

УДК 553.411

П. В. Казаков

## НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТИПЫ ЭКЗОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА

**Аннотация.** В работе рассмотрены условия перераспределения и локализации золота в нетрадиционных экзогенных месторождениях (золотоносные коры выветривания и месторождения с мелким и тонким золотом).

**Ключевые слова:** золото, кора выветривания, месторождение.

В связи с истощением гидравлических и дражных запасов россыпного золота все большее значение приобретают нетрадиционные типы экзогенных месторождений. И в первую очередь — это недавно вовлеченные в эксплуатацию за рубежом и в России месторождения золотоносных кор выветривания и россыпные объекты с весьма мелким и тонким золотом (МТЗ) [Казаков, Салихов, 2006].

**Золотоносные коры выветривания.** В отличие от классических россыпей, в корах выветривания преобладает тонкое и тонкодисперсное золото, но с более высокими содержаниями.

Гипергенез практически всегда ведет к укрупнению частиц золота. В коре выветривания происходит как приповерхностное гравитационное обогащение за счет выноса более легких глинистых частиц, так и инфильтрационное перераспределение при переносе золота в виде коллоидных и истинных растворов с образованием «нового» губчатого золота и высокопробных прожилков. Возможна цементация отдельных золотин с образованием «золотоносных конгломератов» и золотин с глобулярным строением [Станников, 1987]. Это, прежде всего, касается как зон окисления месторождений кварцево-сульфидной жильной формации, так и железных шляп над золотосодержащими месторождениями [Альбов, 1960]. В первых происходит образование как крупных зерен, так и самородков, во вторых золотины укрупняются до 4–6 мм, хотя в первичных сульфидных рудах содержалось лишь тонкодисперсное золото.

В процессе выветривания пород эндогенных золотосодержащих ореолов рудных полей, при наличии сульфидов проявляется повышенная подвижность золота. За пределы коры выветривания выносятся обычно до 50% от общего его количества. Кардинальное перераспределение золота ведет к фор-

мированию в профиле коры выветривания, наряду с зонами выщелачивания, горизонтов вторичного обогащения, в которых концентрация иногда достигает промышленного уровня, а размер золотин достаточен для накопления в россыпях [Моисеенко, Маркушев, 1987].

Важная роль в процессе перераспределения золота в зоне окисления принадлежит бактериям. Автотропные бактерии преобладают в нижних горизонтах месторождений и способствуют окислению сульфидов, при этом происходит переход золота в коллоидное состояние. Цианобактерии способствуют переносу золота рудными растворами месторождений и грунтовыми водами россыпей. Гетерогенные бактерии формируют в зоне окисления и в россыпях крупные кристаллические частицы золота. В результате проявляется четкая тенденция роста высокопробных золотин в верхних частях этих образований. Указанная модель укрупнения золота подтверждена экспериментально [Росляков, 1981].

К перераспределению золота в россыпях можно отнести факты нахождения вторичного золота на Миндякской среднеплейстоценовой россыпи, наследующей зону неотектонически активных разломов северо-северо-восточного простирания. При разведочных работах 1934–1938 гг. [Долгаль, 1938 г.] в скважине 19 разведочной линии VII в плотике россыпи встречены пиритизированные серые известняки с содержанием золота 20 г/т. А в золотоносном пласте россыпи «песчинки кварца размером до 2–3 мм в диаметре были сцементированы и облечены в золотую оболочку, которая при ударе молотком трудно отделялась от песочка, образуя по форме песчинок отдельные корки толщиной до 0,3–0,5 мм». Проба золота — 870.

В последние десятилетия выявлено все больше фактов, указывающих, что для образования линейных кор выветривания важно наличие низкотемпературных аргиллизитов, сформировавшихся

в период мезозойской тектоно-магматической активизации и несущих золотое оруденение.

Процессы аргиллизации наблюдались автором в приплотиковых частях глубокозалегающей (до 35–40 м) среднеюрской россыпи Северный Лангур (Северный Урал). Здесь отмечены проявления интенсивной марказитизации и окварцевания известняков, участками с образованием маршаллитов по последним, в приконтактных зонах с сильно хлоритизированными порфиритами и габбро-диабазами (?), превращенными в глинистые коры выветривания мощностью до 15–20 м. В золотоносном пласте на поверхности отдельных хорошо окатанных галек полупрозрачного кварца и по трещинам в них удалось наблюдать тонкие прожилки марказита, что свидетельствует о постсреднеюрском времени аргиллизации. Содержание золота в валунных галечниках этих зон по ковшовому опробованию достигало 5–7 г/м<sup>3</sup>. А суточные съемы золота при экскаваторно-гидравлической добыче обычно составляли не менее 2–4 кг. Встречались мелкие самородки (часто в сростках с гранулированным кварцем) весом до 3–10 г. В тяжелой фракции наблюдались изометричные зерна самородной меди и киновари размером до 1–3 см [Казаков, 2004].

Открытие крупных полигенных и полихронных месторождений золота в корях выветривания линейного типа (Куранахское, Олимпиадинское в Сибири, Воронцовское на Северном Урале и Светлинское на Южном Урале) обуславливает необходимость всестороннего и детального изучения этого нетрадиционного типа оруденения в Башкортостане.

Характерной особенностью многих известных промышленных месторождений золотоносных кор выветривания является приуроченность их к тектоническим контактам карбонатных пород с магматическими или осадочными образованиями, где рудные тела залегают в карстовых полостях, что связано, по-видимому, с наличием щелочного барьера, благоприятного для осаждения золота из растворов, и с его концентрацией.

На территории Башкортостана линейные коры выветривания развиты в Авзяно-Белорецком рудном районе на западном склоне, в Учалинском, Сибайском и Баймакском районах — на восточном склоне Южного Урала.

В Авзяно-Белорецком рудно-россыпном районе в 2000 г. производственно-тематическими работами экспедиции «Уралзолоторазведка» по результатам опробования поисковых канав и многочисленных скважин, пройденных на рудном поле Горный прииск [Чернов и др., 1980 г.], выделена площадь с наличием участков щебнисто-дресвяно-глинистой коры выветривания с промышленным содержанием золота (от 0,5–0,8 до 13,8 г/т), разви-

той преимущественно вдоль субмеридиональных и северо-восточных разрывных нарушений, контактов пород с контрастным литологическим составом и в зоне окисления рассредоточенного (объемного) золото-сульфидно-кварцевого оруденения.

Технологические исследования 2-х валовых проб, отобранных из глинистой коры выветривания в стенке старого карьера и из скважины УБСР-25, пройденной до глубины 13 м в районе старой поисковой канавы в северо-восточной части рудного поля, проведены в ОАО «Институт Унипромедь» с целью изучения вещественного состава, технологических свойств и возможности ее обогащения различными методами.

По результатам этих исследований, глинистая кора выветривания (проба 1) представлена кварцем — 58–60%, гидрослюдой (иллит, гидромусковит) — 20–70%, каолинитом и вермикулитом — 4–6%, пиритом — 0,5%, гидроокислами железа — 0,1–0,5%. В глинисто-песчаной фракции установлены зерна самородного золота, электрума, аргентита размером менее 100 мкм. Средние содержания золота и серебра составили 1,56 г/т и 3,06 г/т.

Породы пробы 2 по всему разрезу механически дезинтегрированы вплоть до алевритовой размерности и гидратированы. По данным технологического опробования, среднее содержание золота на вскрытую мощность (13 м) коры выветривания составило 2,26 г/т, серебра — 1,8 г/т.

По результатам комплексных технологических испытаний разработана комбинированная технология обогащения руды, предусматривающая дещламирование, измельчение, обогащение на концентрационных столах измельченной песковой фракции, выщелачивание драгметаллов из шламов и хвостов гравитационного обогащения и осаждение металлов из растворов. Получен кондиционный золотосодержащий концентрат с содержанием в нем золота 56 г/т при извлечении 63–65% [Меньшиков, 2000].

В 2001 г. материал пробы золотоносной коры выветривания рудного поля Горный прииск был исследован ЗАО «Екатеринбургская промышленная группа» по технологии подземного гидрохлоридного выщелачивания и признан пригодным для разработки этим способом.

Золотоносность глинистых кор выветривания установлена также на Ишлинской площади, в пределах зоны повышенного расщелачивания углеродистых сланцев, интродуцированных магматическими телами основного состава [Высоцкий, 2005 г.].

На восточном склоне Урала наиболее изученный и перспективный объект такого типа — линейная «структурная» кора выветривания каолинового профиля, развитая по околорудным метасоматитам первичных медноколчеданных залежей месторож-

дения Юбилейное. Коры выветривания представлены пестроокрашенными глинами с примесью диспергированного кварца и гематита. Тектурные и структурные элементы линейных кор выветривания полностью наследуют таковые в замещенной породе. Золотоносные интервалы линейной коры определены по данным опробования и имеют мощность до 3–4 м. Залегают такие коры на глубинах до 100 м и частично перекрыты бурожелезняковыми залежами. По ним разведаны промышленные запасы золота категории  $C_2$  и определены прогнозные ресурсы категории  $P_1$  — 0,6 т и  $P_2$  — 1 т.

Линейная «структурная» кора выветривания с промышленным содержанием золота выявлена также в рудном поле Бакр–Узяк в Сибайском рудном районе. Оруденение разведано здесь до глубины 100 м и приурочено к выветрелым околорудным метасоматитам богатой медноколчеданной залежи, отработанной до глубины 195 м. Запасы золота категории  $C_1 + C_2$  оперативно определены в количестве 139 кг золота, 1,3 т серебра. Перспективы обнаружения золотоносных кор выветривания связаны с рудоносной полосой, простирающейся к югу до Сибайского месторождения и контролируемой зоной влияния Кизильского регионального разлома.

В Баймакском рудном районе подобное оруденение в измененных породах выявлено в скважинных подсечениях выветрелых околорудных метасоматитов меднорудной залежи Файзуллинского проявления. Площадная кора выветривания с промышленной золотоносностью установлена по результатам тематических работ экспедиции «Уралзолоторазведка» на Тубинском рудном поле. Этими же работами установлена золотоносность линейной коры выветривания на фланге минерализованной дайки Худолазовского интрузивного комплекса к западу от озера Султанкуль и в корах выветривания на Вознесенском рудном поле [Никонов и др., 1998 г.]. По Тубинской площади за счет средств недропользователей локализованы и поставлены на учет прогнозные ресурсы категории  $P_1$  4,5 т золота, 11,7 т серебра. В 2008 г. по результатам оценочных работ первой очереди ЗАО «Недра» посчитаны и утверждены запасы золота по категории  $C_2$  в количестве 1079 кг.

**Россыпи МТЗ.** По оценкам ЦНИГРИ [Минко, 1981], запасы металла в известных россыпях могут быть увеличены на 10–15% за счет золота весьма мелкого (–0,25 мм) и тонкого (–0,1 мм). А россыпи с существенно мелким золотом (–1 мм) могут представлять интерес как самостоятельные промышленные объекты.

МТЗ содержится в золото-кварц-сульфидных рудах (до 60–70%) и даже в золото-кварцевых (основных россыпеобразующих) (до 20–30%), поэтому

его доля в россыпях многих традиционных рудно-россыпных районов достигает 20–40%. Неучтенные ресурсы МТЗ в целиках и отвалах богатых россыпных районов предположительно составляют десятки тонн [Ридзюнская, Матвеева, 1998].

Формирование россыпей МТЗ определяется структурно-геоморфологическими обстановками, из которых наиболее благоприятными являются геоморфологические зоны приподнятого Зауральского пенеплена и остаточных гор восточного и западного склонов Башкирского Урала, где уклоны рек незначительны. Наиболее богатые россыпи формируются в природных эрозионно-карстовых ловушках эрозионно-структурных депрессий.

На Русской платформе красноцветные формации триаса и перми в сочетании с аллювиальными равнинами благоприятны для накопления золота. К угленосным формациям (от ордовика до неогена) приурочены многочисленные проявления золота в углях. В галогенных образованиях Соликамского бассейна выявлены кристаллические выделения золота. В песчано-гравийных смесях (ПГС) четвертичного возраста с крайне неравномерным распределением МТЗ, где содержание варьирует от нескольких до 300–400 мг/м<sup>3</sup>, наиболее перспективные объекты имеют среднее содержание золота до 50 мг/м<sup>3</sup>. В песках отсева крупных ГОКов, разрабатываемых месторождений ПГС содержания колеблются от 60 до 150–200 мг/м<sup>3</sup> [Мигачев и др., 1995]. Месторождения ПГС пространственно связаны с верхнеюрскими меловыми и палеогеновыми золотосодержащими месторождениями фосфоритов и титаноциркониевых россыпей, которые рассматриваются как промежуточные коллекторы МТЗ. Повышенные содержания золота также установлены в отложениях доледниковой системы плиоцен-четвертичных долин и в образованиях грубообломочных фаций триасового литосборного бассейна с «уральскими» кварцитами, кремнями и яшмами.

В пределах Республики Башкортостан крупные месторождения ПГС приурочены к Бельской долине, в пределах предуральского прогиба дренирующей мощный (глубина предкинельского вреза до 100–220 м) комплекс пермтриас-неогеновых терригенных образований, областью сноса которых являлся Южный Урал с известной золотой рудно-россыпной продуктивностью. Хотя месторождения ПГС и отличаются легкопромывистыми грунтами, выявление МТЗ в них возможно только крупнообъемным опробованием с использованием специального оборудования (винтовые шлюзы, шлюзы с виброподвижной панелью АОЗТ «Конверсзолото», концентраторы Кнельсона или их отечественные аналоги). При обычных технологиях обработки проб тонкое золото уплывает со шламовыми сливами.

На восточном склоне Южного Урала, в пределах Учалинского рудно-россыпного района, в широкой заболоченной долине р. Урал разведаны Уразовское и Ильгибановское месторождения ПГС, расположенные в ближайшей периферии крупных золотороссыпных полей. Минимальное содержание золота в них определено в 50 мг/м<sup>3</sup>. Разработка таких слабозолотоносных отложений в качестве объектов золотодобычи может быть рентабельной в комплексе с добычей ПГС. Прогнозные ресурсы попутного золота определены по категории Р<sub>1</sub> около 360 кг [Казиков, 1998 г.]. Здесь необходимо проведение крупнообъемного опробования.

Таким образом, из нетрадиционных экзогенных типов месторождений с МТЗ в Республике Башкортостан наибольший интерес могут представлять:

1. Месторождения, приуроченные к золотоносным корам выветривания. Применение разработанных для их эксплуатации технологий (гидрометаллургия, кучное и подземное выщелачивание, гравитационные: высокотехнологичные концентраторы, высокочастотные отсадочные машины) позволит успешно осуществлять добычу.

2. Техногенные россыпи с наиболее значительными и реальными ресурсами золота.

3. Практический интерес могут представлять также месторождения ПГС с МТЗ в золотоносных долинах магистральных рек: Урал, Миасс, Таналык.

Дальнейшего изучения требуют крупные месторождения ПГС в долине унаследованного развития р. Белой в Предуралье, высокоглинистые толщи террасовалов и эрозионно-карстовых ловушек в эрозионно-структурных депрессиях: Прибельской — на западном склоне, Миндякской, Уйско-Миасской, Сакмаро-Таналыкской и Кизило-Уртазымской — на восточном склоне Южного Урала и в Зауралье.

*Сведения об авторе:*

**Казиков Петр Васильевич**, Институт геологии Уфимского научного центра Российской академии наук (ИГ УНЦ РАН), г. Уфа. E-mail: magm@ufaras.ru.

## NON-TRADITIONAL TYPES OF EXOGENOUS DEPOSITS OF GOLD

**P. V. Kazakov**

**Kazakov Peter Vasilevich**, Institute of geology of the Ufimanian scientific centre (IG USC RAS), Ufa, Russia. E-mail: magm@ufaras.ru.

**Abstract.** The paper considers the conditions of transfer and the localization of gold in the non-traditional exogenous deposits (auriferous crust of weathering and deposits with a fine and thin gold).

**Keywords:** gold, crust of weathering, deposit.

## *Литература:*

**Альбов М.Н.** Вторичная зональность золоторудных месторождений Урала. — М.: Госгеолтехиздат, 1960. — 215 с.

**Казиков П.В.** Особенности формирования и локализации россыпей золота восточного склона Урала и Зауралья в погребенном карсте // Карстоведение — XXI век: теоретическое и практическое значение: тез. докл. / Междунар. симпоз., 25–30 мая 2004 г. — Пермь: Изд-во ПГУ, 2004. — С. 296–298.

**Казиков П.В., Салихов Д.Н.** Полезные ископаемые Республики Башкортостан (россыпное золото). — Ч. 2. — Уфа: Гилем, 2006. — 288 с.

**Меньшиков В.Г.** Сырьевая база золотодобычи Республики Башкортостан и перспективы ее развития // Геологическая служба и горное дело Башкортостана на рубеже веков: Матер. респ. науч.-практ. конф. Уфа, 13–14 окт. 2000 г. — Уфа: Тау, 2000. — С. 305–312.

**Мигаев И.Ф., Калинин С.С., Романчук А.И.** Перспективы золотоносности Восточно-Европейской платформы // Отечественная геология. — 1995. — № 3. — С. 53–57.

**Минко О.О.** Об условиях нахождения весьма мелко- и тонкого золота в склоновых и аллювиальных отложениях // Тр. ЦНИГРИ. — 1981. — Вып. 160. — С. 76–81.

**Моисеенко В.Г., Маркушев С.А.** Возможное участие микроорганизмов в укрупнении и «облагораживании» самородного золота в россыпях и в зоне окисления коренных месторождений // Тез. докл. 8-го совещания по геологии россыпей. — Киев, 1987. — С. 199–200.

**Ридзюнская Н.М., Матвеева Е.В.** Экзогенные месторождения с мелким и тонким золотом — перспективы XXI века // Отечественная геология. — 1998. — № 3. — С. 20–25.

**Росляков Н.А.** Геохимия золота в зоне гипергенеза. — Новосибирск: Наука, 1981. — 238 с.

**Станников В.А.** Золотоносность продуктов формации коры выветривания мел-неогена одного золотоносного района Сибири // Тезисы докладов 8-го совещания по геологии россыпей. — Киев, 1987. — С. 109–111.