-Пермяцкий автономный округ) приведены ресурсы — 40 т [13, с. 183].

Напомним, что Воронежское ультратонкое золото практически всё платиноидное. Но в Верхнекамской впадине этот металл сопровождают неизвестные пока на антеклизе зерна собственно платиноидов пяти минеральных видов и 15 разновидностей. 84 % зерен этих природных сплавов платино-железисто-медисто-иридиевого состава (железисто-платиновые интерметаллиды), остальные — осмиево-иридиево-рутениевые.

**Северный и Приполярный Урал.** О. А. Кузнецовой [7] удалось показать, что во многих случаях ультратонкое золото, определяющее золотоносность кор выветривания, не является лишь остаточным, выделившимся при механических и химических преобразованиях рудоносных коренных пород. Его золотины часто оказываются новообразованиями, что доказывается отличиями от таковых коренного источника обликом, размерностью, химическим составом. В этом процессе роль эндогенного фактора значительна и очевидна. Подобные коры выветривания Светлинского месторождения Среднего Урала оставлены поздне триасовой-раннеюрской эпохой, когда в регионе был теплый гумидный климат. Субстратом явились мрамора, кварц-мусковитовые, кварц-серицитовые слан-

цы, содержащие пирит-пирротинное, с халькопиритом стратиформное и жильное пирит-халькопирит- и пирротин-халькопирит-кварцевое оруденение. Коры контактово-карстовые. Их профиль неполный гидрослюдисто-каолинит-охристый. Зону дезинтеграции сланцев кверху последовательно сменяют зоны: а) выщелоченных гидрослюдистых-слюдистых пород (горизонты серых и белых глин); б) охристо-каолинитовой (горизонты желтых и бурых глин); в) гетит-гематитовых охр.

Золотины УТЗ размерностью не более 15 мкм встречаются в неизменных породах зоны дезинтеграции совместно с петцитом ( $\text{Ag, Au Te}_2$ ), гесситом  $\text{Ag}_2\text{Te}$ , аурупридом  $\text{Cu}_2\text{Au}$ , самородным серебром. В серых глинах зоны гидрослюд размер частиц золота побольше, превышает 200-400 мкм. Золотины пластинчатые, жилковидно-пластинчатые, без примесей, иногда же в них присутствуют  $\text{Ag}$  (0,78—14,76 %),  $\text{Fe}$  (0,21—0,39 %),  $\text{Cu}$  (0—0,42 %). Пробность варьирует от 850 до почти 1000. В вышележащем горизонте белых глин той же зоны золотины имеют размерность 180—550 мкм. Они комковидно-угловаты, с порами от выщелоченных частиц кварца и слюд, иногда с включениями этих минералов. Примеси в золоте:  $\text{Ag}$  (6,25—6,81%),  $\text{Cu}$  (0,43—0,57 %),  $\text{Cd}$  (до 0,88 %),  $\text{Fe}$  (до 0,25 %),  $\text{Co}$  (до 0,24 %). Здесь обнаруживаются высоколетучие — ртуть (1,07—1,69 %) и иод (до 0,62 %). Эти элементы легко образуют с золотом амальгамы и иодиды, чувствительные к перемене температурных режимов. Появление их нельзя объяснить переотложением из коренных подстилающих золотоносных сланцев. Благородный металл был явно перемещен в кору выветривания из сланцев и жил восходящим агрессивным иодо-ртутным флюидом

Более мелкие золотины, до 100 мкм, в этой зоне содержат включения кварца, примеси  $\text{Ag}$  (1,78—7,26 %),  $\text{Cu}$  (до 0,6 %),  $\text{Fe}$  (до 0,34 %), но также — летучие  $\text{Hg}$  (0,72—1,63 %),  $\text{Te}$  (до 0,51 %),  $\text{Se}$  (до 0,35 %). Соотношение элементов однородно по всей площади золотин. Содержание, определенное пробирным анализом, — 0,8 г/т.

В желтых глинах охристо-каолинитового слоя встречаются зерна благородного металла размерностью 60—120 мкм. Плотные однородные его выделения имеют пробность 980, агрегаты из глобул золота, сцементированных гидроокислами  $\text{Fe}$  и глинистым веществом, — 990.



Примеси: Cu (до 0,52 %), Fe (до 0,41 %), Pt (до 1,09 %), Ni (до 0,37 %). Серебро отсутствует. Много летучих: Hg (0,81—1,81 %), Te (до 0,43 %). Содержание Au в желтых глинах — 2,4 г/т (пробирный анализ). Как видим, по химизму это золото очень близко тому, что обнаруживается в рыхлых толщах Воронежской антеклизы.

В вышележащем горизонте бурых глин золотины каплевидные, изометричные, до 2 мм размерностью. Тяготеют к обохренным участкам, не содержат примесей. Содержания золота в глинах горизонта — 2,8 г/т, много серебра, в лимонитах — до 5 г/т Au (пробирный анализ). В зоне охр макроскопическое золото не обнаружено, но по данным атомно-абсорбционного анализа его — 3,3 г/т. Здесь присутствуют каплевидные зерна самородного серебра размерностью 1,5—7 мм.

Каталамбинское месторождение золотоносных кор выветривания Приполярного Урала имеет иное, нежели Светлинское месторождение, геологическое строение. Коры выветривания здесь формировались в раннем-среднем кембрии и принадлежат раннепалеозойской эпохе мощного корообразования. Субстратом местных линейно-трещинных кор послужили кварцево-мусковитовые с парагонитом (Na-слюда) сланцы. Оруденение представлено малосульфидными (халькопирит, пирит, арсенипирит) золото-кварцевыми жилами. Первичное самородное золото зоны дезинтеграции имеет размерность своих комковидно-угловатых, с отпечатками вмещающих минералов, частиц 120—400 мкм. Пробность его 920—950. Примеси: Ag (0,93—6,08 %), Cu (до 0,40 %), As (до 0,25 %), Fe (до 0,24 %), Te (0,32 % во включении медно-никелевого сульфоарсенида в одном из зерен), Cd (до 0,70 %), Pt (до 1,07 %). Здесь тоже есть летучие (Hg до 1,02 %), а содержания Au невелики — не более 0,2 г/т.

В расположенной непосредственно выше зоне выщелачивания, породы которой формировались существенно дольше, частицы тонкого золота претерпели большие трансформации. Хотя пробность (870—940) и размерность их существенно не изменилась (100—420 мкм), золотины приобрели иной облик — появились кристаллические, пластинчатые, проволочковидные индивиды, зерна аурикуприда и медистые разности. Примеси: Ag (4,72—7,69 %), Cu (до 0,57%), Pt (1,17—1,94 %), Ni (до 0,57 %), Co (до 0,52 %), Cd (до 0,57 %), Fe (до 0,23 %), As (до

0,23 %). Заметно много стало летучего Te (до 0,58 %). Главное же, в 20—40 и более раз возросли содержания металла — 4—8 г/т.

Для кор выветривания обоих рассмотренных Уральских месторождений характерны максимальные содержания металла в существенно каолинизированных, слабо обохренных породах. Эти горизонты разреза являлись геохимическими барьерами с определенными восстановительными свойствами. Естественное обогащение обусловлено выносом кремнезема. Здесь же, полагала О. Ю. Кузнецова [7, с. 15, 18], происходило и отложение золота, вынесенного грунтовыми водами из нижерасположенных коренных источников. Вторым уровнем повышенной золотоносности оказался приповерхностный геохимический барьер Светлинского месторождения, выделенный по накоплению гидроокислов железа, хороших сорбентов. В распределении золота в коре выветривания участвовал и третий (щелочной) геохимический барьер: скрытый контакт между сланцами и мраморами. Там осаждение растворенного золота (и формирование железистых конкреций) шло особенно активно. Вдали от контакта над мраморами осаждения растворенного золота нет, весь металл только переотложенный. Исчезновение серебра, фиксируемое на некоторых уровнях, связывалось с тем, что Au и Ag разделились в “зрелых горизонтах коры выветривания”.

Однако очевидно, данная модель не полностью характеризовала весь фактический материал и сам процесс перераспределения ультратонкого металла от коренных источников по профилю кор обоих месторождений. В ней не учтена роль эндогенного фактора, влияние которого угадывается в геологических особенностях локализации обеих месторождений (все коры линейные, т.е. приразломные), составе золотин кор выветривания, где аномально много летучих (ртуть, таллий, селен, иод). Несомненно, флюидная проработка вещества разрезов способствовала мобилизации металла коренных источников, самого корового золота, его перераспределению в виде амальгам, соединений типа AuCl<sub>3</sub>, иодидов. Летучие элементы способны быть транспортерами золота и его накопителями, удерживающими, улавливающими металл восходящего флюида.

**Средний Урал.** Исследователями Пермского и Коми научных центров РАН [14] в последнее время привлечено внимание к «живым», как они

выразились, полигенным, возможно способным к самовозобновлению россыпям Промышленно-Кушвинской группы, расположенным на восточной окраине Центрально-Уральского поднятия. Их основным полезным компонентом является не только кластогенное, но, прежде всего, аутигенное золото. Как и в золотопроявлениях Воронежской антеклизы, золотины местной Большешалдинской россыпи представлены зернами рудного облика (34 %) и аллювиальными. Рудные выделения металла — кристаллические (октаэды, тетрагон-триоктаэды; формировались в открытых полостях), дендритовидные, пластинчатые (рост в щелевидных полостях), интерстициальные, комковатые, ленточные. Находки агломератов окатанных зерен, сцементированных новообразованными золотыми пленками, говорит о продолжающемся росте золотинок в россыпях. Ртуть входит в состав примесей (до 3 %). Золотины сопровождают интерметаллиды (свинцово-сурьмянистый твердый раствор), самородная медь с эмульсионной вкрапленностью золота, платиноиды (в отношении к золоту 1:200) и др.

Интересны золотые пленки толщиной до 50—70 мкм, покрывающие с поверхности обломочные частицы, различные минералы, в т.ч. и ранние золотины. Они особенно тяготеют к полуокатанным или окатанным зернам железистых кварцитов и титаномагнетита, занимая 15—50 % их поверхности. Для понимания генезиса молодого золота важно постоянное обнаружение среди примесей к нему гидроксил-бромидов свинца, серебра, железа, с общим преобладанием свинцово-серебряных фаз. Их стеблевидные индивиды (от 0,5×4 мкм до 5×50 мкм) нарастают на пленки золота и придают золотинам серый цвет. Иногда бромиды на золотой подложке оказывались покрытыми глобулами золота еще более поздней генерации. Предполагается также присутствие и кристаллических углеводородов, парагенетически связанных с Pb-Ag-Fe минерализацией.

Проба самородного золота Большой Шалдинки была подвергнута отжигу, способному уничтожить большую часть летучих, однако и после этого в ней сохранились золото-ртутные бромиды, с примесью серебра, железа, палладия.

В. А. Наумов с соавторами, основываясь на необычном пленочном облике и химизме новых золотинок, склонились к мысли о значительной

роли «микробиального» фактора в их формировании. Дополнительным подтверждением такой гипотезе, по их мнению, служат низкое соотношение в выделенных газах  $iC_4O_{10}/nC_4O_{10}$ , присутствие в пиролюзате еще более тяжелых углеводородов, чем бутан  $C_4O_{10}$  [14, с. 63, 68, 81, 83—87]. В таком контексте уместно вспомнить недавнее обобщение по проблеме биогенного концентрирования золота, выполненное М. М. Константиновым [6, с. 72—74]. Им приведены данные R. A. Zierenberg et P. Schiffman [33] по ультратонкому золоту ручья Лиллиан Крик, Аляска. Выделенные из его аллювия золотины — полые сфероиды диаметром около одного микрометра, — в их интерпретации на 80—100 % оказались результатом прижизненной аккумуляции Au почвенными бактериями *Pedomicrobus manganicum*. Образованные ими сетчатые агрегаты из сфер и нитей при пробности около 996 содержат 0,41 % ртути, ничтожное количество (десятки г/т) свинца, сурьмы, мышьяка, меди. О многочисленных золотых микрофоссилиях из россыпных и коренных месторождений рассказано в работе [1]. Это диатомовые водоросли и цианобактерии, проба золота в которых составила 650—750. Интересно, что они содержат 7—17 % ртути, абсолютно токсичного вещества, блокирующего (инактивация) функции жизненно необходимых ферментов. И если ассимиляция золота биосом имеет некоторое рациональное объяснение (возможная защита от излучения из-за способности элемента захватывать нейтроны [6, с. 74]), то примеси ртути выглядят явно вторичными, захваченными биогенным золотом и возможным новым подтверждением существования глубинных ртутьсодержащих флюидов. Благодаря работе [8], мы знаем, что наиболее активно накапливают золото среди бактерий представители рода *Bacillus*, из грибов — *Penicillium*. После биосорбции возможна кристаллизация биогенного золота с возникновением пластинчатых кристаллов и золотых пленок. Китайские исследователи [31] предложили использовать распространение спор *Bacillus cereus* для поиска скрытого золотого оруденения на основе закономерности — насыщение восходящих растворов золотом способствует обильному спорообразованию.

Такие исследования раскрывают тонкие особенности поведения золота в россыпях, однако они не помогают ответить на вопрос: до-

статочны ли заселить любую долину представителями *Penicillium*, *Bacillus cereus* и другими, чтобы там возникла золотиносная россыпь, тем более, «самовозобновляющаяся». Вряд ли подобное произойдет, если металл туда не будет поступать постоянно, классическим кластогенным путем, либо с восходящим металлоносным флюидом. Почему надо исключать версию, что молодое золото россыпей Промысловско-Кушвинской группы Среднего Урала, содержащее ртуть, бром, углеводороды, в своих примесях сохранило состав современного глубинного флюида? Тем более, в районе крупнейших меридиональных глубинных разломов, разделивших структуры Центрально-Уральского поднятия — Ляпинско-Кутимский, Кваркушко-Каменогорский мегаантиклинории от Улсовско-Висимского мегасинклинория. В заключение процитируем более раннюю работу В. А. Наумова с соавторами по Верхнекамской впадине [11, с. 152, 153]: «Ряд признаков уверенно указывает на важную роль глубинных разломов как зон активного проявления процессов мезозойско-кайнозойской тектоно-магматической активизации... По глубинным разломам неоднократно происходило проникновение в верхние части низкотемпературных растворов (флюидов), за счет которых образуются характерные минералы — киноварь, барит, самородная медь, пирит, агрегатное золото, интерметаллиды и т.д. В отдельных зонах, находящихся вблизи крупных разломов земной коры, резко повышается доля агрегатного золота в общей его массе (до 50 % и более) ...».

**Африканский континент.** Интересные материалы, характеризующие условия образования золотиносных россыпей Бирримского массива (Северная Гвинея) на западе и восточной части платформы (Эфиопия), получены в последнее время российскими геологами [4]. Ими впервые системно исследованы морфология и химизм золотин, извлеченных из пород нижнепротерозойского фундамента (бирримий,  $PR_1br$ ), мезозойского траппового комплекса (габбро-долериты), экзоконтакта массивов последнего, внедрившихся в породы бирримия, эоценовых и более молодых кор выветривания, неоген-четвертичных пролювия, аллювия и склоновых отложений. Облик и химизм зерен металла каждого из названных подразделений оказался типоморфным. Золотины бирримия обнаруживаются часто. Они с зеленоватым оттенком, ком-

коваты, дендритовидны. Металл высокопробный (995,6), с ничтожным содержанием Ag, Mg — 0,03 %, Pb — 0,03 %, Mn — 0,1 %, Cd — 0,3 %, иногда присутствуют Se — до 0,2 %, Te — до 0,5 %, Sb — до 0,4 %. Как видим, они не содержат ртути. Золото траппового комплекса — частично, до 15 %, белое (*l'or blanc*). Его размерность — от 0,1 до 1 мм. Пробность высокая, 920—970. В нем отмечены включения сперрилита  $PtAs_2$ , бреггита ( $Pd_{0,77}Pt_{0,25}Ni_{0,07}S$ ). Из летучих есть ртуть, до 0,24 %. Золото из экзоконтактов массивов траппов образует ярко-желтые комковатые зерна с пробой 630—910. Здесь присутствуют серебро (3,4—31,9 %), платина, палладий, но летучих тоже нет. При изучении золотиносности латеритов было отмечено *укрупнение* в них золотых частиц [4, с. 112]. Однако наибольшее разнообразие зерен золота по химическому составу оказалось свойственно современному аллювию. Здесь отмечены золотины с разными содержаниями платиноидов, серебра и летучих, обнаружены самоочищение металла (появление высокопробной каймы), общее повышение пробности золотин вниз по течению рек (что известно и для многих регионов), а также интересный факт падения содержаний платиноидов в том же направлении. Выявлены и образования нового золота в аллювии — губчатого, представленного светлыми глобулярными наростами [4, с. 99, рис. 5.3, г].

**Северная Америка. Карлин** (Carlin, Lynn district, штат Невада). Это меловое-кайнозойское стратиформное месторождение тонкодисперсного золота вместе с прочими подобными месторождениями Невады (**Гетчел**, **Бутстрап**, **Манхаттан**) и Юта (**Меркур**) принадлежат весьма сложному эпигенетическому типу, для которого характерны не жильные тела, но тонкая рассеянная вкрапленность металла в подготовленных процессами замещения вторичных пористых породах. В этом стратиформном месторождении сконцентрировано около 110 т драгоценного металла со средним содержанием около 10 г/т, максимальным — до 180 г/т (5,67 унции/т). Карлинские эпигенетические руды нам особенно интересны, так как при образовании потребовали длительной и разнообразной предрудной подготовки, в которой все оказалось важным — тектонические режимы весьма далеких от финального рудообразующего процесса эпох, петрографический состав вмещающих осадочных толщ, условия осадконакопления в палео-



бассейнах, меловой кислый и средний магматизм (кварцевые порфиры, кварцевые диориты).

В самом деле, руды Карлин локализованы в тектоническом «окне» Линн, одном из восьми «окон», обнаруженных в аллохтоне надвига Робертс Маунтинс. Д. М. Хаусен и П. Ф. Керр [15, с. 590—624] отмечают: уже сама зона надвига была длительное время проводником растворов, а присутствие «окон» — хорошее подспорье в поисках месторождений. Собственно надвиг образовался в докаменноугольную «антлерскую» орогению. Он соединил западные эвгеосинклинальные и восточные миогеосинклинальные породы. Пластовые стратиформные тела - Главное, восточное продолжение Главного тела, Западное рудное тело, — локализованы в силурийских *первично илистых плитчатых известняках* формации Робертс-Маунтинс. Лишь позже, в результате выноса карбонатных материалов гидротермами они превратились в пористые легкие глинистые и доломитистые алевролиты, а после отложения слоев низкотемпературного халцедона, согласных со слоистостью, иногда ожелезнения приобрели нынешний облик. И в таких изменениях тоже заключены элементы предрудной подготовки — *вне «окон»* породы формации Робертс-Маунтин под одноименным надвигом представлены *незолотоносными глинистыми алевролитами* с кварцем, некоторым количеством монтмориллонита, иллита и примесью каолинита, иногда — с большим количеством барита и доломита. Магматизм в районе месторождения имел место в середине мелового периода — 121 млн лет назад, когда внедрились дайки кварцевых порфиров и кварцевые диориты. Несмотря на то, что выходы тел тех и других разнесены в пространстве, явные черты петрографического сходства служат в пользу принадлежности их единому магматическому очагу. Золотая минерализация произошла значительно позднее, как и низкотемпературные изменения в магматитах. С дайками связывают баритовую и полиметаллическую минерализацию — жилы, неправильные метасоматические залежи, *но не золото*. Они несут признаки и более поздних изменений в основную стадию рудообразования, вызванных золото-мышьяковыми растворами — прожилки кварца с пиритом, присутствие реальгара, стибнита. Охарактеризуем по цитированным данным весьма тонкое местное золото и некоторые

особенности его распределения. Большинство (90 %) золоти месторождения Карлин имеют размерность менее 0,2 мкм (!). Более крупные зерна (1—5 мкм) — округлы, овальны, но в целом имеют неправильные очертания. В Главном рудном теле они обнаружены в глинистых породах. Рядом с ними присутствуют поровые пустоты, из которых вынесен кальцит, отчего порода оказывается в рыхлом состоянии. Золото на отдельных участках Главного рудного поля иногда ассоциирует с органическим веществом типа асфальтита.

Органическое вещество в природе осаждает золото из растворов, но в случае Карлин простой *зависимости концентраций металла от содержания углерода нет*: многие известняки с обилием органических соединений здесь практически не золотоносны. Как видим, коллоидальные золотины месторождения Карлин весьма схожи по морфологии и условиям нахождения с ультратонким золотом Воронежской золотоносной провинции с той лишь разницей, что для осадочного чехла последней имеющиеся в распоряжении ВГУ технологии не позволили диагностировать выделения зерна металла менее 10—20 мкм. Но еще большее сходство месторождению Карлин с Воронежской провинцией придает широкое развитие вместе с золотом летучих — As, Hg, Sb. Концентрации золота и летучих явно связаны, хотя в таблице речь идет лишь об остаточных, *сохранившихся* ныне содержаниях этих элементов, столь склонных к самоудалению, и эта ныне исчезнувшая их часть уже никогда не будет определена.

Содержания золота обнаруживают корреляционные связи с содержаниями летучих на площади крупного стратиформного месторождения тонкодисперсного золота Карлин, штат Невада. Проанализированы породы рудной зоны на уступе 1920 м (6400 футов) в Главном карьере. По [15, с. 605, т. VI]

Данные таблицы позволяют обсудить некоторые частные вопросы появления скоплений ультратонкого золота.

*Литологический контроль оруденения.* Восходящие минерализующие растворы эффективней влияли на металлоносность более проницаемых пород. Такими в разрезе силурийской формации Робертс-Маунтинс оказались илисто-доломитистые известняки, подвергшиеся выщелачиванию и локальному окварцеванию в верхней части разреза мощностью около 60 м.

Таблица

Тип породы	Золото, г/т (унций/т)	Средние данные спектрального полуколичественного анализа, %		
		As	Sb	Hg
Доломитистые глинистые алевриты	82,5 (2,66)	0,22	0,01	0,01
Глинистые алевриты	68 (2,19)	0,22	0,01	0,01
Алевро-песчаники	40 (1,26)	0,28	<0,01	<0,01
Кальцифицированные глинистые алевриты	26 (0,840)	0,17	<0,01	<0,01
Алевритовые глинистые доломиты	25 (0,805)	0,12	<0,01	<0,01
Алевритовые известковые доломиты	6 (0,19)	0,12	<0,01	<0,01
Измененная порфирировая дайка	5 (0,153)	0,59	<0,01	<0,01
Известковые алевриты близ дайки	1,7 (0,052)	0,09	<0,01	<0,01
Осветленные глинистые алевриты	0,7 (0,023)	0,025	<0,01	<0,01

Здесь содержания золота менялись от менее 60 мг/т до многих десятков г/т. Были подмечены [15] такие связи петрографического состава вмещающих первично осадочных пород и золотоносности — полная безрудность весьма светлых пористых разностей в зонах окварцевания овальной формы (1), тяготение повышенных концентраций металла к небольшим полосчатым скоплениям глинистых минералов, ориентированные параллельно слоистости (2). «Пятна» — результат самых первичных изменений, отражение направлений движения потока растворов либо реликтов слоистости после выноса карбонатов. Отложение коллоидного золота происходило в освобождавшемся капиллярном пространстве. На фоне невыветрелых темно-серых силурийских отложений формации Робертс-Маунтинс «пятна» выделяются темно-серыми оттенками. По мере выветривания и поступления окислов железа «пятна» становятся темно-коричневыми на общем красновато-желтом фоне. Однако это и все признаки, реально работающие на поиски рудных тел, которые удалось установить. В остальных случаях отличить безрудные и весьма золотоносные породы без опробования нельзя. Можно лишь надеяться на большие концентрации металла в измененных глинистых или доломитистых алевритах, иногда углистых, известковистых или окварцеванных, но золота там может и не быть. Мало золота и в известковистых существенно халцедоновых первичноосадочных породах: кальцит и кварц в порах отложились уже после золота и сильно разубожили его содержание. В минерализованных участках даек кварцевых диоритов золота меньше, чем в осадочных породах. В приведенном примере [15, с. 605] диориты содержат золота 0,09—15 г/т (0,003—0,48 унции/т), а в прорванных ими рядом расположенных первично осадочных породах его 6–180 г/т (0,19—5,67 унции/т).

*Структурный контроль оруденения.* Прежде всего, это положение золотоносных залежей только в пределах тектонических окон. Повышенные концентрации тонкодисперсного золота расположены невдалеке от крупных разрывов северо-западного простирания. Однако в самих зонах даже этой ориентировки, пересекающих Западное и Главное рудные тела, золота немного. Зоны выполняют пористые окварцеванные «белые» породы, а в их глинках трения присутствуют иллит и монтмориллонит. Золота в таких глинках — от следов до 1,5 г/т (0,05 унции/т). Полагают [15], что разломы с хорошо выраженными изменениями могли быть проводниками золотоносных растворов. Сеть же первичных трещин и разрывы в силурийской формации Робертс-Маунтинс не оказали большого влияния на интенсивную общую аргиллитизацию и локальное окварцевание — последние вызваны не приразломными изменениями, а процессами ареального характера. Окварцевание и слабая минерализация встречены на поверхности несогласия между силурийскими породами формации Робертс-Маунтинс и девонскими известняками формации «Попович».

*Вероятный генезис тонкодисперсного золота.* Существует немало публикаций, посвященных генетическим аспектам возникновения скоплений тонкодисперсного золота. Их сводка опубликована [15]. В разные годы по этому вопросу высказались В. S. Butler et al. [24], М. Н. Haycock [26], Р. Joralemon [27], F. G. Smith [28], F. L. Stiillwell, A. B. Edwards [29], R. Van Aubel [30], W. H. White [32]. Преобладают представления о том, что металл переносится истинными растворами, но не коллоидами. К этой точке зрения присоединились D. M. Howsen et P. F. Kerr, исследовавшие золотины месторождения Карлин. F. G. Smith [28] показал, что золото выделяется из щелочно-сульфидных растворов с падением

концентрации сульфид-ионов при уменьшении содержания сероводорода, либо при окислении сульфидов до сульфатов. Окисление серы ведет к снижению рН растворов и усилению садки металла. На наш взгляд, подобную схему для тонкодисперсного золота Карлин трудно принять: этот металл в его рудах осаждался в одну стадию прежде всего с летучими — мышьяком, в т.ч. самородным, ртутью, сурьмой, хотя в непосредственном контакте с золотиными их частицы не наблюдались никогда. При этом в самых богатых золотом рудах больше всего и такого склонного к самоудалению из открытых систем элемента, как ртуть (см. таблицу). Есть все основания полагать, что первичные содержания Hg были существенно большими и речь могла идти о переносе золота в виде естественных амальгам. Пары глубинной ртути мобилизовали, выносили металл из глубин и вмещающих осадочных толщ. В дальнейшем субмикроскопические капельки твердых амальгам сорбировались глинистыми частицами. Здесь уместно вспомнить, что еще М. Н. Наусок [26] отмечал, что тончайшее золото склонно выделяться совместно с минералом-хозяином. Такими в Карлин оказывались глинистые минералы-сорбенты (каолинит). Зерна металла обнаружены на поверхности одновременно возникших с золотом и глинистыми выделениями битумов, минералов кремнезема, мышьяка, железа. При этом для отложения ультратонкого металла важны не основные каналы распространения в проницаемых породах, а тончайшие капилляры, куда из восходящего флюида попадала, консервировалась его ничтожная часть — квант, достаточная, при некоторой дальнейшей подпитке, для формирования зерна — золотины. В работе [15, с. 610] проиллюстрирована мысль о том, что отрицательно заряженные кристаллики золота, осевшие из истинного раствора, могли захватываться положительно заряженными концами выделений каолинита, вне зависимости от его генезиса, и тонкодисперсных слюд. Оказывается, Н. Van Orphen еще в 1963 г. опубликовал электронные изображения: на концах гексагональных кристаллов каолинита размерностью 0,5—1,0 мкм находятся сферические выделения золота размерностью 0,005—0,1 мкм. Этот автор подчеркнул: только на концах кристаллов глинистых минералов вскрыты слои решетки с положительными зарядами, тогда как все их плоские поверхности заряжены отрицательно.

Этим механизмом Д. М. Хаусен и П. Ф. Керр объяснили одну из закономерностей распределения золота в рудоносных пластах Карлин — тяготение повышенных концентраций к небольшим глинистым прослоям. Эти прослой служили ловушкой для золота, циркулировавшего по проницаемой толще с флюидом. Подобные глинистые прослой оказываются условием для появления высоких концентраций ультратонкого металла и в других регионах, на Воронежской антеклизе (охры Сергеевки), в Верхнекамской впадине (см. выше).

## 2. ОБЩИЕ ВЫВОДЫ. ЭФФЕКТ ЭКРАНИРОВАНИЯ И МАСШТАБЫ ОРУДЕНЕНИЯ

2.1. Ультратонкое золото с размерностью зерен от десятков до первых микрометров весьма широко распространено на многих континентах Земли — в современных речных долинах, приразломных зонах на водоразделах, изометричных центрах активизации (очаговых структурах) Этот металл полигенен. Среди его золотины присутствует определенная часть, представленная классическими кластогенными частицами, продуктом истирания золотосодержащих пород и руд коренных месторождений. По химическому составу кластогенное золото характеризуется высокой пробностью, возрастающей по мере удаления от коренного источника, небогатым перечнем элементов-примесей, среди которых летучих либо нет, либо их очень немного (десятые процента). Вместе с тем в россыпях не менее часто присутствует и иные ультратонкие золотые частицы («новое», «эксгальционно-осадочное», «биогенное» и т.д. золото). Этот «новый» металл повсеместно богат примесями, в нем обнаруживаются многочисленные летучие (Hg, Se, Te, As, Sb, Tl, Br, I), могут присутствовать углеводороды. В единую ассоциацию с «новым» золотом входят различные сплавы-интерметаллиды. Состав этой ассоциации и каждого из входящих в нее минеральных видов варьирует по площади, что связывается с глубинной геохимической специализацией конкретных тектонических блоков.

2.2. Механизмом, ответственным за возникновением нового золота в осадочном чехле, является глубинная дегазация недр. Восходящие потоки флюидов достигают осадочного чехла по системам раскрытых глубинных разломов. Рудные элементы по пути их движения через поро-

ды фундамента мобилизуются, получают возможность перехода на высокие гипсометрические уровни. Достигнув рыхлых пород осадочного чехла со значительным свободным пространством между зёрнами минералов, металлоносный флюид имеет тенденцию к быстрому охлаждению (из-за адиабатического сброса давления), вскипанию, широкому распространению по осадочной толще. Таким образом, «рассеянный рудогенез» формирует ее специфическую металлоносность, представленную охарактеризованной выше минеральной ассоциацией. В возникшей в результате этого процесса среде иногда вполне эффективно могут существовать бактериальные и флористические сообщества, специализирующиеся на накоплении золота (например, *Bacillus cereus*, представители рода *Penicillium*).

2.3. Масштабы возникающих проявлений золота и других компонентов, конечно, зависят от плотности (продуктивности) восходящего флюида и продолжительности функционирования его системы. В тектонически активных районах (Карлин) таких возможностей, конечно больше, чем на древних платформах. Недаром в единой программе Геологической службы США, посвященной изучению ультратонкого («disseminated», рассеянного) золота, упор делается на регион Кордильер. Привлекают огромные масштабы распространения здешних не очень богатых (до 10 г/т) руд. Ныне здесь открыты и карбонатные, и сланцевые толщи с подобным золотом [3, с. 147; 25].

Очень важной видится способность осадочных толщ, в которые поступили металлоносные эманации, воспринять, аккумулировать, сохранить «выпадающий» рудный материал. Таким образом, на первый план выступает проблема экранирования. Рассмотренные выше районы со скоплениями ультратонкого металла явно по этому признаку подразделяются, как минимум, на две группы. К первой группе относятся те, приповерхностные уровни которых содержат лишь маломощные частные экраны. Типична здесь Воронежская антеклиз (рис. 1), в осадочном чехле которой распространены многочисленные, но мелкие проявления ультратонкого золота, тяготеющие к частным геохимическим барьерам. Более значительные из них связаны с основанием крупных осадочных ритмов, примером чего и является россыпь Русской Журавки в основании палеогена на кольцевом разры-

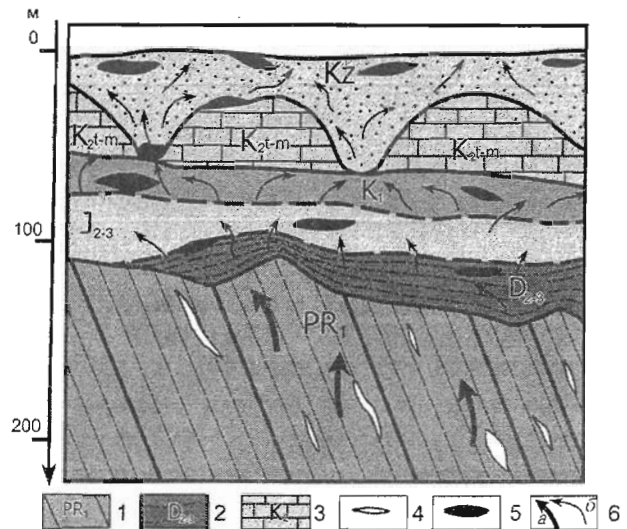


Рис. 1. Гипотетическая модель слабо экранированного «рассеянного рудогенеза», основанная на материалах, полученных для Воронежской антеклизы. На усредненном геологическом разрезе через Тим-Ястребовскую зону в пределах свода структуры показано, что восходящий металлоносный флюид, не встречая в осадочном чехле протяженных и мощных экранирующих горизонтов, формирует на частных геохимических барьерах многочисленные золотопроявления с небольшими (от десятков кг до первых тонн золота) ресурсами: 1 — породы нижнего протерозоя с коренными проявлениями золота (кварцевые жилы, зоны пропилитизации и т.д.); 2 — девонские-нижнемеловые преимущественно псаммиты, глины, трещиноватые известняки; 3 — верхнемеловые песч. мела и мергели; 4 — золотоносные рудные тела в породах фундамента; 5 — многочисленные мелкие эксгаляционно-осадочные проявления золота на частных геохимических барьерах в осадочном чехле; 6 — восходящие флюидные потоки, с тенденцией к вышелачиванию и мобилизации рудных элементов в породах фундамента (а) и пониженной плотности, с тенденцией отложения рудных элементов на геохимических барьерах в осадочном чехле (б)

ве, ограничивающем Гнилушинскую структуру. Другая группа представлена месторождениями типа Карлин (рис. 2), роль экранов на площади которых играют мощные аллохтонные пластины. Однако и под ними ультратонкий рассеянный металл не образовал бы значительных аккумуляций, не будь тектонических окон. Именно в последние, являющиеся площадями сброса давления, фокусируются, стягиваются металлоносные струи флюида. Именно в них возникают большие скопления ультратонкого золота, экономически значимые месторождения.



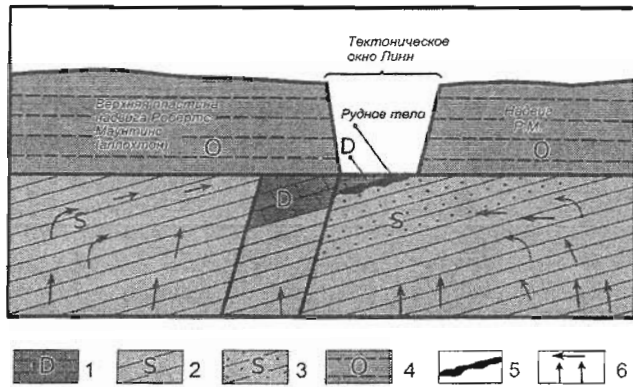


Рис. 2. Гипотетическая модель «рассеянного рудогенеза» при наличии мощного экрана на примере позднемелового-дочетвертичного месторождения Карлин, штат Невада. Схематизированный разрез, построенный по материалам [15]. Показано, что струи металлоносного флюида, накопившегося под непроницаемой аллохтонной пластиной, оставляют перенесенное ультратонкое золото только в пределах тектонических «окоп» (площадей сброса давлений). В одном из них (Линн) сформировались залежи ультратонкого металла с запасами до 110 тонн. 1 — безрудные известняки девонской формации Попович; 2—3 — силурийская формация Робертс Маунтинс, представленная илистыми известняками за пределами тектонических окоп (2) и вторичными светлыми пористыми алеволитами в их пределах (3); 4 — терригенные толщи ордовикской формации Винини; 5 — рудное тело с ультратонким золотом со средним содержанием 10 г/т и 180 г/т максимальным; 6 — направление движения металлоносного флюида, плотность потока которого возрастает в тектоническом окне

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Амосов Р.А., Васин С.Л. Золотые микрофоссилии // Руды и металлы, 1993, № 3—6. — С. 101—107.
2. Батулин Г.Н. Фосфориты на дне океанов. М., 1978. — С. 177, 178.
3. Беневольский Б.И., Ганев И.Г., Скрипченко В.В., Чернов В.Д., Чайка В.М. Рудные ресурсы и их размещение по геозомам. Благородные металлы (МПП, золото, серебро). Справочное пособие. Под ред. академика Д. В. Рундквиста. М., Недра, 1995. — 223 с.
4. Божко Е.Н., Савко А.Д. Золотоносность Биримского массива (Западная Африка). Труды НИИ геологии. Вып. 33. Воронеж, 2005. — 132 с.
5. Константинов В.М. Золото в фосфоритах Кингисеппского месторождения Русской платформы // Отеч. геол., 2005, № 6. — С. 48—51.
6. Константинов М.М. Биогенное концентрирование золота // Руды и металлы, 2005, № 6. — С. 69—74.

7. Кузнецова С.Ю. Минерально-геохимические особенности формирования золотоносных кор выветривания Урала (на примере Светлинского и Каталамбинского месторождений). Автореф. дис. ... к. геол.-мин. наук. М., 2000. — 19 с.

8. Куимова Н.Г. Аккумуляция и кристаллизация золота микроорганизмами, выделенными из рудных и россыпных месторождений. Владивосток, Дальнаука, 2004. — 67 с.

9. Лоскутов В.В. Закономерности эксгальационно-осадочного рудогенеза золота и сопутствующих элементов // Вестн. ВГУ, сер. геол., 2002. № 2. — С. 95—103.

10. Митина Е.М. и др. Отчет о поисково-ревизионных работах по оценке перспектив золотоносности отложений осадочного чехла (Русская Журавка) и кристаллических пород фундамента (Мамонский участок) на юго-востоке воронежской антеклизы Фонды ГГП Воронежгеология. Воронеж, 1973, № 952. — 380 с.

11. Наумов В.А., Илалтдинов И.Я., Осовецкий Б.М. и др. Золото Верхнекамской впадины. Кудымкар—Пермь, 2003. — 218 с.

12. Наумов В.А., Илалтдинов И.Я., Макеев А.Б. и др. Свободное золото и платиноиды осадочных комплексов Верхнекамской впадины / Россыпи и месторождения кор выветривания: факты, проблемы, решения. Тезисы докл. XII Межд. сов. по геол. россыпей и месторождений кор выветривания. 22—26 авг. 2005 г. Пермь, 2005. — С. 183—184.

13. Наумов В.А., Голдырев В.В., Илалтдинов И.Я. и др. Перспективы выявления промышленных объектов россыпного и рудного золота на Верхнекамской впадине (территория Коми-Пермяцкого автономного округа) / Россыпи и месторождения кор выветривания: факты, проблемы, решения. Тезисы докл. XII Межд. сов. по геол. россыпей и месторождений кор выветривания. 22—26 авг. 2005 г. Пермь, 2005. — С. 184—186.

14. Наумов В.А., Силаев В.И., Чайковский И.И. и др. Золотоносная россыпь на р. Большой Шалдинке на Среднем Урале. Путеводитель к XII Межд. сов. по геол. россыпей и мест. кор выветривания. Пермь, изд-во Пермского госуниверситета, 2005. — 90 с.

15. Рудные месторождения США, т. I, М., Мир, 1972 В двух томах. — 660 с.

16. Савко А.Д., Шевырев Л.Т., Ильяш В.В. и др. Оценка перспектив базальных горизонтов осадочного чехла Воронежской антеклизы на золото, титан, цирконий, нерудные полезные ископаемые (Объект 412-в). Кн. 2 и 3. Золотоносность. — 1999. В 5 кн. — 265 с.

17. Савко А.Д., Шевырев Л.Т., Лоскутов В.В. Эксгальационно-осадочная металлоносность Воронежской антеклизы — новые горизонты поисков рудных месторождений в осадочном чехле. Статья 1. Интерметаллиды: локализация, типы, состав // Вестн. ВГУ, сер. геол., 1999. № 7. — С. 139—154.



18. Савко А.Д., Шевырев Л.Т., Лоскутов В.В. Эксталяционно-осадочная металлоносность Воронежской антеклизы - новые горизонты поисков рудных месторождений в осадочном чехле. Статья 2. Новые данные, критерии оценки площадей, прогноз рудоносности, перспективные участки // Вестн. ВГУ, сер. геол., 2000. № 5(10). — С. 126—136.
19. Савко А.Д., Шевырев Л.Т. Ультратонкое золото / Тр. НИИ геологии ВГУ. Вып. 6. Воронеж, 2001. — 151 с.
20. Турлычкин В.М., Горенков Н.Л. Фосфориты—адсорбенты золота и восстановители до свободного металлического // Геол. вестн. центр. районов, 1999, № 3. — С. 14—17.
21. Чернышев Н.М. Сульфидные медно-никелевые месторождения юго-востока Воронежского кристаллического массива. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1971. — 312 с.
22. Шило Н.А. Основы учения о россыпях. М.: Наука, 1981. — 383 с.
23. Ясырев А.П. О золотоносности мезозойских желваковых фосфоритов Русской платформы // ДАН, 1968, т. 165, № 6. — С. 1354—1357.
24. Butler B.S. et al. The ore deposits of Utah // U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, 111, 1920. — P. 391—395.
25. Foose M.P. Research advances in the identification of disseminated gold deposits // U.S. Geol. Surv. Yearbook, Fiscal Year 1988. Denver, Colorado, 1989. — P. 57—58.
26. Haycock M.H. The role of the microscope in the study of gold ore // Canadian Inst. Min. and Met., Tr. 40, 1937. — P. 405-414.
27. Joralemon P. The occurrence of gold in the Getchel mine, Nevada // Econ / Geol. V. 46, 1955. — P. 267—309.
28. Smith F.G. The alkali-sulphide theory of gold deposition // Econ. Geol., 38, 1943. — P. 561—589.
29. Stillwell F.L., Edwards A.B. An occurrence of sub-microscopic gold in the Dolphin East Lead, Fiji. Australian Inst. Min and Met. Proc., № 145—155, 1949. — P. 31—46.
30. Van Aubel R. Sur l'importance dans les minerals d'or du caliber des particules, Annales des mines, 16, 1939. — P. 155—161.
31. Wang Hong-mei, Yang Feng-qing. Взаимодействие между ионом золота и микроорганизмами четвертичной почвы: биопоисковые признаки // Haiyang disigi ya disiji diqhi (Mag. Geol. and Quarternary Geology, 2000, 22, № 45). — P. 107—110.
32. White W.H. The mechanism and environment of gold deposition in veins // Tcju / Geol., 38, 1943. — P. 512—532.
33. Zierenberg R.A., Schiffman P. Microbial control of gold mineralization at a sea floor hydrothermal site on the northern Gorda Ridge Nature, 1990, 34S, № 6297. — P. 155—157.